

POTENCIALES EVOCADOS Y TIEMPO DE REACCION

M^a Dolores PAZ CABALLERO y José MUÑIZ FERNANDEZ

Departamento de Psicología. Universidad de Oviedo

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue el estudio de las relaciones entre el Tiempo de Reacción (TR) y las latencias de los distintos componentes de los Potenciales Evocados (PE) recogidos en una tarea de Discriminación Visual, con especial hincapié en los componentes anteriores al P3, poco considerados tradicionalmente en este tipo de trabajos. La utilización de dichas medidas de latencia como indicadores de la duración de los procesos mentales que tienen lugar entre el estímulo y la respuesta, permitió la descomposición experimental de la varianza del TR en sus distintos componentes. Un 31% de la mis-

ma vino determinada por la duración de los procesos sensoriales (Componentes P1 y N2a occipitales) y un 48% por la duración de los procesos de clasificación de los estímulos (Final del componente N2b occipital). Se pusieron también de manifiesto diferencias cualitativas importantes en los PEs relacionadas con el TR, estando asociada la rapidez de la respuesta a un mayor solapamiento temporal entre los distintos procesos mentales requeridos para la misma.

Palabras clave: Potenciales evocados. Tiempo de reacción. Procesamiento de información.

ABSTRACT

Event-related potentials and reaction time.- The main goal of this research was to study the relationships between Reaction Time (RT) and the latencies of different components of Event-Related Potentials (ERPs) recorded in a visual discrimination task. The ERPs components peaking before P3 were specially investigated. The use of this measures of latency as indicators of mental processes taking place between stimulus and response, allowed us to analyze the different RT sources of variance. 31% of this variance,

was explained by the time spent in sensorial processing (Occipital components P1 and N2a), and 48% was explained by stimulus classification lasting time (Occipital component N2b). Qualitative ERPs differences related with RTs size were found: short RTs appeared associated with increasing overlapping of information processing stages.

Key words: Event-related potentials. Reaction time. Information processing.

Los Potenciales Evocados (PEs), o cambios en la actividad eléctrica cerebral que siguen a la presentación de un estímulo,

podrían constituir un instrumento muy valioso en el estudio de los procesos mentales. Si pudiesen identificarse rigurosamente componentes del PE relacionados con distintos estadios de procesamiento de la información, sería posible: a) estudiar la du-

ración de los mismos bajo una serie de manipulaciones experimentales, b) determinar su carácter temporal discreto o continuo, y c) analizar qué parte de la varianza del Tiempo de Reacción (TR) está asociada con la latencia y duración de cada uno de estos estadios.

Respecto a los dos primeros puntos se cuenta con abundantes datos. En el PE occipital suscitado por estímulos visuales se han descrito una serie de componentes relacionados con distintos estadios de procesamiento de la información. Los más consistentes son P1 (o P100), N2 (o N200) y P3 (o P300), teniendo el último un carácter inespecífico, es decir, una topografía cerebral (predominantemente parietal) independiente de la modalidad sensorial utilizada. La latencia pico de P1 (de alrededor de 100 ms en sujetos normales) varía únicamente en función de los parámetros físicos de la estimulación, manifestando una correlación negativa con la intensidad del estímulo (VAUGHAN et al., 1966; PAZ, 1988). Los otros dos componentes, N2 y P3 (con latencias pico entre 200-400 ms y 300-500 ms respectivamente), sólo son suscitados en tareas que exigen una discriminación entre estímulos, por lo que parecen reflejar los procesos de clasificación de los mismos en función de las instrucciones experimentales previas. Puesto que, en algunas investigaciones que han utilizado tareas de TR de elección, el pico P3 ha sido posterior a la respuesta motora del sujeto (HARTER y GUIDO, 1980; RITTER et al., 1982, 1983; NÚÑEZ, 1984, por citar algunas de las más relevantes), habría que cuestionar los modelos de procesamiento de la información en estadios discretos y/o considerar que los procesos antes descritos son concomitantes al componente N2. La duración de N2 aumenta al aumentar la dificultad de la tarea (RITTER et al., 1982, 1983; PERRAULT y PICTON, 1984; LOVRICH et al., 1986) y, dentro de una tarea concreta, es mayor mientras mayor sea la similitud entre el estímulo evocante y el estímulo relevante o señal (NAATANEN, 1982; PAZ, 1988). Debido a estas características, la duración de este componente puede constituir un buen índice de la

duración de los procesos de evaluación del estímulo que concluyen en la clasificación de éste en función de su relevancia. Cuando se utilizan estímulos complejos (formados por la conjunción de dos o más características físicas), la primera parte de N2 refleja la selección de las características simples mientras que la última parte de esta onda parece reflejar la selección de una determinada configuración de características (el estímulo señal) (HARTER et al., 1979, 1982; HARTER y GUIDO, 1980; PREVIC y HARTER, 1982; PAZ, 1988). Ambos procesos, según los datos de los trabajos anteriores, se solapan temporalmente. El PE suscitado en el vértex por estímulos visuales ha sido hasta el momento mucho menos estudiado. La morfología de este potencial varía en función del tipo de respuesta exigido a los sujetos (PAZ, 1988) y, en tareas de TR de elección, sus componentes han mostrado mayor relación con los procesos de respuesta que con los de evaluación del estímulo (RENAULT y LESEVRE, 1979; RENAULT et al., 1982; PAZ, 1988).

