

CORRELATOS FISIOLÓGICOS DEL PENSAMIENTO

ALFREDO ARDILA

Universidad Nacional de Colombia.

Pensamiento constituye uno de aquellos conceptos a los cuales todos nos referimos constantemente, pero difícilmente somos capaces de definir. Probablemente tendemos a hacerlo equivalente a algo así como "representación interna"; sin embargo, difícilmente aceptaríamos que los sueños o las fantasías, por una parte, y la solución de un problema matemático, por la otra, pertenecen exactamente a una misma categoría de pensamiento, aunque constituyen ambas formas de representación interna. El término "representación interna" no parece equivalente a pensamiento, y aunque lo fuese, quedaría por definir qué entendemos exactamente por representación interna.

Si analizamos en qué contextos se emplea el término pensamiento, probablemente veremos que aparece principalmente en tres tipos de situaciones: 1) Utilizamos el término pensamiento, para referirnos a *tareas de tipo perceptual*; hablamos de que "pienso en lo que percibo", es decir, presto atención; estoy pensando en el cuadro que observo o en la música que oigo. 2) Se habla de pensamiento para referirnos a la *evocación de experiencias anteriores*, "pienso en lo que me sucedió ayer", quiero decir, saco memoria (evoco) la

información que existió ayer. 3) Nos referimos a pensamiento para indicar la *solución de problemas*, cotejo de una serie de elementos de información actual y/o previa para desprender un acerto que no existía en los elementos particulares. Quizás éste sea el único de los tres sentidos en el cual todos estaríamos de acuerdo en que es adecuada la utilización del término pensamiento.

El primer uso señalado de la palabra pensamiento lo acerca más a un problema de tipo perceptual, el segundo a un problema de memoria y el tercero a un problema de inteligencia; es difícil entonces saber en qué momento estamos hablando de memoria o percepción o pensamiento o inteligencia. Si analizamos la característica común de las tres situaciones anotadas, veremos que en todas ellas se trata de la utilización y facilitación de una información (actual o previa) con el bloqueo simultáneo de otra información concomitante; y a este proceso de facilitación de una información con el bloqueo de otra información concurrente, lo denominamos por definición "atención"; ya anteriormente expusimos las razones por las cuales parece adecuado considerar que una forma especial y superior de atención se encuentra en la base de lo que podría-

mos denominar inteligencia, o solución de problemas o simplemente pensamiento.

La primera posición sistemática en psicología con respecto al problema del pensamiento aparece al comienzo de este siglo con la escuela de Wurzburg (Külpe, Ach, Bülher, etc.), quienes concluyen que el pensamiento puede constituir un fenómeno puro, en el cual no se incluyen ni palabras, ni representaciones, ni imágenes y consecuentemente puede considerarse como una "función" independiente. Posteriormente será imposible considerar el problema de pensamiento, sin tener en cuenta la posición de Wurzburg; ante todo cabe señalar que de acuerdo a los representantes de esta escuela, el pensamiento se ocupa de los intentos de resolver un problema, y consecuentemente lo identifican con el tercer uso del concepto de pensamiento señalado anteriormente; el pensamiento surge de una "necesidad" (y consecuentemente cumple una función adaptativa), utiliza determinados símbolos y determinadas reglas (estrategias) para lograr la integración de estructuras sistemáticas.

Considerando que pensamiento, al menos parcialmente, es equivalente a la solución de problemas (punto en el cual parecen estar de acuerdo la mayoría de los autores) podemos entonces distinguir las etapas que incluyen la solución de un problema cualquiera. Luria (1974) distingue las siguientes etapas: 1) Orientación general en las condiciones del problema, análisis de sus elementos constitutivos, y distinción de los elementos esenciales y sus relaciones e inhibiciones de las reacciones impulsivas. 2) Selección de una de las alternativas posibles de solución y formación del esquema general de solución. 3) Selección de aquellas operaciones que pueden ser adecuadas en la realización del esquema general de solución, utilización de códigos previos (lingüísticos, lógicos, matemáticos). 4) Solución del problema o encuentro de la respuesta

adecuada. 5) Cotejo o comparación de los resultados obtenidos con las condiciones iniciales del problema y replanteamiento de éste. Aunque el interés en los procesos de pensamiento presenta una larga historia, el estudio de los mecanismos nerviosos subyacentes a tales procesos comienza hace únicamente unas cuantas décadas.

Cambios periféricos.

Hacia 1930 Jacobsen comienza a medir los cambios musculares aparecidos durante la realización de determinadas actividades relacionadas con el pensamiento. Si a un sujeto se le coloca sobre la lengua y los labios electrodos suficientemente sensibles para medir cambios de potencial del orden de microvoltios, observamos que durante la representación interna de determinadas situaciones aparecen cambios de potencial similar a los observados durante la realización abierta de tal actividad, aunque la magnitud considerablemente menor. La representación interna de un fonema implica un aumento de la actividad eléctrica registrada en los labios y en la lengua.

Tal serie de experiencias fue rápidamente retomada por algunos investigadores para afirmar que el pensamiento constituye un "*proceso periférico*", pero como el mismo Jacobsen señala (1973) es necesario distinguir claramente los *procesos centrales* de aquellos *procesos periféricos* en el pensamiento. El pensamiento es un proceso central y afirmar lo contrario sería ingenuo, aunque pueden presentarse determinados concomitantes periféricos, correspondientes al tipo de actividad realizada; Jacobsen afirma (1973) que él nunca ha intentado defender una teoría motora de la conciencia, como en algún momento se trató de considerar.

Si a un sujeto que se encuentra en estado de relajación se le pide que se imagine el movimiento del brazo derecho, observamos que el electromiogra-

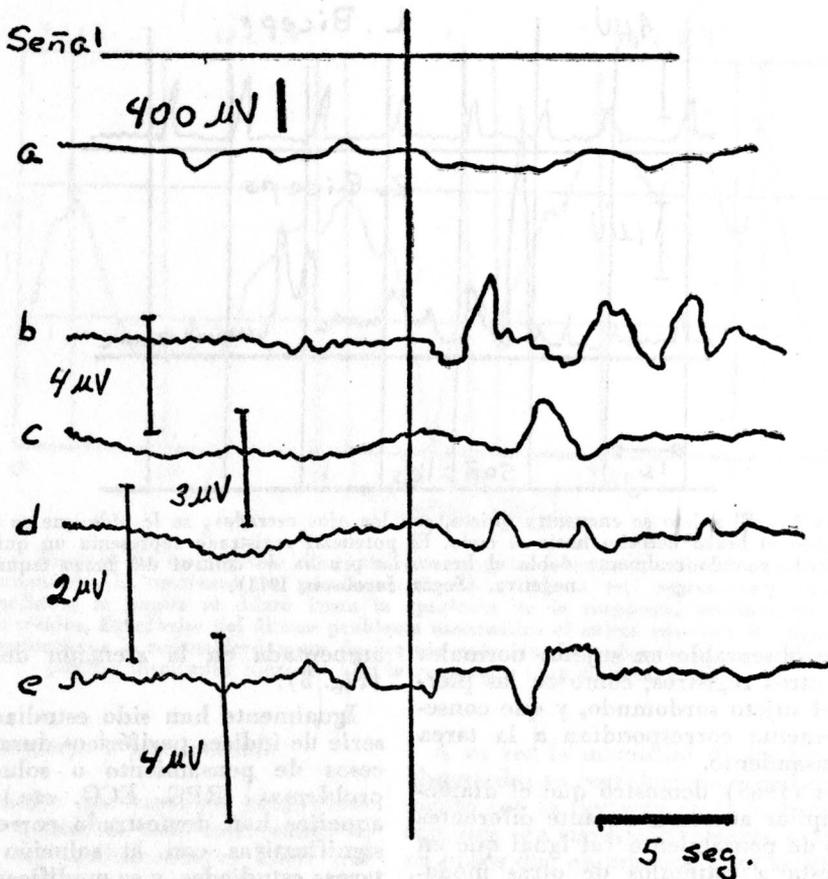


FIGURA 1.—Sujeto entrenado para relajarse. Instrucción: “Imagínese diciendo las tres primeras letras del alfabeto”; la línea de arriba indica la señal. El trazado (a) corresponde al EOG, movimientos de los ojos, izquierdo hacia arriba, derecho hacia abajo; (b) trazado de la lengua; (c) trazado de los labios; (d) músculos de la quijada; (e) región miliodea. (Según Jacobson, 1973).

ma (EMG) del brazo derecho es positivo en tanto que el EMG del brazo izquierdo es negativo. Igualmente, el pedirle que se imagine un carro en movimiento que se desplaza de izquierda a derecha conlleva a un cambio en el electro-oculograma (EOG) en la dirección correspondiente. Tal observación tiene especial interés con relación a los movimientos rápidos de los ojos observados durante los sueños ya que efectivamente parece existir una coincidencia

entre los puntos de fijación de los ojos durante los sueños y las imágenes oníricas presentes (Figs. 1 y 2).

De manera aún más dramática se demostró que sujetos sordomudos presentan cambios correspondientes en la actividad EMG durante la solución de problemas de pensamiento, no observable en sujetos normales. Max (1937) observó que la actividad EMG de los dedos de la mano aumentaba considerablemente, modificación de una magni-

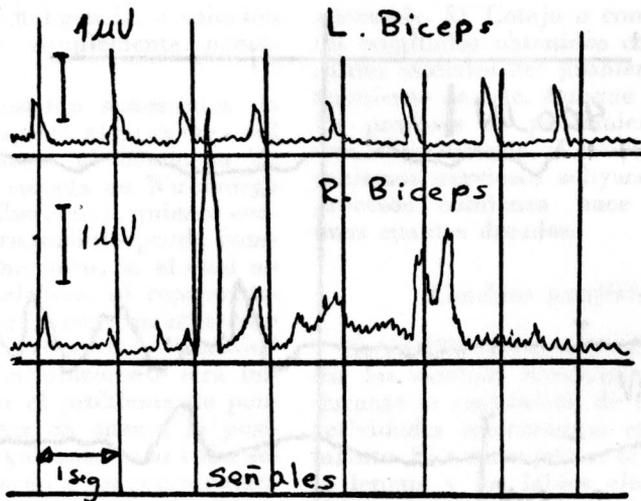


FIGURA 2.— El sujeto se encuentra quieto, con los ojos cerrados; se le pide que se imagine doblando el brazo derecho hacia el codo. El potencial registrado representa un quinto del registrado cuando realmente dobla el brazo. La prueba de control del brazo izquierdo es negativa. (Según Jacobson, 1973).

tud no observable en sujetos normales ni en otros registros, como en las piernas del sujeto sordomudo, y que consecuentemente correspondían a la tarea de pensamiento.

