



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES  
UNIDAD LEÓN**

**RELACIÓN ENTRE EL DESARROLLO COGNITIVO Y MOTRIZ EN  
LACTANTES CON FACTORES DE RIESGO PARA DAÑO  
CEREBRAL.**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADA EN FISIOTERAPIA**

**P R E S E N T A :**

**SHARON GIULIANA PEDROZA RAMÍREZ**

**TUTORA: Mtra. Cristina Carrillo Prado**

**ASESORA: Dra. María Elizabeth Mónica Carlier Torres**

**León, Guanajuato, 2019**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



*Tú que conoces lo justo de mi causa, Señor,  
responde a mi clamor. Tú que me has sacado  
con bien de mis angustias, apíadate y escucha  
mi oración. Admirable en bondad ha sido el  
Señor para conmigo, y siempre que lo invoco me  
ha escuchado; por eso en Él confío.*

*Salmo, 4:7*

*Tú eres mi Dios y en ti confío. “Cuando tú me  
invoques, yo te escucharé y en tus angustias  
estaré contigo”.*

*Salmo, 90:15*

*Con especial dedicatoria a Santiago Ramírez Luna †, tan  
admirable que quizá a pesar de no saberlo, hizo todo  
esto posible.*

## Agradecimientos

Muy especialmente a mi familia: mamá, papá, hermanos, abuelos, tías, primas, y a las dotaciones extra de alegría que son los pequeños de la familia; cada uno con una esencia formidable que en mayor o menor medida ha contribuido a la persona que soy y cada uno sabe lo especial que es para mí (apuesto que no todos los días les dedican una tesis). Qué dicha tan grande fue y es poder haber realizado este trabajo y TODO lo que implicó, sabiendo que contaba con ustedes, en la tierra y en el Cielo.

También por las amistades que tuve oportunidad de formar en Querétaro, particularmente con mis amigos de Terapia-1, con quienes aprendí que el trabajo y los buenos momentos pueden darse al mismo tiempo.

A mi tutora Cristina Carrillo, por todo su apoyo y por ser ejemplo plausible de asertividad, preparación y genial personalidad; también a mi asesora Mónica Carlier, por darme la oportunidad de aprender, apreciar y crecer en temas que eran desconocidos para mí.

Al personal de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo “Dr. Augusto Fernández Guardiola”, a su Investigadora Titular, la Doctora Thalía Harmony Baillet; al laboratorio de Psicofisiología a cargo de la Doctora Thalía Fernández, a la Dra. María Elena Juárez Colín, Dra. Diana Flores Ríos, Ing. Paulina Álvarez García, y a todos los que trabajan ahí para mantener y fomentar el crecimiento de esta.

A mi alma máter y las personas pertenecientes a ella que estudian y trabajan para crecer en todos los aspectos, la Escuela Nacional de Estudios Superiores de la Universidad Nacional Autónoma de México Unidad León, a la Fundación UNAM por el apoyo de la beca PRONABES y de Manutención brindadas durante mi licenciatura; un orgullo pertenecer a tal casa de estudios.

Igualmente, para todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron al desarrollo y consumación de esta tesis.

Al apoyo técnico, de interpretación y traducción a Tonantzin Pimentel, Dra. Josefina Ricardo Garcel, MA TESOL María del Carmen Gabriela Ramírez Tavares; respectivamente. Así también a los programas CONACyT número 4971, y programa PAPIIT IN200917.

## Resumen

**Introducción.** Se ha reportado en diversos estudios la relación cercana entre desarrollo motor y cognitivo, de modo que la experiencia en la actividad sensoriomotora da lugar al surgimiento de habilidades cognitivas, así como estas pueden condicionar el aprendizaje y ejecución de las actividades motrices (1–6). **Objetivo.** Identificar la correlación entre la amplitud de los potenciales relacionados con eventos de atención y la respuesta conductual de atención selectiva auditiva y visual, y el desarrollo motor grueso y fino en lactantes con factores de riesgo para daño cerebral. **Metodología** Estudio no experimental transversal de tipo descriptivo y correlacional de un grupo de lactantes a los seis meses de edad corregida, el cuál evalúa y examina la correlación entre la amplitud de los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) ante el procesamiento de un paradigma Oddball de dos tonos que evoca la atención del lactante (amplitud de los potenciales durante el procesamiento del estímulo desviado), la respuesta conductual de atención auditiva y visual utilizando los resultados de la Escala de Evaluación para Atención Selectiva (EEAS), así como el desarrollo de la motricidad gruesa y fina, empleando el Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz (FEDP). **Resultados.** Los resultados muestran que existe una correlación positiva entre la amplitud del Componente Positivo del potencial relacionado con el evento de atención (similar a P300) en la ventana de 320 a 365 ms en C4 y el puntaje de la EEAS en la modalidad visual y total. Dentro de esa misma latencia en C4, también se obtuvo relación con la motricidad gruesa y ésta a su vez con la modalidad de atención visual. **Conclusión.** Existe correlación entre la amplitud obtenida con los PREs implícitos en la atención selectiva, la respuesta conductual en la atención selectiva visual y el desarrollo motor grueso en los lactantes con riesgo para daño neurológico a los seis meses corregidos de edad.

**Palabras clave:** lactantes, factores de riesgo, atención, motricidad gruesa, motricidad fina, electrofisiología.

## Abstract

**Introduction.** It has been reported in various studies the close relationship between motor and cognitive development, so that the experience in sensorimotor activity gives rise to the emergence of cognitive skills, as well as these can condition the learning and execution of motor activities (1–6). **Objective.** To identify the correlation between the amplitude of event-related potentials (**ERPs**) of attention and the behavioral response of selective auditory and visual attention, and gross and fine motor development in infants with risk factors for brain damage. **Methodology.** A Cross-sectional non-experimental study of descriptive and correlational type of a group of infants at six months corrected age, which evaluates and examines the correlation between the amplitude of the ERPs to attention in the face of the processing of a two-tone Oddball paradigm that evokes the attention of the infant (amplitude of the potentials during the process of the deviated stimulus), the behavioral response of auditory and visual attention using the results of the Infant Scale of Selective Attention (**ISSA**), as well as the development of gross and fine motor skills, using the Evaluation Format of the Psychomotor Development (**EFPD**). **Results** The results show that there is a positive correlation between the amplitude of the Positive Component of the ERPs in the attention (similar to P300 component) in the 320 to 365 ms window in the electrode C4 and the ISSA score in the visual and total modality. Within that same latency in C4, there was also a relation with the gross motor and this in turn with the modality of visual attention. **Conclusion.** There is a correlation between the amplitude obtained with the ERPs implicit in the selective attention, the behavioral response in the visual selective attention and the gross motor development in infants at risk for neurological damage at six months corrected age.

**Keywords:** infants, risk factors, attention, gross motor, fine motor, electrophysiology.

## Índice

Resumen.....	5
Abstract .....	6
1. Introducción.....	10
2. Marco teórico.....	12
Antecedentes.....	12
Desarrollo cognitivo durante el primer año de vida .....	15
Neurofisiología de la atención.....	17
Evaluación de la atención .....	20
Electrofisiología de la atención .....	22
Desarrollo de la motricidad durante el primer año de vida .....	27
Neurofisiología de la motricidad .....	29
Evaluaciones del desarrollo psicomotor durante el primer año de vida. .	31
Factores de Riesgo para Daño Cerebral .....	34
Neurohabilitación .....	36
Relación entre el desarrollo motriz y cognitivo.....	38
3. Justificación.....	40
4. Pregunta de investigación.....	41
5. Objetivos .....	41
Objetivo General.....	41
Objetivos Específicos. ....	41
6. Hipótesis.....	42
7. Metodología.....	43
Diseño del estudio .....	43
Ética del estudio .....	43
Participantes .....	43
Criterios de inclusión y de exclusión .....	45
Variables .....	47
Instrumentos .....	48
Análisis de los datos.....	51
8. Resultados.....	54
Potenciales Relacionados con Eventos.....	54
1. Correlación entre la amplitud de P300 y los puntajes de la escala de evaluación de la atención selectiva.....	56



2.	Correlación entre la amplitud de P300 y el puntaje del desarrollo de los hitos motores. ....	58
3.	Correlación entre los puntajes de la escala de evaluación de la atención selectiva y los puntajes del desarrollo de los hitos motores. ....	60
	Medidas antropométricas relacionadas con la atención y la motricidad. ....	61
9.	Discusión .....	62
10.	Conclusiones .....	68
11.	Limitaciones del estudio .....	69
12.	Referencias .....	70
13.	Anexos .....	77
	Anexo 1. Formato de evaluación para atención selectiva. ....	77
	Anexo 2. Subescala del FEDP dirigida a la motricidad gruesa y movimientos posturales. ....	80
	Anexo 3. Consentimiento informado de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo del Instituto de Neurobiología, UNAM Campus Juriquilla. ....	81

