

7



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

DEPARTAMENTO DE PROCESOS BASICOS Y METODOLOGIA

"INDICES ELECTROFISIOLOGICOS DE
DIFERENCIACION HEMISFERICA EN
PERSONAS NEUROLOGICAMENTE
INTACTAS"

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO.



T E S I S

EXAMENES PROFESIONALES

FAC. PSICOLOGIA. QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGIA

P R E S E N T A
MIGUEL ARELLANO GARCIA

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. FEGGY OSTROSKY-SOLIS

DIRECTOR DE LA FACULTAD:
DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO



MEXICO, D.F.

2000

283316



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

El Cerebro

El cerebro es el órgano más importante del cuerpo humano, ya que es el centro de control de todas las funciones del organismo. Está situado en la parte superior del tronco y está protegido por el cráneo y la meninges.

El cerebro se divide en dos hemisferios, el izquierdo y el derecho, que controlan las funciones del cuerpo de forma opuesta. El hemisferio izquierdo controla el lado derecho del cuerpo y viceversa. El cerebro también está dividido en varias regiones, como la corteza, el tálamo y el hipotálamo.

El cerebro es un órgano muy complejo y sensible, que requiere un cuidado especial. Debe mantenerse fresco y húmedo, y debe estar protegido de cualquier tipo de trauma o lesión. También es importante mantenerlo saludable mediante una dieta equilibrada y un ejercicio regular.

El cerebro es el centro de control de todas las funciones del organismo, y su salud es esencial para el bienestar general. Por lo tanto, es importante tomar medidas para protegerlo y mantenerlo saludable.

Artículo 10

DEDICO ESTE TRABAJO DE TESIS

*A quienes me dieron la vida, a quienes día a día me brindaron su cariño, amor,
comprensión y apoyo, a mis padres:*

Pedro Arellano Robles y Ma de los Remedios Estefanía García Pérez.

Los quiero mucho.

*A mis hermanos: José Pablo, Andrés, Angel, Beatriz, † Ma del Roció,
Alejandro, Dolores, Cecilia, David, Alberto, Raúl, y Laura, gracias por
formar parte de mi mundo, por su cariño y amor, por su amistad y apoyo, gracias
hermanos.*

*A mis abuelitas: † Angelita y † Alfonsita (Jon), por su cariño y consejos que
me dieron durante su existencia.*

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Feggy Ostrosky-Solís por permitirme formar parte de su equipo de investigadores, por haberme aportado tanto en mi formación como profesional, y por enseñarme a valorar, admirar, e investigar al órgano que rige nuestras conductas y sueños, *el cerebro*.

A mi comité de tesis: Mtro. Fernando Vázquez, Mtro. Samuel Jurado, Dr Felipe Cruz, y Gabriela Castillo, *por sus invaluable comentarios acerca de este trabajo*.

A los Ingenieros: Martha Pérez, Fernando Salinas I, y Francisco Almada, por su gran soporte técnico, *por ser parte fundamental en la realización de este trabajo*.

A mis compañeros y amigos del laboratorio: Marisol Castañeda, Gabriela Castillo, Esther Gómez, Xóchitl Ortiz, Soledad Jiménez, Alejandra Araiza, Hilda Picasso, Alicia Veles, Cristina González, Miguel A Reyes, Elizabeth Aveleyra, Beatriz González, Lidia Gutiérrez, Gabriela López, y Tania J, *por todos los momentos compartidos, por su amistad y cariño*.

A las familias: Arellano González, Arellano Serrano, Arellano Maya, Guzmán Arellano, Arellano Montaña, Valdés Arellano, Arellano Cumplido, Teran Arellano, García Ríos, Arellano González (tíos), Hernández Pérez, Ayala García, y Arriaga García, *por el futuro de los que están y la esperanza de los que vienen*.

A mis amigos: Rosa E M, Adrián H, Ana B, Elizabeth, Blanca P, Margarita A, Felicitas, Alejandra C, Josefina, Montserrat, Victoria, Mari, Luis M G, Ericka M, Angel V, Martha J, Fernando R, Griselda, Geraldine N, Olga R, Yolanda del Río y Claudia R, *gracias por todo su animo, apoyo y amistad*.

A mis amigos de los grupos 10 y 11 de la generación 91-95 de la carrera de ψ .

INDICE

| | |
|----------------------------------------------|----|
| Resumen | 1 |
| I Antecedentes. | 3 |
| II MARCO TEORICO | |
| 1 Definición de asimetría cerebral | 3 |
| 2 Evidencias neuropatológicas | 4 |
| 2.1 Lesiones unilaterales | 4 |
| 2.2 Hemisferectomía | 7 |
| 2.3 Inactivación hemisférica temporal | 7 |
| 2.4 Desconexión quirúrgica | 8 |
| 3 Evidencia conductual | 9 |
| 3.1 Información visual | 10 |
| 3.2 Información auditiva | 11 |
| 3.3 Información somestésica | 13 |
| 3.4 Pruebas de asimetría motora | 14 |
| 4 Evidencia anatómica | 17 |
| 4.1 Asimetrías estructurales | 17 |
| 5 Evidencia neurofisiológica | 19 |
| 5.1 Potenciales Relacionados a Eventos (PRE) | 21 |
| 5.2 PRE y el procesamiento cognitivo | 23 |
| 5.3 Componente N100 | 24 |

| | |
|---------------------------------------------|----|
| 5.4 Componente P200 | 25 |
| 5.5 Componente P300 | 26 |
| 5.6 Componente N400 | 27 |
| 5.7 Paradigma Potencial Evocado Sonda (PES) | 27 |
| 5.8 Adquisición de los PES | 28 |
| 5.9 PES y el procesamiento de estímulos | 30 |
| 5.10 Procesamiento de música | 35 |
| 5.11 Procesamiento de caras | 39 |
| III Método | |
| 6 Planteamiento del problema | 41 |
| 6.1 Hipótesis | 43 |
| 6.2 Objetivo | 44 |
| 6.3 Variables | 45 |
| 6.4 Definición conceptual de variables | 45 |
| 6.5 Definición operacional de variables | 46 |
| 6.6 Sujetos | 46 |
| 6.7 Muestreo | 47 |
| 6.8 Tipo de estudio | 47 |
| 6.9 Diseño | 47 |
| 6.10 Material | 47 |
| 6.11 Instrumento | 48 |
| 6.12 Procedimiento | 49 |
| 6.13 Registro electroencefalográfico | 50 |

IV Resultados

1 de la tarea caras 53

2 de la tarea música agradable 56

3 de la tarea música desagradable 59

4 de la tarea palabras 62

V Discusión y Conclusiones 65

VII Bibliografía 80

RESUMEN

En años recientes se ha generado un gran interés por las investigaciones que intentan establecer la relación de operaciones lingüísticas y no lingüísticas con eventos neuroeléctricos que tienen lugar en regiones anatómicamente distintas. Se considera que el especificar esta relación puede dirigirnos a la resolución del problema de la especialización hemisférica e intrahemisférica de las funciones cognitivas. Una de las técnicas utilizadas para estudiar la especialización hemisférica son los Potenciales Relacionados a Eventos (**PRE**), los cuales han sido empleados para cuantificar cambios en la actividad cerebral durante el procesamiento de diversas tareas cognoscitivas (Papanicolaou, et al., 1983, 1987 y 1990). El paradigma potencial evocado sonda (**PES**), basado en la técnica de los PRE, es utilizado en la exploración funcional de los procesos cerebrales vinculados al lenguaje (Coutín, Pietrosevoli, y Araujo, 1996) y a procesos visoespaciales y emocionales (Papanicolaou et al., 1983). Este paradigma consiste en el registro de PES ante una tarea control y una experimental: en la tarea control (por ejemplo, un estímulo blanco como un click o un flash), la amplitud de los PES es similar en ambos hemisferios, pero cuando se presenta el estímulo blanco junto con tareas que requieren el procesamiento de estímulos (lingüísticos o no lingüísticos), se presenta una amplitud desigual. En la presente investigación se empleó el paradigma PES para valorar el compromiso relativo de los hemisferios cerebrales durante el procesamiento de 5 tareas: una tarea control y cuatro experimentales. La tarea control consistió en atender un estímulo blanco o click, en las tareas experimentales se presentó el

mismo estímulo blanco o (click) y al mismo tiempo se realizaron una de las siguientes tareas cognitivas: a) aprendizaje de palabras, b) aprendizaje de caras, c) atención de música "agradable", y d) atención de música "desagradable". Se encontró una mayor activación del hemisferio izquierdo (**HI**) durante el procesamiento de palabras, música agradable y música desagradable, y una mayor activación del hemisferio derecho (**HD**) durante el procesamiento de caras. Estos resultados sugieren un dominio hemisférico diferencial que depende del procesamiento de la información demandada. Con este paradigma se puede estudiar la organización de diferentes poblaciones que han sufrido lesiones en el HI o el HD.

La presente tesis está integrada por siete capítulos. En el primer capítulo se reseña el concepto de asimetría funcional. El capítulo dos revisa las evidencias neuropatológicas de la asimetría funcional. En el capítulo tres se presentan las evidencias conductuales. El capítulo cuatro habla sobre las evidencias anatómicas. El capítulo cinco se enfoca básicamente en las técnicas neurofisiológicas, y en especial, en los PRE y el paradigma PES. En el capítulo seis se plantea el desarrollo de esta investigación especificando los objetivos, las hipótesis y la metodología que se utilizó. Por último se presentan los resultados obtenidos y se discuten.

I ANTECEDENTES

1 DEFINICION DE ASIMETRIA CEREBRAL

La **Asimetría Funcional** es una condición o estado de la activación hemisférica diferencial. Se presenta cuando la participación de un hemisferio es demostrablemente más importante y puede dar una competencia de conducta en comparación con el otro hemisferio cerebral (Bullok, Liderman y Todorevic, 1987). El término asimetría funcional se refiere al hecho de que el HI y HD tienen diferentes roles en la mediación de la conducta, por lo cual el término no sólo tiene que ver con la especialización de cada uno de los hemisferios para el control de algunos aspectos del comportamiento, sino también con el procesamiento y manejo de ciertos parámetros de información (Ostrosky y Ardila, 1986).

La enorme mayoría de los datos con los que disponemos en la actualidad, acerca de la especialización hemisférica y del papel que desempeña cada hemisferio cerebral en el procesamiento de la información y el control del comportamiento, proviene de cuatro fuentes principales: estudios neuropatológicos, conductuales, anatómicos y neurofisiológicos. A continuación se presentan estos datos.

2 EVIDENCIA NEUROPATOLOGICA

Estas evidencias, están dadas por los estudios clínicos sobre déficits cognoscitivos y conductuales en individuos con daño cerebral.

- Lesiones unilaterales.
- Hemisferectomía.
- Inactivación hemisférica temporal.
- Desconexión quirúrgica de los hemisferios cerebrales (comisurotomía).

2.1 Lesiones unilaterales.

El método tradicional empleado en la evaluación de la organización cerebral ha sido la observación sistemática de pacientes con lesiones cerebrales circunscritas. En cierta forma todos los demás procedimientos se derivan de éste, y han servido para confirmar, ampliar o rebatir las observaciones realizadas en la clínica neuropsicológica. Sin embargo, aún cuando existe un volumen extraordinario de datos relativos a los síntomas y síndromes propios de las lesiones del HI, la literatura acerca de las consecuencias de lesiones del HD no sólo es notoriamente más escasa sino también menos sistemática. Aunque existe un acuerdo básico con respecto a los aspectos fundamentales del comportamiento que sufren alteraciones en casos de lesiones del HI, en el caso de los aspectos relacionados principalmente con la organización del lenguaje y la realización de movimientos especializados no existe un acuerdo análogo con respecto a las alteraciones debidas a lesiones del HD. Además, en la bibliografía a menudo aparece la opinión explícita o implícita de que los síntomas propios de

las lesiones del HD no sólo son más variables, sino que también aparecen como consecuencia de lesiones en zonas mucho más amplias (por ejemplo, Teuber, 1962), lo que implicaría una organización más difusa del HD.

Milner (1975) señala que las consecuencias de lesiones en ambos hemisferios sugieren una similitud de funciones entre regiones equivalentes, es decir, la alteración básica consecuente de una lesión en uno u otro hemisferio implica alteraciones similares en el comportamiento: las lesiones temporales producen dificultades en el análisis de la información auditiva; las lesiones parietales ocasionan alteraciones en las habilidades espaciales; las lesiones occipitales causan dificultad en el análisis de la información visual, y las lesiones frontales suscitan cambios en la organización y el control del comportamiento. Sin embargo, las características reales de la alteración habrán de ser diferentes en cada caso dependiendo de si el foco de la lesión se localiza en el HD, en el HI o en ambos. Así pues, aunque las lesiones temporales de cualquier hemisferio cerebral causan dificultades en el reconocimiento y análisis de la información auditiva, los parámetros particulares alterados y los síntomas manifiestos no son coincidentes. Las lesiones temporales izquierdas ocasionan dificultades para el reconocimiento fonético y alteraciones en la memoria verbal; las lesiones temporales derechas, aunque no implican una alteración en el análisis fonológico de los sonidos del lenguaje y no producen afasias sensoriales, si suscitan dificultad en el análisis de otros parámetros de la información auditiva (reconocimiento de melodías y aspectos entonacionales) y síntomas tales como la amusia y la agnosia auditiva (Ostrosky y Ardila, 1986).

Se ha identificado la existencia de síntomas propios (o predominantes) debido al daño del HD. En la tabla 1 se muestra en forma comparativa algunas de las principales características de las lesiones de uno u otro hemisferio cerebral. Se observa una notoria coincidencia en los aspectos del comportamiento alterados en casos de lesiones cerebrales equivalentes y, a su vez, se distinguen las dimensiones particulares alteradas.

TABLA 1.

Comparación de algunas de las principales alteraciones del HI y el HD.

| Hemisferio derecho | Hemisferio izquierdo |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Frontal | |
| Aprosodia motora | Afasia de broca |
| Fuga de ideas y concretismo | Disminución de la fluidez verbal |
| Impulsividad | Reducción de la espontaneidad conductual |
| Trastornos de orientación espacial | Deficiente programación del movimiento |
| Alteraciones de las conductas sociales | Apatía, adinimia |
| Parietal | |
| Agnosia espacial unilateral | Afasia |
| Apraxia del vestir | Alexia y agrafía |
| Agnosia topográfica | Apraxia |
| Alteraciones espaciales | Acalculia |
| Apraxia construccional | Agnosia táctil |
| Alexia espacial y agrafía | Confusión derecho-izquierda |
| Temporal | |
| Aprosodia sensorial | Discriminación fonémica alterada |
| Trastornos de la memoria no-verbal | Memoria verbal alterada |
| Agnosia auditiva y amusia | |
| Occipital | |
| Agnosia espacial | Alexia sin agrafía |
| Prosopagnosia | Simultagnosia |
| Alteraciones de la percepción de relaciones espaciales | |

Características o síndromes predominantes de lesiones del HD y del HI. (Tomado de Ostrosky, 1986).

2.2 HEMISFEROECTOMIA

El término hemisferoectomía es un nombre equivocado, ya que en la mayoría de las cirugías cerebrales sólo se extirpan las regiones corticales del hemisferio respetando muchas de las estructuras subcorticales. La operación comprende la extirpación de un hemisferio y se efectúa cuando se descubre un tumor canceroso que se ha difundido en un lado del cerebro. La operación también se realiza en niños cuando una extensa lesión del hemisferio amenaza con deteriorar la función del lado no dañado. Las consecuencias de la lesión se dan en función de la edad del paciente en el momento de efectuarse y de cual hemisferio es extirpado. Los pacientes adultos con remoción del HD muestran, en forma típica, poco o ningún deterioro del lenguaje, pero la extirpación del HI generalmente da como resultado afasia, que sólo mejora ligeramente con el tiempo (Springer y Deutch, 1980).

2.3 INACTIVACION HEMISFERICA TEMPORAL.

La prueba de Wada ha sido utilizada desde la década de los 40's para "localizar funciones" en los hemisferios cerebrales. En este procedimiento se anestesia temporalmente a un hemisferio en días previos a una cirugía, posibilitando al neurocirujano saber cual mitad cerebral controla normalmente el lenguaje en un individuo dado (Wada y Rasmussen, 1960). El procedimiento incluye la inserción de un pequeño tubo en la arteria carótida derecha o izquierda (en el cuello), en el cual el neurocirujano inyecta amital sódico dentro de la arteria (esta droga es un barbitúrico químicamente similar a los ingredientes utilizados en las píldoras para dormir). Si la droga es inyectada sobre el mismo lado del hemisferio que controla el lenguaje, el paciente quedará mudo de dos a tres minutos, dependiendo de la dosis administrada. Si el hemisferio anestesiado es el derecho (generalmente considerado "no dominante" en sujetos diestros), puede

observarse que el individuo no muestra alteraciones del lenguaje presentando diferentes tipos de alteraciones, entre las cuales estarían: dificultades en el reconocimiento de personas y de algunos sonidos no verbales, algunos problemas en la solución de tareas espaciales, así como desorientación espacial.

2.4 DESCONEXION QUIRURGICA DE LOS HEMISFERIOS CEREBRALES (COMISUROTOMIA).

La desconexión quirúrgica de los hemisferios cerebrales (comisurotomía), trata de la cirugía del cuerpo caloso (que es el haz de fibras nerviosas que involucran ambas mitades del cerebro). Se efectúa para remover tumores cerebrales comúnmente en pacientes que sufren ataques convulsivos epilépticos intratables. Hace alrededor de 30 años, investigadores como Michael S. Gazzaniga, Roger W. Sperry, Joseph E. Bogen y P. J. Vogel, demostraron lo que sucede con el HI y el HD cuando son incapaces de comunicarse entre sí (Gazzaniga et al., 1970, 1978, 1998.). La cirugía del cuerpo caloso representa una condición "ideal" para el estudio independiente de ambos hemisferios debido a que los hemisferios se vuelven funcionalmente independientes, siendo posible analizar la entrada de información o las respuestas de salida de cada uno de los hemisferios, sin que exista la participación del otro. Esto favorece que la información visual, por ejemplo, ya no se mueva entre los dos lados cerebrales. Si se proyecta una imagen en el campo visual derecho (analizada por el HI) los pacientes pueden describir lo que vieron. Pero cuando la misma imagen es proyectada por el campo visual izquierdo (analizada por el HD), los pacientes reportan no haber visto ninguna imagen. Sin embargo, si se le pregunta al

paciente que señale una figura similar a la que se le proyectó, el paciente puede identificarla con facilidad. Por lo que se concluye que el hemisferio derecho vio la imagen y pudo dar una respuesta no verbal, aunque no pudo verbalizar, a través del hemisferio izquierdo, lo que vio. Esta misma clase de descubrimientos se ha replicado para el tacto, el olfato y la audición.