Hess (1965) demostró que el diámetro pupilar aumenta durante diferentes tareas de pensamiento (al igual que en respuesta a estímulos de otras modalidades, es decir, no visuales); altos niveles de actividad intelectual (y estimulación sensorial no visual) se correlacionan con cambios considerables en el tamaño pupilar; típicamente, el tamaño pupilar aumenta alcanzando su máximo antes de dar el sujeto una respuesta y posteriormente regresa a su tamaño de base o un poco menos. Kahneman & Beatty (1967) muestran que la dilatación pupilar durante el recuerdo de dígitos se relaciona linealmente con la cantidad de material retenido en la memoria operativa: recordar ocho dígitos conlleva a un aumento en el diámetro pupilar significativamente mayor que el recordar únicamente tres, probablemente relacionándose con una exigencia

aumentada en la atención del sujeto (Fig. 3).

Igualmente han sido estudiados otra serie de índices periféricos durante procesos de pensamiento o solución de problemas (RPG, ECG, etc.); todos aquellos han demostrado correlaciones significativas con la solución de las tareas estudiadas, y se modifican de manera correspondiente al tipo de tarea, su dificultad, significatividad, y el éxito de su solución; pero ésto de ninguna manera implica que el pensamiento constituya un proceso periférico, que el pensamiento sean tales cambios periféricos, lo cual sería obviamente ingenuo; simplemente es natural que el pensamiento, como interiorización de la actividad esté acompañado de determinadas actividades implícitas periféricas; el sistema nervioso central controla la acción periférica y la activación diferencial del sistema nervioso central debe llevar a ciertas respuestas implícitas; al menos parcialmente, *pensar es representar la acción*.

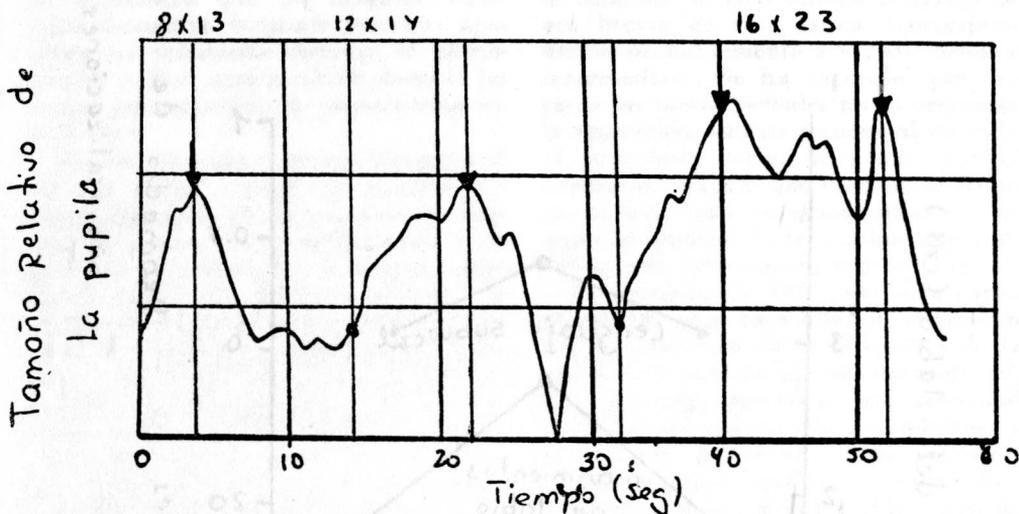


FIGURA 3.—Registro de los cambios en el diámetro pupilar durante la solución de un problema matemático. El comienzo del planteamiento del problema está representado por los círculos sólidos; la pupila se dilató hasta la aparición de la respuesta, señalada por los triángulos sólidos. En el caso del último problema matemático el sujeto encontró la respuesta, pero posteriormente la reconsideró, antes de dar una solución. En todos los casos el diámetro pupilar disminuyó luego de dar la respuesta. (Según Hess, 1975).

Lenguaje y pensamiento.

Entre todos los cambios periféricos señalados quizás el más interesante se refiere a las modificaciones EMG del aparato fonador que aparecen durante la realización de diferentes tareas y que podrían ayudar a clarificar la polémica clásica sobre la relación existente entre el pensamiento y el lenguaje.

McGuigan & Rodrer (1968) señalan un aumento en la conducta verbal encubierta (EMG de la lengua y los labios) y un aumento en la frecuencia respiratoria durante la lectura silenciosa; tal aumento fue significativamente mayor durante condiciones no lingüísticas, como durante la presentación de un fondo musical; más aún, el registro EMG de la mano derecha (en un sujeto diestro) aumentó de manera significativa en tanto que la mano izquierda no mostró cambios durante tal procedimiento de lectura silenciosa (Fig. 4).

A su vez la magnitud de los cambios observados se correlaciona significativamente con la destreza en la lectura: los cambios son significativamente mayores en niños que en adultos, y en la lectura de un escrito en una lengua extranjera que en la lectura que hacemos en nuestra lengua natal (Faaborg-Anderson & Edfeldt, 1958).

McGuigan (1973) señala una correlación entre la magnitud de tales cambios periféricos propios de la lectura silenciosa y la habilidad de escritura de un sujeto: los sujetos que presentan una buena capacidad de escritura muestran una conducta verbal encubierta menor que aquellos sujetos que presentan dificultades para escribir.

McGuigan & Tanner (1971) estudiaron la actividad verbal durante los sueños. Clasificaron los sueños en dos categorías: sueños de conversaciones y sueños visuales no lingüísticos. Se observó que la conducta verbal encubierta

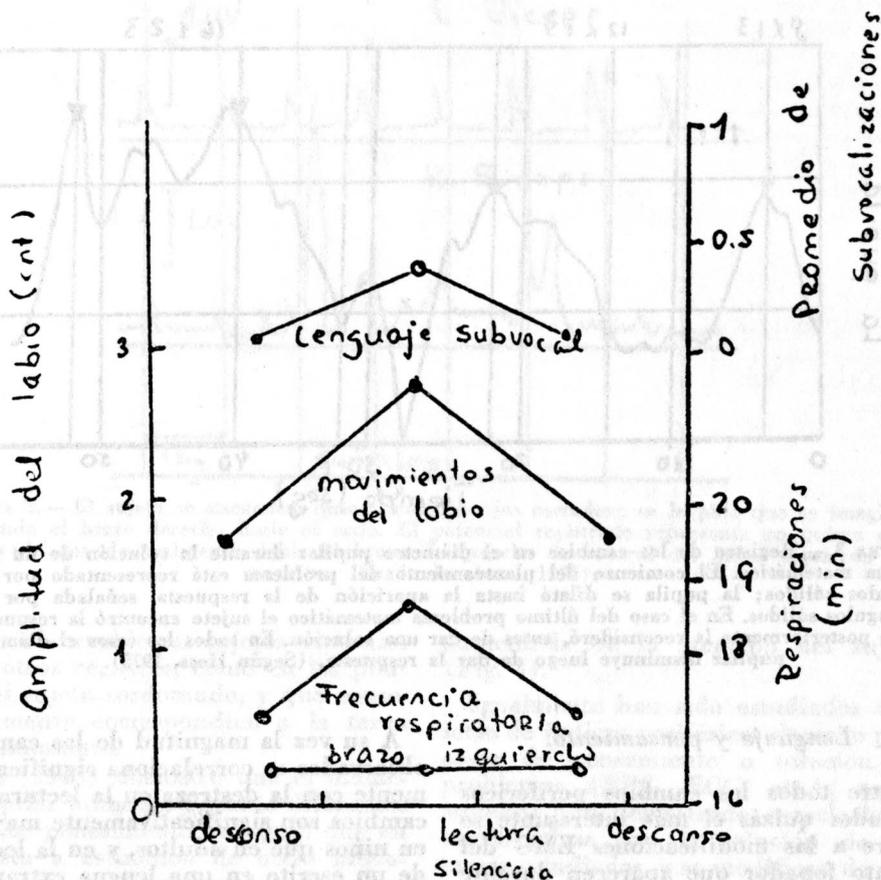


FIGURA 4.— Durante la lectura silenciosa aumentan la subvocalización, el EMG de los labios y la frecuencia respiratoria, especialmente en niños, en tanto que el EMG del brazo no utilizado muestra pocos cambios. (Tomado de McGuigan, 1973).

(EMG del aparato fonador) se mostraba significativamente mayor en la fase del sueño paradójico cuando el sujeto reportaba sueños de conversaciones, que durante la fase de sueño lento. Por otra parte durante los estadios de sueño paradójico en los cuales predominaban los sueños visuales no lingüísticos aparecían cambios menores y no significativos con relación a los períodos de sueño lento, lo cual implica que la conducta verbal encubierta presenta durante el sueño una función lingüística al igual que durante la vigilia.

Intentando dar una respuesta definitiva al problema de la relación existente entre pensamiento y lenguaje, A. N. Sokolov (1961, 1966, 1968) inicia una larga serie de trabajos que se prolongan aproximadamente desde 1947 hasta 1970; se intenta clarificar qué representan exactamente los potenciales mioeléctricos señalados por Jacobsen y confirmados por otra serie de investigadores; qué relación existe entre los cambios musculares observados en los labios y en la lengua principalmente, y los procesos centrales del pensamiento.

Se demuestra que los cambios EMG (que denomina *lenguaje interno*) aparecen no solamente durante el pensamiento verbal, sino también durante las tareas perceptuales, el pensamiento visual, etc.

El autor intenta entonces bloquear el sistema verbal, creando para ellos dos tipos diferentes de situaciones: 1) *Bloqueo periférico* de la articulación (sosteniendo por ejemplo la lengua entre los dientes); 2) *Bloqueo central*, pidiéndole al sujeto que repita una secuencia verbal lo suficientemente conocida y automatizada (por ejemplo, un poema); en el primer caso los sujetos adultos ejecutan normalmente las tareas propuestas, en tanto que los niños y los afásicos las realizan con enorme dificultad, cometiendo un número considerable de errores en la escritura, en los cálculos numéricos, en la comprensión de frases, etc.; los sujetos presentaban cierta afasia sensorial "experimental" y las palabras y el sentido de las frases parecen desconocidos.