Las investigaciones sobre las relaciones entre la latencia de los componentes del PE y el TR se han centrado, fundamentalmente, en el componente P3. Los resultados obtenidos a este respecto son bastante contradictorios (para una revisión de los mismos, véase DONCHIN et al., 1986). Algunos autores explican las discrepancias habidas entre los distintos trabajos por el hecho de que la latencia de P3 depende únicamente de la duración de los procesos de evaluación del estímulo, mientras que el TR viene afectado, además, por la duración de los procesos de organización y selección de la respuesta motora (DONCHIN, 1979; DUNCAN-JOHNSON, 1981; MCCARTHY y DONCHIN, 1981; MAGLIERO et al., 1984). Así, al aumentar la importancia de estos últimos procesos, disminuye la correlación entre ambas variables. Actualmente se considera, sin embargo, que la ausencia de correlación entre el TR y la latencia del P3 se debe a que este componente es una manifestación de procesos posteriores a la decisión de la respuesta, tales como el mantenimiento en la memoria a corto plazo de una representa-

ción del estímulo señal (DONCHIN y COLES, 1988). La correlación entre el TR y la latencia de N2 ha sido muy poco estudiada debido a que, por su solapamiento temporal con el pico P2, resulta difícil la obtención directa de este componente. Utilizando un paradigma de omisión, RENAULT y LESEVRE (1979) y RENAULT et al. (1982) encontraron correlaciones significativas entre la duración del mismo y el TR. No se han señalado (o no se han analizado) correlaciones con la latencia del componente P1, a excepción del trabajo de MALLINSON y MURDOCH (1983), donde esta medida correlacionó con el TR simple.

El objetivo de la presente investigación es determinar la parte de la varianza del TR que viene explicada por la duración de cada uno de los estadios de procesamiento en una tarea de discriminación visual de TR de elección. Puesto que se ha utilizado el mismo diseño experimental que en una investigación anterior (PAZ, 1988), existen razones para justificar la utilización de diversas medidas de latencia de los PEs como índice de la duración de algunos de estos estadios. Por otra parte, y a diferencia de las investigaciones anteriores, se ha intentado analizar los aspectos cualitativos del procesamiento de la información relacionados con las diferencias interindividuales en el TR.

METODO

Sujetos

La muestra estuvo compuesta por 17 voluntarios de ambos sexos (9 mujeres y 8 varones) de edades comprendidas entre los 20 y los 30 años, todos ellos con visión normal.

Estímulos

Los estímulos fueron formas geométricas (cuadrados y círculos), de 400 mm² de área y 1 mm de grosor de contorno. Estas formas geométricas tuvieron en su interior un punto, de 1 mm de diámetro, que podía aparecer situado en nueve diferentes posi-

ciones (una en el centro y ocho en la periferia, con una separación entre sí de 45°). Los estímulos se presentaron, con el contorno negro, en una pantalla blanca de TV, cuya luminancia se mantuvo constante. El orden de presentación fue pseudoaleatorio, de forma que cada una de las dos formas geométricas tuvo la misma probabilidad de aparición y, en cada una de ellas, la mitad de las veces el punto estuvo en la parte superior central y la otra mitad en cualquiera de las otras ocho posiciones. La duración de cada estímulo fue de 60 ms y el intervalo entre los mismos se aleatorizó entre 2 y 3 s. La fuente de estimulación fue un microordenador ZX Spectrum.

Registro electroencefalográfico

El EEG se registró por medio de electrodos de disco, fijados al cuero cabelludo con pasta conductora y cinta adhesiva. El registro se realizó con referencia común en la mastoides izquierda. Se utilizaron como electrodos activos los situados 2-3 cm por encima del inion y en el vértex, ambos en la línea media (Oz y Cz respectivamente según el sistema internacional 10/20). La impedancia de los mismos se mantuvo por debajo de 5 Ω . La actividad electroencefalográfica fue amplificada y filtrada entre 0,1 y 50 Hz en un polígrafo VAN GOGH. Para el control de movimientos oculares se registró el electrooculograma (EOG) mediante dos electrodos colocados en la región supra e infra-orbital (para los movimientos verticales) y en ambos rebordes orbitales externos (para los movimientos horizontales).