3 EVIDENCIA CONDUCTUAL.

La evidencia conductual se trata de un segundo método utilizado en la evaluación de la organización cerebral. Se refiere a la presentación de estímulos visuales, auditivos, o táctiles a sujetos normales en condiciones que afecten a un hemisferio cerebral o que planteen una “competencia” entre los estímulos presentados en cada hemisferio. Este método constituye una derivación directa de las observaciones realizadas en sujetos comisurotomizados y, al mismo tiempo, representa un intento por confirmar, en condiciones experimentales rigurosas y con control suficiente de las variables pertinentes, los hallazgos obtenidos mediante otros métodos. A continuación se examinan algunos resultados obtenidos al respecto:

1) Pruebas de asimetría perceptiva:

- Información visual (estudios taquitoscópicos laterales y estudios chiméricos).
- Información auditiva (estudios dicóticos).
- Información somoestésica (estudios táctiles y dihápticos).

2) Pruebas de asimetría motora.

PRUEBAS DE ASIMETRIA PERCEPTIVA.

3.1 INFORMACION VISUAL.

A partir de las importantes observaciones de Sperry y Gazzaniga (Sperry, 1968) acerca de sujetos con escisión del cuerpo caloso, quienes fueron incapaces de reconocer con la mano derecha o de describir verbalmente la información presentada ante su campo visual izquierdo, surgió el interés por estudiar las asimetrías en la detección de información en sujetos normales.

En una situación experimental característica se le pide al sujeto que fije la mirada sobre el punto central de una pantalla de proyección y, por medio de un taquitoscopio, se proyecta brevemente información, unilateral (hacia un solo campo visual) o bilateralmente, en cuyo caso la información que incide sobre el campo visual derecho difiere un poco de la información presentada sobre el campo visual izquierdo, de modo que existe una situación de competencia entre ambas.

La investigación de asimetrías visuales en sujetos normales a menudo se asemeja a las situaciones creadas en las pruebas utilizadas en pacientes comisurotomizados. Por ejemplo, cuando se proyectan brevemente estímulos visuales en el campo visual izquierdo, inicialmente se dirigen al HI, sin embargo, en los sujetos normales dicha información puede transferirse a cada hemisferio. No obstante las diferencias pueden ser detectadas de acuerdo al rendimiento de la persona bajo ciertas condiciones, dependiendo si se presente en el campo visual derecho o izquierdo. De esta manera se ha observado que la información verbal (letras, palabras, etc.) se reconoce siempre con mayor precisión y eficacia

cuando se presentan ante el campo visual derecho (HI) (Klein et al., 1976; Ardila y Benavides, 1976,1978). Sin embargo, el HD (que percibe el campo visual izquierdo), manifiesta una notoria superioridad en ciertas tareas perceptivas; por ejemplo, se ha demostrado la superioridad del HD en la enumeración y reconocimiento de formas (Kimura, 1966); en la percepción de profundidad (Durnford, 1971); en la localización de puntos (Levy, 1973); en la identificación de la orientación de líneas; en el reconocimiento de figuras punteadas y superpuestas (Henaó et al., 1976), y en el reconocimiento y la reproducción de figuras inestructuradas (Ardila y Benavides, 1978).

Si se tiene en cuenta que uno de los síntomas característicos de las lesiones del HD es la prosopagnosia, no debe de sorprender que el HD sea muy superior al HI en el reconocimiento de rostros presentados a través del taquitoscopio (Ulmita et al., 1978). Sin embargo, aunque el HD reconoce mejor las caras como totalidades, es decir, en su conjunto, la descripción de detalles es más profusa cuando la información acerca de las caras es procesada por el HI (el paciente es capaz de decir cómo eran los ojos del modelo, indicar si este usaba gafas, bigote, etc., aunque no puede señalar qué expresión emocional manifestaba) (Klein et al., 1976).

3.2 INFORMACION AUDITIVA.

La técnica para la lateralización auditiva también ha sido usada para los estudios de diferencias hemisféricas. La técnica de audición dicótica, introducida por Broadbent en 1954, es una de las más usadas en la investigación de las

asimetrías hemisféricas, tanto en personas con desconexión quirúrgica de los hemisferios cerebrales. Kimura (1961, 1963), empleó esta técnica para estudiar la participación relativa de cada hemisferio cerebral en el lenguaje; observó que en general existe una ventaja mínima pero sistemática a favor del oído derecho en lo que respecta a la detección y evocación de la información verbal. Este hallazgo supuestamente constituye un testimonio más a favor de la asimetría interhemisférica en el procesamiento de esa clase de información.

La información auditiva presenta proyecciones no sólo contralaterales, sino también ipsilaterales, no obstante que las primeras son predominantes. Se ha propuesto que en situaciones de competencia auditiva, las vías contralaterales bloquean u ocuyen a las ipsilaterales (Kimura, 1961); más aún, que las proyecciones contralaterales contienen a las ipsilaterales (Rosenweizz, 1951). Ambas proposiciones han sido suficientemente fundamentadas, tanto con base en sujetos comisurotomizados como en estudios con microelectrodos implantados en las vías auditivas (Hall y Godstein, 1968). Darwin (1975) se refiere a este fenómeno como decusación funcional, la cual es superior en:

- a) sonidos de corta duración, y
- b) sonidos similares presentados dicóticamente.

Desde el surgimiento de los estudios sobre la audición dicótica decenas de informes han aparecido sobre este tema, en los cuales se analizan diferentes variables, por ejemplo, se observa que existe una mayor precisión del oído derecho en lo que se refiere a la descripción del material verbal (silabas,

palabras, dígitos, etc.) (Kimura 1961, 1963, 1967; Bryden, 1963, 1964; Curry y Rutherford, 1967; Gerber y Goldman, 1971; Godglass y Calderón, 1977; Piazza, 1976; etc.), y el oído izquierdo (HD) con respecto al material no verbal (Godglass y Calderón, 1977).

Kimura (1967) utilizó una prueba de melodías que consistía en presentar a un sujeto dos fragmentos musicales diferentes al mismo tiempo. Después de cada par de fragmentos, se le presentaron al sujeto cuatro melodías simultáneamente, y debía indicar cuáles dos había oído dicóticamente. El sujeto manifestó una ejecución significativamente superior en las melodías presentadas ante el oído derecho. De manera similar, Kotick (1975) presentó dicóticamente sonidos "naturales", es decir, no verbales (por ejemplo, el sonido de la lluvia, el canto de un ave, el ruido de un vaso al romperse, etc.), e identificó la misma ventaja pero a favor del oído izquierdo.

3.3 INFORMACION SOMESTESICA.

El interés suscitado por las asimetrías somestésicas en general es más reciente que el interés por la asimetría visual o auditiva, aún cuando en los círculos clínicos se ha demostrado, una y otra vez, que la pérdida de la sensibilidad o las pérdidas motrices debidas a las lesiones del HD o HI no son equivalentes. Una porción elevada de pacientes con lesiones en el HD muestran alteraciones en el juicio sobre la dirección de una estimulación táctil aplicada a cualquiera de las manos, en tanto que pacientes con lesiones en el HI sólo manifiestan alteraciones en la sensibilidad de la mano derecha (Fontenot y

Benton, 1971). Por lo contrario, las pérdidas motrices debidas a lesiones en el HI tienden a afectar los movimientos de ambas manos, situación que no se observa cuando hay lesiones del HD (Luria, 1977).

Benton y colaboradores (1973) y Varney y Benton (1975), tras haber emprendido una numerosa serie de estudios, demostraron que los juicios sobre la dirección de la información táctil son más precisos con la mano izquierda de sujetos diestros normales y, por el contrario, que los sujetos zurdos forman juicios táctiles superiores con la mano derecha. Esto se ha interpretado como indicador de que en los sujetos diestros el HD desempeña un papel decisivo en el pensamiento espacial en la modalidad táctil, así como en la modalidad visual.

3.4 PRUEBAS DE ASIMETRIA MOTORA.

En los últimos años se han realizado numerosos estudios experimentales que confirman la existencia de diferencias cualitativas entre los hemisferios cerebrales. Para ello se han utilizado diversas técnicas de lateralización con sujetos normales. Por ejemplo, se sabe que el habla a menudo se asocia con la emisión de gestos. En una serie de experimentos, Kimura (1973, 1976) comparó la actividad gesticulativa que ocurre durante un periodo de habla y durante dos condiciones silentes. La condición de hablar consistió en platicar ininterrumpidamente durante cinco minutos, mientras las condiciones silentes requirieron la solución de un problema verbal y otro no verbal. Todos los sujetos eran diestros. Los movimientos de la mano (hacia la izquierda derecha o bilaterales) se analizaron y clasificaron como: a) movimientos de

autoestimulación, tales como tocarse el cuerpo, frotarse la nariz o rascarse, y b) movimientos libres, caracterizados por no haber contacto corporal de ningún tipo.

Los movimientos libres ocurrieron casi exclusivamente durante los periodos de habla, en tanto que los movimientos de autoestimulación se observaron durante las condiciones silentes. Durante el habla, los movimientos libres fueron realizados con la mano derecha, mientras que durante los intervalos de silencio, los movimientos de autoestimulación fueron realizados con ambas manos. Parecería entonces que la activación del sistema del habla del HI se asocia con una activación intercurrente de otros sistemas motores del mismo hemisferio. En un segundo estudio se comprobó que este efecto no se debía simplemente al mayor esfuerzo que se requiere para hablar, ni al hecho de que interviniera la actividad vocal, ya que se analizaron y compararon las gesticulaciones que ocurrieron durante cinco minutos de tarareo. Durante la actividad de tararear ocurrieron pocos movimientos libres similar al primer estudio. Esta asimetría en los movimientos de las manos que acompañan al habla se observa desde los tres años de edad. Ingram (1975) señala que tal como ocurre en el caso de los adultos, los niños de tres a cinco años de edad muestran significativamente más movimientos libres con la mano derecha durante el habla espontánea.

También se ha establecido una correlación entre los movimientos de los dos dedos y la actividad verbal. Kinsburne y Cook (1971) desarrollaron un paradigma de interferencia vocal - manual, el cual se apoya en la observación de que cuando los sujetos ejecutan simultáneamente dos tareas relacionadas, tienen

un mejor desempeño si éstas son procesadas por el mismo hemisferio cerebral. Se ha aplicado este paradigma a sujetos adultos (Hicks, 1975) y a niños (Hiscock y Kinsbourne, 1980), a quienes se les pidió que golpetearan separadamente con el dedo índice derecho o izquierdo, con o sin habla concurrente. El predominio del HI en el habla y en la conducta motora se identificó por el mayor golpeteo con el dedo índice derecho que con el izquierdo durante el habla.

Por otro lado, se ha sugerido que la dirección de la mirada constituye otro índice de activación hemisférica diferencial. Cuando los sujetos se encuentran pensando en la solución de un problema tienden a mirar hacia el lado opuesto del hemisferio especializado. Se han observado movimientos oculares hacia la derecha cuando se solicita a los sujetos que interpreten proverbios, deletreen palabras, den definiciones y resuelvan problemas lógicos, mientras que la identificación de melodías, las preguntas que implican visualización y el procesamiento emocional producen más movimientos oculares laterales hacia la izquierda (Kinsburne y Cook. 1971).

Los resultados de estas nuevas técnicas para evaluar la lateralización cerebral aún suscitan controversia, pues además de la especialización cerebral, existen otros factores que podrían controlar el grado de asimetría en la ejecución, tales como la dificultad de la tarea, la motivación, las estrategias cognitivas e incluso las condiciones físicas en las cuales se realiza la prueba. Sin embargo, la disponibilidad de diferentes técnicas para explorar la especialización hemisférica

que den lugar a las mismas conclusiones, sin duda incrementarán la validez de los datos acumulados hasta la fecha.

4 EVIDENCIAS ANATOMICAS.

Se trata de estudios de variaciones morfológicas en el cerebro.

4.1 Asimetrías estructurales intra e interhemisféricas.

Los mecanismos que subyacen a las asimetrías funcionales del cerebro humano aún no han sido comprendidos en su totalidad. En varios estudios neuroanatómicos se ha considerado la posibilidad de que las diferencias en las disposiciones estructurales y en el tamaño del cerebro influyen, al menos en parte, en la asimetría funcional; sin embargo los estudios anteriores a 1970 describieron diferencias estructurales que no explicaban las profundas diferencias que existen entre los dos hemisferios.

En 1968 esta situación cambió radicalmente, pues Geshwind y Levitsky identificaron la presencia de asimetrías estructurales en una región del cerebro relacionada con la producción del lenguaje. Encontraron que el plano temporal y la cisura de Silvio del HI eran un tercio más grandes que sus zonas homologas, del HD. Por su parte Galamburda y Snaides (citado en Galamburda et al., 1978) analizaron tres cerebros seccionados serialmente, y encontraron que la corteza temporo- parietal era considerablemente más grande en el HI en comparación con el HD. También Witelson y Pallie, (1973) y Wada et al. (1975) han demostrado que existe asimetría del plano temporal en adultos y en fetos de 29 semanas de

gestación. Chi, Dooling y Gilles (1977), sugirieron que el plano temporal derecho, con sus dos giros en el plano menor, se desarrolla antes que el izquierdo, lo cual indica que la asimetría no resulta de experiencias postnatales. Tzourio et al. (1998) validaron la hipótesis de Geschwind acerca de la asimetría anatómica del plano temporal, dicha hipótesis establece que el plano temporal es un enlace para la dominancia hemisférica del lenguaje. Esto significa que el tamaño del plano temporal es un punto de partida importante para la dominancia del lenguaje, y demuestra que la asimetría anatómica forma parte de la variabilidad funcional para el lenguaje. Por otra parte Foundas et al. (1996) estudiaron los pares triangulares (los cuales son una porción que se encuentra en el área de Broca), empleando el test de Wada en 11 pacientes. Ellos sugieren que la asimetría de los pares triangulares, en favor del HI puede estar relacionada con la lateralización hemisférica del habla y del lenguaje, ya que de 10 pacientes, 9 presentaron una asimetría en favor del HI en los pares triangulares, y solamente 1, presenta la asimetría en el HD en los pares triangulares.

A pesar de las diferencias anatómicas observadas, la investigación sobre el fluido sanguíneo ha demostrado que en las tareas complejas intervienen patrones de mayor actividad en muchas áreas de cada hemisferio, inclusive durante la emisión de conductas muy lateralizadas tales como el habla. Por lo tanto, para poder establecer relaciones estructura - función precisa, se requieren más estudios sobre diferencias inter e intrahemisféricas en niveles macroscópicos y microscópicos e investigaciones en las que se realice un monitoreo de la actividad cerebral mientras se están llevando a cabo tareas cognitivas.

5 EVIDENCIAS NEUROFISIOLÓGICAS

Las evidencias neurofisiológicas incluyen medidas de activación de la corteza cerebral con varios estímulos y tareas cognoscitivas, para su obtención se emplean varias técnicas de entre las que destacan:

- 1) Registros electroencefalográficos (EEG).
- 2) Potenciales Relacionados a Eventos (PRE).
- 3) Magnetoencefalografía.
- 4) Patrones de irrigación sanguínea y metabolismo.
- 5) Tomografía por Emisión de Positrones (TEP).
- 6) Resonancia Magnética Nuclear (RMN), etc.

El empleo de estas técnicas dependen de: 1) la resolución temporal, 2) la resolución espacial y 3) el grado de invasividad (en el sentido de invasión del organismo: desde la simple inyección hasta la cirugía mayor).

La resolución temporal se refiere a la capacidad para detectar fenómenos dinámicos que cambian en el tiempo: desde la milésima de segundo hasta la hora o los días.

La resolución espacial se relaciona con la sensibilidad de la técnica para detectar dimensiones pequeñas, desde la milésima de milímetro (la micra = μm) hasta el centímetro.

- **Resolución Espacial:** abarca casi todo el cuero cabelludo.
- **Grado de invasividad:** se trata de una técnica no invasiva.

Como puede observarse la metodología de los PRE es ideal para los estudios en los aspectos de tiempo en el procesamiento cognitivo en poblaciones diferentes.

5.1 POTENCIALES RELACIONADOS A EVENTOS (PRE).

Cuando dos electrodos se fijan en el cuero cabelludo del ser humano y se conectan a diferentes amplificadores, la salida del amplificador revelará un patrón de variación de voltaje a través del tiempo. Esta variación de voltaje es conocida como "electroencefalograma" (**EEG**), el cual puede variar entre aproximadamente -100 y +100 μV , y una frecuencia de rango de 40 Hz o más. Si se presenta un estímulo mientras se registra el EEG, se puede definir una época del EEG que sea localizada en tiempo para el estímulo. Por ejemplo, la época puede estar 100 ms antes del inicio del estímulo y terminar 1000 ms después. Dentro de esta época puede encontrar cambios de voltaje que estén específicamente relacionados con la respuesta cerebral al estímulo. Este cambio de voltaje es el que constituye los PRE.

Los PRE son potenciales cerebrales que se encuentran asociados en tiempo a la ocurrencia de un estímulo o evento sensorial, motor o cognitivo (Hillyard y Kutas, 1983). Constan de secuencias de ondas con distintas polaridades que varían en tiempo (latencia) y en amplitud. La morfología de las

ondas varía de acuerdo a la modalidad sensorial que fue estimulada, al tipo de estímulo presentado y a la demanda de procesamiento requerida. El objetivo es inferir qué región o hemisferio cerebral interviene en la ejecución de la tarea. Cuando se trabaja con los PRE se trata con eventos electrofisiológicos. Es sabido que algunos de esos eventos están relacionados con los procesos sensoriales, perceptuales y cognoscitivos. Se sabe también que algunos de los componentes están relacionados con la activación de estructuras anatómicas bien definidas. Sin embargo, todavía no se conoce el significado fisiológico de todos los componentes. A medida que los estímulos se vuelven más complejos y cambian las tareas que el sujeto debe de ejecutar, las modificaciones observadas en los PRE son muy difíciles de explicar de acuerdo a los conocimientos actuales.