La investigación EMG demuestra que es necesario distinguir dos tipos de cambios diferentes en la musculatura periférica durante la realización de tareas intelectuales: cambios de tipo *tónico* y cambios de tipo *fásico*. El primero se caracteriza por cambios lentos de poca amplitud en los potenciales registrados en el aparato fonador, en tanto que el segundo aparece como cambios bruscos y de amplitud considerable en el aparato fonador; frecuentemente se correlacionan con cambios psicogalvánicos (RPG) y depresión del ritmo alfa. Probablemente el primer tipo de cambio corresponde más a un aumento de tono muscular general (y es de anotar que tales cambios tónicos se observan igualmente en otros músculos, por ejemplo en la frente), en tanto que el segundo corresponde más exactamente a la repetición interna de fonemas; en tareas verbales predominan los cambios de tipo *fásico*, en tanto que en tareas perceptuales se observa más frecuentemen-

te cambios de tipo *tónico*, interrupciones breves de tipo *fásico* (correspondiente probablemente a verbalizaciones intermedias). Se ha sugerido que durante las tareas verbales no es necesaria la repetición interna secuencial de todo el enunciado verbal sino que, por el contrario, al igual que durante la lectura, se hace una selección saltatoria de aquellos puntos de la oración que contienen una información mayor (Fig. 5).

Los cambios de EMG, por otra parte, presentan una variabilidad considerable dependiendo de la dificultad de la tarea, de la automatización del material, etc.; los niños presentan una actividad mioeléctrica mayor que los adultos, y el bloqueo periférico, como anteriormente se señaló, puede traer como consecuencia un aumento en el número de errores cometidos en diferentes tareas (errores de cálculo, errores de ortografía, etc.).

Se observó que niños que comienzan a aprender a escribir repiten en voz alta lo que escriben; si se les impide realizar abiertamente tal verbalización (sosteniendo para ello la lengua entre los dientes) el número de errores en la escritura aumenta entre 4 y 6 veces. Igualmente es bien sabido que un niño cuando aprende a leer repite en voz alta lo que lee; si se le impide tal repetición, el niño no es capaz de leer más.

Consecuentemente, los cambios registrados en la actividad muscular del aparato fonador parecen obedecer a dos factores diferentes: por una parte a una verbalización interna y, por otra, a una modificación general en el tono muscular, en cuyo caso tales cambios son registrables en otros músculos diferentes de los implicados en la articulación. Antes de dejar de lado los cambios registrados en el aparato fonador durante las tareas de pensamiento, es importante señalar la relación que puede existir entre tales cambios y los procesos alucinatorios; anteriormente se señaló la correspondencia probablemente existen-

I. Reposo II. Presentación de la información III. Comienzo de la solución mentalmente

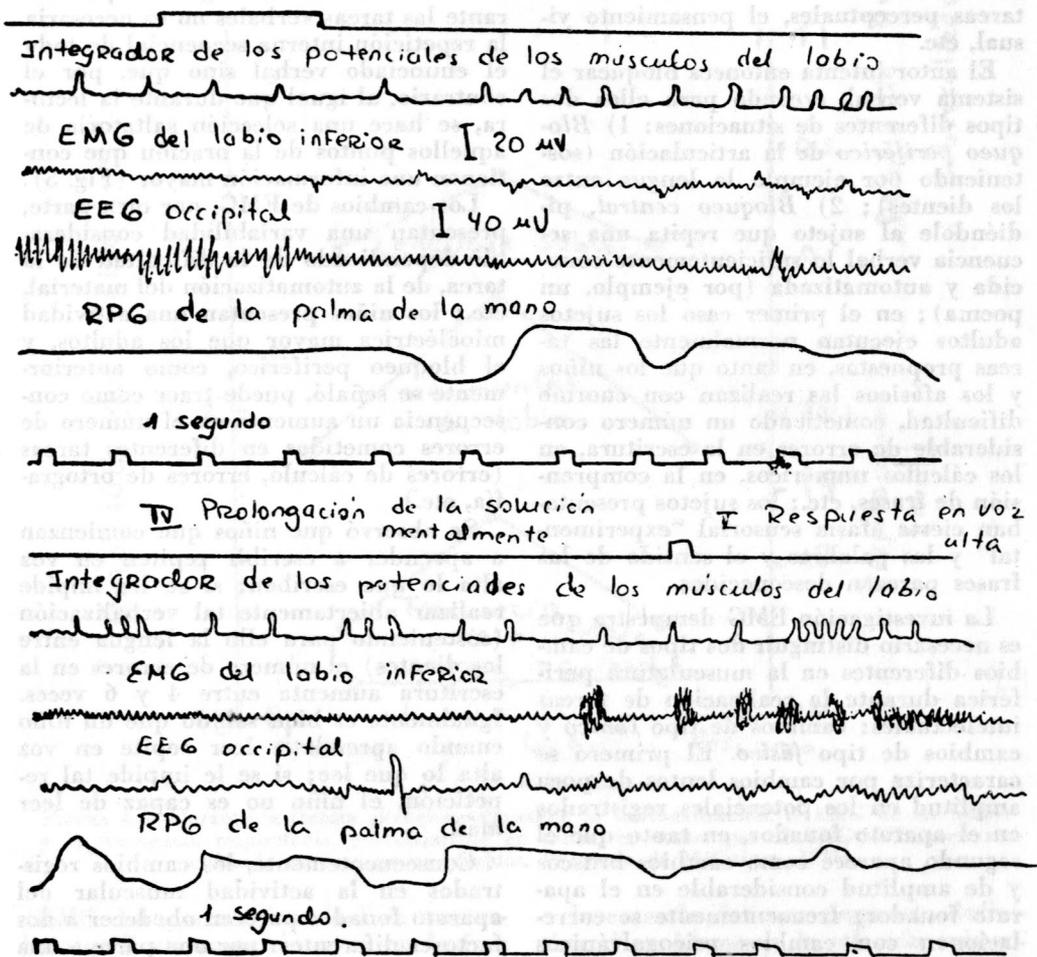


FIGURA 5.—EMG del labio inferior, EEG occipital y RPE de la palma de la mano, registrados durante la multiplicación mental de 34×4 . La solución se acompaña de una prolongada depresión del ritmo alfa y una fuerte reacción de la RPE; la actividad del EMG del músculo del labio inferior aumenta en promedio en el momento de la solución hasta 170% y en algunos casos hasta un 500% en relación al nivel de base (estado de reposo). (Según Sokolov, 1968).

te entre los puntos de fijación de los ojos durante la fase de sueño paradójico y el contenido actual de los sueños. Se ha insinuado que las alucinaciones auditivas se encuentran acompañadas

de cambios correspondientes en el aparato fonador, y que consecuentemente tales alucinaciones constituyen una verbalización que el sujeto puede percibir como ajena. Gould (1950) indujo a una

serie de sujetos esquizofrénicos a relajarse y oprimir un botón cada vez que aparecía una alucinación auditiva. Se encontró que el EMG de la quijada y la amplitud respiratoria aumentaban considerablemente durante la experiencia alucinatoria, y frecuentemente se detectaba un susurro suave durante la aparente actividad alucinatoria; éste podía llegar a ser lo suficientemente claro para ser identificado como parte de la alucinación. Teniendo en cuenta que una conducta verbal encubierta coincide con el reporte de alucinaciones, parece razonable considerar que determinada actividad propioceptiva crea o al menos acompaña la aparición de alucinaciones verbales.

Se ha insinuado entonces que las alucinaciones (o al menos las alucinaciones auditivas) surgen de la reactivación del aparato fonador que el sujeto comienza a percibir como ajeno; probablemente tal explicación pueda ser al menos parcialmente adecuada en el caso de las alucinaciones visuales, tomando como paradigma la actividad registrada en el EOG con un sujeto dormido durante la aparición de imágenes visuales (estadio del sueño paradójico), en el cual se muestra una correlación entre el contenido de la imagen visual del sueño y los movimientos de los ojos. Más aún, se ha señalado que sujetos ciegos de nacimiento no presentan movimientos de los ojos durante el estadio de sueño paradójico, y en caso de aparecer es de menor frecuencia y amplitud que en sujetos normales; si son despertados durante tal estadio de sueño paradójico, reportan la presencia de sueños, la representación onírica en todas las modalidades no visuales (Amadeo y Gómez, 1966).

Cambios eléctricos corticales durante la actividad intelectual.

Los intentos para correlacionar la actividad intelectual con los cambios electroencefalográficos, aparecen ya en Berger (1929). Se intenta utilizar pruebas

de diferentes tipos y dificultad, empleando distintos índices electroencefalográficos; parece que la magnitud del ritmo alfa se correlaciona con el sentido de los estímulos presentados al sujeto y el estado funcional actual del sujeto. El significado emocional de los estímulos se muestra decisivo en la dinámica observada en el EEG, durante la presentación del material emocionalmente significativo, la depresión alfa es considerablemente más poderosa y prolongada, aunque su repetición puede llevar a la extinción de la reacción EEG ante ella (Bechtereva, 1974).

Colle, Hutton & Walter (1943) intentaron demostrar la existencia de cierta relación entre la actividad EEG y las formas de pensamiento; se suponía que los sujetos que utilizaban ante todo estrategias verbales en la solución de problemas deberían mostrar un índice alfa mayor que aquellos sujetos que preferían las estrategias visuales; en estos últimos el ritmo alfa debería mostrarse casi ausente; la hipótesis subyacente implica que la imaginación visual, al igual que la percepción visual implica una participación fundamental de la región occipital, en tanto que en la imaginación verbal no participa la región occipital. Tal hipótesis fue confirmada por algunos autores (V. gr., Slotter, 1960) aunque otros autores (V. gr., Richardson 1969) fueron incapaces de demostrar en absoluto tal diferencia. Kamiya (1976) sin embargo, señala que en la situación experimental de control del ritmo alfa, sus sujetos reportaron que se encuentran relajados y no presentan ninguna experiencia visual cuando el ritmo alfa se encuentra presente, en tanto que los períodos de supresión del ritmo alfa se asocian con representaciones visuales por parte del sujeto; sin embargo, el ritmo alfa igualmente se deprime cuando el sujeto realiza cualquier esfuerzo interno, mostrando que constituye un correlato fisiológico no específico de la representación visual interna.