## Índice de Ilustraciones, Diagramas, Tablas, Figuras, Gráficas y Fotos.

Ilustración 1. Sistema Internacional 10-20 para la colocación de electrodos extracraneales....	25
Diagrama 1. Secuencia de la consolidación de hitos motores gruesos .....	28
Diagrama 2. Secuencia de la consolidación de hitos motores finos. ....	29
Tabla 1. Fragmentos de la evaluación auditiva y visual de la EEAS.....	21
Tabla 2. Niveles de maduración. ....	30
Tabla 3. Factores de riesgo específicos para defectos al nacimiento. ....	35
Tabla 4. Maniobras de verticalización y locomoción de la terapia Katona (73–76). ....	37
Tabla 5. Descripción de la muestra. ....	44
Tabla 6. Valores obtenidos según la Escala de Evaluación de Atención Selectiva a los 6 meses.56	
Tabla 7. Correlaciones significativas entre EEAS y amplitud del electrodo C4. ....	57
Tabla 8. Puntaje obtenido en la subescala de motricidad gruesa. ....	58
Tabla 9. Puntaje obtenido en la subescala de motricidad fina. ....	58
Tabla 10. Correlaciones significativas entre amplitud del electrodo C4 y motricidad.....	59
Tabla 11. Correlaciones significativas entre EEAS y motricidad.....	60
Tabla 12. Correlaciones significativas entre medidas antropométricas, EEAS y FEDP .....	61
Figura 1. Modelo atencional de Posner y Petersen. ....	19
Figura 2. Redes atencionales.....	20
Figura 3. Estructuras participantes en los procesos atencionales y en la orientación visual .....	20
Figura 4. PRE obtenido en una tarea Oddball. ....	24
Figura 5. Gran Promedio, a los 6 meses.....	24
Figura 6. Paradigma Oddball pasivo.....	51
Figura 7. Grandes Promedios. ....	54
Gráfica 1. Factores de riesgo para daño cerebral presentes en la muestra. ....	45
Gráfica 2. Factores de riesgo para daño cerebral presentes en las gestantes.....	45
Gráfica 3. Dispersión de puntos entre amplitud y puntaje motor grueso. ....	59
Gráfica 4 y 5. Dispersión de puntos entre los valores de EEAS y FEDP. ....	60
Fotografía 1. Lactante en registro de PREs. ....	49
Fotografía 2. Lactante en registro de PREs. ....	50

## 1. Introducción

Diversos autores refieren que los procesos de crecimiento, desarrollo, maduración y aprendizaje van unidos, es decir, se condicionan entre sí (1–6). Con base en lo anterior, puede inferirse que los procesos cognitivos como la atención selectiva, y los procesos motrices se desarrollan simultáneamente, sin embargo, pueden verse alterados por la presencia de factores de riesgo para daño cerebral durante los periodos pre, peri o postnatal. Las alteraciones neurosensoriomotrices derivadas de estos factores, pueden detectarse tempranamente con ayuda de diversos instrumentos de evaluación, como son la Escala de Evaluación de Atención Selectiva (EEAS), el Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz (FEDP) empleado para evaluar, identificar y registrar el seguimiento del neurodesarrollo hasta los 36 meses de edad, contando con un apartado para registrar el tono muscular del lactante, a través de la maniobras Katona y por último los estudios electrofisiológicos, en específico el registro de Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) cognitivos. Lo anterior con el fin de identificar tempranamente alteraciones en el neurodesarrollo y de esta manera abordar y tratar oportunamente al lactante, con el propósito de aminorar o prevenir el establecimiento de las secuelas derivadas de los factores de riesgo de daño cerebral; los instrumentos antes descritos serán utilizados para el desarrollo del presente trabajo, dado que están diseñadas para identificar la presencia o ausencia de alguna alteración acorde al proceso que se evalúe y una vez que se identifique, proporcionar un tratamiento y seguimiento al desarrollo del lactante.

Entre las principales actividades que se llevan a cabo en la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo “Dr. Augusto Fernández Guardiola” del Instituto de Neurobiología de la UNAM, Campus Juriquilla; se encuentra la aplicación de diversas evaluaciones clínicas y diagnósticas, así como el tratamiento y seguimiento de alteraciones psicomotrices detectadas en la población adscrita al protocolo de la Unidad, siendo necesario, el uso de diversas herramientas de neuroimagen y electrofisiología. Dentro de las evaluaciones que conciernen al aspecto cognitivo, se encuentra la Escala de Evaluación de Atención Selectiva (EEAS) (7). Cabe resaltar, que dentro de las escalas que se emplean para dar seguimiento se encuentran la Escala Bayley III, las evaluaciones del lenguaje Mac Arthur Bates y Prueba PLS 5, la exploración neuropediátrica y la exploración neurohabilitatoria, examen de potenciales evocados auditivos y visuales entre otras. Por otra parte, se cuenta además con estudios electrofisiológicos que

registran la actividad eléctrica cerebral durante la demanda de atención, como es el caso de los PREs, representando quizá una de las técnicas más utilizadas en el estudio experimental en los subprocesos de la atención debido a que no requieren una respuesta conductual específica del lactante y presentando una alta resolución temporal, permitiendo analizar los procesos que ocurren en escala de milisegundos.

Por lo anterior, y contando con los instrumentos de evaluación mencionados, el objetivo de este estudio es determinar la correlación entre la respuesta conductual y electrofisiológica de atención y el desarrollo psicomotriz de un grupo lactantes con factores de riesgo a la edad corregida de seis meses.

## 2. Marco teórico

### Antecedentes

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Dinámica Demográfica realizada en el 2014 por el INEGI, México cuenta con una población aproximada de 120 millones de habitantes, de este total un 10% de la población pertenece al grupo quinquenal de 0 a 4 años, dentro de este grupo, un 2.5% presenta algún tipo de discapacidad, figurando el sexo masculino con un 1.3% y el sexo femenino con un 1.2%.

Dentro de los tipos de discapacidad se encuentran las motoras y cognitivas, elementos fundamentales para aprender, recordar o concentrarse; caminar, subir o bajar usando sus piernas, mover o usar sus brazos o manos, y hablar o comunicarse. El porcentaje de discapacidad teniendo como causa el nacimiento representa un 10.7% de la población total con secuelas, de ese porcentaje un 47.5% corresponde al grupo de 0 a 14 años. La discapacidad para aprender de acuerdo con esta causa es de 13.2%, caminar 5.8%, usar brazos 6.1%, hablar o comunicarse 31.8% y problemas emocionales o mentales con un 18.1% de la población en ese rango de edad (8).

Es importante mencionar que en las secuelas cognitivas, en diversos casos se encuentran implícitos ciertos factores de riesgo para daño cerebral relacionados al nacimiento, por citar algunos: la restricción de crecimiento intrauterino, cervicovaginitis, infecciones en vías urinarias (IVU), prematurez, bajo peso al nacer, hipoxia o asfixia neonatal, entre otros, estos pueden presentarse en los periodos pre, peri y post-natal (9,10).

Poblaciones sanas y como las mencionadas anteriormente con factores de riesgo pueden ser estudiadas en el campo de la atención en edades tempranas usando técnicas electrofisiológicas como los PREs. Con base a dichas técnicas, se ha concluido que los procesos atencionales evocan componentes como la disparidad negativa (mismatch negativity MMN, por sus siglas en inglés) y componentes positivos y negativos (11–14), en respuesta al procesamiento de la información presentada, tanto en lactantes sanos como con factores de riesgo semejantes a los presentes en nuestro estudio, siendo que cada grupo cuenta con características propias a los seis meses de edad como se mencionará a continuación.

Leppänen *et al.*, encontraron en la mayor parte de su muestra de recién nacidos sanos y lactantes de 6 meses, un componente de diferencia de positividad (DP) en respuesta al tono desviado entre los 250 a 350 ms, reflejando la deshabitación al cambio entre los tonos (15). Trainor *et al.* estudiaron y describieron la MMN y la respuesta positiva evocada que le seguía a este componente en lactantes de 6 meses (16); sugiriendo junto con Alho, que la respuesta positiva obtenida correspondía a un análogo del componente P3a presente en los adultos, representando un cambio involuntario hacia los sonidos desviados, es decir, representando el proceso de atención (13). Así mismo, Kushnerenko *et al.*, presentaron la evolución del registro de los PREs en un grupo de 12 niños sanos, tomando como edades de corte los 2-4 días de nacer, 3, 6, 9 y 12 meses reportando el componente positivo en todas las edades estudiadas, localizándose predominantemente central y siendo el mayor a la edad de 6 meses (14).

Referente a la población de estudio, con probabilidad de discapacidad motora o intelectual relacionada al nacimiento, podemos encontrar publicaciones como la de Cheour, en el cual incluyó a lactantes prematuros y a término, observando en los primeros la MMN en una latencia de 200 a 250 ms (17). Gutiérrez-Hernández *et al.*, reportaron la evolución a los 3 y 8 meses en niños pretérmino con lesión en la sustancia blanca con y sin programa de estimulación para la atención tanto en modalidad auditiva como visual, se observó una mayor respuesta ante el estímulo desviado que el estándar, con picos máximos del componente positivo entre los 270-400ms, para el grupo sin tratamiento; y 295 a 370ms en el grupo estimulado (18). Paquette *et al.*, describen qué en prematuros, desde los 3 meses de edad, se muestra un retraso en la latencia de la MMN en respuesta al estímulo hablado, y sugieren que al no presentarse diferencias significativas para la MMN ante el estímulo no hablado entre lactantes a término y prematuros, la discriminación pre-atencional auditoria está preservada en ambos grupos (19).