Por definición, los PRE están relacionados en el tiempo con eventos específicos que puede ser un estímulo sensorial, una acción motora o un proceso cognoscitivo. Al trabajar con PRE, la premisa básica es que, como resultado del evento, un conjunto de neuronas relacionadas funcionalmente con dicho evento, presentan una organización espaciotemporal particular. Por ejemplo, en diferentes regiones del cerebro aparecerán patrones de sucesos sinápticos coherentes en una secuencia temporal determinada por las conexiones anatómicas, por los tiempos de transmisión y por parámetros similares del conjunto neuronal. Si este patrón espaciotemporal se crea a partir de algún evento, y si posee características invariantes estables, entonces contribuirá de modo significativo a la forma de onda obtenida cuando se promedia un cierto número de potenciales con una sincronización o relación temporal apropiada a

ese evento (Harmony en Ostrosky y Ardila, 1986).

Los PRE se consideran índices de tiempo y organización de los procesos cerebrales humanos (Stuss et al., 1982). Son registros electrofisiológicos que permiten evaluar la secuencia y el tiempo real de los procesos cognoscitivos complejos como es el caso de los procesos de lenguaje, visoespaciales, emocionales, etc.

5.2 PRE Y EL PROCESAMIENTO COGNITIVO.

Existen diferentes clasificaciones de los PRE, la más general es la que los divide en endógenos y exógenos:

Los componentes exógenos o de latencia corta dependen directamente del estímulo que los origina, aparecen dentro de los primeros milisegundos a la presentación del estímulo (responden a los parámetros físicos del estímulo).

Los componentes endógenos o de latencia larga se encuentran asociados con los procesos cognoscitivos y varían de acuerdo al estado de ánimo del sujeto y a las demandas requeridas de la tarea, es decir dependen de los procesos cognoscitivos involucrados.

En los últimos años se han identificado varios componentes (ondas o picos) de los PRE que se presentan ante determinadas funciones psicológicas complejas por ejemplo: el N1 o N100 que se ha relacionado con atención

selectiva (Van Petten y Kutas, 1991); el N2 o N200 relacionado con discriminación activa; el P200 relacionado con detección de estímulos (Golob y Starr, 2000); P3 o P300 relacionado con situaciones de incertidumbre y actualización de la memoria a corto plazo (Ostrosky et al., 1987); el N400 generado ante el procesamiento de incongruencias semánticas de lenguaje (Kutas y Hillyard, 1980; Castañeda, 1996; Castillo, 1997; Aveleira, 1997); y el P600 generado ante el procesamiento sintáctico del lenguaje (Ostrosky et al., 1992).

5.3 COMPONENTE N100.

Esta tarea experimental consiste en presentarle a los sujetos distintos estímulos auditivos en cada oído, los cuales difieren en frecuencia, duración e intensidad: uno de estos estímulos el denominado estímulo estandar, se presenta de manera frecuente, mientras que el otro estímulo (prueba) se presenta con una baja probabilidad, normalmente del 10%. La tarea del sujeto consiste en detectar los estímulos prueba presentados en uno de los dos oídos, mientras ignora los estímulos presentados en el otro. En la misma sesión experimental se alterna al oído al que deben de atender los sujetos de manera que, al final de el experimento, se pueden comparar los PRE que se obtiene cuando se atiende a uno de los oídos, o cuando atiende al estímulo opuesto.

En los seres humanos se observa que cuando la atención se dirige a uno de los oídos, los estímulos presentados por ese "canal" producen una onda negativa de amplitud mayor que ocurre con una latencia aproximada de 100 mseg (Hillyard et al., 1973). A este efecto se le denomina el "efecto N100" y se

interpretó como una facilitación en la transmisión sensorial de los estímulos atendidos, con la consiguiente atenuación de las entradas sensoriales no atendidas (Hillyard et al., 1973;1978). En estudios subsecuentes se propuso que la facilitación de la onda N100 ante los estímulos relevantes era producida por la suma de otra onda que aparece con la misma latencia, a la cual se le denominó "negatividad de procesamiento" (Näätänen et al., 1978) u "onda de diferencia" (Nd) (Knight, 1985). Esta deflexión negativa está formada por varios componentes que se originan por diferentes regiones del cerebro y son sensibles a diferentes condiciones experimentales (Hansen y Hillyard 1980, Woods y Clayworth, 1987).

5.4 COMPONENTE P200.

El componente P200 es una onda positiva que aparece alrededor de los 200 mseg y ha sido asociada a la detección de estímulos. Para registrarla se le pide a los sujetos que aprieten un botón cuando escuchen tonos blanco de alta tonalidad. El P200, al igual que la N100, se ha asociado con la atención selectiva, y es detectado en regiones posteriores de la corteza. El efecto de la atención se manifiesta en la modulación de la amplitud de estos componentes y algunos cambios en sus latencias (Mangun y Hillyard, 1990).

Los generadores de estos componentes todavía no se conocen, sin embargo, estudios experimentales realizados en la corteza visual de monos han demostrado que las neuronas de los núcleos estriados de la corteza visual son responsables de la atención selectiva (Spitzer, Desimone y Moran, 1988)

5.5 COMPONENTE P300.

El componente P300 es una onda positiva que aparece alrededor de los 300 mseg y ha sido asociada a mecanismos neuronales que subyacen a diversos procesos psicológicos como la toma de decisión y/o detección de estímulos. Para registrarlo, se les pide a los sujetos que detecten una señal poco probable, que se presenta dentro de una serie de estímulos. El potencial eléctrico que se obtiene contiene, además del componente N100, una onda positiva tardía con una latencia cerca de los 300 milisegundos (P3 o P300). La amplitud del componente varía de acuerdo con la cantidad de información dada por el estímulo y la probabilidad con la que este se presenta, mientras que su latencia puede reflejar el tiempo de ocurrencia del proceso de decisión o puede representar el resultado de la selección de la respuesta (Donchin y Coles 1988).

5.6 COMPONENTE N400

El componente N400 es una deflexión con polaridad negativa que inicia aproximadamente a los 300 mseg después de la presentación del estímulo alcanza su mayor amplitud a los 400 mseg. Este componente ha sido asociado con el desarrollo y violación de expectativas semánticas durante la lectura o dibujos. En general, la amplitud del N400 es inversamente proporcional a la predictibilidad o expectativa de una palabra presentada en un contexto de frase. Tiene una distribución topográfica principalmente en el hemisferio derecho, en zonas centro-parietales de la corteza cerebral (Kutas y Hillyard, 1980). El efecto

N400 (que es la diferencia de amplitud que existe entre la onda N400 de cada condición) se ha caracterizado por ser una poderosa herramienta para el estudio del tiempo en el análisis lingüístico y la estructura de la red de información semántica en el cerebro (Castillo, 1997).

5.7 POTENCIALES EVOCADOS SONDA

El paradigma Potencial Evocado Sonda (PES) involucra el registro de respuestas cerebrales durante la presentación de tareas cognoscitivas. Es usado con frecuencia para valorar los patrones de activación regional cerebral mediante distintas operaciones cognoscitivas (Papanicolaou y Johnstone, 1984). El PES involucra: **primero** el registro de Potenciales Evocados (PE) de registros repetitivos, acústicos, visuales, o táctiles, de una o más localizaciones del cuero cabelludo, usualmente sobre las regiones de interés particular, **segundo** los PES involucran la selección de uno o más parámetros de los PRE tales como la amplitud o la latencia de los picos con mayor o menor amplitud (generalmente los picos N100 y P200) y medidas que permitan observar las variaciones de la amplitud o la latencia, para el procesamiento de las tareas, **tercero** las tareas pueden registrarse de forma muy general y sin restricción, por ejemplo, el procesamiento del lenguaje detectado por medio de un blanco auditivo constante, y **cuarto** por medio de los PES se pueden hacer inferencias respecto a los patrones de actividad neuronal y/o el grado de activación de las tareas específicas cognoscitivas (Papanicolaou y Johnstone, 1984).

5.8 ADQUISICION DE LOS PES.

La adquisición del PES consiste en: una **condición control** en donde se registran PE ante estímulos sensoriales repetitivos (un tono un clic o un flash), mientras el sujeto atiende estos estímulos, y una **condición experimental** donde el sujeto ignora estos estímulos y desempeña una tarea cognoscitiva. La amplitud de los componentes evocados sonda se registran a través de sitios específicos en el HI y en el HD. Esta amplitud suele ser máxima y bilateralmente simétrica durante la condición control, pero es asimétricamente reducida o atenuada durante las tareas cognoscitivas. Se han reportado atenuaciones en el HI de las amplitudes sonda, durante la presentación de tareas lingüísticas y atenuaciones en el HD durante tareas visoespaciales (Papanicolaou et al., 1990). Algunos autores como Papanicolaou et al. (1988), y Coutín et al. (1996) interpretan el grado de reducción de la amplitud sonda en un hemisferio como un indicador del compromiso relativo del sujeto con respecto al desempeño de una tarea cognoscitiva particular. Esta interpretación se apoya en la suposición de que la activación hemisférica, durante la tarea, tiende a reducir los recursos neuronales disponibles, para el procesamiento de los estímulos sonda.

Como se puede observar en la sección anterior el paradigma PES se basa en diferentes suposiciones de entre las cuales destacan:

- a) Las operaciones cognoscitivas se miden diferencialmente en regiones homólogas de los dos hemisferios.

- b) En la condición control (atender al click) la amplitud de los PES es máxima e igual en ambos hemisferios cerebrales.
- c) Si un estímulo irrelevante es introducido durante el desempeño de una tarea cognoscitiva, la amplitud de los PES se verá reducida (o atenuada) proporcionalmente en las áreas que se encuentran involucradas en el desempeño de la tarea cognoscitiva.
- d) Cuando un "conjunto" neuronal se encuentra desempeñando una tarea cognitiva, el número disponible de neuronas para participar en la respuesta a la prueba es menor que el número disponible en conjuntos no comprometidos en la tarea cognoscitiva (Papanicolaou et al., 1984).

Como puede observarse existen varias diferencias entre el paradigma PES y otros paradigmas, estas diferencias pueden apreciarse mejor en la tabla 3.

Tabla 3.

Comparación del paradigma PES con otros paradigmas.

| Paradigma PES | Otros paradigmas |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Los registros se hacen ante una condición control (tono, clic o flash) y no ante los estímulos. | Los registros se hacen ante los estímulos, por ejemplo: estímulos probables o improbables (P300), estímulos congruentes o incongruentes (N400), emparejamiento desigual de estímulos (MMN ó N100) etc. |
| Los registros se llevan acabo en regiones homólogas del cuero cabelludo, de acuerdo al sistema 10 - 20 internacional. | Los registros se llevan acabo en todo el cuero cabelludo (incluyendo la línea central), de acuerdo al sistema 10 - 20 internacional. |
| Se involucran dos parámetros de análisis, el N100, y el P200 (se suman ambas amplitudes) | Se involucran parámetros de análisis tales como la medición de un pico positivo y su latencia (como el P200, P300 y P600) o la de un pico negativo y su latencia (N100 y N400). |
| Por medio del estímulo blanco (sea este aditivo, visual, o somatosensorial) se puede medir casi cualquier tarea. | Se tienen que diseñar tareas específicas para cada paradigma. |
| Se pretende encontrar que áreas se encuentran comprometidas con el procesamiento de la información. | Se pretende encontrar como se lleva acabo el procesamiento de información. |

5.9 PES Y EL PROCESAMIENTO DE ESTIMULOS.

La valoración de los patrones de activación regional cerebral mediante distintas tareas cognoscitivas, se realiza utilizando diferentes estímulos (sensoriales y/o cognoscitivos) que pueden activar diferencialmente el HI o el HD, dependiendo del desempeño o compromiso de los sujetos en la tarea. Se ha demostrado experimentalmente el relativo dominio del HI y el HD dependiendo del tipo de operación cognoscitiva realizada. Por ejemplo Papanicolaou et al. (1983) registraron PES en 12 sujetos normales en áreas temporales del HI y el HD (T3 y T4). Utilizaron clicks auditivos y la presentación de una grabación que contenía una conversación con diferentes expresiones emocionales (alegría, enojo y tristeza) habladas en un lenguaje no familiar para los sujetos (Griego). Las tareas consistieron en: la identificación de la sílaba /na/ previamente mezclada en la conversación (tarea de codificación fonética) e ignorar los clicks y atender los aspectos prosódicos (ignorando los clicks) de la conversación y comunicar el tipo de expresión emocional (tarea afectiva). Los resultados mostraron la activación del HD en la tarea prosódica y la activación del HI en la tarea fonética.

También es posible evidenciar mediante los PES un efecto regional específico, asociado al desempeño de una tarea (lingüística). Coutín et al. (1996) registraron PES en 10 personas diestras y dos zurdas con edades entre los 15 y 48 años. Los registros los realizaron en áreas temporales (T3 - T4) del cuero cabelludo, los estímulos sonda fueron tonos auditivos de 80 dB, las tareas eran: a) atención al estímulo sonda, b) la aplicación concurrente de un distractor auditivo (música instrumental) y c) memorizar una lista de nombres castellanos de

alta frecuencia y poco contenido de imágenes. Los resultados mostraron una atenuación significativamente mayor en el área temporal izquierda (T3) ante la tarea lingüística en 8 de 10 sujetos, 2 sujetos no mostraron ningún efecto. Los autores concluyen que sus resultados validan la eficacia del paradigma PES, como técnica de evaluación psicofisiológica en un grupo de hispano parlantes.

Por otra parte el paradigma PES se ha empleado para estudiar los efectos que tiene sobre la rehabilitación de pacientes afásicos. Se encontró un incremento de la participación de hemisferio no dominante que puede servir en la restitución del lenguaje en los adultos que tienen una lesión en el HI. Papanicolaou et al. (1987), utilizaron el paradigma PES en 4 grupos diferentes: 1) grupo de 11 afásicos en recuperación, 2) grupo de 10 disarticos, 3) grupo de 10 pacientes no afásicos (pero con daño en el HD) y 4) grupo de 11 sujetos normales. No reportaron que sitios del HI y HD se iban a registrar, los estímulos fueron tonos de 65 dB y una lista de palabras con bajo contenido de imágenes y alta frecuencia (sustantivos comunes). La tarea consistía en memorizar la lista de palabras e ignorar el tono. Los resultados mostraron una gran activación del HI en los sujetos control y los pacientes no afásicos (8 de 11 y 6 de 10 respectivamente), y una gran activación del HD en los pacientes afásicos y con menor existencia en los pacientes disarticos (8 de 11 y 6 de 10, respectivamente).

En otro estudio Papanicolaou et al. (1988), comprobaron sus descubrimientos, al encontrar que el HD se activa más en los pacientes afásicos en recuperación en comparación con pacientes no afásicos y sujetos normales. El

estudio se realizó con el paradigma PES; el primer grupo estuvo formado por 21 pacientes afásicos en recuperación, el segundo grupo fueron 15 pacientes que sustentaban una lesión en el HD y el tercer grupo lo conformaban 17 sujetos normales. Se registraron áreas temporales del cuero cabelludo (T3 y T4), los estímulos y las tareas fueron: 1) tonos de 65 dB; la tarea era atender los tonos, 2) una lista de nombres comunes con bajo contenido de imágenes y alta frecuencia, la tarea era aprenderse la lista e ignorar el tono (codificación verbal), 3) una lista de palabras que no se relacionaban entre si y no se repetían, e incluía en intervalos irregulares, palabras que contenían los fonemas /br/ (blanco de detección fonológica); la tarea era atender las palabras, ignorar el tono, y señalar las palabras que contenían el blanco fonológico, 4) involucraba la presentación de una lista con diferentes palabras, en donde la tarea era atender y señalar la ocurrencia de palabras pertenecientes a una categoría semántica (nombres de aves), aleatoriamente mezcladas, también ignoraban el tono, y 5) involucraba la presentación de una lista de palabras; la tarea de los sujetos y los pacientes fue repetir cada palabra que ellos iban escuchando, además de ignorar el tono. Los resultados mostraron una mayor activación del HD en los pacientes afásicos en recuperación en todas las tareas. Los pacientes con lesión en el HD y los sujetos normales activaron más el HI en casi todas las tareas, a excepción de la quinta tarea (repetición de las palabras). Estos datos apoyan la noción de que el HD asume el procesamiento de diferentes aspectos del lenguaje en los pacientes afásicos adultos, y que es posible la rehabilitación en estos pacientes estimulando los aspectos del lenguaje más lateralizados en el HD.

Estos indicios de lateralización del lenguaje hacia el HD en pacientes afásicos adultos no se han encontrado con la técnica PES en niños afásicos en recuperación. Papanicolaou et al. (1990) realizaron un estudio con el paradigma PES en 15 niños con lesión en el HI y 15 niños normales control con edades pareadas. Registraron áreas temporales y centrales del cuero cabelludo (T3-T4 y C3-C4), los estímulos sonda fueron tonos de 60 dB y flashes. Las tareas fueron 1) detección fonológica, presentaron diferentes ítems fonológicos /br/, /pl/, o /ml/, la tarea consistió en atender la ocurrencia de cualquiera de los 3 ítems fonológicos y hacer caso omiso a los clicks, 2) Procesamiento visoespacial, presentaron diferentes formas geométricas, dibujos de líneas y figuras de cubos en tercera dimensión. Con estos estímulos se realizaron dos tareas: en la primer tarea, se les pidió a los sujetos que observaran los flashes y alzaran los dedos a la ocurrencia de cualquier figura geométrica; en la segunda tarea se les presentaron pares de cubos en tercera dimensión se les pidió a los pacientes y a los sujetos control que atendieran a los flashes simultáneamente, les fueron presentando los pares de cubos, se les pidió que si identificaban cubos iguales alzaran el dedo derecho y si identificaban cubos diferentes alzaran el dedo izquierdo. Los resultados fueron los siguientes: 1) en los sujetos control se activó el HI en el procesamiento lingüístico y el HD en las operaciones visoespaciales, 2) los niños con lesión en el HI no presentaron gran compromiso del HD, en el procesamiento lingüístico y presentaron un patrón normal de compromiso del HD, en las operaciones visoespaciales. Por lo que concluyeron, que en los niños con lesión en el HI los aspectos fonológicos del lenguaje siguen siendo predominantes en el HI y no hay alteración del HD durante la tarea visoespacial.

Los estudios realizados con el paradigma PES, en pacientes afásicos, demuestran la lateralización hemisférica cerebral de eventos neuroeléctricos que tienen lugar en regiones anatómicamente distintas y, además, muestran el predominio del estado cerebral cuando un paciente se encuentra comprometido en el desempeño de una tarea, sea esta lingüística o no lingüística.