John (Cit, Paivio, 1973) señala que la configuración de los potenciales corticales evocados es diferente ante la presentación de un cuadrado y un círculo, y que un potencial evocado de configuración similar al que aparece ante la presentación de un círculo o un cuadrado aparece en respuesta a la iluminación de un campo visual vacío si el sujeto simplemente se imagina que tal forma se encuentra en el campo. Igualmente, aparecen respuestas evocadas diferentes ante las palabras cuadrado y círculo, y surge naturalmente la pregunta de si existe alguna relación constante propia de la presentación de la forma geométrica o del nombre de la misma.

Se han demostrado cambios electroencefalográficos (depresión alfa) durante la presentación de dibujos (Jasper & Shagass, 1941) y la evocación mental de ellos (Walter, Yeager, 1956); la evocación mental de movimientos conlleva al bloqueo del ritmo rolóndico (Gatau, 1952) y aparece una disminución general del ritmo cortical registrado durante el recuerdo de cifras (Novikova, 1955); se observa durante la solución de problemas, que la magnitud de la depresión depende directamente de la dificultad de la tarea presente (e igualmente del acierto en su solución), (Reimer, 1960). En condiciones de actividad intelectual se observa frecuentemente un aumento de la actividad beta (Kenard, Fister, Ravinovich, 1955) o al contrario, una disminución del índice beta; en un número relativamente considerable de sujetos, se observa un aumento en la actividad theta (generalmente de origen frontal), (Vogel, et al. 1968), y la aparición de ritmos kappa.

Gray Walter (1964, 1966) señala que la espera de una señal conlleva a la aparición de una "onda de expectancia" o *variación contingente negativa* (CNV) que proviene de las regiones prefrontales de corteza y que aumenta en amplitud al aumentar la probabilidad de aparición de la señal. Tal cambio aparece cada vez que se previene al sujeto de

que deba responder ante una señal, es decir, cuando se da una señal de previsión y existe un tiempo de espera. Tal CNV aparece de manera máxima en el vértice de corteza, aunque puede registrarse con fuerza disminuida en todas las regiones de corteza (Fig. 6).

Tales cambios corticales negativos aparecen durante la estimulación de la formación reticular, y consecuentemente constituyen un índice del nivel de actividad por parte del organismo, e igualmente aumentan durante la alerta o el aumento en la tensión; el CNV representa entonces un cambio intenso en la atención, una actividad preparatoria ante una señal.

Utilizando el método de correlación entre potenciales (Walter, 1953) se demostró que durante los cálculos matemáticos la correlación existente entre las regiones centrales y temporales, es mayor que entre las regiones parietales y occipitales, en tanto que durante el estado de reposo la situación es inversa. En este aspecto, presenta un interés especial los trabajos realizados por Livanov y colaboradores (Livanov, 1968; Livanov, Gavrilova Aslanov, 1966, 1967). Los autores utilizando el método de intercorrelación de la actividad eléctrica existente entre 50-100 puntos de corteza demuestran la existencia de cambios locales y generales en la sincronización de los biopotenciales durante estados de reposo y la realización de diferentes tareas intelectuales.

Livanov (1972) señala que durante el estado de reposo en un sujeto normal, 50% de los puntos de corteza funcionan independientemente, 45% débilmente sincronizados y solamente un 5% de manera sincrónica, los cuales además generalmente constituyen regiones vecinas de corteza. Durante la actividad intelectual se observa un aumento considerable de los puntos sincrónicos, especialmente en las regiones frontales, y disminuyen consecuentemente los puntos que funcionan independientemente. Durante la solución de problemas au-

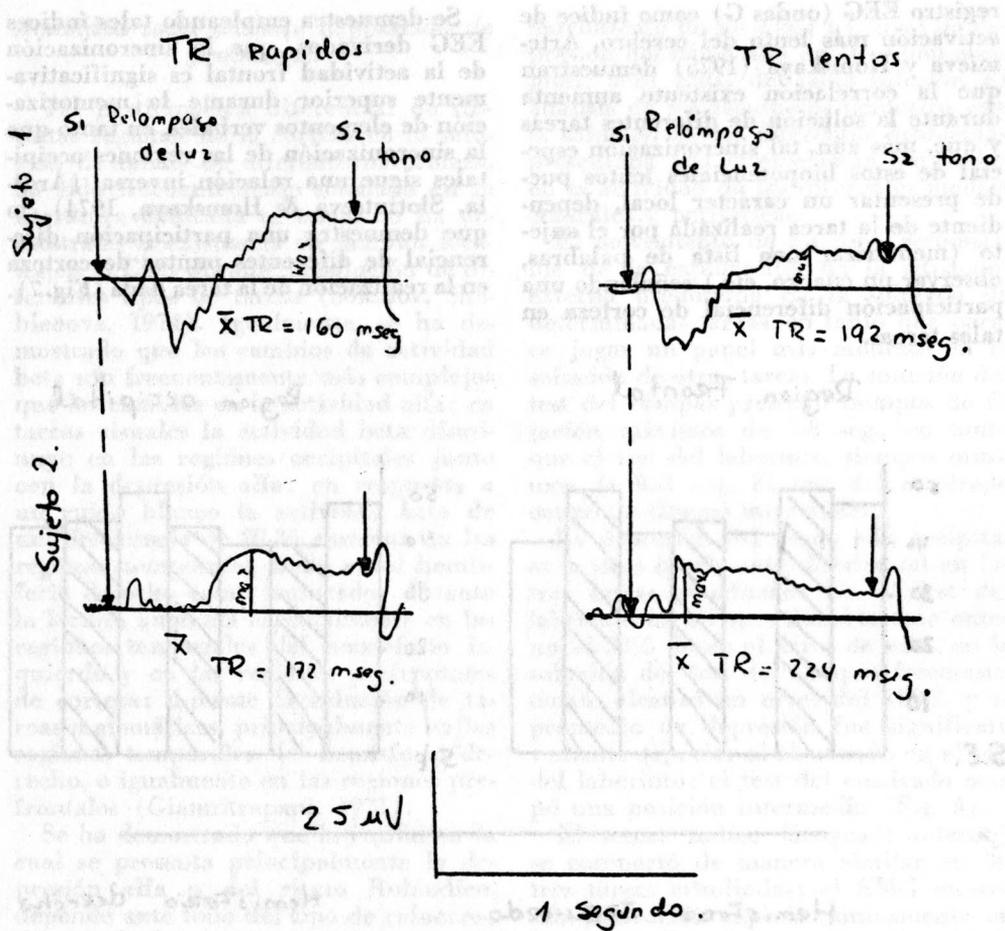


FIGURA 6.— CNV y tiempo de reacción. La variación contingente negativa es mayor generalmente cuando el sujeto responde rápidamente a los estímulos presentados, que cuando responde lentamente. Tanto la CNV y el tiempo de reacción varían de acuerdo a los cambios inferidos en el nivel de atención. (Según Tecce & Scheff).

menta el número de puntos que presentan una correlación alta de su actividad, dependiendo de la complejidad de la tarea considerada. Es de anotar que determinados pacientes psiquiátricos (V. gr. paranoides) presentan correlaciones especialmente altas en los puntos de actividad sincronizada de corteza, como si presentasen continuamente un estado de alta actividad intelectual, la cual puede disminuir con la aplicación de determinados tranquilizantes.

Como señala el autor (Livanov, 1972), la relación aun de operaciones intelectuales simples, exige la integración de una cantidad considerable de información, y consecuentemente es adecuado esperar que los índices de sincronización entre diferentes puntos de corteza sean más demostrativos que la actividad aislada de regiones discretas de corteza. Utilizando un índice derivado del EEG, la relación existente entre los frentes ascendentes y descendentes del

registro EEG (ondas G) como índice de activación más lento del cerebro, Artemieva y Homskaya (1975) demuestran que la correlación existente aumenta durante la solución de diferentes tareas y que, más aún, tal sincronización especial de estos biopotenciales lentos puede presentar un carácter local, dependiente de la tarea realizada por el sujeto (memorizar una lista de palabras, observar un cuadro, etc.) señalando una participación diferencial de corteza en tales tareas.

Se demuestra empleando tales índices EEG derivados, que la sincronización de la actividad frontal es significativamente superior durante la memorización de elementos verbales, en tanto que la sincronización de las regiones occipitales sigue una relación inversa. (Ardila, Slotintseva & Homskaya, 1974), lo que demuestra una participación diferencial de diferentes puntos de corteza en la realización de la tarea dada (Fig. 7).

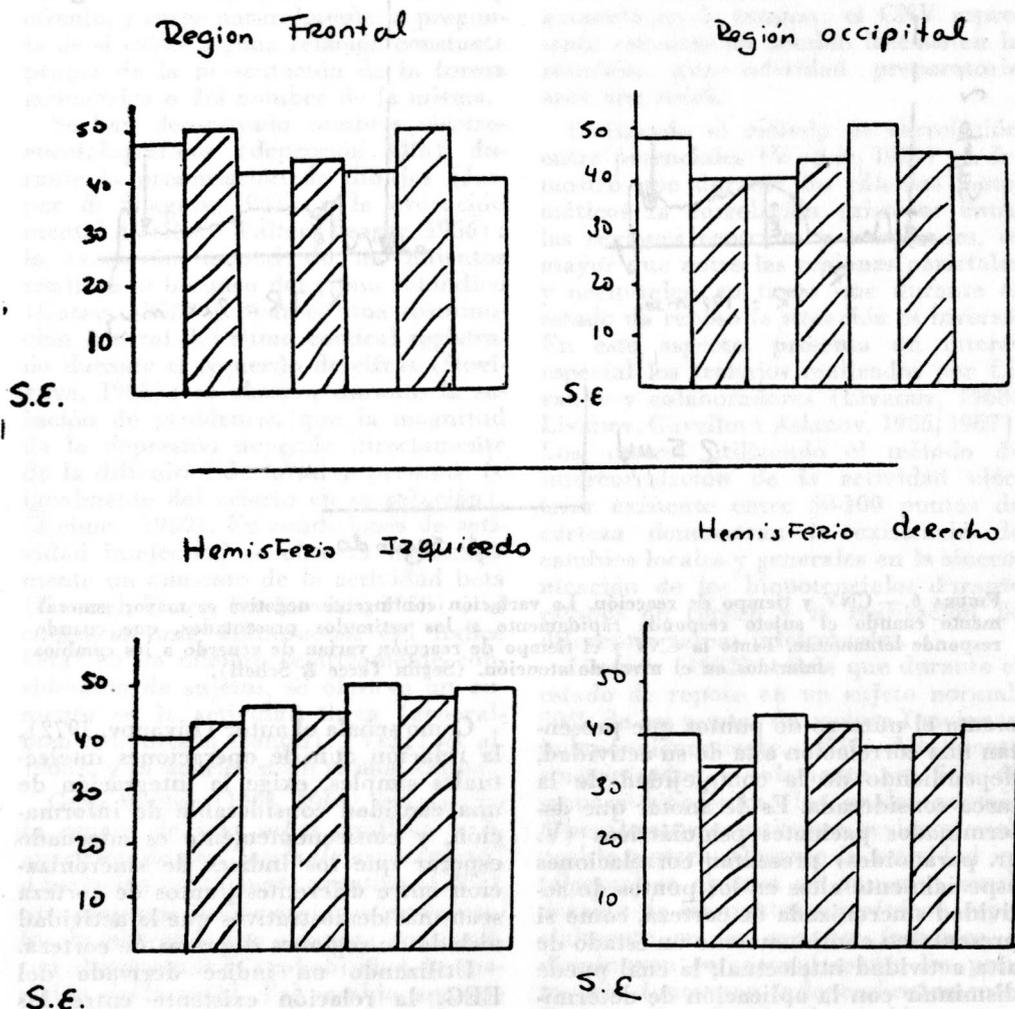


FIGURA 7.— Índice de sincronización espacial (SE) durante ensayos sucesivos en una prueba de memoria operativa; barras blancas: tiempo de fondo (reposo); barras punteadas: tiempo de presentación del material verbal. (Ardila et al. 1974).