El panorama previamente descrito sobre la atención y sus características electrofisiológicas en lactantes con factores de riesgo, aunado a la relación cognitiva y motriz que se ha planteado desde antes con autores como Piaget describiendo la etapa sensoriomotriz o con Posner dando la misma importancia a la red atencional y al sistema sensoriomotor (1-3); nos da apertura a explorar en el ámbito inherente a la relación entre las variables electrofisiológicas y conductuales de la atención y el desarrollo motor desde edades tempranas en lactantes con riesgo para daño neurológico, ya que dicha relación no es clara.

De este modo, uno de los puntos clave en investigar tales variables desde edades tempranas, es la relevancia que este periodo representa en el neurodesarrollo para que la intervención multidisciplinaria pueda ser efectiva y resultar en evitar o disminuir las posibles secuelas derivadas de factores de riesgo, qué si bien, la intervención terapéutica no es objeto principal de este estudio, sí se busca ampliar el sustento respecto a la intervención fisioterapéutica que en este caso correspondería a la terapia neurohabilitatoria, basándonos no solo en el progreso motor que pueda resultar de dicha terapia sino también en el impacto que pueda tener a nivel atencional.

## Desarrollo cognitivo durante el primer año de vida

Los primeros años de vida, según el desarrollo ontogénico, es el periodo en el que se observan los cambios más significativos en los procesos cognitivos. Entre los primeros procesos cognitivos en el recién nacido, descritos por Leclercq, se encuentran: el estado de alerta y la atención (20). La atención es definida como un mecanismo de selección que permite el procesamiento preferencial de información relevante para la tarea sobre la información irrelevante (distracción), es decir, es un mecanismo de filtro (21).

El proceso de atención se clasifica acorde a sus mecanismos implicados: atención dividida, sostenida y selectiva, esta última se define como la habilidad de una persona para responder a los aspectos esenciales de una tarea o situación y pasar por alto o abstenerse de hacer caso a aquellas que son irrelevantes (22).

Por su parte Meneses, describe la atención selectiva como un proceso relacionado con la selección y procesamiento de los estímulos relevantes (23). Encontramos también definiciones más extensas como la de Broadbent, mencionando que la atención selectiva es como un “filtro” donde la información relevante es amplificada y la irrelevante es atenuada, evitando que los sistemas de procesamiento más avanzados sean saturados de información sensorial (24). Por lo que la atención resulta ser elemental para que el Sistema Nervioso no solo procese y regule la información aferente y eferente, sino también para que previamente considere cuál es necesaria y afín con la tarea o actividad a realizar.

Algunos procesos cognitivos y sensoriales descritos en los lactantes durante el proceso de desarrollo desde la gestación y en el primer año de vida son:

- La codificación de sonidos por parte del feto emitidos por la madre, por ello, al nacer el lactante cuenta con la capacidad de diferenciar la voz de la madre al competir con otras voces (25,26).
- El estado de alerta desde recién nacido, (incluso en prematuros de 30 semanas de gestación) presentando cambios a los 2 y 3 meses, y un aumento significativo entre los 10 y 12 meses, el cual se modifica directamente por los periodos de vigilia y a su vez se refleja en la atención auditiva como en la modalidad visual (27).



- La orientación hacia sonidos presente desde los primeros días de vida. Siendo que la información en el canal auditivo está principalmente secuenciada temporalmente y de corta duración, en contraste con la información visual (28). A las cuatro semanas presta gran atención a los sonidos, cesando su actividad, por ejemplo, si escucha una campanilla. El patrón significativo para este periodo sería la “fijación auditiva”, volviéndose más discriminativa con el tiempo (29).
- Hacia las cuatro semanas de vida, el campo visual se delimitada por la actitud postural del reflejo tónico-cervical, por ello no responde al anillo de contraste suspendido en la línea media, sino hasta que este se encuentra dentro de su campo visual, hasta entonces es capaz de seguirlo con ojos y cabeza poco menos de 90°, superando a la capacidad de asir de las manos (30).
- La capacidad de orientar selectivamente la atención ante estímulos de alto contraste desde las 5 semanas. Variando conforme a la distancia inicial del objetivo, pero no al ser un estímulo continuo o interrumpido (30).
- Perseguir y rastrear un sonido a partir de los 2 meses, teniendo como antecedente el orientar el sonido y el reflejo de orientación (26,30).
- Movimientos oculares anticipatorios entre los 3 y los 6 meses (26,30).
- A las dieciséis semanas es capaz de dar total seguimiento al anillo suspendido en el plano medio con los ojos, siendo más independientes del movimiento cefálico. También es capaz de observar periódicamente un cubo frente a él o una bolita de 8 mm, sus propias manos y las del adulto. Al escuchar algún ruido familiar gira la cabeza, destacando en sí la atención a la voz humana (29).
- A los 4 meses el lactante cuenta con la capacidad de procesar la relación entre color y forma como entidades separadas. Previamente se da la capacidad de orientación viso-espacial, desde recién nacido y con un máximo desarrollo aproximadamente a los 6 meses (27).
- La facultad de la atención dividida aparece entre los 3 y 6 meses y se consolida durante el primer año de vida (27).

- La capacidad para procesar información relacionada con la discriminación de intensidades y frecuencias ocurre alrededor de los 6 meses, capacidad incluso parecida a la de un adulto (7). Siendo para este estudio, punto relevante sobre la edad que se está evaluando.
- Hacia las 28 semanas los acontecimientos prácticos, los objetos físicos y los tonos e inflexiones vocales captan más su atención que las palabras, lo cual viene siendo prerrequisito para la comprensión de palabras (29).

Gran parte de las capacidades anteriores son fácilmente observables, tanto para los familiares como para los profesionales de salud, lo cual puede dar pauta para detectar posibles alteraciones o retrasos. Además, todos estos procesos se relacionan directamente con la modificación de estructuras cerebrales responsables del control de la atención (27), por citar, el sistema reticular activador ascendente, así como otras poblaciones neuronales ampliamente distribuidas que trabajan en conjunto con áreas para el control de la postura y el movimiento que se describirán posteriormente.

### Neurofisiología de la atención

Dentro de las estructuras que participan en las funciones de alertamiento y atención se encuentra la formación reticular del tallo del cerebro, la cual está organizada en cuatro grupos nucleares: paramediano, medial, lateral y rafe mediano; incluido en este último el rafe rostral, relacionado con los mecanismos de regulación de vigilia, alerta y sueño. Así mismo, las conexiones ascendentes de los núcleos reticulares del grupo medial se vinculan también con la conciencia y el estado de alerta (31). De esta forma, la activación de los núcleos de la formación reticular del tallo cerebral participa en la regulación del nivel de alertamiento y en el sustrato de la atención selectiva (32).

La vía multisináptica constituida por el sistema reticular activador ascendente (SRAA, formado por los núcleos del rafe rostral), los núcleos intralaminares del tálamo y la corteza; contribuye importantemente en la depuración de la atención de la corteza a estímulos sensoriales aferentes (31), además de participar en tareas cognitivas complejas (33). Con ello surge el concepto de un complejo reticular que regula de

manera selectiva interacciones entre núcleos talámicos específicos y la corteza cerebral, y que controla la formación reticular del tallo cerebral y la corteza frontal (31).