Procedimiento

Se instaló al sujeto en una cabina aislada e insonorizada, donde se sentó a 1 m de la pantalla de TV. Esta fue parcialmente cubierta por una máscara negra, quedando solamente visible un cuadrado de 4 cm de lado en el centro de la misma. El sujeto fue instruido para fijar la vista en el centro de este cuadrado, donde aparecieron los estímulos. En una primera tarea (control) el sujeto vio pasivamente una secuencia de 60 estímulos. Posteriormente se repitió 4 ve-

ces esta secuencia en una tarea de TR de elección, en la que el sujeto fue instruido para presionar un interruptor tipo timbre cada vez que apareciera el estímulo considerado como señal (concretamente el círculo con el punto en la parte superior central). Para controlar el nivel de atención se fijó un criterio del 75% de respuestas correctas y no más del 25% de falsas alarmas. Dos sujetos no alcanzaron este nivel por lo que sus datos fueron excluidos. En una cinta magnética instrumental se grabaron las dos señales electroencefalográficas (EEG Oz y EEG Cz), el EOG, un pulso sincronizado con la aparición de cada estímulo y la respuesta motora del sujeto.

Análisis

Los datos grabados en cinta magnética fueron posteriormente adquiridos en un ordenador PDP11. Para la adquisición de las señales analógicas se utilizó una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Los PEs se obtuvieron promediando las dos señales EEG en relación al pulso de sincronización y utilizando un tiempo de análisis de 200 ms pre y 1.000 ms post-estímulo. Para cada sujeto se obtuvieron los PEs de la tarea control y, en la tarea de TR de elección, los correspondientes a los 60 estímulos señal (PES) y a los 180 no señal (PEN) en cada una de las localizaciones cerebrales (Oz y Cz), así como los histogramas del TR. Se obtuvieron también los grandes promedios de los sujetos rápidos y lentos, promediando conjuntamente los PES de los dos grupos de sujetos ($TR < Md$ y $TR > Md$). El EOG se promedió con referencia al pulso de sincronismo y tres sujetos que mostraron movimientos oculares importantes fueron rechazados.

Para el análisis de los datos se tuvieron en cuenta sólo los sujetos que cumplieron las condiciones exigidas por el experimento (ausencia de movimientos oculares importantes y un determinado porcentaje de respuestas correctas). Estos sujetos fueron en total 12 (6 varones y 6 mujeres). Las medidas individuales consideradas fueron el TR (Md de la latencia de todas las respuestas motoras) y las latencias de las principales

ondas del PE, concretamente la latencia pico de P1 (P1p), la latencia del comienzo y del final de N2 (N2c y N2f) y la latencia pico de P3 (P3p). Estas medidas se sometieron a diversos análisis correlacionales (correlaciones simples, semiparciales y múltiples con el TR). Se analizaron también las correlaciones entre las medidas del área del PES occipital cada 100 ms (considerando 4 períodos de 0 a 400 ms) y el TR. Para eliminar la influencia de variables de tipo orgánico o experimental en el área del PE, se utilizaron medidas relativas de la misma, es decir, para cada sujeto y en cada uno de los 4 períodos, se consideró el cociente entre el área del PES y la del PE obtenido en la tarea control.

RESULTADOS

1. Comparación entre los grandes promedios correspondientes a los sujetos rápidos y lentos

El PES occipital de todos los sujetos estuvo formado por tres ondas: P1, N2 y P3. Las latencias de todas ellas, como puede observarse en la figura 1A, fueron mayores en el grupo de sujetos con un TR superior a la Md, siendo más patentes las diferencias en la latencia del final de N2 y del pico P3. Otra diferencia importante entre los grandes promedios occipitales de ambos grupos se dio en la morfología del componente N2. Este componente apareció como una única onda en el grupo de los sujetos más rápidos, mientras que en los sujetos lentos se subdividió en dos ondas, designadas en la fig. 1A como N2a y N2b.

Los componentes del PES del vértex (véase fig. 1B) fueron básicamente los mismos que los obtenidos en la localización occipital, si bien en algunos sujetos no se observó el pico P1 y, en cambio, apareció un componente negativo de corta latencia (N1). Hay que señalar que estos sujetos (concretamente 3) tuvieron TRs superiores a la Md. Las diferencias más importantes entre los grandes promedios de los sujetos rápidos y lentos consistieron, como en la localización occipital, en una mayor duración

de la onda N2 y una mayor latencia del pico P3 en los últimos. Los subcomponentes N2a y N2b aparecieron ahora en los dos grupos de sujetos, aunque la separación entre ambas ondas fue mayor en los que tuvieron TRs más largos. Curiosamente, la latencia de la onda P1 fue algo mayor en los sujetos con un TR más corto.