Actividad local durante la solución de problemas.

Tal participación diferencial de distintas regiones de la corteza en la solución de tareas de diferente naturaleza, ha sido frecuentemente señalada en la literatura dedicada al tema. Se ha demostrado la existencia de cambios locales en el EEG durante la solución de diferentes tipos de tareas (Sokolov, Sheblenova, 1974). Igualmente, se ha demostrado que los cambios de actividad beta son frecuentemente más complejos que los cambios en la actividad alfa; en tareas visuales la actividad beta disminuye en las regiones occipitales junto con la depresión alfa; en respuesta a un ruido blanco la actividad beta de una frecuencia de 20-35 aumenta en las regiones temporales, tanto en el hemisferio derecho como izquierdo; durante la lectura aumenta especialmente en las regiones temporales del hemisferio izquierdo y en las regiones prefrontales de corteza; durante la solución de tareas matemáticas, principalmente en las regiones temporales del hemisferio derecho, e igualmente en las regiones prefrontales (Giannitrapani, 1971).

Se ha demostrado que la región en la cual se presenta principalmente la depresión alfa o del ritmo Rolándico, depende ante todo del tipo de refuerzo; durante la formación de reflejos condicionados motores, fue posible demostrar una fase durante la cual el bloqueo del ritmo Rolándico aparecía únicamente en la región motriz del hemisferio contrapuesto. (Goston et al. 1957).

Se estudió el "pensamiento visual" utilizando para ello diferentes tipos de tareas visuales (recorrido visual de un laberinto, test del cuadrado —armar un cuadrado con dos piezas diferentes—; y test del compás —determinación de la dirección señalada en una brújula teniendo un solo punto de referencia—) (Zinchenko, Munipov & Gordon, 1973); se tomaron tres índices de actividad: a) tiempo de fijación y amplitud del

movimiento de los ojos; b) nivel de depresión del ritmo alfa en la región occipital; y c) EMG del labio inferior. El análisis de los resultados demostró que la solución de los diferentes problemas presentaba una interrelación particular en la actividad de las diferentes medias centrales y periféricas.

El movimiento de los ojos, responsable de la exploración de la situación externa predomina en la solución de determinadas tareas, en tanto que parece jugar un papel más modesto en la solución de otras tareas. La solución del test del compás presentó tiempos de fijación máximos de 5-8 seg., en tanto que el test del laberinto, tiempos mínimos de 0.3 seg. El test del cuadrado ocupó un tiempo intermedio.

La depresión del ritmo alfa occipital se mostró igualmente diferencial en las tres tareas estudiadas. En el test del laberinto osciló aproximadamente entre un 20-50% desde el nivel de base, en la solución del test del compás frecuentemente alcanzó un nivel del 100% y el promedio de depresión fue significativamente superior al alcanzado en el test del laberinto; el test del cuadrado ocupó una posición intermedia (Fig. 8).

El tercer índice (lenguaje interno) se comportó de manera similar en las tres tareas estudiadas; el EMG mostró una activación superior únicamente en los intervalos de completación de la tarea, inmediatamente antes de la respuesta abierta del sujeto y rara vez sobrepasó un tiempo de 1 seg. Esto demuestra una participación diferencial de diferentes sistemas en el procesamiento de la información necesaria para la solución de diferentes tareas, aun tratándose todas ellas de naturaleza visual (pensamiento visual).

Actividad de las estructuras profundas del cerebro.

La implantación crónica de electrodos en regiones profundas del cerebro

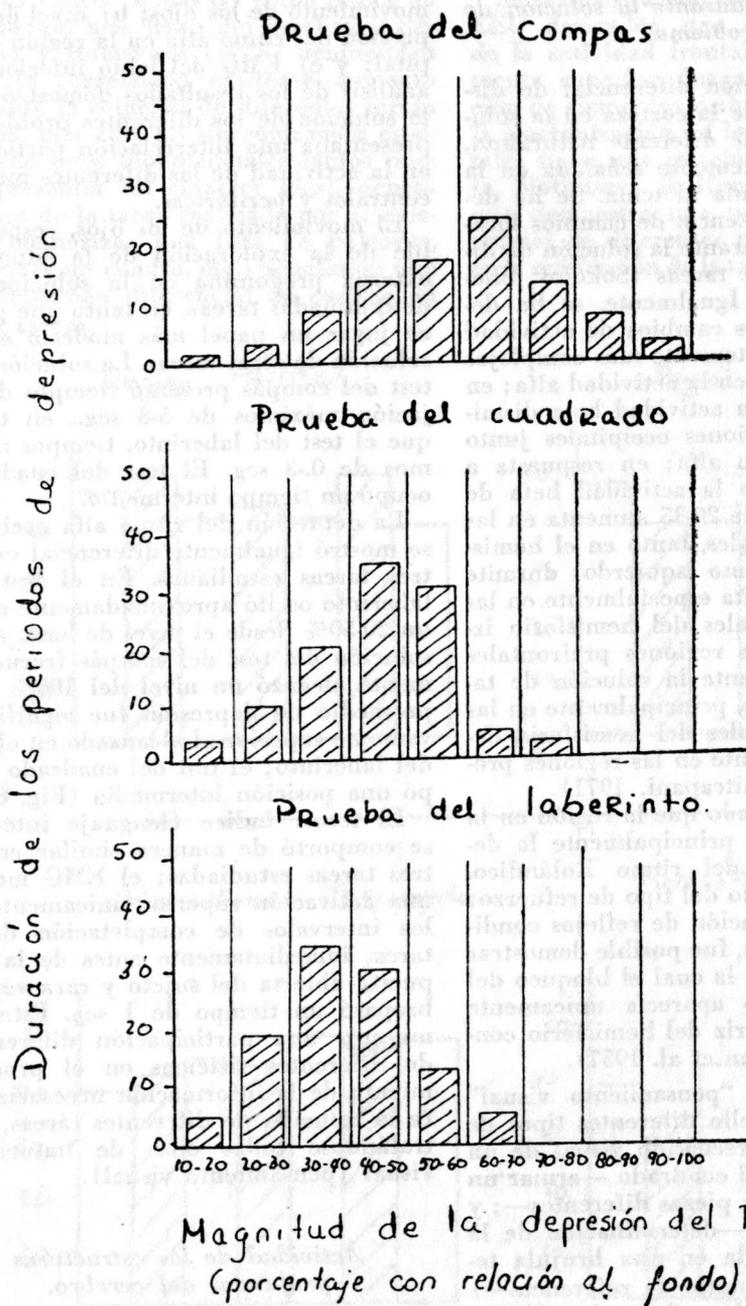


FIGURA 8.— Magnitud de la depresión del ritmo alfa durante el proceso de solución de diferentes problemas (compás, cuadrado y laberinto). (Según Zinchenko et al. 1973).

permitió analizar la actividad existente en diferentes regiones subcorticales durante distintas tareas de pensamiento. Igualmente aparece la posibilidad de modificar eléctricamente la actividad de diferentes regiones del cerebro durante diferentes estados funcionales. Esta técnica se ha denominado electro-subcortigrama (ESCG).

Se ha demostrado que durante la realización de diferentes pruebas psicológicas, el ESCG muestra una serie de cambios más o menos claros en cuanto a la frecuencia y amplitud de sus componentes, dependientes del carácter de la respuesta del sujeto, de la novedad de la tarea, de la atención presentada, etc. (Zhirmunskoy & Bein, 1974).

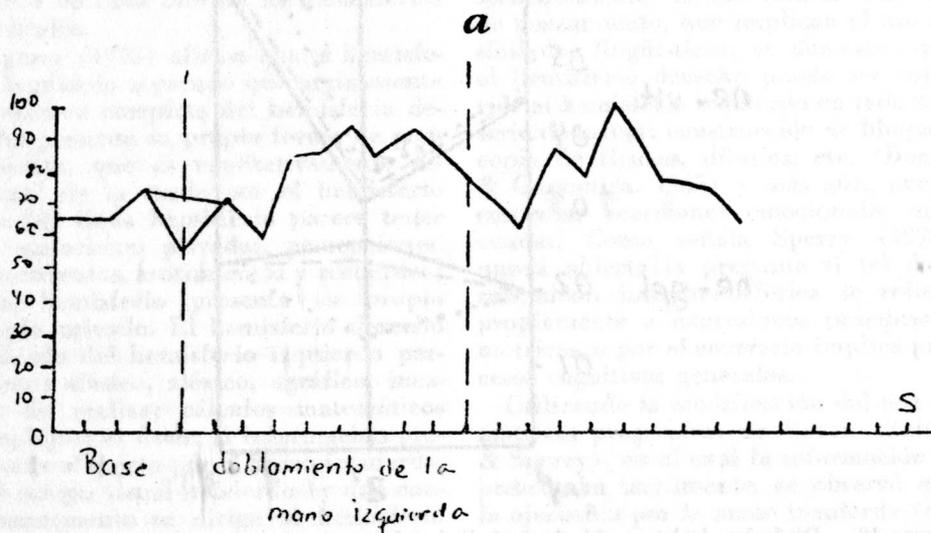
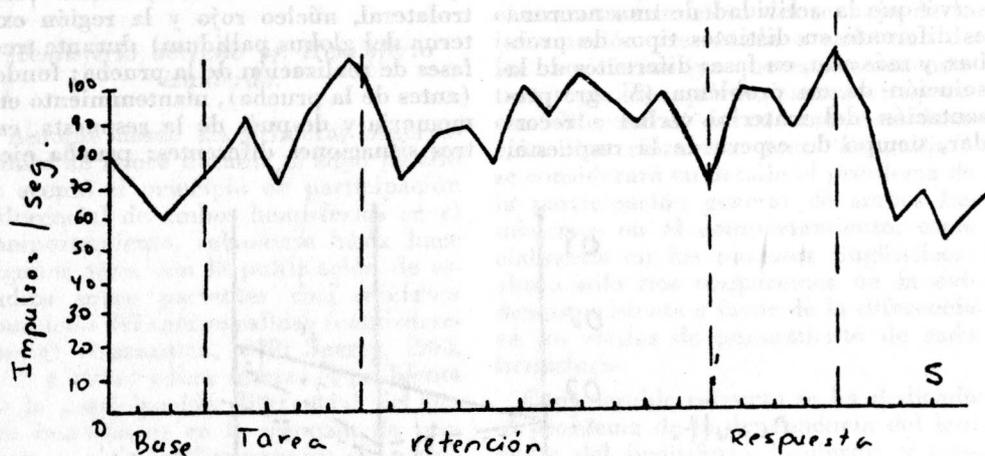