El paradigma PES también ha demostrado su validez al utilizarse con otra técnica de activación hemisférica (activación de irrigación sanguínea cerebral rCBF). Papanicolaou et al. (1987), utilizaron el paradigma PES y la técnica rCBF, para estudiar 19 sujetos diestros 10 hombres; y 9 mujeres. Registraron áreas parietales izquierdas y derechas. Los estímulos sonda fueron flashes concurrentes y líneas en forma de cubos, arreglados de tal manera que representen un objeto sólido con tres brazos extendidos en tercera dimensión; la mitad de los pares de cubos eran figuras físicamente idénticas pero con orientación diferente en el espacio, la otra mitad fueron figuras no idénticas. Cada par de figuras las presentaron en el lado izquierdo y derecho del punto de fijación, de forma aleatoria. La tarea del sujeto fue rotar mentalmente una figura o las dos, y decidir si las figuras eran idénticas o diferentes. La tarea y los registros iniciaron simultáneamente después de un minuto de la inhalación del Xenon. Se encontró que la amplitud de todos los componentes de los PE fue simétrica durante la condición control, y que disminuyó durante la tarea de rotación mental de los cubos, siendo de menor amplitud en el HD. Simultáneamente, las medidas rCBF también presentaron un grado igual de activación en áreas parietales en la

condición control y un incremento en la activación durante la tarea de rotación mental con un mayor grado de activación en el HD.

5.10 PROCESAMIENTO DE MUSICA.

La música como el lenguaje, ocurre en todas las sociedades humanas, permitiendo una comunicación no verbal de la emoción que de alguna manera incrementa la cohesión social. Los diversos sistemas musicales de las distintas culturas comparten los mismos rasgos universales, incluyendo la distinción en los diferentes tonos, los patrones rítmicos y la posibilidad de la expresión emocional en intervalos de patrones melódicos. Al igual que las distintas capacidades lingüísticas que normalmente adquirimos individualmente, las capacidades musicales difieren mucho en cada individuo.

Los diferentes mecanismos cerebrales que involucran a la música hasta el momento son desconocidos, aunque se ha avanzado en la investigación de diferentes aspectos de la conducta musical. Básicamente cuatro paradigmas de investigación se han usado en este campo.

Estudios clínicos, en donde se ha reportado que la amusia y la agnosia auditiva, son características de lesiones temporales derechas, que se relacionan con la dificultad de reconocer voces y timbres del lenguaje, por consiguiente, con la dificultad de reconocer melodías y sonidos naturales (Barbizet y Dizabo, 1978 en Ostrosky y Ardila, 1986).

Estudios de escucha dicótica, en esta técnica se² presentan dos estímulos auditivos simultáneamente. Broadbent en 1954 introdujo la técnica de audición dicótica. Kimura (1967) utilizó una prueba de melodías, consistente en presentar a un sujeto dos fragmentos musicales diferentes al mismo tiempo. Después de cada par, se le presentaban al sujeto cuatro melodías simultáneamente, y tenían que indicar cuales (dos) habían oído dicóticamente. Los sujetos manifestaron una ejecución significativa superior, en las melodías presentadas ante el oído derecho (hemisferio izquierdo). De manera similar Kotik (1975) presentó dicóticamente sonidos "naturales" (por ejemplo el sonido de la lluvia, el canto de una ave y el ruido de un vaso al romperse), e identificó la misma ventaja pero a favor de él oído izquierdo (HD).

Prueba de Wada (inactivación hemisférica temporal), cuando el HD es sedado por la droga (amorbital sódico) y se les pide a los sujetos que canten una canción familiar, el ritmo no es afectado pero en la melodía los sujetos pierden toda la habilidad de distinguir una nota de otra (Bogen y Gordon, 1971).

Estudios con técnicas de neuroimagen. Shucard et al. (1981) utilizaron Potenciales Evocados Auditivos (PEA) para establecer índices de especialización cerebral en sujetos neurológicamente intactos (ocho hombres y ocho mujeres voluntarios con edades entre 20 y 30 años). Registró en las siguientes áreas: T4-Cz, T3-Cz, T4-A1A2, y T3-A1A2, bajo tres condiciones experimentales: línea base (blanco ruido), tarea verbal (un pasaje verbal) y tarea musical (selección de música). En la tarea de línea base los clicks se mezclaron con el blanco ruido,

los sujetos fueron instruidos a presionar simultáneamente dos botones con los dedos índices de ambas manos cuando un click era escuchado. Durante la condición verbal los sujetos fueron instruidos a atender el contenido del pasaje y que estén preparados para responder a un cuestionario de opción múltiple con preguntas referentes al final del pasaje. Durante la condición música (una tarea que presumiblemente activaría áreas del hemisferio derecho más que áreas homólogas del hemisferio izquierdo), los sujetos escucharon por 3 minutos selecciones musicales (fugas de Bach), los sujetos fueron requeridos para identificar temas específicos musicales cuando ocurrían en cada una de 4 selecciones musicales presionando un botón. Los resultados mostraron: 1) para la condición de línea base no existieron diferencias significativas, 2) para los PEAs la condición verbal T3-Cz produjeron diferencia significativa en comparación con T4-Cz ($P < 0.005$), mientras que T3-A1A2 presentaron diferencias significativas en comparación con T4-A1A2 ($P < 0.05$), 3) para la condición música no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los autores concluyeron que los registros PEA para el procesamiento de información, acompañado por tonos irrelevantes son sensibles a las mediciones en diferentes sitios cerebrales, aunque no demuestran la participación del HI o el HD en la tarea de música.

En otro estudio en donde se empleo la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) Franckowiak (1997), estudio el procesamiento musical en sujetos neurológicamente intactos, registro la actividad durante la presentación de cuatro cintas musicales las cuales eran: una cinta de 30 piezas musicales breves,

con cadencias de 5 a 10 notas separadas por silencios de un segundo y medio. Los 15 eran extractos de música clásica, las otras eran secuencias de notas al azar. Los sujetos presionaban un botón si las secuencias les eran familiares. Una segunda cinta consistió en 30 secuencias de notas, 15 contenían un cambio en el timbre. En una tercera cinta la mitad contenían cambios de cadencia, y en una cuarta cinta sólo se les pidió a los sujetos que respondieran a cualquier cambio. Los resultados mostraron que cuando los sujetos escuchaban las piezas populares de la primera cinta, la parte metabólica activa del cerebro fue el HI de la primera cinta (en el área de Broca). De acuerdo a Franckowiak sus resultados demuestran que dentro de las funciones de él área de Broca puede incluirse la del reconocimiento de todos los sonidos familiares, no únicamente el de las palabras, no descartando que los tonos conocidos traigan a la mente sus títulos o activen la búsqueda de sus nombres en el cerebro. En cuanto a los resultados de él timbre, las áreas más activas en el cerebro estaban en el HD. Lo cual sugiere que la razón por la cual las personas que han sufrido daño en el HD ya no aprecien la música es que no pueden reconocer el timbre. La cinta de la cadencia activó el lado izquierdo posterior de él cerebro en un área llamada precuneo (esta área no esta asociada con la capacidad de escuchar, sino con la de percibir imágenes). Franckowiak concluye que el reconocimiento musical es una función que depende de la memoria y de mecanismos que reconocen las secuencias de palabras, timbre y cadencia. Estos mecanismos están distribuidos en diferentes áreas del cerebro.

5.11 PROCESAMIENTO DE CARAS.

En cuanto al procesamiento de otro tipo de información no verbal como son las caras, diversas investigaciones clínicas han encontrado una falta de reconocimiento o integración de la información visual, que surge frecuentemente como consecuencia de lesiones en zonas occipitales secundarias y occipito - parietales de ambos hemisferios cerebrales (Luria, 1977; Hecaen y Albert 1978). Sin embargo, existen alteraciones agnósicas propias o predominantes de lesiones de él hemisferio derecho o del hemisferio izquierdo. De entre las más importantes se encuentra la prosopoagnosia. La prosopoagnosia se caracteriza por la incapacidad de reconocer rostros. Aunque los pacientes saben lo que es una cara, son incapaces de describir sus componentes e incluso sus detalles, no logran identificar a quien le pertenece una cara específica ni siquiera tratándose de personas conocidas, personajes famosos o personas con las que convive diariamente. En algunas ocasiones el paciente es incapaz de reconocer su propio rostro en el espejo.

Actualmente los estudios de neuroimagen han aportado diferentes aspectos con respecto a la investigación del procesamiento de caras, por ejemplo, Haxby et al. (1996), estudiaron la codificación y el reconocimiento de caras en el cerebro, en sujetos neurológicamente intactos, (ocho hombres y dos mujeres) estableciendo que existe una disociación entre el sistema neural humano que participa en la codificación y el reconocimiento en la memoria de caras, esto lo demostraron con la técnica de PET y Escaneo de Irrigación Sanguínea Cerebral (rCBF). Las tareas que se utilizaron fueron: codificación de caras, reconocimiento,

percepción de caras control, y sensoriomotor control. Los estímulos consistieron en tres blancos cuadrados, cada uno contenía una cara o un patrón en blanco. La tarea de codificación de caras, consistió en una serie de 32 caras presentadas secuencialmente en tres tiempos en diferente orden, con una duración de 8 minutos. Los sujetos fueron instruidos a describir cada cara por memoria y se les dijo que su memoria iba a ser probada posteriormente. En la tarea de reconocimiento de caras, a los sujetos se les pidió que seleccionaran las caras que se habían aprendido de memoria, en la tarea de percepción de caras control a los sujetos se les pidió que escogieran cual de las caras en un cuadrado bajo contenía la misma cara en el cuadrado alto. En la tarea sensoriomotora control los tres cuadrados contenían el cuadrado no percibido. En todas las tareas los sujetos respondían presionando un botón izquierdo o derecho dependiendo del lugar donde la cara era pareada. Aunque en la tarea sensoriomotora los sujetos presionaban los botones alternativamente. Los resultados de la tarea de codificación de caras fue asociado pro el incremento rCBF en una región temporal medial que incluye el hipocampo y zonas adyacentes y con activaciones corticales adicionales en una región extensiva de el cortex prefrontal izquierdo. En contraste, el reconocimiento de las caras fue asociado con el incremento rCBF en una región extensiva del cortex prefrontal derecho, con un foci en el giro frontal inferior y medio en el cortex cingulado anterior, y el cerebelo. En cuanto a la tarea sensoriomotora control, la codificación de caras y la tarea de reconocimiento demostraron activaciones en una región extensiva bilateral del cortex occipital ventral. Por último, en la tarea sensoriomotora control, las áreas frontales

izquierdas asociadas a la codificación no incluyo la región media frontal de la región hipocampal asociada a la codificación.

III MÉTODO.

6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Dentro de la gama de técnicas de neuroimagen utilizadas en la investigación regional del cerebro se encuentran los PRE. Para la generación de los PRE se utilizan varios paradigmas, entre ellos el Potencial Evocado Sonda (PES), se diseño para el monitoreo objetivo de la participación relativa de múltiples subsistemas neuronales, durante la ejecución de tareas cognitivas. Existe una variedad de estudios PES, en donde se demuestra la participación del HI en tareas lingüísticas (Coutín et al., 1996). Mientras que durante la ejecución de tareas visoespaciales y emocionales se reporta la participación del HD (Papanicolaou et al., 1983). Los estudios con PES en tareas lingüísticas, procesos visoespaciales y emocionales, entre otros, son la base para la investigación de la participación de regiones cerebrales activas, en sujetos que se encuentran comprometidos en el desarrollo de tareas cognitivas. Sin embargo, hasta donde el autor de la presente investigación ha revisado, ninguna investigación PES logra reunir en un sólo estudio, diferentes indicadores, lingüísticos y no lingüísticos, del procesamiento cognitivo cerebral. Los estudios con PES, pueden aportar índices electrofisiológicos, sobre la activación de regiones cerebrales en sujetos neurológicamente intactos. Estos índices

izquierdas asociadas a la codificación no incluyo la región media frontal de la región hipocampal asociada a la codificación.

III MÉTODO.

6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Dentro de la gama de técnicas de neuroimagen utilizadas en la investigación regional del cerebro se encuentran los PRE. Para la generación de los PRE se utilizan varios paradigmas, entre ellos el Potencial Evocado Sonda (PES), se diseño para el monitoreo objetivo de la participación relativa de múltiples subsistemas neuronales, durante la ejecución de tareas cognitivas. Existe una variedad de estudios PES, en donde se demuestra la participación del HI en tareas lingüísticas (Coutín et al., 1996). Mientras que durante la ejecución de tareas visoespaciales y emocionales se reporta la participación del HD (Papanicolaou et al., 1983). Los estudios con PES en tareas lingüísticas, procesos visoespaciales y emocionales, entre otros, son la base para la investigación de la participación de regiones cerebrales activas, en sujetos que se encuentran comprometidos en el desarrollo de tareas cognitivas. Sin embargo, hasta donde el autor de la presente investigación ha revisado, ninguna investigación PES logra reunir en un sólo estudio, diferentes indicadores, lingüísticos y no lingüísticos, del procesamiento cognitivo cerebral. Los estudios con PES, pueden aportar índices electrofisiológicos, sobre la activación de regiones cerebrales en sujetos neurológicamente intactos. Estos índices

electrofisiológicos, pueden ser contrastados en futuras investigaciones con diferentes poblaciones, (por ejemplo, personas con daño cerebral, o personas analfabetas) y de esta manera contribuir en la investigación del procesamiento cognitivo del HI y HD. Por lo que, el propósito de la presente tesis es, realizar un estudio, en donde se pueda medir la participación relativa de los hemisferios cerebrales, en sujetos neurológicamente intactos, durante el desempeño de tareas lingüísticas (aprenderse una lista de palabras) y en tareas no lingüísticas (aprenderse una serie de caras, escuchan una pieza musical con contenido "agradable" y escuchan una pieza musical con contenido "desagradable").

Tradicionalmente en los estudios donde se usa el paradigma PES, sólo se reportan registros en tres o cuatro sitios del cuero cabelludo para la obtención de los PRE, (Papanicolaou et al., 1980; Papanicolaou et al., 1983; Coutín et al., 1996). Diversos autores (por ejemplo Papanicolaou et al., 1980 y Coutín et al., 1996), plantean estar interesados en pocos sitios de registro (por ejemplo T3 y T4 en tareas lingüísticas), argumentando estar registrando zonas especializadas para el procesamiento de las tareas. Dejando de lado, la participación de otros sitios o regiones de registro del cuero cabelludo, que podrían estar participando en la detección del procesamiento de las tareas. Por lo que se registraron 12 pares de sitios o regiones homólogas, para analizar las áreas involucradas en el procesamiento de información.

6.1 HIPOTESIS

Hipótesis de trabajo.

- Existen diferencias electrofisiológicas en el HI y HD en sujetos neurológicamente intactos durante el desempeño de tareas lingüística y no lingüística.

Hipótesis estadística.

1. Existe una mayor activación electrofisiológica en el HI que en el HD en sujetos neurológicamente intactos durante el desempeño de una tarea lingüística (aprenderse una lista de palabras).
2. Existe una mayor activación electrofisiológica en el HD que en el HI en sujetos neurológicamente intactos durante el desempeño de una tarea no lingüística (aprenderse una serie de caras).
3. Existe una mayor activación electrofisiológica en el HD que en el HI en sujetos neurológicamente intactos durante el desempeño de una tarea no lingüística (reportar que tipo de emoción provoco el escuchar música "agradable").
4. Existe una mayor activación electrofisiológica en el HD que en el HI en sujetos neurológicamente intactos durante el desempeño de una tarea no lingüística (reportar que tipo de emoción provoco el escuchar música "desagradable").

6.2 OBJETIVOS

- 1) Describir en un estudio integrativo la participación de los hemisferios cerebrales cuando se encuentran comprometidos en el procesamiento cognitivo de tareas lingüísticas y no lingüísticas.

- 2) Establecer índices de activación regional en el HI y HD, de acuerdo a la diferencias de amplitud de doce pares de sitios homólogos izquierdos y derechos, en 28 sujetos neurológicamente intactos, cuando se encuentran comprometidos con el desempeño de una tarea lingüística y tres tareas no lingüísticas.

- 3) Determinar la participación del HI o HD en 28 sujetos neurológicamente intactos cuando se encuentran comprometidos en el desempeño de una tarea lingüística (aprenderse una lista de palabras).

- 4) Determinar la participación del HI o HD en 28 sujetos neurológicamente intactos cuando se encuentran comprometidos en el desempeño de una tarea no lingüística (aprenderse una serie de caras).

- 5) Determinar la participación del HI o HD en 28 sujetos neurológicamente intactos cuando se encuentran comprometidos en el desempeño de una tarea no lingüística (escuchar una pieza musical con contenido "agradable").

6) Determinar la participación del HI o HD en 28 sujetos neurológicamente intactos cuando se encuentran comprometidos en el desempeño de una tarea no lingüística (escuchar una pieza musical con contenido "agradable").

6.3 VARIABLES

- Variables Organísmicas: Esta formada por las características de los sujetos.
- Variables Independientes: Son registros de Potenciales Relacionados a Eventos (PRE)
- Variables Dependientes: Son las características de la actividad electrofisiológica de los sujetos.

6.4 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES:

- Variable Organísmica: Es la dimensión o propiedad característica de los organismos, y esta formada por los antecedentes influyen sobre la conducta. En este caso se contará con un grupo de personas neurológicamente intactas (Kerlinger, 1997).
- Variable Independiente: está considerada como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente. En este caso la variable independiente se refiere a: 1) Los registros de la actividad eléctrica cerebral realizados en cada uno de los sujetos (Kerlinger, 1997).
- Variable dependiente: Esta se mide para ver el efecto de la variable independiente. Las variables dependientes son la amplitud de los PRE (Kerlinger, 1997).

6.5 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES.

La variable dependiente amplitud de los PRE, se cuantifico empleando las siguientes características de las respuestas de la actividad electrofisiológica: morfología, amplitud y latencia de los sujetos.