2. *Análisis de las medidas individuales*

En la Tabla I se muestran los TRs y latencias medias de los componentes del PE (PES y PEN) en los dos grupos de sujetos: rápidos ($TR < Md$) y lentos ($TR > Md$). Como ya se puso de manifiesto en los grandes promedios, las latencias de todas las on-

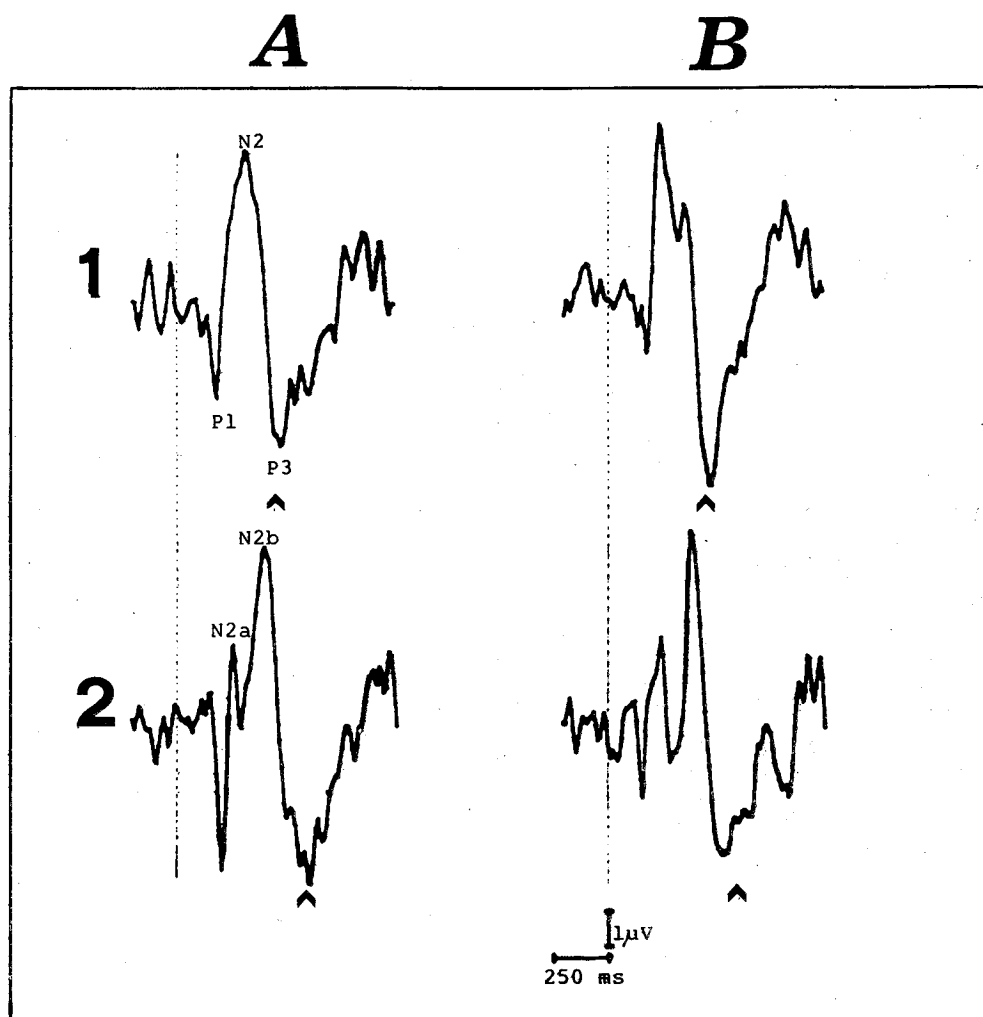


Figura 1.- Grandes promedios correspondientes al estímulo señal en la localización occipital (A) y en el vértex (B). 1: Grandes promedios de los PEs de los sujetos con un TR inferior a la Mediana. 2: Grandes promedios de los PEs de los sujetos con un TR superior a la Mediana. La línea de puntos señala la aparición del estímulo y las flechas el TR medio.

das del PES (a excepción de la del componente P1 del vértex —CzP1p—) fueron mayores en el último grupo de sujetos, si bien las diferencias fueron en todos los casos menores que las observadas en el TR. La respuesta motora ocurrió en todos los sujetos antes que el pico P3 occipital (OzP3p) y, en 9 de los 12 sujetos, antes que el pico P3 del vértex (CzP3p). Hay que destacar, por otra parte, el hecho de que en los sujetos rápidos la onda N2 suscitada por el estímulo señal terminó antes en el vértex que en la localización occipital (CzN2f < OzN2f), mientras que en los sujetos lentos sucedió lo contrario (CzN2f > OzN2f). Comparando los PEs correspondientes a los estímulos señal y no señal (PES y PEN), se observan diferencias importantes entre los sujetos rápidos y lentos respecto a la onda CzN2. En los sujetos rápidos, esta onda finalizó antes cuando el estímulo evocante fue el señal (S-CzN2f < N-CzN2f), mientras que en los sujetos más lentos finalizó antes cuando el estímulo evocante fue irrelevante y no exigió respuesta motora (S-CzN2f > N-CzN2f).