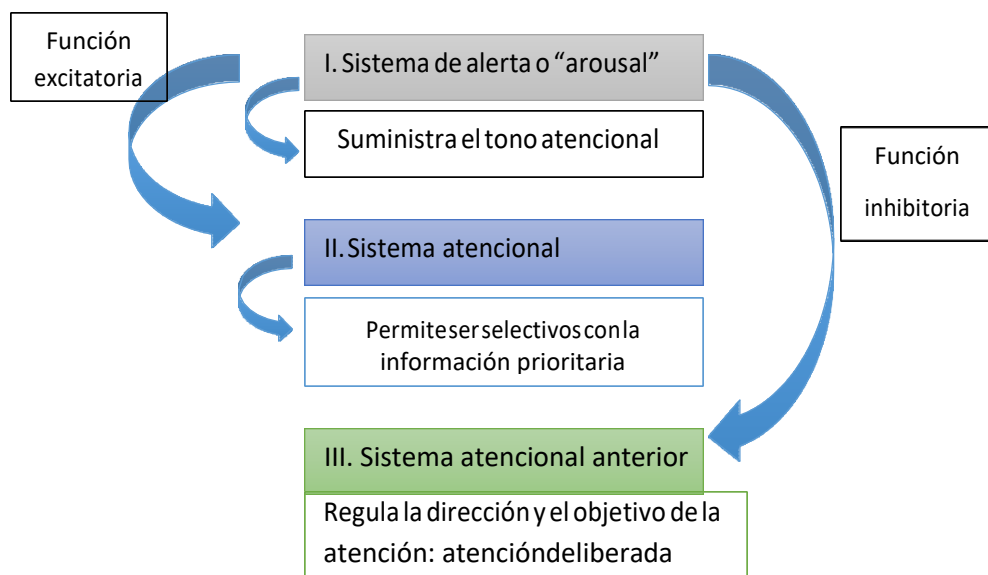
La neuromodulación de la red atencional está dada por el sistema monoaminérgico incluyendo los neurotransmisores: noradrenalina (NA), dopamina (DA), serotonina (5-HT), adrenalina (AA) y acetilcolina (ACh); y por el sistema colinérgico integrado por la acetilcolina. Este último teniendo participación en el movimiento, conciencia uniforme, aprendizaje, memoria y en la atención con la especificidad espacial y la precisión temporal; se encuentra distribuido en las neuronas del puente de Varolio rostral-mesencéfalo caudal y en el prosencéfalo basal. Por otra parte, en el sistema monoaminérgico, la NA interviene modulando los procesos de atención, ánimo, sueño y vigilia; localizándose principalmente el locus ceruleus y en grupos de neuronas en el puente de Varolio y la médula oblongada. La DA se relaciona con la señalización de recompensa, aprendizaje y la atención espacial; y distribuida en el tegmento ventral del mesencéfalo y la sustancia negra, de forma similar a la AA aunque siendo un componente menor de tal sistema. La 5-HT interviene en el sueño, y en altas concentraciones puede afectar el rendimiento y participación de la atención y en las tareas espaciales; está mayormente ubicado en los núcleos del rafe, el puente de Varolio, la médula oblongada (21,31,34).

El SRAA combinado con los hemisferios cerebrales y la actividad de los lóbulos prefrontales, producen esta respuesta de atención. Además, las fibras ascendentes y descendentes forman un aparato neurofisiológico que activa una de las formas de reflejo definida primero por Pavlov y más tarde por Luria, interpretada como el reflejo a la respuesta de orientación.

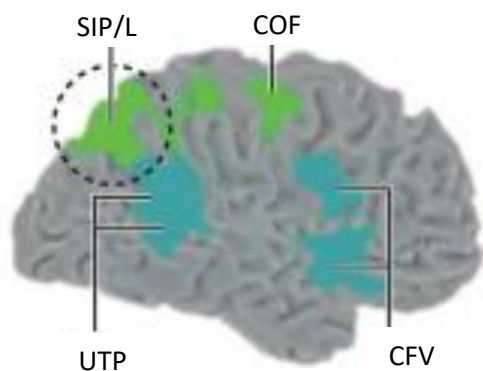
Además de la participación del SRAA en el proceso de atención selectiva, está descrito por Luria que *“las funciones mentales como funcionales complejos no pueden localizarse como zonas restringidas del córtex o en grupos de células aisladas, sino que deben estar organizadas en sistemas de zonas que trabajan concertadamente, cada una de las cuales ejerce su papel dentro de sistema funcional”*(35), infiriéndose así que las estructuras implicadas en los procesos de atención selectiva no radican en una sola. Lo cual podría explicarse por las múltiples proyecciones que dicha red atencional tiene tanto con estructuras corticales como subcorticales.

El modelo de Petersen y Posner se conforma de tres funciones atencionales (3):

- El Sistema de Alerta o Red de vigilancia, el cual promueve y mantiene el estado de alerta en el individuo (atención sostenida), por ejemplo, en las tareas de ejecución continua e influye en la activación de las otras dos redes, alternando su funcionamiento. Anatómicamente conformado por el locus ceruleus y las áreas parietales y frontales del hemisferio derecho predominantemente.
- Red de orientación o Sistema atencional, la activación de esta red resulta en la orientación hacia el estímulo y genera conciencia de que se está o ha percibido algo, se manifiesta con los reflejos involuntarios de orientación y el procesamiento automático de la información. Distribuida en las zonas posteriores de la corteza y tallo.
- El sistema atencional anterior, da el componente ejecutivo que lleva a cabo la resolución de los problemas y tareas complejas. Selecciona los objetivos de la atención, tanto sensoriales como de memoria. Se relaciona con áreas mediales y frontales de la corteza, área cingulada anterior, área motora suplementaria y ganglios basales.

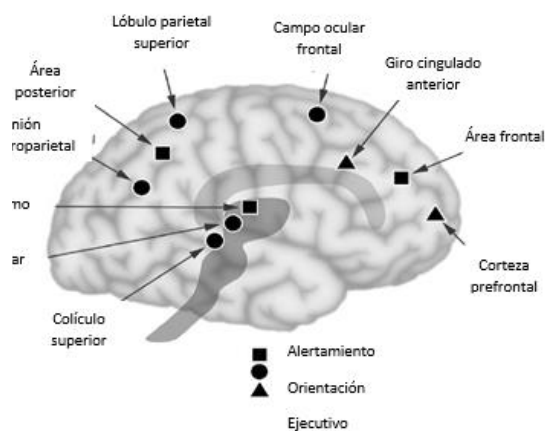


**Figura 1. Modelo atencional de Posner y Petersen.** Cada Sistema tiene un papel dentro del proceso atencional, siendo además que el Sistema de Alerta puede inhibir o excitar alternadamente a los otros dos.



**Figura 2. Redes atencionales.**

Las redes de orientación dorsal y ventral. La red de atención dorsal (verde claro) consiste en campos oculares frontales (COF) y el surco intraparietal / lóbulo parietal superior (SIP / LPS). La red de atención ventral (azul) consiste en regiones en la unión temporoparietal (UTP) y la corteza frontal ventral (CFV) (36). El funcionamiento de dichas redes da como resultado el proceso cognitivo de atención.



**Figura 3. Estructuras participantes en los procesos atencionales y en la orientación visual (37).**

De acuerdo con el Modelo de Posner, los Sistemas de atención son tanto funcional como anatómicamente independientes.

### Evaluación de la atención

Para estudiar los procesos cognitivos, tales como la atención, se pueden utilizar técnicas conductuales, así como electrofisiológicas. Existen evaluaciones basadas en la observación de ciertos indicadores conductuales como la expresión facial: elevación de las cejas, aparición de surcos en la frente, apertura y cierre de la boca, muecas y movimientos de los labios; y en la actividad motora: reducción del movimiento general del cuerpo, parpadeo y movimientos oculares; así como la medición de los tiempos de reacción, y el conteo de aciertos y errores cometidos (38). Gutiérrez-Hernández et al. (2007), publicaron la Escala de Evaluación de la Atención Selectiva (EEAS, la cual permite evaluar la atención en bebés de 1 a 8 meses de edad a través de la observación de ciertas variables conductuales asociadas con la atención (7). Algunos de los comportamientos que se miden se pueden observar en la tabla 1. Posteriormente se validó dicha escala con 200 niños mexicanos a término y se diseñó un tratamiento temprano para estimular la atención

auditiva y visual. La efectividad de este tratamiento se examinó utilizando métodos electrofisiológicos (18). Los métodos electrofisiológicos y en particular los PREs permiten estudiar la actividad neuronal durante una tarea mental (39).

Fecha de evaluación										
		Edad Meses	1	2	3	4	5	6	7	8
		Edad Semanas								
1	Respuesta a la voz humana									
2	Respuesta ante el sonido de una campana (30-45 cm)									
3	Respuesta ante el sonido de una campana a la derecha									
4	Respuesta ante sonidos de una campana a la izquierda									
5	Respuesta ante la voz humana girando la cabeza									
6	Respuesta ante sonidos de la campana girando la cabeza									
7	Respuesta al escuchar su nombre									
8	Respuesta ante la voz humana, localizando el origen de donde procede									
9	Respuesta discriminativa ante dos estímulos auditivos diferentes									
10	Respuesta ante el sonido de una sonaja que él agita									
11	Seguimiento del sonido de una campana en dirección arriba-abajo									
12	Seguimiento del sonido de una campana en dirección derecha izquierda									
13	Búsqueda de sonidos sentado con movimientos oculares									
14	Repetición de sonidos cuando se le habla									
<b>TOTAL</b>										