FIGURA 9.—Dinámica de la actividad de la región centro-medial del tálamo durante una prueba de memoria operativa (a) y durante una prueba motriz (b). (Según Bechtereva, 1974).

Bechtereva (1974) analizó los cambios registrados en neuronas singulares subcorticales durante la realización de diferentes pruebas (recuerdo de una serie de palabras, observación de un cuadro, desplazamiento de la mano, etc.) en diferentes regiones subcorticales, y la correlación observada en la actividad de neuronas de diferentes estructuras durante tales pruebas; se observó que la actividad de una neurona es diferente en distintos tipos de pruebas, y más aún, en fases diferentes de la solución de un problema (V. gr. presentación del material verbal a recordar, tiempo de espera de la respuesta,

etc.). La figura 9 ilustra los resultados hallados por el autor en dos pruebas diferentes: recuerdo de una serie de palabras, y desplazamiento de la mano en la región *centrum medianum* del tálamo.

La figura 10 señala la dinámica observada entre diferentes regiones subcorticales en una prueba de memoria operativa (núcleo central, núcleo ventrolateral, núcleo rojo y la región externa del *globus pallidum*) durante tres fases de realización de la prueba: fondo (antes de la prueba), mantenimiento en memoria y después de la respuesta, en tres situaciones diferentes: prueba eje-

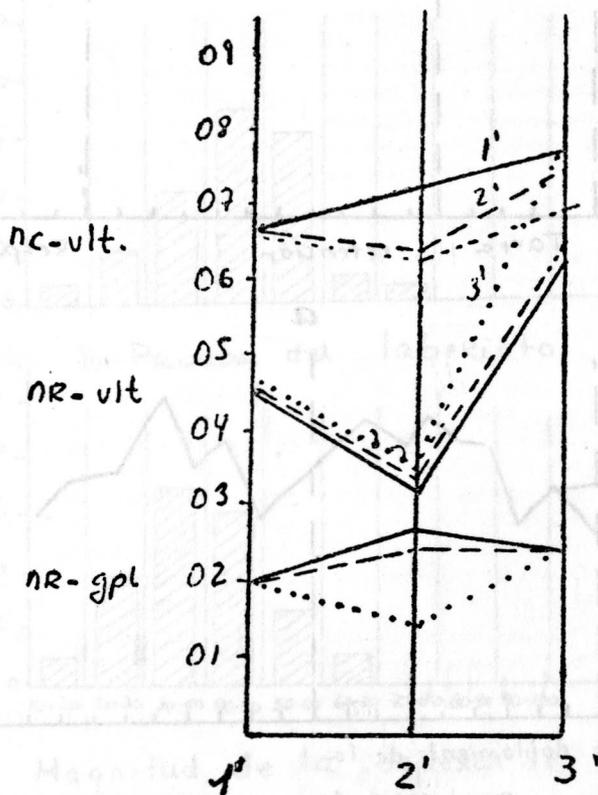


FIGURA 10.— Dinámica de las correlaciones halladas durante una prueba de memoria operativa. Coeficientes de correlación típicos. nc: núcleo central; gpl: núcleo ventro-lateral; nr: núcleo rojo; 1': prueba ejecutada correctamente; 2': prueba ejecutada con grandes errores; 3': prueba ejecutada con pocos errores; L: base; 2: retención; 3: después de la respuesta. (Según Bechtereva, 1974).

cutada correctamente, prueba con grandes errores y prueba con pequeños errores. Se observa que la correlación de la actividad entre esas regiones tomadas, es diferente en las distintas etapas de realización de la prueba, y más aún, que la intercorrelación hallada es capaz de discriminar si la prueba se ejecutó o no adecuadamente.

Hemisferio derecho vs. Hemisferio izquierdo.

Aunque desde las primeras observaciones de Broca durante el siglo pasado se aceptó el principio de participación diferencial de ambos hemisferios en el comportamiento, solamente hasta hace algunos años, con la publicación de estudios sobre pacientes con secciones completas del cuerpo caloso (comisurectomía) (Gazzaniga, 1970; Sperry, 1968, 1973 y otros) cobra interés el problema de la participación diferencial de ambos hemisferios en la solución de problemas, o los *estilos propios de pensamiento* de cada uno de los hemisferios cerebrales.

Sperry (1973) afirma que el hemisferio izquierdo separado quirúrgicamente de manera completa del hemisferio derecho presenta su propia forma de pensamiento, que es cualitativamente diferente de la usada por el hemisferio derecho. Cada hemisferio parece tener sus sensaciones privadas, percepciones, pensamientos, sentimientos y recuerdos; cada hemisferio presenta su propio mundo privado. El hemisferio derecho separado del hemisferio izquierdo permanece afásico, aléxico, agráfico, incapaz de realizar cálculos matemáticos complejos; es decir, la información presentada al sujeto por el brazo izquierdo, y el campo visual izquierdo (y que consecuentemente se dirige al hemisferio derecho) permanece separada de los centros relacionados con la utilización de códigos lingüísticos, lógicos, y matemáticos, los cuales consecuentemente se

encuentran localizados en el hemisferio izquierdo (Sperry, 1973). Un paciente con tal tipo de alteración (denominada frecuentemente "*síndrome de Sperry*") muestra un comportamiento general aparentemente normal: camina, habla, es capaz de sostener una conversación, y consecuentemente su conducta general parece estar más dominada por el hemisferio izquierdo; sin embargo, ante el examen minucioso del manejo de la información presentada a cada uno de los hemisferios (ya que estos se encuentran separados quirúrgicamente) aparecen diferencias de enorme consideración. Posteriormente (ver "Lenguaje") se considerará en detalle el problema de la participación general de ambos hemisferios en el comportamiento, especialmente en los procesos lingüísticos; ahora sólo nos ocuparemos de la evidencia existente a favor de la diferencia en los estilos de pensamiento de cada hemisferio.

Considerable esfuerzo se ha dedicado al problema de la dependencia del lenguaje del hemisferio izquierdo, y consecuentemente de las formas verbales de pensamiento, que implican el uso de símbolos lingüísticos; se demostró que el hemisferio derecho puede ser superior al hemisferio izquierdo en toda una serie de tareas: construcción de bloques, copia de figuras, dibujos, etc. (Bogen & Gazzaniga, 1965) y más aún, puede controlar reacciones emocionales adecuadas. Como señala Sperry (1973) queda abierta la pregunta si tal diferenciación inter-hemisférica se refiere propiamente a expresiones prácticas y motrices, o por el contrario implica procesos cognitivos generales.

Utilizando la modificación del test de matrices progresivas de Raven (Zaidel & Sperry), en el cual la información se presentaba táctilmente, se observó que la ejecución por la mano izquierda (hemisferio derecho) era dos veces superior a la ejecución con la mano derecha, en sujetos que presentaban el síndrome de Sperry; más aún, la forma de ejecu-

ción (y probablemente el pensamiento subyacente) fue bastante diferente en ambas situaciones: mientras la mano izquierda trabaja rápidamente en silencio, la ejecución por parte de la mano derecha era mucho más lenta y acompañada de verbalización que representaban la forma de razonamiento que se estaba llevando a cabo; igualmente, el recuerdo de información no verbal se mostró superior por parte del hemisferio derecho.

Estudiando la formación de conceptos, Kumar, (1971) demostró que el hemisferio derecho llegaba de manera óptima y rápida a la adquisición de conceptos que implicaban cualidades especiales, como forma, tamaño, peso, etc., en tanto que el hemisferio izquierdo logra una ventaja considerable en la formación de conceptos fácilmente verbalizables.

Sperry (1973) anota que ya el procesamiento de la información sensorial es considerablemente diferente por parte de cada hemisferio; tomando como criterio los movimientos de exploración de los ojos, la experiencia perceptual ha de ser consecuentemente diferente y la aprehensión de la información procedente del mundo externo, cualitativamente distinta. En la presentación de caras (tarea en la cual el hemisferio derecho aventaja considerablemente al hemisferio izquierdo) parecería que en tanto el hemisferio derecho responde a la cara como una configuración total, como un conjunto percentual, el hemisferio izquierdo responde a rasgos aislados de ella, fácilmente adaptables a una denominación verbal (Sperry, 1973).

Ya anteriormente se señaló que probablemente la relación simple con respecto al lenguaje, según la cual el hemisferio izquierdo "posee", por así decir, el lenguaje, en tanto que el hemisferio derecho se encarga de tareas viso-perceptuales, no es completamente adecuada y más parece que en circunstancias normales juntos hemisferios aportan al lenguaje, aunque sus aportes

específicos pueden ser diferentes (el hemisferio izquierdo maneja predominantemente los códigos lingüísticos en tanto que el hemisferio derecho aporta aspectos tales como la entonación y melodía del lenguaje), sea igualmente válido con respecto al pensamiento: probablemente en circunstancias normales juntos hemisferios cooperan y se complementan mutuamente, contribuyendo cada uno de ellos en la solución del problema, y participando con elementos particulares para lograr un solo conjunto armónico. Tal integración sería la que se altera en casos de comisurectomías, apareciendo consecuentemente formas diferentes de percepción, memoria, pensamiento, etc. Vale la pena recordar que sujetos que han sufrido por una u otra razón hemisferectomía en una edad temprana anterior a la adquisición del lenguaje, no muestran alteraciones detectables en el lenguaje, ni tampoco en la solución de problemas.