6.6 SUJETOS.

Participaron un total de 28 sujetos diestros, universitarios, neurológicamente intactos y sin antecedentes psiquiátricos. En la tabla 4 se describen las características de la muestra.

| Sujetos | Rango | Promedio | Genero | |
|---------|---------|----------|---------|---------|
| | de edad | de edad | Hombres | Mujeres |
| n = 28 | 20 - 34 | 24.85 | 12 | 16 |

Con el propósito de generalizar los resultados se llevaron a cabo los siguientes criterios de inclusión para cada uno de los sujetos: a) no presentar demencia de acuerdo a los criterios del DSM-VI (American Psychiatric Association, 1995); b) obtener un puntaje igual o mayor de 23 puntos en la Mini-Mental State

Examination (MMS) (Folstein et al., 1975); c) obtener un puntaje dentro del rango normal de acuerdo a su edad y nivel de escolaridad en la batería neuropsicológica NEUROPSI (Ostrosky-Solís et al., 1997); d) no presentar antecedentes de enfermedades neurológicas o psiquiátricas; e) ser sujetos activos y funcionalmente independientes.

6.7 MUESTREO.

Se trata de un muestreo intencional de sujetos voluntarios, seleccionados de acuerdo a los criterios: universitarios, diestros, neurológicamente intactos, y sin antecedentes psiquiátricos.

6.8 TIPO DE ESTUDIO.

Se trata de una investigación experimental de laboratorio.

6.9 DISEÑO.

Diseño de medidas repetidas con grupos relacionados.

6.10 MATERIAL.

- 1) 200 clicks auditivos.
- 2) 30 palabras de alta frecuencia y baja imaginaria. Se realizó un estudio piloto previo en donde se estableció la frecuencia de uso de las palabras en español, participaron alumnos de licenciatura de la UNAM, se calificaron las palabras de acuerdo a una escala tipo liker, y se obtuvo la lista de 30 palabras utilizada en este estudio.

- 3) 30 caras tomadas de una galería de "Identikit" todas correspondientes a adultos caucásicos jóvenes, con una expresión natural (Bobes, Valdés y Olivares, 1984).
- 4) Dos piezas musicales una con contenido "agradable" y la otra con contenido "desagradable" ambas piezas musicales fueron instrumentales para bajar su nivel de complejidad. (Ramos y Corsi 1989).

6.11 INSTRUMENTOS.

- Para la presentación de los estímulos auditivos (clicks, palabras, y música) se utilizó una grabadora marca Sanyo con un volumen de presentación de 80 dB, un sistema de audición marca STIM P/N 1105 y, un par de audífonos marca NEUROSCAN.
- Para la presentación de los estímulos visuales (caras) se utilizó una computadora programada para su presentación (con una duración en pantalla de 500ms, con un intervalo inter estímulo de 180ms).
- Para la adquisición del registro se necesitaron los siguientes materiales: dos computadoras, un sistema de adquisición marca SCAN P/N 1098, un amplificador de 32 canales marca NEUROSCAN, una gorra de 32 canales marca ELECTRO-CAP, y un lector óptico marca PANASONIC.

En el diagrama 1, se muestra la secuencia de adquisición de los datos.

Diagrama 1

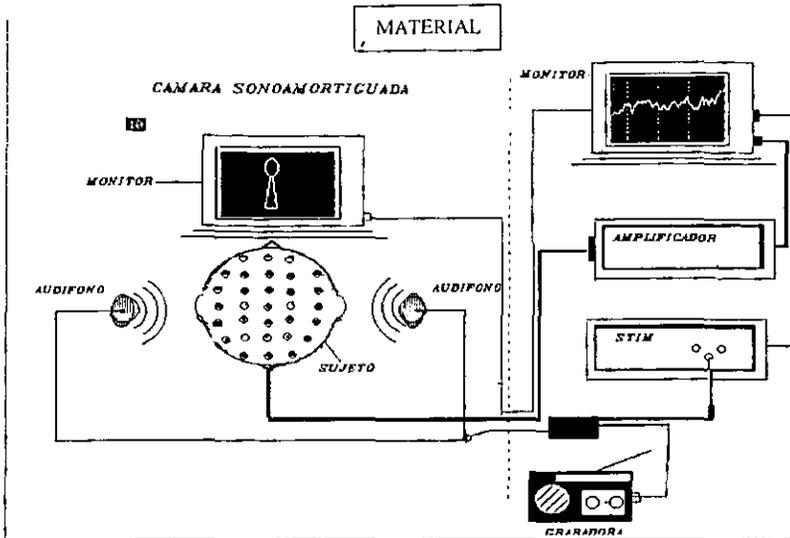


Diagrama 1. Secuencia de adquisición de los registros.

6.12 PROCEDIMIENTO.

Los sujetos se sentaron en una silla cómoda frente al monitor de la computadora a una distancia de 1 metro. El experimento consistió en el registro de PRE durante 5 tareas, separadas por un periodo de descanso de 5 minutos. En la primer tarea se instruyó a los sujetos para escuchar los clicks. Durante la otras cuatro, fueron instruidos para ignorar el click en curso y concentrarse en la tarea a a desempeñar. Dichas tareas consistieron en: 1) aprenderse una lista de 30 palabras de baja imaginaria y alta frecuencia. La lista fue repetida 3 veces para asegurar su aprendizaje, 2) aprenderse una serie de 30 caras artificiales, presentadas por 3 veces seguidas en un monitor EGA, 3) escuchar una pieza musical "agradable" en donde la tarea consistió en que el sujeto reporte que tipo de sentimientos les provoca en el momento que la están escuchando, 4)

escuchar una pieza musical "desagradable" en donde la tarea también consistió en que el sujeto reporte que tipo de sentimientos les provoca en el momento que la están escuchando. En el diagrama 2, se muestra el proceso de adquisición de los PRE.

Diagrama 2

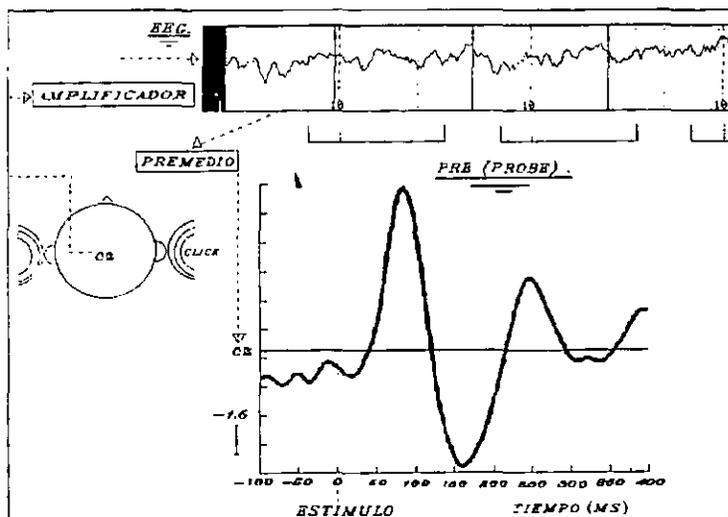


Diagrama 2. Secuencia de adquisición de los PRE.

6.13 REGISTRO ELECTROENCEFALOGRAFICO.

La actividad cerebral se registró a partir de 32 derivaciones colocadas de acuerdo al sistema internacional 10-20. Todos los electrodos fueron referidos a ambos lóbulos cortocircuitados. La señal fue amplificada y se filtró con un pasabandas de 0.1 a 35 Hz. Una vez terminados los registros, se procedió a limpiarlos quitando los segmentos contaminados por movimiento corporal, de

cabeza y ojos o por artefactos de parpadeo, contracción de mandíbula, sudor y pulsación cardiaca; los registros se tomaron épocas (es decir pasar de un registro continuo a épocas o segmentos de registros) las épocas son fragmentos de registros previamente delimitados en espacios de tiempo que en este caso van de -100 a 400 milisegundos en donde el valor cero implica la presentación del estímulo en este caso el clic. Para las épocas de los registros se realizo con un filtro de 1 a 30 Hz en EOG, esto es para eliminar artefactos provocados por el parpadeo o movimiento ocular. En el diagrama 3, se presenta los sitios de registro de las 24 derivaciones colocadas de acuerdo al sistema 10-20 internacional.

Diagrama 3

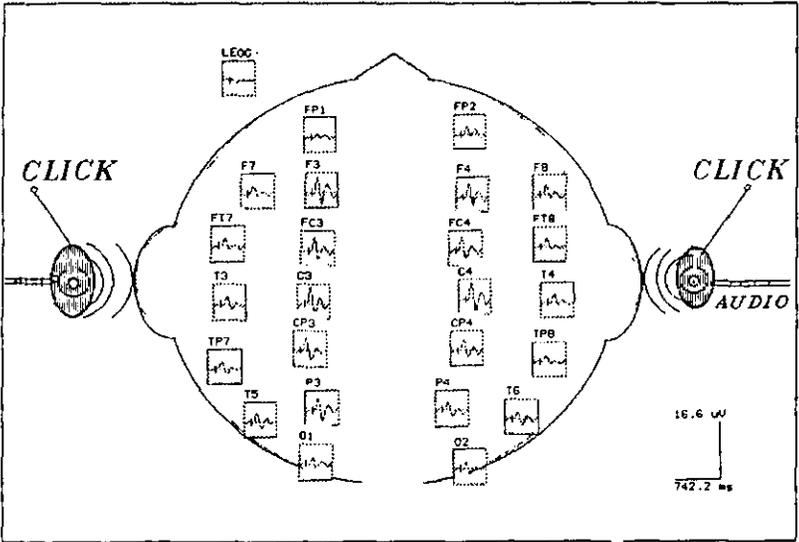
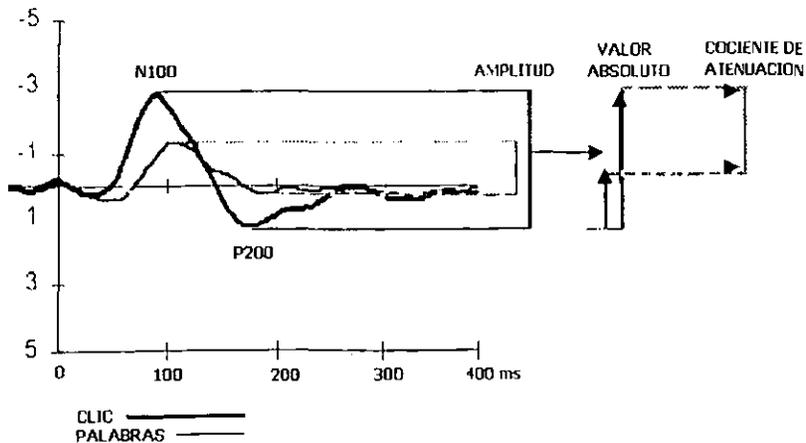


Diagrama 3. Se representa a un sujeto con 32 sitios de registro colocadas de acuerdo al sistema internacional 10-20, así como los audífonos por medio de los cuales se transmitieron los estímulos auditivos.

IV RESULTADOS.

Para el cociente de atenuación de los potenciales se sumó el valor mínimo y máximo en un rango de 50 y 300 milisegundos para asegurar la obtención de los valores del N100 y P200. Se identificaron los componentes N100 (deflexión negativa que se da alrededor de los 100 milisegundos) y P200 (deflexión positiva que se da alrededor de los 200 milisegundos). Se obtuvo la suma total que hay entre la amplitud de estos dos picos, y se obtuvo el valor absoluto de los PRE. El valor absoluto del estímulo blanco (el click) se dividió entre el valor absoluto de cada una de las tareas (por ejemplo click / palabras) y se obtuvo un **COCIENTE DE ATENUACIÓN** para cada una de las derivaciones. En la gráfica 1, se representa los componentes N100, P200, la suma de sus amplitudes y, el proceso de adquisición del valor absoluto y el cociente de atenuación.

GRAFICA 1



Gráfica 1 - Componentes N100 y P200 de clicks y palabras: forma gráfica de medición de la amplitud, el valor absoluto y el cociente de atenuación.

Se analizó cada una de las tareas por separado con un ANOVA/MANOVA de dos factores. El factor 1 fue hemisferio (DERECHO - IZQUIERDO), el factor 2 derivaciones (FP1-FP2, F7-F8, F3-F4, FT7-FT8, FC3-FC4, T3-T4, C3-C4, TP7-TP8, CP3-CP4, T5-T6, P3-P4, y O1-O2).

1. CARAS

Se encontró una interacción significativa entre los factores hemisferios y derivaciones, en la tabla 5, se muestran los valores encontrados.

TABLA 5

Comparaciones a posteriori:

Factores: 1-hemisferios y 2 derivaciones en la tarea de caras.

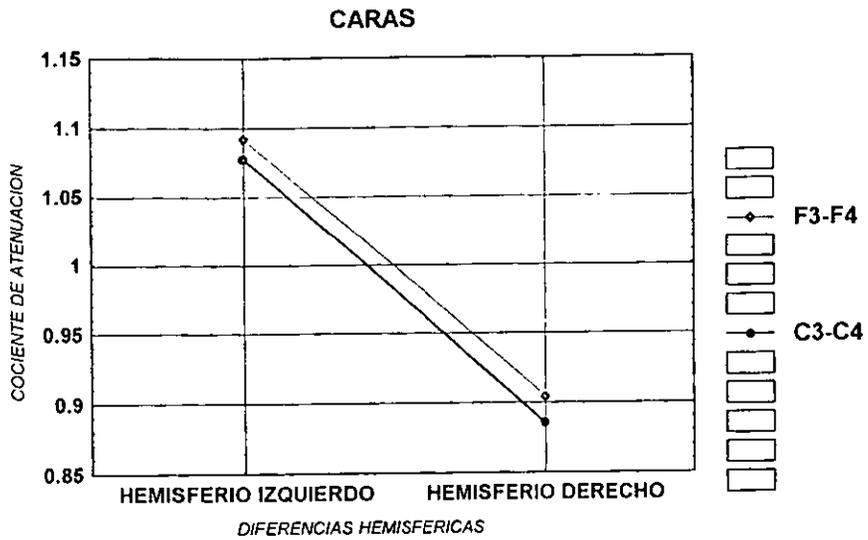
| F3-F4 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | .283221 | 1 | .283221 | 9.743893 | .007002 |
| Error | .435998 | 15 | .029067 | | |

| C3-C4 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | .293809 | 1 | .293809 | 6.910241 | .018980 |
| Error | .637770 | 15 | .042518 | | |

Se encontraron diferencias significativas en las siguientes derivaciones:

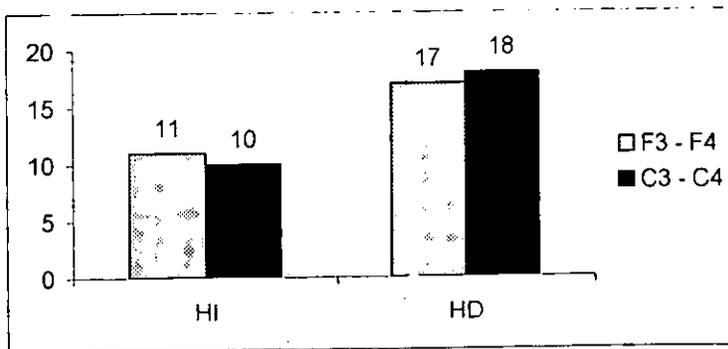
- **F3-F4** con un nivel de significancia de $F(1,15)=9.74; p<.0070$, con una diferencia de atenuación de .9 a favor del HD contra 1.09 de el HI (ver gráfica 6), con 17 sujetos de 28 que activaron el HD, 11 activaron el HI (ver gráfica 6.1).
- **C3-C4** con un nivel de significancia de $F(1,15)=6.91; p<.0189$, con una diferencia de atenuación de .88 en favor al HD contra 1.08 de el HI (ver gráfica 6), con 18 de 28 sujetos que activaron el HD, 10 activaron el HI (ver gráfica 6.1).

Gráfica 6



Gráfica 6. Diferencias de atenuación encontradas en las derivaciones F3-F4 y C3-C4 en la tarea de caras.

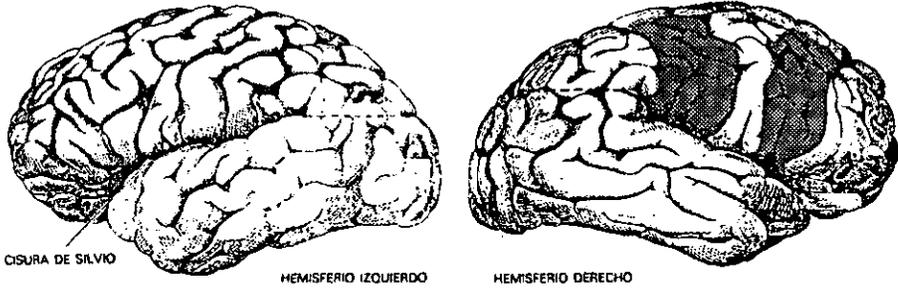
Gráfica 6.1



Gráfica 6.1 Muestra el número de sujetos que activaron el HI o el HD, en las derivaciones F3 - F4 y C3 -C4 de la tarea caras.

En el esquema 1 se encuentran representadas de forma aproximada las áreas de activación a nivel cortical de la tarea de caras.

Esquema 1



Esquema 1. Localización cortical de las áreas con mayor activación en la tarea de caras.

2. MUSICA AGRADABLE

Se encontró una interacción significativa entre los factores hemisferios y derivaciones, en la tabla 6, se muestran los valores encontrados.