Fecha de evaluación										
		Edad Meses								
		Edad Semanas								
1	Contacto visual con el adulto									
2	Contacto visual con el adulto al desplazarse									
3	Contemplación de tarjetas (25-30 cm) en la línea media									
4	Contemplación de tarjetas (90 cm) en la línea media									
5	Observación de tarjetas (25-30 cm) a la derecha									
6	Observación de tarjetas (25-30 cm) a la izquierda									
7	Seguimiento de tarjetas de la línea media a la derecha y a la izquierda y viceversa									
8	Observación de un anillo cercano (25-30 cm) en la línea media por 3 segundos									
9	Observación de su imagen frente al espejo (distancia 20 cm)									
10	Fijación discriminativa entre dos tarjetas									
11	Seguimiento del desplazamiento de tarjetas aumentando la distancia (45-90 cm)									
12	Seguimiento del desplazamiento del anillo horizontalmente									
13	Seguimiento del desplazamiento del anillo verticalmente									
14	Seguimiento del desplazamiento del anillo circularmente									
15	Seguimiento del desplazamiento de la tarjeta de derecha a izquierda girando completamente la cabeza									
16	Seguimiento del desplazamiento de la tarjeta arriba-abajo flexionando y extendiendo completamente el cuello									
17	Observación de un cubo pequeño por 3 segundos									
18	Observación prensión y manipulación de un anillo									
19	Observación prensión y manipulación de un anillo oscilante									
20	Seguimiento visual y prensión de una varilla									
21	Seguimiento visual del trayecto de una pelota con intento de tomarla									
22	Observación de una ficha									
23	Observación y aproximación a su imagen frente al espejo									
24	Seguimiento de la caída de un globo									
25	Alcanzar cubos colocado sobre la mesa									
26	Localización de una pelota oculta									
27	Observación, manipulación de la cuerda atada al anillo									
28	Búsqueda del rostro familiar oculto									
29	Estirar la mano al observar su imagen frente al espejo									
30	Tomar una pastilla y llevarla a la boca									
31	Tomar objetos y golpearlos sobre la mesa									
32	Tomar dos cubos con las manos									
<b>TOTAL</b>										

Tabla 1. Fragmentos de la evaluación auditiva y visual de la EEAS.

## Electrofisiología de la atención

### Potenciales Relacionados con Eventos

Los PREs son registros de la actividad eléctrica cerebral provocada por eventos sensoriales, perceptivos, motores o cognoscitivos (40). Los procesos cognoscitivos se refieren a lo que se conoce como percepción, atención, memoria, aprendizaje, comprensión y producción del lenguaje, solución de problemas, creatividad, toma de decisiones y razonamiento.

Los hechos fisiológicos que se aceptan en los PRE, es que representan campos eléctricos asociados con la actividad de poblaciones neuronales. Para que un PRE pueda registrarse en el cuero cabelludo, las neuronas que forman parte de la población neuronal implicada en el proceso sensorial o cognoscitivo deben activarse sincrónicamente y tener una configuración espacial (campo abierto) de tal manera que sus campos eléctricos individuales se sumen para formar un dipolo, un campo con cargas positivas y negativas entre las cuales pueda fluir la corriente. Neurofisiológicamente el PRE refleja los potenciales postsinápticos que se generan en las células piramidales de la corteza cerebral (41).

Considerando que los métodos en las neurociencias cognoscitivas se desarrollan en tres dimensiones: en el tiempo a escala logarítmica, en el espacio y en los niveles de conocimiento, una de las ventajas que ofrecen los PREs es el poder apreciar en tiempo real la relación dinámica entre la actividad cerebral y el proceso cognoscitivo a estudiar (42).

La primera descripción de los PRE fue realizada por Walter et al. (1960), quienes demostraron una onda lenta negativa evocable después de un estímulo (S1) y la realización de una tarea sensorial (S2) denominada "variante contingente negativa" (VCN) (43,44). Sutton (1965) describió un gran potencial de amplitud variable que aparece a los 300ms denominado P3 o P300 (45,46), sirviendo como antecedente para los estudios inherentes al tema de la atención que se han y desarrollan actualmente.

Para poder obtener tales componentes, se colocan electrodos sobre la piel cabelluda y al conectar a un amplificador diferencial se registra lo que representa las variaciones de voltaje en tiempo real. Estas variaciones y picos de voltaje, llamados componentes, se describen en términos de su polaridad (positivo o negativo), amplitud, latencia y distribución topográfica craneal.

La amplitud, representa el voltaje de la onda y es medida en microvoltios ( $\mu\text{V}$ ), se compara respecto a la línea base para determinar si es positiva o negativa. La latencia es el tiempo en milisegundos (ms) que transcurre entre la presentación del estímulo y la aparición del pico máximo de un componente de los PRE. La distribución topográfica hace referencia al lugar del cráneo en el que el componente se registra.

### **Componentes de los PRE y los relacionados con atención.**

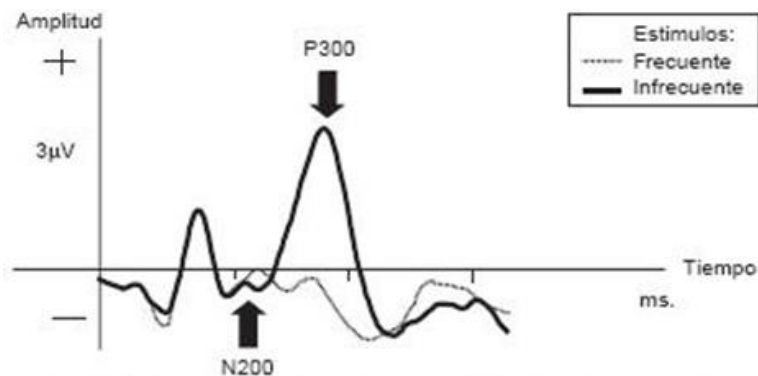
Se define un componente en términos de la función cognoscitiva que se piensa que ejecutan los sistemas cerebrales cuya actividad se registra en el cráneo, identificando su generador anatómico dentro del cerebro (47).

Entre los componentes relacionados con la atención se encuentra el componente P300 o P3, el cual refleja un proceso llamado “actualización del contexto” (48). El paradigma estándar que se usa para provocarlo consiste en una serie de estímulos (visuales o auditivos): frecuentes e infrecuentes. Este componente tiene predominio en regiones parietales-centrales. Su latencia puede ir de los 300 hasta los 900 ms (en estímulos auditivos). Su amplitud es inversamente proporcional a la probabilidad del blanco (estímulo estándar). La onda P3a, se genera ante estímulos extraños e irrelevantes y relacionado con los mecanismos de la atención involuntaria y pudiendo representar correlación electrofisiológica con la respuesta de reorientación (49,50) , encontrándose en una latencia de 250 y 350 ms, tendiendo a ser fronto-central, también viéndose alterada en pacientes con lesiones hipocampales (51), en vías que unen la corteza frontal con la parietal (52), giro medial frontal (53), y corteza del cíngulo (54). Trainor y Alho describieron la respuesta positiva evocada en lactantes, sugiriéndola como un análogo del componente P3a en los adultos, representando un cambio involuntario de atención hacia los sonidos desviados (13,16).

La negatividad de reorientación (RON, por sus siglas en inglés), se presenta en caso de que el estímulo distractor sea irrelevante, la P3a es seguida por el componente negativo RON, entre los 400 y 700 ms y localizada en áreas fronto-centrales. La P3a y la RON mayormente dependen de la diferencia entre el estímulo frecuente y el infrecuente (desviado) (55). Su análogo en niños y recién nacidos se describe como el potencial de negatividad tardía discriminativa (LDN, por sus siglas en inglés).

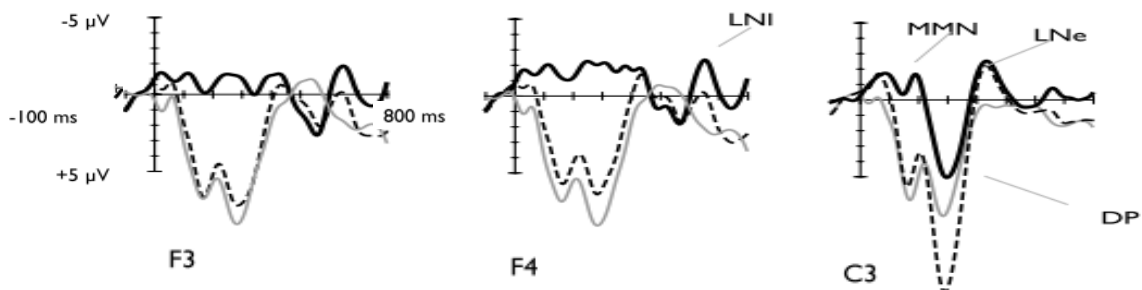


A partir de las descripciones de estos componentes, otro objetivo del presente estudio, además de correlacionar las amplitudes obtenidas a partir de los PREs con los puntajes motrices, es analizar y describir la posible presencia de estos componentes dentro de la muestra con factores de riesgo para daño neurológico; para descartar o sugerir el que procesos como la atención involuntaria o la reorientación se encuentren en respuesta al estímulo infrecuente.



**Figura 4. PRE obtenido en una tarea Oddball.**

Ejemplo de la onda promedio generada por el estímulo infrecuente auditivo, mostrando los componentes N200 (componente Negativo con pico máximo a los 200 ms de latencia) y P300. Tomado de Silva Pereyra, 2010.