Lesiones locales de corteza.

Tomando como paradigma del pensamiento la forma en que se soluciona un problema, se analizaron las alteraciones específicas que aparecían en tal proceso, correspondientes a daños corticales de diferentes localizaciones (Luria Tsvetkova, 1966, 1974). Se halló que los aspectos alterados en la solución de problemas mostraban una dependencia directa del sitio de la lesión cortical, y consecuentemente se podía suponer que diferentes regiones corticales presentaban aportes diferenciales en el manejo de los elementos necesarios para una adecuada solución de una tarea de pensamiento.

Constituyendo las regiones occipitoparietales de la corteza un analizador de la información procedente de diferentes sistemas, y contribuyendo a su integración dentro de estructuras cuasi-especiales, su lesión implica una imposibilidad de lograr una síntesis de los ele-

mentos dentro de un esquema único. Junto con una desorientación general por parte del paciente, se presenta una incapacidad para entender las estructuras lógico-gramaticales complejas (afasia semántica), alterándose consecuentemente la capacidad para la utilización de estructuras que implican determinada relación espacial de los elementos. Se hace imposible consecuentemente la solución de problemas numéricos que exigen el mantenimiento de estructuras cuasi-espaciales y el sujeto deja de extender la relación que existe entre las palabras que componen una oración compleja. Lesiones en tal región occipito-parietal (y occipito-temporo-parietales, región terciaria de la corteza) alteran la capacidad de solución de todos aquellos problemas que exigen la integración de determinados elementos en estructuras espaciales y cuasi-espaciales, bien sean elementos verbales, lógicos o numéricos. Igualmente la solución de tareas constructivas (V. gr. los cubos de Khos) que implican una organización espacial de los elementos, se ve seriamente afectada.

Lesiones frontales, por el contrario, aunque mantienen intacta la utilización de operaciones particulares (automatismos lógicos, como las tablas de multiplicar), hace que el paciente presente una disrupción general de toda la estructura del problema; todo problema supone la existencia de una pregunta, la cual no existe en sujetos con lesiones frontales, desapareciendo consecuentemente todo el problema y la posibilidad de un cotejo de los resultados con las condiciones iniciales. Frecuentemente el sujeto es aun incapaz de repetir el problema y explicar en qué consiste la pregunta formulada; el sujeto puede simplemente repetir alguno de los elementos del problema, señalar que ésta es ya la respuesta. No existe entonces un problema, ni un programa de solución y mucho menos un cotejo de los resultados alcanzados con las condiciones iniciales del problema. A su vez es

posible distinguir algunas variantes del síndrome frontal con respecto a las tareas de pensamiento; lesiones frontales basales conllevan a una desorientación general por parte del paciente, dificultades de atención, en tanto que el reflejo de orientaciones se hace inextinguible, y a cambios emocionales generales; en tales sujetos, aun cuando el problema puede entenderse de una manera adecuada, hay una imposibilidad para lograr un plan general de solución, extraer la información relevante y fijar su atención en las condiciones dadas del problema. Por el contrario, lesiones frontales convexitales llevan a la formación de estereotipos inertes, a la repetición mecánica de los elementos presentes, y consecuentemente a una adinamia completa del pensamiento.

Todas las formas de pensamiento discursivo que exigen el mantenimiento operativo de determinada información verbal, se ven alteradas en caso de lesiones de la región media temporal, al alterarse la memoria verbal a corto plazo. El sujeto es incapaz de retener una serie de elementos verbales y de enunciar operaciones verbales complejas que exigen determinada interrelación entre los elementos, debido a su pérdida de la memoria verbal operativa, y consecuentemente, todas las formas de pensamiento que impliquen la utilización de información verbal compleja, se ven alteradas. El sujeto comprende los elementos verbales aislados, pero no logra integrar secuencias complejas. De esta manera, el pensamiento propiamente discursivo se hace imposible.

Aspectos bioquímicos.

Es importante considerar si la mayor o menor capacidad para solucionar problemas se correlaciona de alguna manera con la presencia mayor o menor de algún compuesto químico, probablemente algún neurotransmisor que implicaría una facilidad aumentada o dismi-

nuida para que un potencial se transmite desde la membrana presináptica hasta la membrana post-sináptica. En este punto estaríamos tocando las bases bioquímicas de la inteligencia.

Es llamativa la demostración de Tryon (1942) de que la capacidad para solucionar problemas o más exactamente la habilidad para recorrer un laberinto presenta una base genética: el autor demostró que la cría selectiva de ratas conlleva a que ya en la octava generación aparecieran dos grupos suficientemente diferentes de animales, que se diferenciaban en su capacidad para aprender a recorrer un laberinto, siendo la superposición entre ambos grupos prácticamente nula (ratas "torpes" y ratas "brillantes"); tales grupos han permanecido suficientemente estables hasta el día de hoy con respecto al rasgo seleccionado. Se ha señalado sin embargo, que tales grupos se muestran diferentes sólo si los ensayos de entrenamiento se dan masivamente; si los ensayos se realizan suficientemente espaciados, la diferencia entre los dos grupos desaparece y se hacen indistinguibles, lo cual señala que su diferencia radica más exactamente en el tiempo requerido para que se logre una consolidación del aprendizaje.

Esta observación concuerda con los resultados obtenidos por McGaugh y colaboradores (McGaugh, Westbrook & Burt 1961, Breen & McGaugh 1961, Thomson et al. 1961) sobre los efectos de drogas y de choques electroconvulsivos en las cepas "brillantes" y "torpes" de Tryon, que sugieren claramente que tales cepas son diferentes en algún proceso de consolidación; por ejemplo, el electrochoque como método experimental para alterar ciertos procesos de consolidación del aprendizaje muestra efectos marcadamente diferentes en los dos grupos de ratas: el grupo "brillante" muestra una consolidación más rápida y una resistencia aumentada al choque electroconvulsivo como procedimiento para provocar determinada amnesia re-

trógrada y una supuesta disrupción de las huellas de memoria a corto plazo. Tal observación sobre los efectos diferenciales del electrochoque dependiendo de algún factor de "inteligencia" es igualmente frecuente en casos de sujetos humanos sometidos a tal procedimiento con fines psiquiátricos. Krech, Rosenzweig y Bennett (1960) sometieron a prueba la hipótesis relativa a la presencia de ciertas diferencias en los niveles de neurotransmisores entre los dos grupos de ratas de Tryon y hallaron diferencias pequeñas pero sistemáticas a través de varios estudios, diferencias del orden del 5% en los niveles de colinesterasa en distintas regiones de la corteza cerebral. Posteriormente, permitiendo el cruce al azar de ratas descendientes de las cepas de Tryon, observaron una correlación positiva en la actividad de la colinesterasa y el número de errores cometidos al aprender a recorrer un laberinto; propusieron la hipótesis de que sobre la capacidad para aprender a recorrer un laberinto incidían tanto los niveles de acetilcolina como de colinesterasa, de tal manera que dentro de ciertos límites, mientras mayor sea la cantidad de acetilcolina activa en las sinapsis, mayor será la eficacia de la transmisión y mayor la capacidad de aprendizaje.

Roderick (1960) utilizó el procedimiento inverso y realizó crías selectivas de ratas según el nivel de colinesterasa; después de seis generaciones sometió a los animales experimentales al aprendizaje de diferentes laberintos y observó que las cepas con una actividad baja de la colinesterasa presentaban mayor número de errores que las cepas seleccionadas según los niveles altos de colinesterasa. El análisis bioquímico mostró que las diferencias en los niveles de acetilcolina era superior en aproximadamente solo un 9% en las ratas más brillantes, lo cual indica que los niveles de acetilcolina difícilmente pueden dar cuenta para explicar las diferencias en la capacidad de aprendizaje; sin em-

bargo la relación ACh/AChE se correlacionan de manera adecuada con la capacidad observada para aprender a recorrer un laberinto. La hipótesis de que tal relación es la más informativa se ve reforzada por la observación de que la cría de ratas en condiciones de privación (ambientes empobrecidos) lleva a una serie de cambios en la estructura y la actividad cortical entre los cuales se ha señalado como uno de los más importantes la relación existente entre los niveles de acetilcolina y colinesterasa (Bennett et al. 1970).

Se ha observado que las concentraciones de neurotransmisores varían considerablemente durante la ontogenia; para ratas, en el momento del nacimiento la norepinefrina sólo alcanza a 0.12 mg./cerebro, en tanto que a los doce días es igual a 0.353 mg./cerebro y a 0.367 mg./cerebro a los 24 días, que es el nivel promedio hallado en la rata adulta; la serotonina sigue un desarrollo similar, alcanza las contracciones propias de la adultez hacia los 21 días, en tanto que la colinesterasa se triplica en los primeros 21 días y es cinco veces superior a las 7 semanas (Warburton, 1975). Esto se relaciona con un desarrollo correspondiente de la memoria, los mecanismos de refuerzo y los procesos de atención y selección de información.

El procesamiento de información implicado en la solución de problemas depende de la adecuada transmisión sináptica y consecuentemente de proceso de mielinización, el cual aumenta considerablemente en los primeros 35 días en ratas; obviamente, el organismo inmaduro es capaz de procesar una cantidad menor de información, debido a su más lenta conducción, lo que implica una capacidad disminuida para solucionar problemas. McIlwain (1955) propuso dividir el desarrollo del cerebro de la rata en cuatro estadios diferentes: estadio fetal, durante el cual se diferencia el 97% de las neuronas del cerebro, pero éste sólo presenta el 15% del peso del cerebro adulto; los 10 días siguientes

al nacimiento, en los cuales se diferencian las vías nerviosas y la corteza cerebral alcanza casi el peso y el tamaño de la adultez; los días 10-20 después del nacimiento, cuando aumenta la actividad enzimática y comienza la mielinización axonal; y, por último, desde el día 20 hasta la pubertad, período durante el cual se complementa la mielinización y el cerebro alcanza el peso y el tamaño adulto. Cada uno de estos estadios se correlacionaría con una capacidad propia para aprender y solucionar problemas, lo cual indica cuáles son los procesos fisiológicos subyacentes a la capacidad diferencial observada en la ontogenia para la solución de problemas y el aprendizaje.