Las correlaciones entre el TR y las medidas de latencia del PES se muestran en la Tabla II. No se incluye la latencia del componente P1 del vértex (CzP1p), puesto que este pico no apareció en todos los sujetos y,

como cabe observar en la Tabla I, no covarió con el TR. La medida que obtuvo la correlación más elevada con el TR fue el final de la onda OzN2 ($r=0.88$, $p<0.01$), seguida por el final de CzN2 ($r=0.84$, $p<0.01$).

Puesto que la latencia de cada uno de los procesos reflejados por los distintos componentes del PE depende de la latencia de los procesos anteriores a él, se obtuvieron también las correlaciones semiparciales entre el TR y las distintas medidas de latencia, eliminando en cada una de ellas la influencia de la latencia del componente anterior. Estas correlaciones semiparciales se muestran en la Tabla III. En este caso fue la latencia del final de CzN2 la que obtuvo la mayor correlación ($r=0.82$, $p<0.01$). Hay que señalar, sin embargo, la elevada correlación entre el final de esta onda y el final de OzN2 ($r=0.85$, $p<0.01$).

Se han calculado también las correlaciones entre el TR y algunas medidas compuestas del PE. Se han considerado dos medidas: la diferencia en el final de la onda N2 suscitada por el estímulo señal entre Cz y Oz (S-CzN2f - S-OzN2f) y la diferencia en el final de la onda N2 del vértex entre el PES y el PEN (S-CzN2f - N-CzN2f). Ambas medidas obtuvieron, respectivamente, correlaciones de 0.68 ($p<0.05$) y 0.92 ($p<0.01$) con el TR. La correlación múlti-

| | TR < Md | | TR > Md | |
|-----------|---------|-------|---------|----------|
| | PES | PEN | PES | PEN |
| OzP1p | 170.0 | 171.7 | 193.3 | 195.0 |
| " N2c | 208.3 | 225.0 | 225.0 | 241.7 |
| " N2f | 405.0 | 401.0 | 465.0 | 435.0 |
| " P3p | 530.0 | 471.7 | 605.0 | 550.0 |
| CzP1p | 173.3 | 178.3 | 170.0 | 176.7(*) |
| " N2c | 215.0 | 226.7 | 220.0 | 230.0 |
| " N2f | 381.7 | 418.3 | 490.0 | 438.3 |
| " P3p | 483.3 | 538.3 | 566.5 | 563.3 |
| TR | 440.0 | | 582.0 | |
| Errores | 2.5 | | 3.3 | |
| Omisiones | 3.5 | | 13.0 | |

(*) La latencia media de CzP1p, en el grupo de TR > Md ha sido calculada con los datos de 3 sujetos.

Tabla I.— TRs y latencias medias de los principales componentes de los PEs Oz y Cz correspondientes a los estímulos señal (PES) y no señal (PEN) en los sujetos rápidos (TR < Md) y lentos (TR > Md).

POTENCIALES EVOCADOS Y TIEMPO DE REACCION

| | | | | | | | | |
|----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. TR | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. OzP1p | .52 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3. " N2c | .55 | .86 | — | — | — | — | — | — |
| 4. " N2f | .88** | .66 | .65 | — | — | — | — | — |
| 5. " P3p | .69* | .64 | .62 | .64 | — | — | — | — |
| 6. CzN2c | .22 | .50 | .59 | .22 | .39 | — | — | — |
| 7. " N2f | .84** | .54 | .62 | .85 | .76 | .20 | — | — |
| 8. " P3p | .66* | .43 | .64 | .56 | .74 | .40 | .75 | — |

Tabla II.— Correlaciones entre el TR y las medidas de latencia del PE correspondiente al estímulo señal (PES). Las correlaciones significativas con el TR se señalan con uno o dos asteriscos, correspondientes a los niveles de confianza del 95% y del 99% respectivamente.

| | TR |
|-------|-------|
| OzP1p | .52 |
| " N2c | .20 |
| " N2f | .69* |
| " P3p | .17 |
| CzN2c | .22 |
| " N2f | .82** |
| " P3p | .04 |

Tabla III.— Correlaciones semiparciales entre el TR y las medidas de latencia del PES. En cada una de ellas se ha eliminado el efecto de la latencia del componente anterior.

ple de éste con ambas variables fue casi perfecta ($R=0.98, p<0.01$). Por último, las correlaciones entre el TR y el número de errores y de omisiones fueron respectivamente 0.10 y 0.91 ($p<0.01$).