Tabla 6

Comparaciones a posteriori:
1-hemisferios , 2-derivaciones, en la tarea *música agradable*.

| FT7-FT8 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|---------|-------------------|----|----------------|-----------|----------|
| Efecto | .224418* | 1* | .224418* | 4.756841* | .049803* |
| Error | .566134 | 12 | .047178 | | |

| TP7-TP8 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|---------|-------------------|----|----------------|-----------|----------|
| Efecto | .804285* | 1* | .804285* | 11.52747* | .005317* |
| Error | .837254 | 12 | .069771 | | |

| P3-P4 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|-----------|----------|
| Efecto | 1.060841* | 1* | 1.060841* | 24.14019* | .000358* |
| Error | .527340 | 12 | .043945 | | |

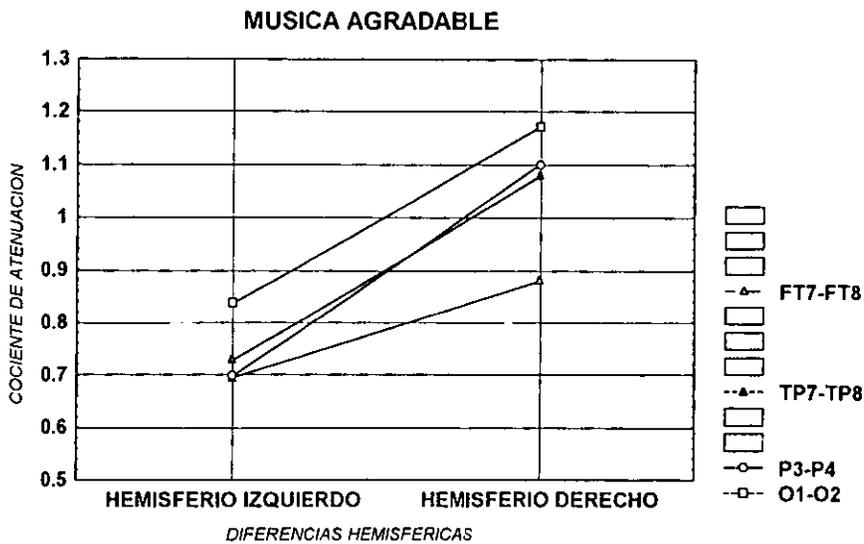
| O1-O2 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|-----------|----------|
| Efecto | .730636* | 1* | .730636* | 10.42148* | .007243* |
| Error | .841305 | 12 | .070109 | | |

Se encontraron diferencias significativas en las siguientes derivaciones:

- **FT7-FT8** con un nivel de significancia de $F(1,12)=4.75$; $p<.0498$, con una diferencia de atenuación de .7 a favor del HI contra .88 del HD (ver gráfica 7), con 16 sujetos de 28 que activaron el HI (ver gráfica 7.1).
- **TP7-TP8** con un nivel de significancia de $F(1,12)=11.52$ $p<.0053$, con una diferencia de atenuación de .72 en favor al HI contra 1.08 del HD (ver gráfica 7), y con 19 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 7.1).

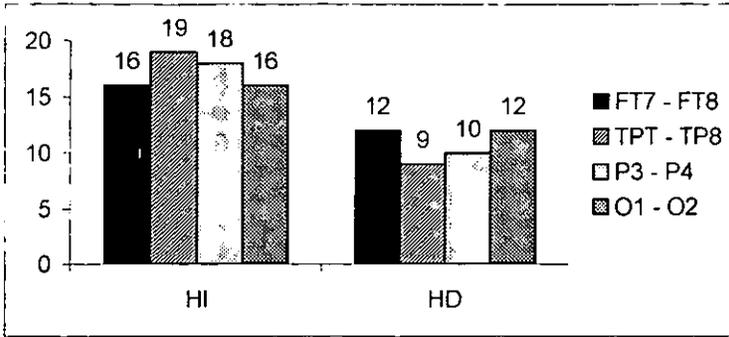
- **P3-P4** con un nivel de significancia de $F(1,12)=24.14$ $p<.0003$, con una diferencia de atenuación de .7 en favor al HI contra 1.1 del HD (ver gráfica 7), y con 18 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 7.1)..
- **O1-O2** con un nivel de significancia de $F(1,12)=10.42$ $p<.0072$, con una diferencia de atenuación de .84 en favor al HI contra 1.18 del HD (ver gráfica 7), y con 16 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 7.1).

Gráfica 7



Gráfica 7. Diferencias de atenuación encontradas en las derivaciones FT7-FT8, TP7-TP8, P3-P4 y O1-O2, en la tarea de *música agradable*.

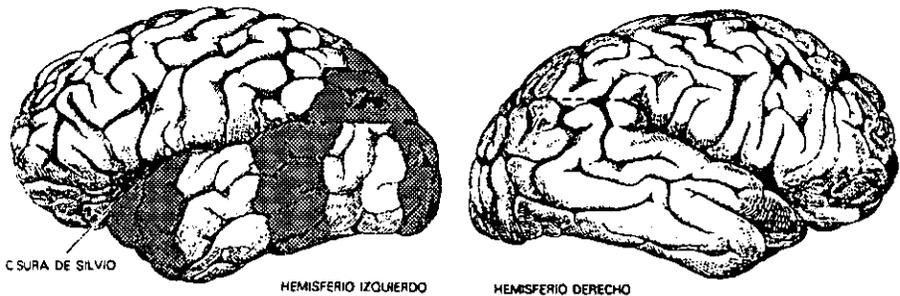
Gráfica 7.1



Gráfica 7.1 Muestra el número de sujetos que activaron el HI o el HD, en las derivaciones FT7 - FT8, TP7 - TP8, P3 - P4 y O1 - O2. En la tarea *música agradable*.

En el esquema 2 se encuentran representadas de forma aproximada las áreas de activación a nivel cortical de la tarea de música agradable.

Esquema 2



Esquema 2. Localización cortical de las áreas con mayor activación en la tarea de música agradable.

3. MUSICA DESAGRADABLE

Se encontró una interacción significativa entre los factores hemisferios y derivaciones, en la tabla 7, se muestran los valores encontrados.

Tabla 7

Comparaciones aposteriori:

1-hemisferios , 2-frontooccipital. En la tarea *música desagradable*.

| TP7-TP8 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|---------|-------------------|----|----------------|-----------|----------|
| Efecto | .636511* | 1* | .636511* | 5.725715* | .031295* |
| Error | 1.556339 | 14 | .111167 | | |

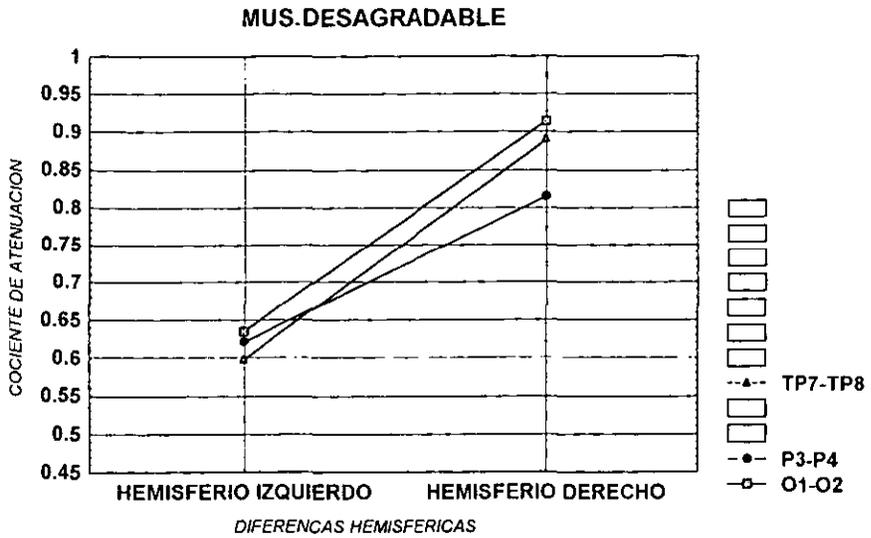
| P3-P4 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|-----------|----------|
| Efecto | .280234* | 1* | .280234* | 5.735407* | .031174* |
| Error | .684044 | 14 | .048860 | | |

| O1-O2 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|-----------|----------|
| Efecto | .583540* | 1* | .583540* | 6.935710* | .019649* |
| Error | 1.177897 | 14 | .084136 | | |

Se encontraron diferencias significativas en las siguientes derivaciones:

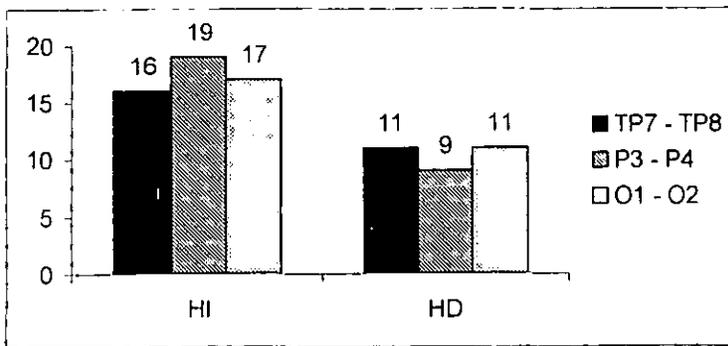
- **TP7-TP8** con un nivel de significancia de $F(1,14)=5.72$ $p<.0312$ (ver gráfica 8), una diferencia de atenuación de .6 en favor al HI contra .89 del HD, y con 16 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 8.1).
- **P3-P4** con un nivel de significancia de $F(1,14)=5.73$ $p<.0311$ (ver gráfica 8), una diferencia de atenuación de .62 en favor al HI contra .81 del HD, y con 19 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 8.1).
- **O1-O2** con un nivel de significancia de $F(1,14)=6.93$ $p<.0196$ (ver gráfica 8), una diferencia de atenuación de .64 en favor al HI contra .91 del HD, y con 17 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 8.1).

Gráfica 8



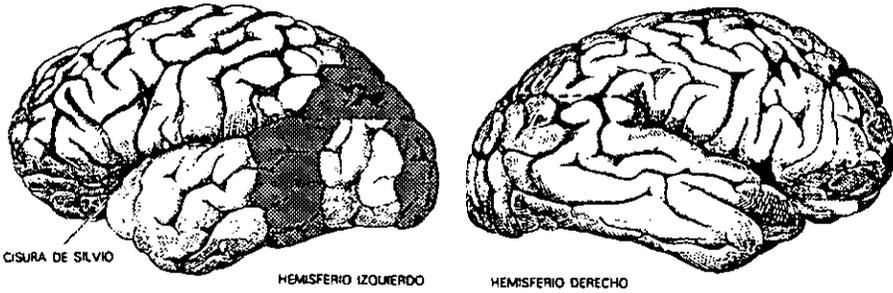
Gráfica 8. Diferencias de atenuación encontradas en las derivaciones TP7-TP8, P3-P4 y O1-O2, en la tarea de *música desagradable*.

Gráfica 8.1



Gráfica 8.1. Muestra el número de sujetos que activaron el HI o el HD, en las derivaciones TP7 - TP8, P3 - P4 y O1 - O2. En la tarea *música desagradable*.

En el esquema 3 se encuentran representadas de forma aproximada las áreas de activación a nivel cortical de la tarea de música desagradable.



Esquema 3. Localización cortical de las áreas con mayor activación en la tarea de música desagradable.

4. PALABRAS

Se encontró una interacción significativa entre los factores hemisferios y derivaciones, en la tabla 8, se muestran los valores encontrados.

Tabla 8

Comparaciones a posteriori:
1-hemisferios , 2-derivaciones. En la tarea *palabras*

| FP1-FP2 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|---------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | .489616 | 1 | .489616 | 5.011642 | .039743 |
| Error | 1.563132 | 16 | .097696 | | |

| FT7-FT8 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|---------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | .536615 | 1 | .536615 | 7.185152 | .016414 |
| Error | 1.194941 | 16 | .074684 | | |

| TP7-TP8 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|---------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | 1.313947 | 1 | 1.313947 | 14.47758 | .001556 |
| Error | 1.452118 | 16 | .090757 | | |

| T5-T6 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | .579474 | 1 | .579474 | 10.93683 | .004452 |
| Error | .847739 | 16 | .052984 | | |

| P3-P4 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | .722714 | 1 | .722714 | 11.18599 | .004114 |
| Error | 1.033742 | 16 | .064609 | | |

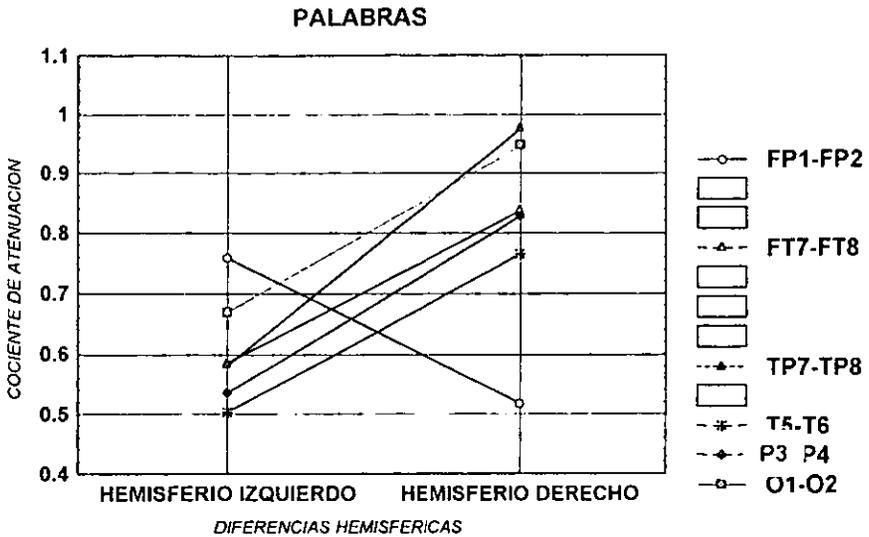
| O1-O2 | Suma de Cuadrados | df | Media Cuadrada | F | p |
|--------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Efecto | .665923 | 1 | .665923 | 7.975150 | .012220 |
| Error | 1.335997 | 16 | .083500 | | |

Se encontraron diferencias significativas en las siguientes derivaciones:

- **FP1-FP2** con un nivel de significancia de $F(1,16)=5.01$ $p<.0397$, con una diferencia de atenuación de .51 en favor al HD contra .76 del HD (ver gráfica 9), con 17 de 28 sujetos que activaron el HD (ver gráfica 9.1).
- **FT7-FT8** con un nivel de significancia de $F(1,16)=7.18$; $p<.0164$, con una diferencia de atenuación de .54 a favor del HI contra .82 de el HD (ver gráfica 9), con 15 sujetos de 28 que activaron el HI (ver gráfica 9.1).
- **TP7-TP8** con un nivel de significancia de $F(1,16)=14.47$ $p<.0312$, con una diferencia de atenuación de .54 en favor al HI contra .94 del HD (ver gráfica 9), con 22 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 9.1).
- **T5-T6** con un nivel de significancia de $F(1,16)=10.93$ $p<.0044$, con una diferencia de atenuación de .5 en favor al HI contra .76 del HD (ver gráfica 9), con 19 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 9.1).
- **P3-P4** con un nivel de significancia de $F(1,16)=11.18$ $p<.0041$, con una diferencia de atenuación de .54 en favor al HI contra .82 del HD (ver gráfica 9), con 22 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 9.1).
- **O1-O2** con un nivel de significancia de $F(1,16)=7.97$ $p<.0122$ con una

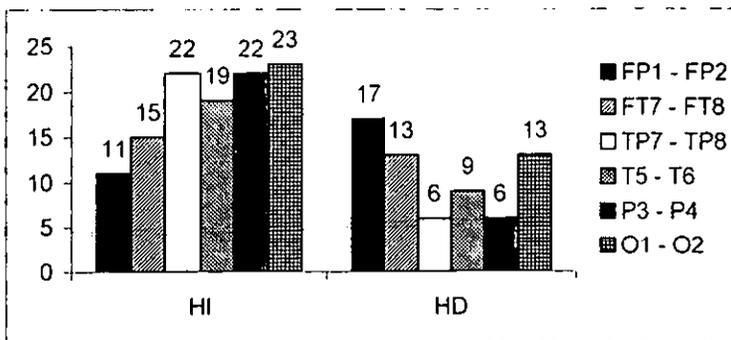
diferencia de atenuación de .66 en favor al HI contra .96 del HD (ver gráfica 9), con 23 de 28 sujetos que activaron el HI (ver gráfica 9.1).

Gráfica 9



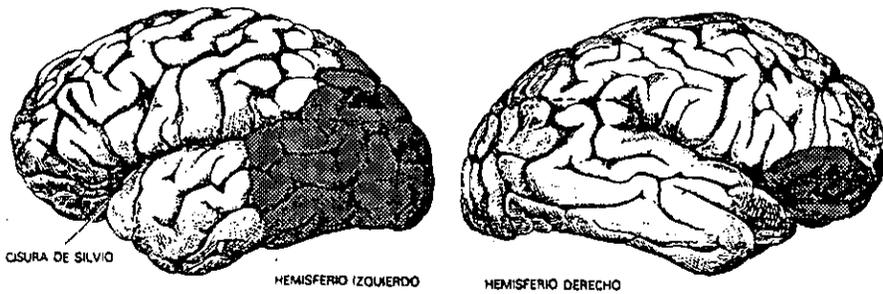
Gráfica 9. Diferencias de atenuación encontradas en las derivaciones FP1-FP2, FT7-FT8, TP7-TP8, T5-T6, P3-P4 y O1-O2, en la tarea palabras.

Gráfica 9.1



Gráfica 9.1 Muestra el numero de sujetos que activaron el HI o el HD, en las derivaciones FP1 - FP2, FT7 - FT8, TP7 - TP8, T5 - T6, P3 - P4 y O1 - O2. En la tarea palabras.

En el esquema 4 se encuentran representadas de forma aproximada las áreas de activación a nivel cortical de la tarea de palabras.

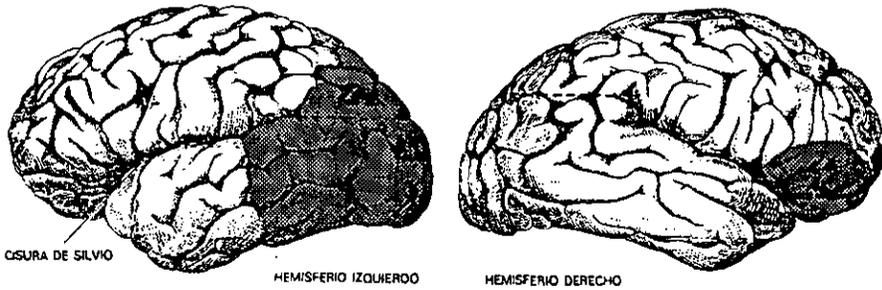


Esquema 4. Localización cortical de las áreas con mayor activación en la tarea de palabras.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta investigación se centró en la búsqueda de índices de activación cerebral por medio de una técnica electrofisiológica, específicamente a través de un paradigma derivado de los PRE, el paradigma PES. Los resultados mostraron que si existen diferencias electrofisiológicas entre el HI y HD durante el desempeño de las tareas lingüísticas y no lingüísticas. Se registraron un total de 28 sujetos (12 hombres y 16 mujeres), universitarios, neurológicamente intactos y sin antecedentes psiquiátricos, con un rango de edad de 20 - 34 y un promedio de edad de 24.85. En todos los sujetos se registraron índices de activación hemisférica cerebral, dependiendo de la tarea a desempeñar, se amplió el número de regiones registradas a través de el cuero cabelludo, incluyendo doce pares de

En el esquema 4 se encuentran representadas de forma aproximada las áreas de activación a nivel cortical de la tarea de palabras.