**Figura 5. Gran Promedio, a los 6 meses.**

En lactantes sanos a los 6 meses de edad (n=12), se obtuvieron los siguientes componentes: MMN, onda de disparidad negativa; DP, diferencia de positividad; LNe, fase temprana de negatividad tardía; LNI, fase tardía de negatividad tardía. El Promedio fue obtenido con el registro de los PREs en los electrodos F3, F4 C3; en respuesta a un tono desviado de 750 Hz (línea discontinua) y el tono estándar (línea gris), junto con el tono desviado menos el tono estándar (línea negra) Tomado de Kushnerenko E., 2002.

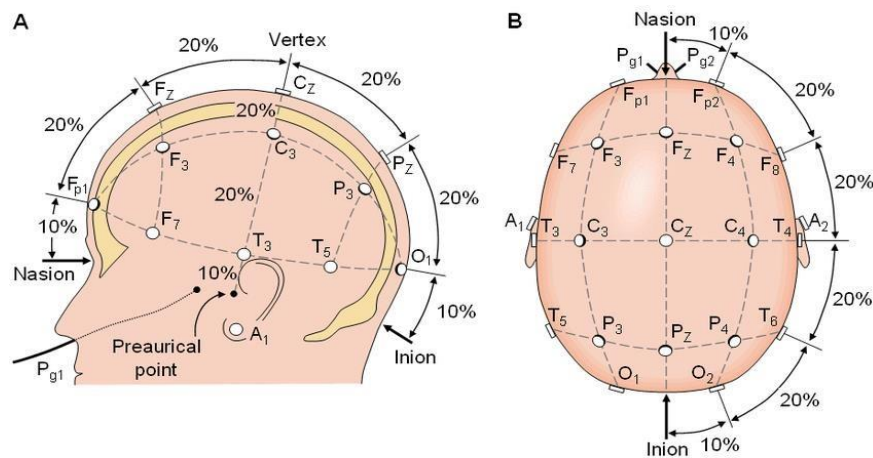
Para obtener los PREs en tareas cognitivas, los estímulos usados pueden ser los siguientes:

- visual simple o complejo con y sin tarea.
- auditivo simple o complejo con y sin tarea.
- auditivo y visual con y sin tarea. En el caso para este trabajo, sin tarea.

Para hacer el registro se utiliza el Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos, denominado así debido a que los electrodos están espaciados entre el 10% y el 20% de la distancia total entre puntos reconocibles del cráneo, los cuales son:

- Nasión: indentación entre frente y nariz.
- Inión: protuberancia occipital.
- Punto preauricular: delante del trago de cada pabellón de la oreja.

De este modo, los electrodos activos en este Sistema son: Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, F7, F8, T3, T4, Fz, Cz y Pz; mientras que los electrodos de referencia son colocados en A1 y A2 (lóbulo de la oreja o en la apófisis mastoides).



**Ilustración 1. Sistema Internacional 10-20 para la colocación de electrodos extracraneales.**

Las letras en la Ilustración 1 señalan el área (Fp, prefrontal; F, frontal; C, central; P, parietal; T, temporal y O, occipital), mientras que los números designan el hemisferio (pares del derecho, nones del izquierdo) y

los electrodos de la línea media se señalan con una " z "; por lo que Fz se encuentra frontalmente en la línea media.

## **Electroencefalograma (EEG)**

Desde el siglo XVIII, con Volta y Galvani, se sabe que las células poseen actividad eléctrica (56), la cual ha podido registrarse, como el primer registro con EEG en humanos realizado por Hans Berger (57). El Electroencefalograma (EEG) es una prueba funcional cerebral, que permite detectar la actividad eléctrica espontánea de la corteza cerebral en reposo o durante el procesamiento de información. El electroencefalograma posibilita el estudio de cualquier anomalía en su funcionamiento (58). Ésta prueba mide las fluctuaciones de voltaje siendo una herramienta de apoyo para estudiar la organización funcional del cerebro.

Para registrar tales fluctuaciones, al igual que en los PREs, se colocan electrodos sobre el cuero cabelludo de acuerdo al sistema internacional o sistema 10-20 (Ilustración 1). Actualmente se utilizan gorros que llevan incorporados 19 electrodos, y se coloca directamente sobre la cabeza del paciente. Mediante una jeringa y una aguja con punta roma, se introduce en cada uno de los electrodos un gel conductor que facilita la recepción de la señal a través del cuero cabelludo. Los electrodos se unen en un conector y éste, a su vez, conecta con el cabezal del EEG (lugar donde se recoge la actividad eléctrica de cada electrodo) (58). De ahí se envía la señal al amplificador diferencial, el cual utiliza el electrodo activo, un electrodo de referencia y un electrodo conectado a tierra, así, el registro es el resultado de la diferencia de voltaje entre el electrodo activo y el de tierra, menos el voltaje registrado entre el voltaje registrado entre el de referencia y el de tierra.

## Desarrollo de la motricidad durante el primer año de vida

Desde la gestación el feto presenta movimientos característicos, espontáneos, reflejos e inducidos; hacia la sexta semana de vida intrauterina realiza movimientos de flexo-extensión en las extremidades, en la duodécima los dedos ya se doblan representando el reflejo de asir y poco después comienzan los movimientos del tronco, rotación de las extremidades y la cabeza se mueve lateralmente hacia arriba y abajo (29).

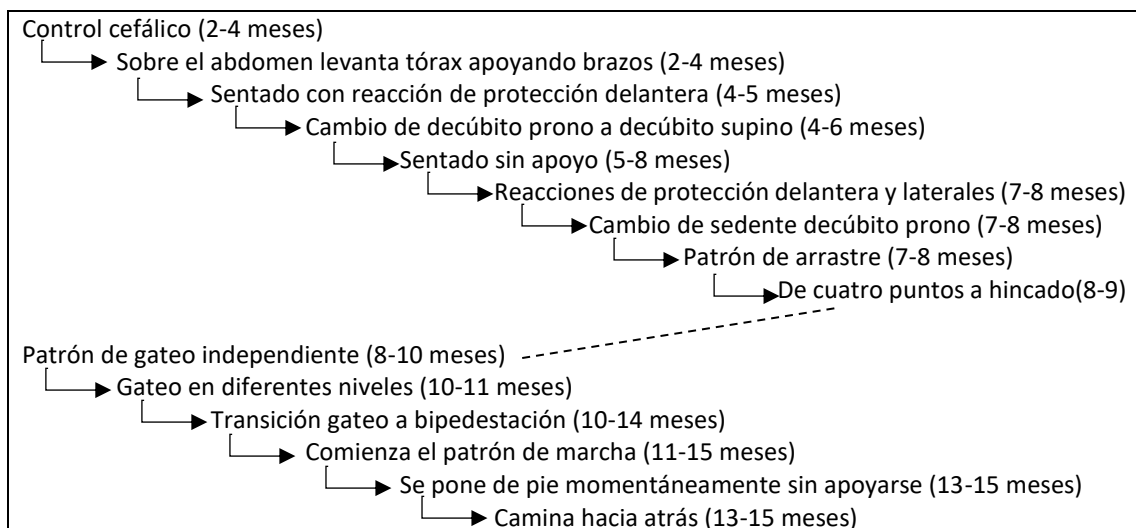
Al nacer el lactante y en condiciones normales, el desarrollo motriz sigue una tendencia a crecer y escalar progresivamente. Sin embargo, al tratarse de una población susceptible a presentar retrasos en el desarrollo, no solo se describen los hitos característicos a los seis meses, sino que se desglosan de principio a fin durante el primer año de vida estos hitos con el fin de identificar si el desarrollo se presenta conforme a la edad o se asemeja al de edades menores. Reiterando lo anterior, las características motrices en condiciones normales se presentan de la siguiente forma:

- Para las cuatro semanas, el lactante pasa la mayor parte del tiempo en decúbito supino y ocasionalmente lateral. Se puede observar también el reflejo tónico-cervical (RTC) que domina durante las primeras doce semanas, siendo una combinación de la cabeza desviada hacia el brazo extendido y el opuesto flexionado.
- A las dieciséis semanas el RTC se vuelve más simétrico. La conducta sensoriomotriz se caracteriza por la coordinación de las reacciones oculares y manuales. La cabeza ya está mayormente en el plano medio como las extremidades. Los músculos intrínsecos de los ojos coordinan y trabajan en conjunto con musculatura de la postura y prensión. Los miembros pélvicos, al ayudar al lactante, soportan parcialmente el peso. La cabeza ya no necesita sostén, pudiéndose traducir en un control cefálico.
- La posición erguida en tronco se encuentra en desarrollo desde las veintiocho semanas, periodo en el cual ya es capaz de sentarse sin apoyo; la prensión de objetos se vuelve más lateralizada, se inclina hacia ellos, iniciando la oposición del pulgar para sujetar objetos más pequeños y

pudiendo ya transferirlos de una mano a otra. El gateo comienza a presentarse, por lo general, empezando con un patrón homolateral para después ser capaz de adquirir uno contralateral.