En la Tabla IV se muestran las áreas medias del PES Oz cada 100 ms en los sujetos rápidos y lentos, así como las correlacio-

nes entre estas medidas y el TR. La única correlación significativa se obtuvo en el período de 0 a 100 ms, donde las áreas mayores correspondieron a los sujetos de mayor TR ($r=0.85, p<0.01$).

DISCUSION

La utilización de la latencia de diversos componentes del PE como índice de la duración de los distintos procesos que tienen lugar entre el estímulo y la respuesta del sujeto permite determinar qué parte de la varianza del TR está asociada a cada uno de ellos. Este punto, de gran interés en el estudio de la cronometría mental, ha sido muy poco investigado hasta el momento. Los trabajos realizados con PES se han centrado en el estudio de la correlación entre el TR y la latencia del componente P3, que, según los resultados de los últimos trabajos (véase DONCHIN y COLES, 1988, para una revisión), es manifestación de procesos posteriores a

| Areas del PES cada 100 ms. | TR<Md | TR>Md | r |
|----------------------------|-------|-------|--------|
| 0 - 100 | 1.04 | 3.13 | 0.85** |
| 100 - 200 | 3.37 | 2.12 | -0.54 |
| 200 - 300 | 1.79 | 1.60 | -0.16 |
| 300 - 400 | 2.18 | 2.00 | -0.16 |

Tabla IV.— Areas medias del PES Oz correspondientes a los sujetos rápidos (TR<Md) y lentos (TR>Md). Las áreas aparecen expresadas en medidas relativas a las obtenidas en la tarea control. En la columna de la derecha se indican las correlaciones entre cada una de estas medidas y el TR.

la evaluación del estímulo y decisión de la respuesta. La presente investigación, además de considerar otros componentes del PE, aporta algunas innovaciones metodológicas importantes, como la utilización de estímulos de muy baja intensidad para obtener directamente el componente N2 (GARCÍA-AUSTT et al., 1971; PAZ, 1988) y el empleo de la correlación semiparcial, que permite eliminar en la latencia de cada componente la influencia de la latencia del componente anterior. Por otra parte, a diferencia de los trabajos anteriores en los que las correlaciones se calcularon considerando las medidas obtenidas en los ensayos simples (latencia de la respuesta motora y de las ondas del EEG correspondientes a cada uno de los estímulos presentados), en la presente investigación se han considerado, para cada sujeto, las medidas del promedio (Md del histograma del TR y latencia de las ondas del PE). Ello presenta la ventaja de ofrecer medidas más consistentes, además de eliminar los errores en la detección de las distintas ondas que, en el EEG sin promediar, pueden quedar totalmente enmascaradas (nótese que la amplitud del EEG se mide en mV, mientras que la del PE se mide en μ V). Por último, y por primera vez en este tipo de trabajos, se han considerado diferencias cualitativas en el procesamiento de la información relacionadas con diferencias en el TR.

Los resultados obtenidos pueden resumirse en dos puntos fundamentales: 1) la mayor parte de la varianza del TR viene determinada por la latencia de los componentes del PE que ocurrieron antes de la respuesta motora, y 2) un mayor solapamiento entre los distintos procesos estuvo asociado a una mayor rapidez de la respuesta.

Con respecto al primer punto, la medida del PES que presentó una correlación más elevada con el TR fue el final de OzN2 ($r=0.88$, $p<0.01$). Esta medida, como se ha indicado anteriormente, refleja el final de los procesos de evaluación del estímulo. Ahora bien, no hay que olvidar que estos procesos incluyen la transmisión de la información hasta la corteza sensorial específica, la codificación de las características fís-

cas del estímulo y la comparación de éste con una representación interna del estímulo señal. Estos tres procesos, como se señaló en la introducción, vienen reflejados respectivamente por el componente OzP1 y por la primera y segunda porción del componente OzN2. Eliminando en cada una de las medidas de latencia la influencia de la medida anterior, el TR correlacionó 0.52 con la latencia pico de OzP1, 0.20 con el comienzo de OzN2 y 0.69 con el final de este componente. Así pues, la duración de los procesos sensoriales y la de los procesos de categorización del estímulo explicaron respectivamente un 31% y un 48% de la varianza del TR. En lo que respecta a los componentes del PE Cz anteriores a la respuesta motora, la latencia de CzP1 y del comienzo de CzN2 obtuvieron correlaciones nulas con el TR, mientras que el final de esta onda correlacionó significativamente ($r=0.84$, $p<0.01$). Este resultado, así como la correlación significativa entre el final de CzN2 y OzN2 ($r=0.85$, $p<0.01$), no son sorprendentes, si se tiene en cuenta la hipótesis formulada por RENAULT et al. (1979) de que la onda CzN2 refleja la conexión entre los procesos de evaluación sensorial (manifestados por OzN2) y los de decisión y organización de la respuesta. El componente OzP3 ocurrió siempre con posterioridad a la respuesta motora del sujeto y CzP3 (con una latencia de alrededor de 43 ms menor que la del anterior) fue también posterior en la mayoría de los casos. En ambas localizaciones cerebrales, la correlación entre la latencia pico de P3 y el TR fue menor que la obtenida entre el TR y el final de N2 y casi nula al eliminar la influencia de esta última medida. Ello confirma la idea, apuntada ya por RITTER et al. (1979), de que la latencia de P3 refleja pasivamente los cambios en la latencia del componente anterior, siendo ésta la causa de su correlación con el TR.