Esquema 4. Localización cortical de las áreas con mayor activación en la tarea de palabras.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta investigación se centró en la búsqueda de índices de activación cerebral por medio de una técnica electrofisiológica, específicamente a través de un paradigma derivado de los PRE, el paradigma PES. Los resultados mostraron que si existen diferencias electrofisiológicas entre el HI y HD durante el desempeño de las tareas lingüísticas y no lingüísticas. Se registraron un total de 28 sujetos (12 hombres y 16 mujeres), universitarios, neurológicamente intactos y sin antecedentes psiquiátricos, con un rango de edad de 20 - 34 y un promedio de edad de 24.85. En todos los sujetos se registraron índices de activación hemisférica cerebral, dependiendo de la tarea a desempeñar, se amplió el número de regiones registradas a través de el cuero cabelludo, incluyendo doce pares de

regiones homologas (por ejemplo P3 y P4) y de esta manera se realizó un mapeo electrofisiológico más amplio en el cuero cabelludo, que abarcó los lóbulos frontales, temporales, parietales y occipitales de los hemisferios izquierdo y derecho. Como los resultados muestran una función hemisférica diferencial para cada una de las cuatro tareas, demostrando una mayor importancia del HI para las palabras y los dos tipos de música (agradable y desagradable) y una mayor importancia del HD para la tarea de caras, esto al parecer demuestra la existencia de asimetrías funcionales para cada una de las tareas, de acuerdo a la definición de asimetría funcional de Bullok et al. (1987). Esto es importante porque se demuestra experimentalmente la adopción de una dominancia relativa para el HI o HD dependiendo del tipo de operación cognitiva a realizar. Por otra parte el paradigma PES, plantea una forma de análisis diferente a la que se realiza en otros paradigmas (como el N100, P200, P300, N400 y P600). La suma de dos picos (N100 y P200) en cada una de las tareas y la posterior división entre la tarea control y cada una de las tareas experimentales (por ejemplo click / palabras) da por resultado el valor denominado cociente atenuación, el cual mediante un análisis estadístico, nos indica las áreas con mayor activación del HI o HD en cada una de las tareas. Se trata así, de una propuesta alternativa de un método electrofisiológico para la evaluación de las funciones cognitivas en el ser humano.

Los resultados en la tarea lingüística muestran que las regiones mayormente activadas se encontraron básicamente en el HI en las siguientes regiones: fronto - polares del HD (FP2), fronto - temporales del HI (FT7), temporo

- parietales del HI (TP7), temporales del HI (T5), parietales del HI (P3), y occipitales del HI (O1). Similares resultados se han encontrado en otras investigaciones, en el sentido de la activación del HI en tareas lingüísticas, empleando el paradigma PES, por ejemplo: Coutín et al. (1996) quienes registraron PES en 10 personas diestras y dos zurdas con edades de 15 - 48 años. Los registros los realizaron en áreas temporales (T3 - T4) del cuero cabelludo, los estímulos sonda fueron tonos auditivos de 80 dB, las tareas fueron: a) atención al estímulo sonda b) la aplicación concurrente de un distractor auditivo (música instrumental) y C) memorizar una lista de nombres castellanos de alta frecuencia y poco contenido de imágenes. Los resultados mostraron una activación significativa en el área temporal izquierda (T3) ante la tarea lingüística en 8 de 10 sujetos 2 sujetos no mostraron ningún efecto. La activación del HI también se ha encontrado en tareas fonéticas como lo demuestra Papanicolaou et al. (1983), quienes registraron PES en 12 sujetos normales, en áreas temporales del HI y el HD (T3 y T4), utilizando clicks auditivos y la presentación de una grabación que contenía una conversación con diferentes expresiones emocionales (alegría, enojo y tristeza) habladas en un lenguaje no familiar para los sujetos (Griego). Las tareas consistieron en: la identificación de la sílaba /na/ previamente mezclada en la conversación (tarea de codificación fonética) e ignorar los clicks y atender los aspectos prosódicos (ignorando los clicks) de la conversación y comunicar el tipo de expresión emocional (tarea afectiva). Los resultados mostraron la activación del HD en la tarea prosódica y la activación del HI en la tarea fonética.

Como puede observarse en los estudios arriba descritos se activa el HI en las tareas lingüísticas, sin embargo, las diferencias entre dichos estudios y la presente investigación se encuentran en que en los primeros sólo se realizaron los registros en T3, mientras que en nuestra investigación aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en T3, si se encontraron en FT7, TP7, T5, P3 y O1 del HI y FP2 del HD. Lo cual da muestra de la implicación de un amplio conjunto neuronal comprometido con el desempeño de esta tarea y no sólo de un área o región específica.

Por otra parte, las investigaciones realizadas en el campo de la rehabilitación de pacientes con daño cerebral, en el cual se ha empleado el paradigma PES, se ha encontrado un incremento de la participación del hemisferio no dominante, que puede servir en la restitución del lenguaje en los adultos que han sufrido una lesión en el área del lenguaje, mas no en niños, como lo demuestra Papanicolaou en las siguientes descripciones: Papanicolaou et al. (1987). Utilizaron el paradigma PES en 4 grupos diferentes: 1) grupo de 11 afásicos en recuperación, 2) grupo de 10 disarticos, 3) grupo de 10 pacientes no afásicos (pero con daño en el HD) y 4) grupo de 11 sujetos normales. No reportaron que sitios del HI y HD se iban a registrar, los estímulos fueron tonos de 65 dB y una lista de palabras con bajo contenido de imágenes y alta frecuencia (sustantivos comunes), la tarea consistía en memorizar la lista de palabras e ignorar el tono. Los resultados mostraron una gran activación del HI en los sujetos control y los pacientes no afásicos (8 de 11 y 6 de 10 respectivamente), y una

gran activación del HD en los pacientes afásicos y con menor existencia en los pacientes disarticos (8 de 11 y 6 de 10 respectivamente).

Papanicolaou et al. (1988) comprobaron sus descubrimientos al encontrar que el HD se activa mas en los pacientes afásicos en recuperación en comparación con pacientes no afásicos y sujetos normales. El estudio se realizó con el paradigma PES. el primer grupo lo constituían 21 pacientes afásicos en recuperación, el segundo grupo lo constituían 15 pacientes que sustentaban una lesión en el HD y el tercer grupo lo conformaban 17 sujetos normales. Se registraron áreas temporales del cuero cabelludo (T3 y T4) los estímulos y las tareas fueron: 1) tonos de 65 dB la tarea era atender los tonos, 2) una lista de nombres comunes con bajo contenido de imágenes y alta frecuencia, la tarea era aprenderse la lista e ignorar el tono (codificación verbal), 3) una lista de palabras que no se relacionaban entre si y no se repetían incluía en intervalos irregulares palabras que contenían los fonemas /br/ (blanco de detección fonológica), la tarea era atender las palabras ignorar el tono, y señalar las palabras que contenían el blanco fonológico, 4) (tarjeta de detección semántica) involucraba la presentación de una lista con diferentes palabras, en donde la tarea era atender y señalar la ocurrencia de palabras pertenecientes a una categoría semántica (nombres de aves), aleatoriamente mezcladas, también ignoraban el tono, y 5) involucraba la presentación de una lista de palabras, y la tarea de los sujetos y los pacientes fue repetir cada palabra que ellos iban escuchando, además de ignorar el tono. Los resultados mostraron una mayor activación del HD en los pacientes afásicos en recuperación en todas las tareas. Los pacientes con lesión en el HD y los sujetos

normales activaron mas el HI en casi todas las tareas, a excepción de la quinta tarea (repetición de las palabras). Estos descubrimientos dan muestra de que el HD asume diferentes aspectos del lenguaje en los pacientes afásicos adultos, y que es posible la rehabilitación en estos pacientes estimulando los aspectos del lenguaje mas lateralizados en el HD.

Estos indicios de lateralización del lenguaje hacia el HD en pacientes afásicos en adultos no se han encontrado con la técnica PES en niños afásicos en recuperación. Papanicolaou et al. (1990), realizaron un estudio con el paradigma PES en 15 niños con lesión en el HI y 15 niños normales control con edades pareadas. Registraron áreas temporales y parietales del cuero cabelludo (T3-T4 y C3-C4), los estímulos sonda fueron tonos de 60 dB y flashes con intensidad setting de 1, las tareas fueron 1) Tarjetas de detección fonológica, presentaron diferentes ítems fonológicos /br/, /p/, o /m/ hablados, la tarea consistió en atender la ocurrencia de cualquiera de los 3 ítems fonológicos y hacer caso omiso a los clicks, 2) Procesamiento visoespacial, presentaron diferentes formas geométricas, dibujos de líneas y figuras de cubos en tercera dimensión con estos estímulos se realizaron dos tareas: en la primer tarea, se les pidió a los sujetos que observaran los flashes y alzaran los dedos a la ocurrencia de cualquier figura geométrica, en la segunda tarea, se les presentaron pares de cubos en tercera dimensión se les pidió a los pacientes y a los sujetos control que atendieran a los flashes simultáneamente les fueron presentado los pares de cubos, se les pidió que si identificaban cubos iguales alzaran en dedo derecho y si identificaban cubos diferentes alzaran el dedo izquierdo. Los resultados fueron

los siguientes: 1) en los sujetos control se activó el HI en el procesamiento lingüístico y el HD en las operaciones visoespaciales, 2) los niños con lesión en el HI no presentaron gran compromiso del HD, en el procesamiento lingüístico y presentaron un patrón normal de compromiso del HD, en las operaciones visoespaciales. Por lo que concluyeron, que en los niños con lesión en el HI los aspectos fonológicos del lenguaje siguen siendo predominantes en el HI y no hay alteración del HD durante la tarea visoespacial. Los estudios realizados con el paradigma PES, en pacientes afásicos demuestran la lateralización hemisférica cerebral, de eventos neuroeléctricos que tienen lugar en regiones anatómicamente distintas y además muestra el predominio del estado cerebral cuando un paciente se encuentra comprometido en el desempeño de una tarea, sea ésta lingüística o no lingüística.

El paradigma PES también ha demostrado su validez al compararse con otra técnica de activación hemisférica (activación de irrigación sanguínea cerebral rCBF). Esta investigación la desarrollaron Papanicolaou et al. (1987), mediante el paradigma PES y la técnica rCBF. Estudiaron 19 sujetos diestros 10 hombres y 9 mujeres. Registraron áreas parietales izquierdas y derechas, los estímulos sonda fueron flashes concurrentes y líneas en forma de cubos, arreglados de tal manera que representaran un objeto sólido con tres brazos extendidos en tercera dimensión, la mitad de los pares de cubos eran figuras físicamente idénticas pero con orientación diferente en el espacio, la otra mitad fueron figuras no idénticas. Cada par de figuras las presentaron en el lado izquierdo y derecho del punto de fijación, de forma aleatoria. La tarea del sujeto fue rotar mentalmente una figura o

las dos, y decidir si las figuras eran idénticas o diferentes. La tarea y los registros iniciaron simultáneamente después de un minuto de la inhalación del Xenon. Los resultados de la amplitud de todos los componentes de los PE mostraron 1) fueron similarmente simétricos durante la condición control, 2) fueron substancialmente reducidos durante la tarea de rotación mental de los cubos; y 3) fueron reducidos en mucho mayor grado en el HD. Simultáneamente las medidas rCBF también presentaron un grado igual de activación en áreas parietales en la condición control, y un incremento en la activación durante la tarea de rotación mental con un mayor grado de activación en el HD.

MÚSICA.

Aunque muchos mecanismos cerebrales que involucran a la música no se han descubierto, de acuerdo con la literatura, se pueden identificar algunos aspectos que se encuentran asociados ya sea con el HI o el HD, por ejemplo, en los estudios clínicos, se ha reportado que la amusia y la agnosia auditiva son características de lesiones temporales derechas, que se relacionan con la dificultad de reconocer voces y timbres del lenguaje y, por consiguiente, con la dificultad de reconocer melodías y sonidos naturales (Barbizet y Dizabo, 1978 en Ardila y Ostrosky, 1986). En los estudios de escucha dicótica se ha encontrado que los sujetos manifiestan una ejecución superior, en favor del oído izquierdo (HD), en la identificación de sonidos "naturales" (por ejemplo el sonido de la lluvia, el canto de una ave y el ruido de un vaso al romperse) (Kotik, 1975). Mediante el empleo de la prueba de Wada (inactivación hemisférica temporal), se

ha encontrado que cuando el HD es sedado por la droga (amorbital sódico) y se les pide a los sujetos que canten una canción familiar, el ritmo no es afectado pero en la melodía los sujetos pierden toda la habilidad de distinguir una nota de otra (Bogen y Gordon, 1971). Por su parte en una investigación realizada por Franckowiak (1997), quien empleó la Tomografía por Emisión de Positrones, en sujetos neurológicamente intactos, para registrar la actividad del cerebro durante la presentación de cuatro cintas musicales (reconocimiento de extractos de música clásica, identificación de cambio en el timbre, identificación de cambios de cadencia). Encontró que en la cinta que contenía cambios en el timbre, las áreas más activas en el cerebro estaban en el HD. Lo cual sugiere que la razón por la cual las personas que han sufrido daño en el HD ya no aprecien la música es que no pueden reconocer el timbre. Aunque los aspectos arriba descritos se encuentran relacionados con el HD, Franckowiak encontró otros aspectos relacionados con la música que se encuentran relacionados con el HI, por ejemplo, en la cinta de reconocimiento de extractos de música clásica, la parte metabólica activa del cerebro fue el HI (en el área de Broca). De acuerdo a Franckowiak sus resultados demuestran que dentro de las funciones del área de Broca puede incluirse la del reconocimiento de todos los sonidos familiares, no únicamente el de las palabras, no descartando que los tonos conocidos traigan a la mente sus títulos o activen la búsqueda de sus nombres en el cerebro. La cinta de la cadencia se activó el lado izquierdo posterior del cerebro en un área llamada precuneo (esta área no está asociada con la capacidad de escuchar, sino con la de percibir imágenes). Franckowiak concluye que el reconocimiento musical es una función que depende de la memoria y de mecanismos que

reconocen las secuencias de palabras, timbre y cadencia. Estos mecanismos están distribuidos en diferentes áreas de él cerebro. Ahora bien en nuestra investigación en las dos tareas de música se encontró que el hemisferio mas activado fue el HI, por ejemplo, en la tarea de música agradable se encontraron activaciones en las derivaciones FT7, TP7, P3, y O1, y en la tarea de música desagradable en las derivaciones TP7, P3, y O1 del HI. Aunque la tarea de los sujetos no era la de identificar las piezas musicales presentadas a los sujetos, sino reportar el tipo de sentimiento que les provoca escuchar estos dos tipos de música, probablemente los resultados estuvieron influenciados por los aspectos de cadencia y reconocimiento como los encontrados por Franckowiak, debido a que ambos aspectos se encuentran presentes en ambas piezas musicales presentadas a los sujetos; sin embargo, ésto no se puede afirmar categóricamente ya que son diferentes las tareas y las técnicas de adquisición de los datos empleadas en ambos estudios (Franckowiak utilizó PET y en nuestra investigación utilizamos PRE), el PET tiene una resolución temporal de horas y una resolución espacial enfocada a la activación del cerebro como tal y los PRE tienen una resolución temporal de milisegundos y una resolución espacial de mapeo en el cuero cabelludo. Ahora bien en nuestro estudio existen tres aspectos que se pueden destacar: primero en ambas tareas con las mismas instrucciones, activaron el HI de los sujetos, segundo se activaron TP7, P3, y O1 en ambas tareas y, tercero la única región activada que hace la diferencia entre ambas tareas es FT7 en la tarea de música agradable.

CARAS

Diversas investigaciones clínicas, han encontrado, que una falta de reconocimiento o integración de la información visual, surge frecuentemente como consecuencia de lesiones en zonas occipitales secundarias y occipito - parietales de ambos hemisferios cerebrales (Luria, 1977; Hecaen y Albert). Existen alteraciones agnósicas propias o predominantes de lesiones del HD o del HI. De entre las más importantes se encuentra la prosopagnosia. La prosopagnosia surge del daño de regiones temporo occipitales del hemisferio derecho y se caracteriza por la incapacidad de reconocer rostros (Marciani MG, 1991), Actualmente los estudios de neuroimagen han aportado diferentes aspectos con respecto a la investigación del procesamiento de caras, por ejemplo, Haxby et al. (1996), estudiaron la codificación y el reconocimiento de caras en el cerebro, en sujetos neurológicamente intactos, (ocho hombres y dos mujeres) estableciendo que existe una disociación entre el sistema neural humano que participa en la codificación y el reconocimiento en la memoria de caras, esto lo demostraron con la técnica de PET y Escaneo de Irrigación Sanguínea Cerebral (rCBF). Las tareas que se utilizaron fueron: codificación de caras, reconocimiento, percepción de caras control, y sensoriomotor control. Los estímulos consistieron en tres blancos cuadrados, cada uno contenía una cara. La tarea de codificación de caras, consistió en una serie de 32 caras presentadas secuencialmente en tres tiempos en diferente orden, con una duración de 8 minutos. Los sujetos fueron instruidos a describir cada cara por memoria y se les dijo que su memoria iba a ser probada posteriormente. En la tarea de reconocimiento de caras, a los sujetos se les pidió que seleccionaran las caras que se habían aprendido de memoria, en la tarea de

percepción de caras control a los sujetos se les pidió que escogieran cual de las caras en un cuadrado bajo contenía la misma cara en el cuadrado alto. En la tarea sensoriomotora control los tres cuadrados contenían el cuadrado no percibido. En todas las tareas los sujetos respondían presionando un botón izquierdo o derecho dependiendo del lugar donde la cara era pareada, aunque en la tarea sensoriomotora los sujetos presionaban los botones alternativamente. Los resultados de la tarea de codificación de caras fue asociado con el incremento rCBF en una región temporal media derecha que incluye el hipocampo y zonas adyacentes y con activaciones corticales adicionales en una región extensiva de el cortex prefrontal izquierdo. En contraste, el reconocimiento de las caras fue asociado con el incremento rCBF en una región extensiva del cortex prefrontal derecho. En cuanto a la tarea sensoriomotora control, la codificación de caras y la tarea de reconocimiento demostraron activaciones en una región extensiva bilateral del cortex ventral occipital. Por último en la tarea sensoriomotora control, las áreas frontales izquierdas asociadas a la codificación no incluyó la región media frontal de la región hipocampal asociada a la codificación. En nuestra investigación se encontraron diferencias estadísticas en la tarea de caras en las regiones F4 y C4 del HD, estos resultados coinciden con los encontrados por Haxby al menos en la tarea de reconocimiento y codificación, lo cual significa que probablemente ambos mecanismos, el de reconocimiento y el de codificación, se dieron durante nuestra tarea; sin embargo, llama la atención de que en nuestro experimento no se activaran extensas regiones del HD.