- El lactante a las 40 semanas es capaz de rodar sobre el eje axial y cambiar de una posición supina a sedente, comienza a levantarse apoyándose de alguna pared u objeto. La pinza superior se va desarrollando, dando igualmente gran relevancia al dedo índice para palpar y explorar, llevándose las cosas a la boca.
- A los 15 meses la posición erguida ya es posible sin ayuda, pero aun el equilibrio se encuentra deficiente; camina solo, la coordinación óculo-manual le permite introducir objetos en recipientes o bolitas en frascos, construir torres con cubos y garabatear; es capaz de gatear sobre manos y rodillas o manos y pies. La prensión se asemeja a la que tendrá en la vida adulta, la prensión fina es hábil, precisa y casi puede ceder las cosas voluntariamente, tal acción le permite comenzar a lanzar la pelota, colocar objetos dentro de un recipiente, puede ordenar un cubo tras otro (tren), lo que le servirá como antecedente para la numeración.

La motricidad gruesa está definida como la habilidad para realizar movimientos generales, implicando uno o varios segmentos corporales (59); mientras que, la motricidad fina engloba la coordinación de músculos, huesos y nervios para producir movimientos pequeños y precisos (60). De este modo, el desarrollo inherente a cada tipo de motricidad, y sin alteraciones, se puede esquematizar de la siguiente forma, según el hito motor representativo y el rango de edad crítico en el que se puede efectuar normalmente:

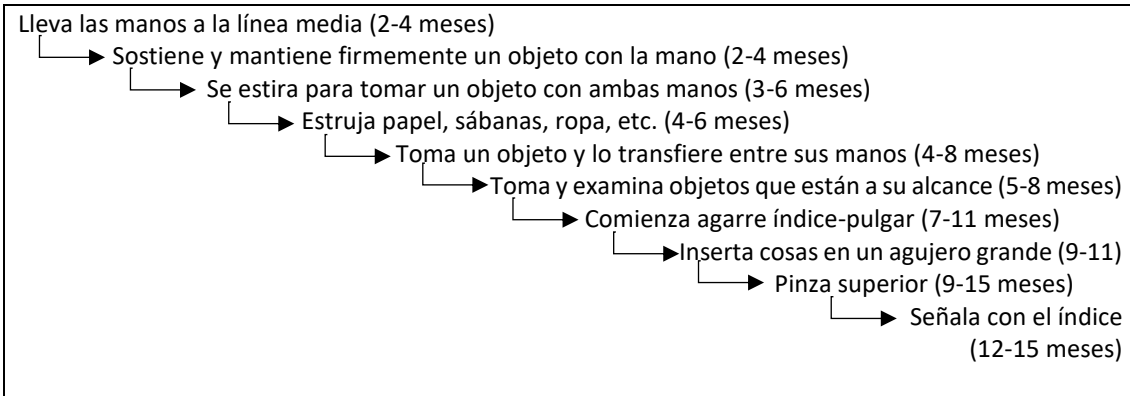


**Diagrama 1. Secuencia de la consolidación de hitos motores gruesos.**

---

Se presenta entre paréntesis el rango crítico de edad en la que estos hitos pueden ser adquiridos por el lactante.

---



**Diagrama 2. Secuencia de la consolidación de hitos motores finos.**

---

### Neurofisiología de la motricidad

Según la ontogenia, a los cinco meses de vida fetal, el feto cuenta con alrededor de doce billones de células nerviosas que constituyen su sistema nervioso (29). Según la organización de estas células se generan patrones de respuesta o sistemas de reacción que determinarán la conducta, entre estas redes neuronales se encuentran las autonómicas y simpáticas, encargadas de las funciones vegetativas y viscerales; otra es la red relacionada con funciones de memoria, lenguaje, ideación pasada y futura, la cual interviene en las formas voluntarias, simbólicas e imaginarias de la conducta; por último se encuentra la red sensorial y motriz con proyecciones colaterales dirigidas a musculatura, piel, tendones, superficies articulares y órganos especializados en los sentidos de cabeza, cuello, tronco y extremidades, constituyendo el sistema sensoriomotor.

El sistema sensoriomotor se encarga del control del movimiento y la postura, y además del sistema musculoesquelético las estructuras implicadas dentro del sistema nervioso son: las cortezas motora primaria, premotora y de asociación frontal, los ganglios basales, cerebelo, núcleos ventrolateral y ventral anterior del tálamo, núcleo rojo, formación reticular, núcleos vestibulares, neuronas motoras espinales

alfa y gamma, nervios periféricos y las unión neuromuscular (31), generando en acción conjunta los movimientos característicos humanos los cuales van de la mano con la maduración de las estructuras implicadas, como se mencionará a continuación.

Acorde a los descrito por Fiorentino, los niveles madurativos se organizan en cuatro niveles: espinal, bulbar, mesencefálico y cortical (61). Según la edad en que madura cada nivel se presentan reflejos y reacciones características, las cuales en condiciones normales se van desarrollando progresivamente en aspectos de voluntariedad y destreza. De este modo, para los seis meses la maduración ya a nivel espinal, bulbar y parte mesencefálico; presentaría posturas y movimientos asociados con el control de tronco en sedente y con el seguimiento visual; recordando, además, que la maduración en los niveles mencionados permite también el procesamiento asociado a la atención selectiva de información relacionada con la discriminación de intensidades y frecuencias (estímulos auditivos).

<b>Nivel espinal (presente hasta los 2 meses)</b>	<b>Nivel bulbar (presente hasta los 4 meses)</b>	<b>Nivel mesencefálico</b>	<b>Nivel cortical</b>
Reflejo de huida (retracción flexora).	Reflejo de Magnus y Klejin (reflejo tónico asimétrico de cuello).	Reflejo enderezamiento del cuello (hasta los 6 meses).	Reacción de equilibrio en: - Decúbito prono (desde los 6 meses).
Reflejo de extensión (extensión refleja).	Reflejo tónico simétrico de cuello.	Reflejo enderezamiento del cuerpo (de 6 a 18 meses).	- Decúbito supino (desde los 6 meses).
Reflejo de extensión cruzada.	Reflejo tónico laberíntico (en decúbito supino y prono).	Reflejo enderezamiento laberíntico (en cabeza, 1 a 2 meses).	- Cuatro puntos (desde los 8 meses).
	Reacción de apoyo (hasta los 6 meses).	Reflejo enderezamiento óptico (desde los 6 meses)	-sentado (desde los 10 meses).
			-Hincado (desde los 12 a 15 meses).
			- Equilibrio de pie (desde los 15 a 18 meses).

**Tabla 2.** Niveles de maduración.

Para cada nivel de maduración existen reflejos y reacciones que desencadenan una serie de movimientos particulares, de modo que al irse mielinizando las estructuras de cada nivel los reflejos se ven inhibidos y las reacciones permanecen. (Métodos de Examen de Reflejos para evaluar el Desarrollo del Sistema Nervioso Central, Fiorentino, 2000).

## Evaluaciones del desarrollo psicomotor durante el primer año de vida.

Además del Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz, aplicado por los fisioterapeutas en el área neurohabilitatoria en la Unidad de Neurodesarrollo, existen también otras escalas que pueden servir como herramientas para complementar la valoración pediátrica en los diferentes aspectos del lactante.

### **Escala Brazelton (NBAS)**

También conocida como la Escala para la evaluación del comportamiento neonatal, es una herramienta de evaluación interactiva tanto para la detección de las deficiencias como para la identificación de las capacidades emergentes del neonato a partir de un perfil de puntuaciones obtenido al evaluar después de los primeros tres o cuatro días de vida hasta el final del segundo mes de vida, y en lactantes prematuros hasta las 48 semanas de edad corregida (62). Parte esencial de esta evaluación es el comportamiento y la valoración neurológica.

Evalúa al recién nacido en 28 ítems conductuales según una escala de 9 puntos, por ejemplo, la orientación visual y auditiva inanimada (objeto) o animada (persona); y en 18 ítems neurológicos con una escala de 4 puntos, por ejemplo, el tono general; añadiéndose posteriormente 7 ítems suplementarios como la calidad de alerta o la irritabilidad. Incluye también apartados sobre el sistema nervioso autónomo, el sistema regulador del estado, la fase troncal, y tiene una fase social-interactiva.

### **Prueba evaluación del desarrollo infantil “EDI”**

Es un instrumento de tamizaje para la población mexicana de recién nacida a menor de cinco años, con sensibilidad y especificidad similares a otras pruebas de tamizaje disponibles en América. Posee las siguientes características: evalúa las áreas de desarrollo motor, lenguaje, social, adaptativo y cognoscitivo agrupándolas en cuatro subgrupos: motriz grueso, motriz fino, lenguaje y desarrollo social (63).

Fue desarrollada y validada en México, y abarca desde un mes de vida hasta un día antes de cumplir los cinco años. Se consideró en la validación como punto de corte para anomalía en el desarrollo un valor



<90 en el Cociente Total de Desarrollo (CTD), con el propósito de que sean identificados la mayor parte de los niños con anormalidades en las áreas de desarrollo. Tiene una sensibilidad de 0.81 y una especificidad de 0.61.

El sistema de calificación (verde, amarillo y rojo) para los diferentes grupos de edad propuesto es adecuado (A: un mes; B: de los dos a los cuatro meses y C: desde los cinco meses hasta un día antes de cumplir los 60 meses).