Tal vez, el resultado más importante de esta investigación sea el referido a las diferencias cualitativas entre los sujetos de mayor y menor TR. En estos últimos, los componentes N2a y N2b del PE occipital quedaron totalmente solapados, lo que, te-

niendo en cuenta el significado funcional de ambas ondas, indicaría que los procesos de identificación del estímulo y clasificación de éste en función de su relevancia ocurrieron, más o menos, en paralelo. En los sujetos de mayor TR, en los que hubo una mayor separación temporal entre N2a y N2b, ambos procesos tuvieron, por el contrario, un carácter más serial. Otros datos obtenidos apoyan la hipótesis de un mayor solapamiento temporal entre los distintos procesos realizados entre el estímulo y la respuesta en los sujetos de menor TR. En este grupo, y a diferencia de lo que ocurrió en los sujetos con un TR superior a la Md, CzN2 finalizó antes que OzN2 en el PES (la correlación entre la diferencia entre ambas medidas de latencia y el TR fue de 0.68, $p < 0.05$). Este hecho podría sugerir que, en los sujetos con mayor rapidez de respuesta, los procesos de decisión y organización de la misma ocurrieron antes de que la evaluación del estímulo quedara totalmente completada, mientras que en los sujetos más lentos estos procesos se basaron en una mayor cantidad de información. En línea con el resultado anterior, en los sujetos con menor TR, CzN2 finalizó antes cuando el estímulo evocante fue el señal que cuando fue irrelevante, y lo opuesto ocurrió en los sujetos más lentos (la correlación entre el TR y la diferencia entre ambas medidas de latencia fue 0.92, $p < 0.01$), puesto que OzN2 tuvo, en todos los casos, una mayor duración para los estímulos señal.

Podría pensarse, a partir de los resultados anteriores, que ambos grupos de sujetos, rápidos y lentos, utilizaron distintas estrategias, enfatizando los primeros la rapidez y los últimos la seguridad. Sin embargo, si así hubiera ocurrido, los sujetos con menor TR hubieran cometido más errores y la correlación entre ambas variables fue nula. Teniendo en cuenta, además, que en todos los casos se instruyó a los sujetos para que contestaran lo más rápidamente posible y

que hubo una correlación positiva significativa entre el TR y el número de omisiones ($r = 0.91$, $p < 0.01$), parece que los sujetos con mayor TR tuvieron una mayor dificultad en la realización de la tarea de discriminación, tarea que los sujetos más rápidos realizaron de un modo más automático y, de ahí, que pudieran realizar en paralelo muchos de los procesos requeridos por la misma. Este mayor esfuerzo atencional de los sujetos de mayor TR parece reflejarse también en la correlación significativa y positiva entre el área del PES Oz de 0 a 100 ms y el TR. Como han puesto de manifiesto una serie de autores, la atención puede aumentar el área del PE en los primeros 200 ms (HARTER y GUIDO, 1980; HARTER et al. 1979; NAATANEN, 1982), siendo mayor este efecto cuando aumenta la complejidad de procesamiento de los estímulos (HILLYARD y WOODS, 1979). Así pues, y siempre a modo de hipótesis, podría sugerirse que la rapidez mental no depende tanto de la duración de los distintos procesos intervinientes en una tarea como del grado de solapamiento entre ellos y que este grado de solapamiento parece depender de la relativa facilidad o dificultad con que el sujeto ejecuta dicha tarea.

En conclusión, la utilización conjunta de diversas medidas del PE y del TR en una tarea específica permite estimar la duración de cada uno de los procesos mentales exigidos por la misma, así como determinar la relativa contribución de cada uno de ellos en la varianza del TR. Los PEs, además, ofrecen la ventaja de aportar información sobre la localización cerebral y el carácter temporal (serial o paralelo) de dichos procesos.