Resumen.

1. Es posible distinguir diferentes sentidos en la utilización del concepto de pensamiento. Quizás su acepción más frecuente se refiere a la solución de problemas.

2. Los procesos de pensamiento se ven acompañados por una serie de cambios periféricos (cambios autónomos, movimientos subvocales, etc.) pero que de ninguna manera pueden ser identificados con el pensamiento.

3. Es posible detectar cambios en la actividad cortical y subcortical correspondientes a la solución de distintas tareas. Tales cambios se correlacionan con la dificultad y el tipo de tarea, y presentan una especificidad local en cuanto a la interacción de los elementos centrales implicados.

4. Parece adecuado que al igual que en el lenguaje juntos hemisferios realizan aportes diferenciales en la solución de problemas; en tanto que el hemisferio izquierdo parece estar fundamentalmente implicado en el manejo de la información verbal, y los códigos lógicos, lingüísticos y matemáticos, el hemisferio derecho parece realizar un aporte fundamental en las tareas de tipo visoperceptual. En la solución de un pro-

blema particular, ambos hemisféricos realizan aportes específicos.

5. Lesiones locales de la corteza cerebral llevan a la alteración de aspectos específicos en la solución de problemas. Mientras que en pacientes con lesiones frontales desaparece el problema como tal y se hace consecuentemente imposible la utilización de la información dada, pacientes con lesiones parieto-temporo-occipitales muestran dificultades para la solución de tareas que impliquen la utilización de esquemas

cuasi-espaciales, y sujetos con lesiones temporales muestran alteraciones en las formas discursivas de pensamiento.

6. La capacidad para solucionar problemas parece relacionarse con la actividad bioquímica de los neurotransmisores, con la mielinización de las fibras nerviosas y seguramente con todos los cambios estructurales y funcionales observados en el sistema nervioso durante la ontogenia, los cuales implican una facilitación aumentada en el procesamiento de la información sensorial.

BIBLIOGRAFIA

- AMADEO, M. & GÓMEZ, E. Eye movements, attention and dreaming in subjects with lifelong blindness, *Canadian Psychiatric Association Journal* 1966, 11, 501-507.
- BENNET, E. L.; ROSENZWEIG, M. R. & DIAMOND, M. C. Time courses of effects of differential experience on brain measures and behaviour of rats. En: *Molecular approaches to learning and memory*, Byrne W. L. (ed.), Academic Press, 1970.
- BREEN, R. A. & MCGAUCH, J. L. Facilitation of maze learning with post-trial injection of picrotoxin, *J. Comp. and physiological psychology*, 1961, 54, 498-501.
- FAABERG-ANDERSEN, K. & EDELDT A. W. Electromyography of intrinsic and extrinsic laryngeal muscles during silent speech, *American Journal of Psychiatry*, 1958, 49, 478-482.
- GASTANT, H. Etude electrocorticegraphique de la réactivité des rythmes rolandique, *Revue Neurologique*, 1952, 87, 176-182.
- GAZZANICA, M. S. *The bisected brain*, Appleton New York, 1970.
- GANNITRAPANI, D. Scanning mechanisms and the EEG. *Electroenceph. and Clin. Neurol.* 1971, 30, 139-146.
- GOSTON, E. A. Explicación neurofisiológica de las reacciones condicionadas en el EEG. *Zhurnal vischei nervnei deyatelnosti*, 1957, 2.
- GOLLA, F. L.; HUTTON, E. L. & WALTER, W. G. The objective study of mental imagery, *Journal of mental science*, 1943, 89, 216-223.
- GOULD, L. N. Verbal hallucination as autonomic speech, *American Journal of Psychiatry*, 1950, 107, 110-119.
- HESS, E. H. Actitude and pupil size. *Scientific American*, 1975, 4, 46-54.
- JACOBSON, E. Electrophysiology of mental activity and introduction to the psychological processes of thinking. En: *The psychophysiology of thinking*, McGuigan F. J. & Schoonover R. A. (eds.), Academic Press, 1973.
- JASPER, H. H. & SHACASS, C. Conditioning the occipital alpha rythm in man. *J. of Exp. Psychol.* 1941, 28, 373, 388.
- KAHNEMEN, D. & BEATTY, G. Pupil diameter and load of memory. *Science*, 1966, 154-158.
- KAMIYA, J. & HARDT, J. Some comments on Plotkin's self-regulation on EEG alpha. *Journal of Exp. Psychol.* 1976, 1, 100-109.
- KENNARD, M. A.; FISHER, W. P. & RAVINOVICH, M. S. The use of frequency analysis in the interpretation of the EEGs of patients with psychological disorders. *Flect. and clin. Neurol.* 1955, 7, 29-38.
- KRECH, D.; ROSENZWEIG, M. R. & BENNETT, E. L. Relations between brain chemistry and problem-solving among rats raised in enriched and impoverished environments *J. Comp. and phys. psychol.*, 1962, 55, 801-807.
- KUMAR, S. Lateralization of concept formation in human cerebral hemisphere, *Bio. Am. Rep. California Institute of Technology*, 1971, Nº 136-118.
- LIVANOV, M. N. Análisis espacial de la actividad eléctrica del cerebro. *Zhurnal vischei nervnei deyatelnosti*, 1962, 1.
- LIVANOV, M. N.; GAVRILOVA, N. A. & ASLANOV, A. S. Correlación de los biopotenciales en los lóbulos frontales en sujetos humanos. En: *Lóbulos frontales y regulación de los procesos psicológicos*, Luria A. R. & Homskaya E. D. (eds.) MGU, Moscú, 1966.

- LIVANOV, M. N.; GAVRILOVA, N. A. & ASLANOV, A. S. Correlation of biopotentials in the frontal parts of the human brain. En: *Psychophysiology of frontal lobes* Pribram K. N. & Luria A. R. (eds.), Academic Press, 1973.
- LURIA, A. R. & TSVETKOVA, L. S. *Análisis neuropsicológico de la solución de problemas*. Prasveschenie, Moscú, 1966.
- MAX, L. W. An experimental study of the motor theory of consciousness: current response in deaf during awaking, kinesthetic imagery and abstract thinking *Journal of comparative psychology*, 1937, 24, 301-344.
- MCGUIGAN, F. J. Electrical measurement of covert processes as an explication of "higher mental events". En *Psychophysiology of thinking*, McGuigan F. J. & Schoonover R. A. (eds.), Academic Press, 1973.
- MCGUIGAN, F. J. & RODIER, W. I. Effects of auditory stimulation on covert oral behaviour during silent reading. *Journal of Exp. Psychol.* 1968, 76, 649-655.
- MCGUIGAN, F. J. & TANNER, R. G. Covert oral behaviour during conversational and visual dreams, *Psychosomatic Science*, 1971, 23, 263-264.
- MCGAUGH, J. L.; WESTBROOK, W. H. & BURT, G. Strain differences in the facilitative effects of 5-7-diphenyl-1-3-diazadamantan-6-OL (1757 I. S.) on maze learning, *psychopharmacologia*, 1961, 54, 502-505.
- MCILWAIN, H. *Biochemistry and central nervous system*, Churchill: London, 1955.
- NOVIKOVA, L. D. Incidencia de las aferencias visuales sobre la formación de la actividad eléctrica rítmica del cerebro. *Memorias: Congreso Internacional de Psicología*, Moscú, 1966.
- PAIVIO, A. Psychophysiological correlates of imagery. En: *Psychophysiology of thinking*, McGuigan F. J. & Schoonover R. A. (eds.), Academic Press, 1973.
- PEIMER, I. A. Investigación electrofisiológica y psicológica sobre los mecanismos de transmisión de información en el SNC. En: *Problemas contemporáneos en electrofisiología*, Nauka, Moscú, 1967.
- RICHARDSON, A. *Mental imagery*. Springer Publ. New York, 1969.
- SLATTER, K. H. Alpha rhythms and mental imagery. *Electroencephalography and cli. neurophys.* 1960, 12, 851-859.
- SOKOLOV, A. N. Investigaciones electromiográficas de la articulación subvocal en el proceso del pensamiento, *voprosi psijologii*, 1961, 3.
- SOKOLOV, A. N. El lenguaje interno como mecanismo del pensamiento. *Memorias: Congreso Internacional de Psicología*, Moscú, 1966.
- SOKOLOV, A. N. *Lenguaje interno y pensamiento*, Prasvischenie, Moscú, 1968.
- SOKOLOV, & SHEBLAKOVA, A. R. Cambios en la energía sumada de los ritmos EEG en algunas tareas intelectuales, *Nuevas investigaciones en psicología*, 3, Moscú, 1974.
- SPERRY, R. W. Hemisphere disconnection and unity of conscious awareness. *Amer. psychol.* 1968, 23, 723-733.
- SPERRY, R. W. Lateral specialization of cerebral function. En: *The psychophysiology of thinking*, McGuigan F. J. & Schoonover R. A. (eds.), Academic Press, 1973.
- THOMSON, C. W.; MCGAUGH, J. L.; SMITH, C. E.; HUDSPETH, W. G. & WESTBROOK, W. H. Strain differences in the retroactive effects of convulsive shock on maze learning, *Canad. Journal Psychol.* 1961, 15, 69-74.
- TECCE, Y. & SCHEFF, N. Attention reduction and suppressed direct current potential in the human brain, *Science*, 1969, 164, 331-334.
- TRYON, R. C. En: *Comparative psychology*, Moss F. A. (ed.), Prentice-Hall, 1942.
- VOCAL, G. W. REM deprivation, dreaming and psychoses. *Arch. Ger. Psychol.* 1968, 18, 312-315.
- WALTER, G. W. *The living brain*, Norton New York, 1953.
- WALTER, G. W.; COOPER, R.; ALDRIGE, V. Y.; MCCALLAN, W. C. & WINTER, A. L. Contingent negative variation: an electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 1964, 203, 281.
- WALTER, G. W. Steady potential correlates of intracranial reinforcement, *EEG and Clin. Neurophys.* 1966, suppl. 20, 59-67.
- WARBURTON, D. M. *Brain, behaviour and drugs*, Wiley, New York, 1975.
- ZHIRMUNSKOY, E. A. & BEIN, E. S. *Neurodinámica del cerebro durante la actividad óptica cognoscitiva*, Meditsina, Moscú, 1974.
- ZINCHENKO, V. P.; MUNIPOV, V. M. & GORDON, V. M. Un estudio del pensamiento visual. *Voprosi psijologuii*, 1973, 2, 3-15.