En resumen, el paradigma es una técnica electrofisiológica no invasiva y sus activaciones reflejan que para el procesamiento de estímulos no se requiere de la lectoescritura, por lo tanto puede ser utilizada para el estudio de poblaciones de niños, ancianos, analfabetas con o sin lesión cerebral

Se establecieron índices electrofisiológicos a favor del HI para las tareas de palabras, música agradable y música desagradable; y a favor del HD para la tarea de caras y palabras. Esto implica que existe una asimetría funcional específica para el HI, el cual asume diferentes aspectos de procesamiento (lingüísticos y no lingüísticos) para el procesamiento de palabras, música agradable, y música desagradable y una asimetría funcional específica para el HD para el procesamiento de palabras y caras, por lo que las tareas y estímulos de nuestra investigación pueden ser empleados para contrastar sus resultados con los que se pudiesen encontrar con poblaciones que sustenten algún daño cerebral (por ejemplo personas afásicas), y de esta manera diseñar un plan de tratamiento que puede incluir: rehabilitación neuropsicológica, terapia del lenguaje, terapia de grupo, individual, terapia ocupacional y otras, para hacer posible la rehabilitación de estos pacientes.

Las tareas empleadas en esta investigación también pueden ser útiles en el estudio de poblaciones neurológicamente intactas, por ejemplo personas analfabetas, para establecer el funcionamiento cognoscitivo de estas personas y así poder diseñar programas de educación más precisos y tratamiento neuropsicológico específico para sus necesidades.

La técnica de los PRE y el paradigma PES pueden ser importantes, como herramientas de apoyo, para el diagnóstico y rehabilitación neuropsicológica, dado que la neuropsicología estudia las relaciones existentes entre la función cerebral y la conducta humana. Esta disciplina se basa en el análisis sistemático de las alteraciones conductuales asociados a los trastornos de la actividad cerebral, provocados por enfermedad, daño o modificaciones experimentales (Hécaen y Albert, 1978).

La evaluación neuropsicológica no sólo está orientada a decisiones diagnósticas, sino también al desarrollo de programas de rehabilitación, al permitir el examen detallado de las deficiencias que subyacen a la lesión. La rehabilitación (o el tratamiento) del daño cerebral requiere principalmente un modelo de aprendizaje para lograr la restauración de la función necesaria para la vida diaria de una persona. La presente investigación tiene su mayor aporte en este campo porque la técnica de los PRE y el paradigma PES permiten el empleo de diversos estímulos mediante los cuales se pueden diseñar tareas específicas auxiliares en para el diagnóstico y para el diseño de un programa de rehabilitación junto con pruebas neuropsicológicas de lápiz y papel y el empleo de técnicas de neuroimagen (PET, RMN, etc.).

Las limitaciones del estudio son que el paradigma se enfoca principalmente al monitoreo de las regiones que se encuentran comprometidas con el desempeño de las tareas, no nos informa de componentes (ondas o picos) que se

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

presentan ante determinadas funciones psicológicas complejas específicas por ejemplo: el N1 o N100 que se ha relacionado con atención selectiva (Van Petten y Kutas, 1991); el N2 o N200 relacionado con discriminación activa; el P3 o P300, con situaciones de incertidumbre y actualización de la memoria a corto plazo (Ostrosky et al.,1987) y el N400 generado ante el procesamiento de incongruencias semánticas del lenguaje (Kutas y Hillyard, 1980).

Otra limitación del estudio es que sólo se realizó en una población neurológicamente intacta con un rango de edad de 20 a 34 años y un promedio de edad de 24.85 años.

Para otros estudios se sugiere estandarizar otro tipo de estímulos y tareas similares a los empleados en esta investigación, que puedan ser aplicables dentro del paradigma PES, dependiendo de la línea de investigación elegida, ya sea en personas neurológicamente intactas o con daño cerebral.

Para evaluar la generalización de este experimento se sugiere diseñar una línea de investigación en donde se empleen los mismos estímulos y las mismas tareas pero con dos poblaciones a estudiar, una control y otra experimental, para determinar si los índices electrofisiológicos son similares o no en ambas poblaciones y, con el apoyo de otro tipo de pruebas, por ejemplo pruebas neuropsicológicas, determinar porque se dan los cambios si estos se dan y así determinar si es posible o no el diseño de un programa de rehabilitación en donde se contemplen tareas como las ya descritas en esta investigación.

VI. BIBLIOGRAFIA.

Ardila, A y Benavides, A., (1976). Detección diferencial de información para ambos hemisferios cerebrales, Memorial del XVI Congreso Interamericano de Psicología. Miami.

Ardila y Benavides, A., (1978). Asimetría cerebral en la detección de la información verbal, numérica y espacial. Revista Latinoamericana de Psicología. 10, (3), 403-409.

Aveleyra. O. E. (1997) Índices predictivos de deterioro cognoscitivo en la enfermedad de Alzheimer familiar. un estudio electrofisiológico de la memoria semántica. Tesis (maestría). México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Barbizet, J, y Dizabo, P., Manual Neuropsicológico. Barcelona, Toray-Masson S.A., 1978.

Bobes M,A; Valdés S, M; y Olivares E. (1984). An ERP Study of Expectancy Violation in Face Perception. Brain and Cognition 25, 000-000.

Bogen JE, y Gordon HW (1971). Musical tests for functional lateralization with intracarotid amobarbital. Nature, 23, 230(5295):524-5.

Benton, A. L., Levin, H. S. y Varney, N.R. (1978). Tactile perception of direction in normal subjects. Neurology, 23, 1248-1250.

Bradent, D. E., (1954). The role of auditory localization en attention and memory. Journal experimental psychology, 47, 161-194.

Brailowsky S. La sustancia de los sueños. Neuropsicofarmacología, México. Fondo de cultura económica, 1995.

Bryden, M. (1964). Manipulation of strategies of report dichotic listening. Canadian Journal of Psychology, 18, 126-138.

Bryden, M., (1963). Ear performance in auditory perception. Journal of Experimental Psychology, 65, 103-105.

Bullock, D., Liderman, J., y Teodorevic, C. (1987) Reconciling stable asymmetry with recovery of function: and adaptative system perspective on functional plasticity. Child Development, 58, 689-697.

Castañeda, F.M. (1996) Memoria semántica en la enfermedad de Alzheimer: Un estudio electrofisiológico. Tesis. México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Castillo, P. G. (1997) Indices electrofisiológicos de cambios en la memoria semántica asociados a la edad. Tesis. México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Chi, J.G., Dooling, E.G. y Gilles, F.H., (1977). Gyral development of the human brain. Annals of Neurology, 1, 86-93,

Coutín, P; Pietrosevoli, L; Araujo, H. (1996) Estudio fisiológico de procesos neuro-lingüísticos mediante el potencial evocado sonda. Lengua y Habla, 1.2, 12-19.

Curry, F y Rutherford, D. (1975) Recognition and recall of dichotically presented verbal stimuli by right and left-handedness. Neuropsychologia, 5, 119-126.

Darwin, C.J., Ear differences and hemispheric specialization, en B. Milner, *Hemispheric specialization and interaction*, Cambridge Mass., The MIT Press, 1975.

Donchin E. Coles M: (1988). Is the p300 component a manifestation of context updating?. *Behav Brain Sci*, 11, 357-374.

Dunford, M. (1971). Right hemisphere specialization for depth perception reflected in visual field differences. *Nature*, 231, 394-395

Folstein, M., Folstein, S., y McHugh, P. (1975). "Mini mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.

Fondas, A; Leonard, C; Gilmore, R; Fennell, E; and Heilman, K. (1996) Pars triangularis asymmetry and language dominance. *Neurobiology*, 93, 719-722.

Fontenot, D.J. y Benton, A.L., (1971). Tactile perception of direction relation to hemispheric locus of lesion. *Neuropsychologia*, 9, 83-88.

Franckowiak, R. (1997) La orquesta neurológica. *Discover en Español*. Noviembre, 16.

Galamburda, A.M., Leway, M., Kemper, T.M y Geschwind, N. (1978). Right-Left asymmetries in the brain. *Science*, 199, 852-856.

Gazzaniga, M. S. *The bisected brain*. New York: Appleton Century Crofts, 1970.

Gazzaniga, M. S y Ledoux, J.E. *The integrated mind*. Planum Press. New York y London, 1978.

Gazzaniga, M. S. (1998). Gran breaking work that began more than a quarter of a century ago has led to ongoing insights about brain organization and consciousness. Scientific American, July.

Gerber, S. y Goldman, P. (1971). Ear performance for dichotically presented verbal stimuli as function of reporte strategies. Journal of the Acustical Society of America, 49, 1163-1168.

Geschwind, N. y Levitsky, W. (1968). Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region. Science, 161, 186-187.

Glob E.J y Starr A (2000). Effects of stimulus sequence on event-related potentials and reaction time during target detection in Alzheimer's disease. Clin Neurophysiol, 1:111 (8): 1438-1449.

Goodglass, H. y Calderón, M., (1977). Parallel processing of verbal and musical stimuli in right and left hemisphere. Neuropsychologia, 15 (3), 397-407.

Hall, J.L., y Goldstein, M.H., (1968) Representation of binaural stimuli by single units in primary auditory cortex or unanesthetized cats. Journal of the Acustical Society of America, 43, 456-461.

Hansen J. Hillyard S. (1980). Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention. Electroenceph Clin Neurophysiol, 49, 277-290.

Harmony, T. Potenciales relacionados con eventos y especialización hemisférica. En Ostrosky, F y Ardila A. Hemisferio derecho y conducta. Un enfoque neuropsicológico. México: Trillas, 1986.

Haxby, J.V; Ungerleider, L.G; Horwitz, B; Maisog, J.Ma; Rapaport, S.I; y Grady, C.L (1996) Face encoding and recognition in the human brain. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 93, 922-927.

Hécaen, H. y Albert, M.L Human Neuropsychology. Nueva York, John Wiley and Sons, 1978

Henao, M.C., Rubins, S y Arbelaez. Estudio de la dominancia cerebral en el procesamiento de información visual. Bogotá, tesis no publicada, Facultad de Psicología, 1976.

Hicks, R.E. (1975). Interhemispheric response competition between conal and unimanual performance in normal adult human males. Journal of comparative and physiological psychology. 50-60.

Hillyard S. Hink R. Schwent V. Picton T. (1973). Electrical sign of selective attention in the human brain. Science, 182, 177-180.

Hillyard S. Kutas M. (1983). Electrophysiology of cognitive processing. Ann Rev of Psychol, 34, 33-61.

Hillyard S. Picton T. Regan D: Sensation, perception, and attention: analysis using ERP. En Callaway E. Tueting P. Koslow S (eds). Event-Related Brain Potentials in Man. Academic Press. New York. 223-321. 1978.

Hiscock, M. y Kinsbourne, M., (1980) Asimetry or verbal-manual time shorting in children: A follow up study. Neuropsychologia, 18, 151-162.

Ingram, D. (1975). Motor asymmetries on young children. Neuropsychologia, 13, 95-102.

Kerlinger F.N. Investigación del comportamiento, México McGraw-Hill, 1997.

Kimura, D., (1961). Cerebral dominance an the perception of verbal stimuli. Canadian Journal of Psychology, 15, 166-171.

Kimura, D., (1963). Speech lateralization in young children as determined by auditory test. Journal of comparative Physiological Psychology, 56, 899-902.

Kimura, D. (1966). Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. Neuropsychologia, 4, 175-185.

Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic-listening. Cortex, 3, 168-178.

Kimura, D., (1973). The asymmetry of the human brain, Scientific American, 228, 70-80.

Kimura, D., The neural basis of language qua gesture. En H. Avakian-Whitaker y H. A. Whitaker (eds) studies in Neurolinguistics, 2 New York: Academic Press, 1976.

Kinsburne, M. y Cook, J.(1971) Generalized and lateralized effects of concurrent verbalization on a unimanul skill. Quarterly Journal or Experimental Psychology, 23, 341-345.

Klein, D., Moscovitch, M. y Vigna, C. (1976). Attentional mechanisms and perceptual asymmetries in tachitoscopic recognition of word and faces. Neuropsychologia, 141, 55-66

Knight R: Electrophysiology in behavioral neurology. En Moret-Mesulam M (Ed). Prienciples of behavioral Neurology, 327-346. 1985.

Kotik, B., Dichotic listening in neuropsychology. Unpublished doctoral thesis Moscow State University 1975.

Kutas, M. y Hillyard, S.A. (1980). Reading between lines: Event-related brain potential during natural sentence processing, Brain Language, 2, 354-373.

Luria, A.R., Las funciones corticales en el hombre. La Habana: Editorial Orbe, 1977.

Mangun, R.G y Hillyard, S.A. Electrophysiological studies of visual selective attention in humans. Neurobiology of higher cognitive function. New York. Arnold B. Scheibel y Adam F. Weschsler (Eds.) 1990.

Milner, B. Hemisphere specialization and interaction. Cambridge. Mass., the MIT Press, 1975.

Näätänen R. Gillard A, Montysalo S. (1978). Early selective attention effect on evoked potential reinterpreted. Acta Psychol, 42, 313-329.

Ostrosky-Solís, F. (1987) Neuroelectric correlates of a neuropsychological model of word decoding and semantic processing in normal children. Journal of Neuroscience, 34, 97-113.

Ostrosky-Solís, F y Ardila, A. Hemisferio Derecho y Conducta. Un Enfoque Neuropsicológico. México: Trillas.1986.

Ostrosky-Solís, F., Ardila, A., y Rosselli, M. (1997) Evaluación neuropsicológica en español [Brief neuropsychological in Spanish], pp. 1-100. México City: Bayer.

Ostrosky-Solís, F; Rodríguez, Y.; Chayo, R., García de la Cadena, C.; Jaime, R.; Valdés, A.; Velázquez, D., Pérez, M, y Madrazo, Y.(1992). Memory assessment

battery and early identification of dementia. Restaurative Neurology and Neuroscience, 4: 134.

Papanicolaou, A. (1980). Cerebral excitation Profiles in Language Processing: The Photic probe Paradigm. Brain and Language, 9, 269-280.

Papanicolaou, A.; Berlett, M; Harvey, S; Howard, M.(1987). Evoked Potential Correlates of right Hemisphere Involvement in Language Recovery Following Stroke. Arch Neurol, 44, 521-524.

Papanicolaou, A; DiScenna, A; Gillespie, L; Aram, D. (1990). Probe- Evoked Potential Findings Following Unilateral Left-Hemisphere Lesions in Children. Arch Neurol, 47, 562-566.

Papanicolaou, A; Harvey, S; and Howard, M.(1984). Evoked Potential Correlates of Recovery From Aphasia after Focal Left Hemisphere Injury in Adults. Neurosurgery, 14, No 4.

Papanicolaou, A; Harvey, S; Howard, M; and Bart, D.(1983). Evoked Potential Indices of Selective Hemispheric Engagement in Affective and Phonetic Task. Neuropsychologia, 21, 401-405.

Papanicolaou, A. y Johnstone, J. (1984) Probe evoked potentials: Theory, metod and aplications, International Journal of Neuroscience, 24, 107-131.

Papanicolaou, A; More, B; Deutsch, G; Levin, H; y Hisenberg, H. (1988). Evidence for right-hemisphere involvement in recovery from aphasia, Archives of Neurology, 45, 1025-1029.

Piazza, D., (1976). Cerebral lateralization in young children as measured by dichotic listening and finger tapping task. *Neuropsychologia*, 15, 417-425.

Ramos J, Corsi-Cabrera M. (1989) ¿Does brain electrical activity react to music? International. *Journal Neuroscience*, 47(3-4), 351-357.

Rosenzweig, M.R., (1951) Representation of the two ears at the auditory cortex, *American Journal of Physiology*, 167, 147-158.

Shucard, D.W; Cummins, K.R; Thomas, D.G y Shucard, J.L. (1981). Evoked Potentials to auditory probes of cerebral specialization of function-replication and extension, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 52, 389-393.

Sperry, R.W. (1968) Hemisphere disconnection and unity of conscious awareness. *American Psychologist*, 23, 723-733.

Spitzer, H., Desimone, R y Moran, J. (1988). Increased attention enhances both behavioral and neuronal performance. *Science*, 240, 338-340.

Springer, S.P y Deuth, G. *Left Brain, Right Brain*. W. Freeman and Company: San Francisco 1980.

Stuss, D., Kaplan, E., Benson, D., Weir, W., Chiulli, S. y Sarazin, F. (1982) Evidence for the involvement of orbitofrontal cortex in memory functions: an interference effect. *Journal of comparative and Psychological Psychology*, 92, 913-925.

Teube, H.L. Effects of brain wounds implicating right of left hemisphere in man, en V.B. Mountcastle (dir.), Interhemisphere Relations and cerebral dominance, Baltimore, John Haskins, 1962.

Tzourio, N; Nkanga-Ngila, B; and Mazoyer, B. (1998) Left planum temporale surface correlates with functional dominance during story listening. Neuroreport, 9 (5), 829-833.

Umiltà, C., Brizzalara, D., Tabassi, T. y Fairweather, H., Factors affecting face recognition in the cerebral hemisphere: Familiarity and naming, en J. Requin (dir.), Attention and performance VII, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum, 1978.

Van Petten, C., y Kutas, M. (1991). Influences of semantic and syntactic context on open and closed-class words. Memory and Cognition, 19, 95-112.

Varney, N. R. y Benton, A. L. (1975). Tactile perception of direction in relation to handedness and familial handedness, Neuropsychologia, 13, 449-454.

Wada, J. y Rasmussen, T (1960). Intracarotid injection of sodium amytal for lateralization of cerebral speech dominance: experimental and clinical observations. J of Neurosurgery, 17, 266-282.

Wada, J. A., Clark, R. y Hamm, A (1975). Cerebral hemispheric asymmetry in humans. Archives of Neurology, 32, 239-246.

Witelson, S.F. y Pallie, W. (1973). Left hemisphere specialization for language in the newborn: neuroanatomical evidence of asymmetry. Brain, 96, 641-646.

Woods D. Clayworth C. (1987). Scalp topographies dissociate N1 and Nd components during auditory selective attention. Electroenceph and Clin Neurophysiol, 40, 293-299.