Dirección de los autores:

Enviar para petición de separatas o información adicional a María Dolores Paz Caballero, Departamento de Psicología, Universidad de Oviedo, Aniceto Sela s/n, 33007-Oviedo, Spain.

BIBLIOGRAFIA

- Donchin, E. (1979). «Event-related brain potentials: as tool in the study of human information processing». En H. Begleiter (ed.), *Evoked Brain Potentials and Behavior*, New York, Plenum, 13-88.
- Donchin, E. y Coles, M. G. H. (1988). «Is the P300 component a manifestation of context updating?». *Behavioral and Brain Sciences*, 11: 357-428.
- Donchin, E., Karis, D., Bashore, T., Coles, M. G. H. y Gratton, G. (1986). «Cognitive psychophysiology and human information processing». En M. G. H. Coles, E. Donchin y S. W. Porges (eds.), *Psychophysiology: Systems, processes, and applications*, Guilford Press.
- Duncan-Johnson, C. C. (1981). «P300 latency: a metric of information processing». *Psychophysiology*, 18: 207-215.
- García-Austt, E., Buño, W. Jr. y Vanzulli, A. (1971). «Evoked potentials and central processing of visual information». *Vision Research*, 3: 457.
- Harter, M. R., Aine, C. J. y Schroeder, C. (1982). «Hemispheric differences in the neural processing of stimulus location and type: Effects of selective attention on visual evoked potentials». *Neuropsychologia*, 20: 421-438.
- Harter, M. R. y Guido, W. (1980). «Attention to pattern orientation: Negative cortical potentials, reaction time, and the selection process». *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 49: 461-475.
- Harter, M. R., Previc, F. H. y Towle, V. L. (1979). «Evoked potentials indicants of size and orientation-specific information processing: Feature-specific sensory channels and attention». En Lehman y Callaway (eds.), *Human Evoked Potentials: Applications and problems*, New York: Plenum, 169-188.
- Hillyard, S. A. y Woods, D. L. (1979). «Electrophysiological analysis of human brain function». En M. J. Gazzaniga (ed.), *Handbook of Behavioral Neurobiology*, vol. 2. Plenum Publishing Corporation, 345-378.
- Lovrich, D., Simson, R., Vaughan, H. G. y Ritter, W. (1986). «Topography of event-related potentials during geometric and phonetic discriminations». *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 65: 1-12.
- Magliero, A., Bashore, T. R., Coles, M. G. y Donchin, E. (1984). «On the dependence of P300 latency on stimulus evaluation processes». *Psychophysiology*, 21: 171-186.
- Mallinson, B. R. y Murdoch, B. D. (1983). «Pattern reversal visual evoked potentials and reaction time». Council for Scientific & Industrial Research Reports.
- McCarthy, G. y Donchin, E. (1981). «A metric for thought: A comparison of P300 latency and reaction time». *Science*, 211: 77-80.
- Naatanen, R. (1982). «Processing negativity evoked potential reflection of selective attention». *Psychol. Bull.*, 92, 3: 605-640.
- Núñez, A. (1984). «Influencia de la relevancia del estímulo y de la respuesta motora sobre los potenciales visuales evocados en el hombre». Memoria de Licenciatura. Fac. de Ciencias, Sección Biológicas. Univ. Autónoma de Madrid.
- Paz, M. D. (1988). «Potenciales evocados y procesamiento de la información visual». Tesis doctoral. Fac. de Psicología. Univ. Complutense de Madrid.
- Perrault, N. y Picton, T. W. (1984). «Event-related potential recorder from the scalp and nasopharynx. II. N2, P3 and Slow Wave». *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 59: 261-278.
- Previc, F. H. y Harter, M. R. (1982). «Electrophysiological and behavioral indicants of selective attention to multifeature gratings». *Perception and Psychophysics*, 32: 465-472.
- Renault, B. y Lesevre, N. (1979). «A trial-by-trial study of the visual omission response in reaction time situations». En Lehman y Callaway (eds.), 317-329.
- Renault, B., Ragot, R., Lesevre, N. y Remond, A. (1982). «Onset and offset of brain events as indices of mental chronometry». *Science*, 215: 1.413-1.415.
- Ritter, W., Simson, R. y Vaughan, H. G. Jr. (1983). «Association cortex potentials and reaction time in auditory discrimination». *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 20, 2: 168-179.
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H. G. Jr. y Friedman, D. (1979). «A brain event-related to the making of a sensory discrimination». *Science*, 203: 1.358-1.361.
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H. G. Jr. y Macht, M. (1982). «Manipulation of event-related potential manifestations of information processing stages». *Science*, 218: 909-911.
- Vaughan, H. G. Jr., Costa, L. D. y Gilden, L. (1966). «Dysfunctional relation of visual evoked response and reaction time to stimulus intensity». *Vision Research*, 6: 645-656.