Los factores de riesgo biológico contenidos en la prueba EDI son aplicables para los niños mexicanos.

### **Inventario de desarrollo de Batelle 2.a edición en español (IDB-2)**

Es un instrumento para el diagnóstico de retraso en el desarrollo en el contexto actual del país, tanto por su disponibilidad completa en español como su estandarización en español con un porcentaje alto de población de origen mexicano. Es aplicable en un rango de edad de cero a siete años y 11 meses, que permite la aplicación de una única prueba diagnóstica en la estrategia. Se realiza a través de la observación directa del niño, con un examen estructurado con materiales y preguntas directas realizadas a los padres. Evalúa dominios del desarrollo como el adaptativo, el motor, la comunicación, la cognición y el aspecto personal-social (64). Este inventario cuenta con un índice de confiabilidad de 0.80 y validez de 0.70. En sus subdominios evalúa:

- Adaptativo: autocuidado y responsabilidad personal.
- Motor: grueso, fino y perceptual.
- Comunicación: expresiva y receptiva.
- Personal social: interacción con adultos, interacción con pares, autoconcepto y rol social.
- Cognitivo: atención y memoria, razonamiento y habilidades académicas, percepción y conceptos socioemocionales.
- Motor: grueso y fino

## Escala de desarrollo de infantes y preescolares de Bayley 3ra ed.

Es una escala basada en un examen estructurado del niño con materiales y cuestionarios para ser completados por los padres. Engloba los dominios de conducta adaptativa, socioemocional, lenguaje, cognitivo y motor. Teniendo como subdominios en el aspecto adaptativo: el uso comunitario, las habilidades preacadémicas, casa, salud y seguridad, autocuidado, autodirección; en el lenguaje se divide en expresivo y receptivo. Sus índices de confiabilidad y validez son respectivamente 0.80 y 0.70 como los que tiene la escala de Batelle (65,66). Esta prueba considera la edad corregida en caso de prematuros, tiene buenas propiedades psicométricas y requiere un menor tiempo de aplicación que en otras escalas.

## Factores de Riesgo para Daño Cerebral

El desarrollo motor y cognoscitivo del lactante anteriormente mencionado, puede verse afectado por distintos factores de riesgo (67,68), aquellos identificados durante el periodo pre, peri y post natal, se conocen como factores de riesgo para daño neurológico. Los factores de riesgo están definidos por la Organización Mundial de la Salud como: *“cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión”* (69).

Los factores prenatales son todos aquellos que se originaron y presentaron antes del parto, teniendo posible efecto de lesión en el feto, son adjudicados la mayoría al estado de salud de la madre como: la exposición a radiaciones, ingesta de medicamentos, amenazas de aborto, toxemia, eclampsia, infecciones sistémicas, traumatismo, intoxicaciones, placenta previa, amenaza de parto prematuro o ruptura de la membrana (70).

Entre los factores perinatales presentes en el momento del parto, se encuentra la asfixia y la prematuridad como los factores más comunes y con mayor tasa de morbilidad para daño neurológico; también el sufrimiento fetal agudo, el parto distócico y la aspiración de líquido amniótico (9,10).

Cabe mencionar que los factores anteriores y los postnatales pueden encontrarse aislados o en su mayoría presentarse junto con otros factores. Los factores de riesgo diagnosticados después del parto son en general: hiperbilirrubinemia, crisis convulsivas, sepsis, hemorragia intraventricular y bajo peso (9,10).

Los factores de riesgo también pueden clasificarse según el sistema o mecanismo que repercutirá negativamente en el feto o lactante, según se muestra en la tabla 3. Por ello, la necesidad de realizar un seguimiento neurológico de una población específica surge de las características de vulnerabilidad de esta, se conoce entonces que existe una población infantil que por sus antecedentes pre, peri o postnatales se encuentra en situación de riesgo de padecer problemas motores o cognitivos. Los lactantes con factores de riesgo de daño cerebral tienen mayor probabilidad de presentar problemas cognitivos como por ejemplo en el lenguaje y atención (18,71,72).

SISTEMA CON REPERCUSIÓN	FACTOR DE RIESGO
<b>Sistema Nervioso Central</b>	Hipertermia materna Síndrome antifosfolípido Antecedentes de hiperhomocisteinemia
<b>Cardiovasculares</b>	Antecedentes de hipoxia/asfixia
<b>Cromosomopatías</b>	Madre de 35 años o más
<b>Sensoriales</b>	<p><b><u>Audición</u></b>  Malformaciones o estigmas craneofaciales  Antecedentes familiares de hipoacusia neurosensorial hereditaria  Síndromes asociados a hipoacusia neurosensorial  Hiperbilirrubinemia que requiera exsanguinotransfusión  Citomegalovirus congénito  APGAR menor o igual a 6 al minuto o igual o menor a 3 a los cinco minutos  Prematuridad  Peso al nacer menor de 1500 gramos  Meningitis  Estancia en Unidad de Cuidados Intensivos por más de cinco días</p> <p><b><u>Visión</u></b>  Malformaciones del globo ocular  Alteración de la movilidad ocular  Presencia de cataratas  Errores congénitos del metabolismo  Prematuridad  Síndromes, malformaciones o estigmas craneofaciales</p>
<b>Hipoxia / Asfixia Neonatal</b>	Desproporción cefalopélvica Macrosomía Preeclampsia, eclampsia Abrupto placentario Placenta previa Prolapso o procúbito de cordón Anemia materna Fiebre materna Rotura prematura de membranas (más de 18 horas de evolución) Hemorragia anteparto o intraparto. Partos múltiples Antecedentes de muerte fetal o neonatal por hipoxia/asfixia; Falta de control prenatal Restricción en el crecimiento intrauterino Edad gestacional menor de 37 semanas

Tabla 3. Factores de riesgo específicos para defectos al nacimiento.

De acuerdo con la clasificación de la Secretaría de Salud (2013), los distintos factores de riesgo arriba mencionados pueden resultar en repercusiones que directa o indirectamente afectan en los procesos de motricidad y de atención (visual o auditiva).

## Neurohabilitación

De modo que la población participe en este estudio, de acuerdo con protocolo de investigación que se maneja en la Unidad de Neurodesarrollo, fue intervenida terapéuticamente con neurohabilitación y a pesar de no ser el principal punto de estudio en el presente trabajo, es importante desglosar y explicar las bases de esta terapia para poder entender como participa en el desarrollo motor de los lactantes con factores de riesgo para daño neurológico.

La neurohabilitación es un método diagnóstico y terapéutico diseñado para ofrecer la posibilidad de un abordaje temprano con el fin de prevenir las secuelas de la lesión cerebral en recién nacidos y lactantes en riesgo de daño neurológico. Se basa en el desarrollo del sistema nervioso propio de los humanos; ontogénesis, y en la capacidad del cerebro inmaduro del lactante o recién nacido para adaptarse y reorganizarse en un desarrollo normal o ante un evento adverso; plasticidad cerebral (68,73). Las diferentes terapias basadas en la neurohabilitación proponen el fortalecimiento de la maduración apropiada, tratando de evitar la instalación definitiva de patrones anormales del desarrollo. Algunas de las terapias neurohabilitatorias son nombradas y descritas por sus autores, como Bobath, Vojta, Levitt, Shepard, Katona, entre otras.

La terapia Katona, fue creada y descrita por Ferenc Katona en Hungría desde los años sesenta. Basada en la neurohabilitación, la parte diagnóstica consiste en una serie de maniobras que dan un diagnóstico funcional basado en el tono muscular (Tabla 4), reportándolo cómo se muestra a continuación; el tratamiento se deriva del diagnóstico y emplea las mismas maniobras en intensidad y dosificación acorde a las necesidades del lactante (68).

Posibles diagnósticos:

- Hipertonía o hipotonía generalizada.
- Hipotonía o hipertonía axial.
- Hipertonía contralateral izquierda o derecha.
- Hipertonía o hipotonía en hemicuerpo izquierdo o derecho.
- Hipertonía o hipotonía en extremidades: miembros torácicos (MT) o miembros pélvicos (MP).
- Tono fluctuante (pasa de hipo a hipertonía, y viceversa, según la postura).

<b>MANIOBRA</b>	<b>GRUPO:</b>	<b>EVALUA Y TRABAJA TONO EN:</b>
Elevación de tronco (tracción manos) Elevación de tronco (espalda- cadera) Sentado al aire	VERTICALIZACIÓN	EJE AXIAL
Rotación izquierda y derecha Gateo asistido Gateo asistido modificado Arrastre horizontal	LOCOMOCIÓN	EXTREMIDADES
Marcha en plano horizontal Marcha ascendente Arrastre en plano inclinado Descendente Arrastre en plano inclinado Ascendente		

Tabla 4. Maniobras de verticalización y locomoción de la terapia Katona (73–76).

Tales maniobras son realizadas por un habilitador capacitado para su evaluación y reporte de resultado, los cuáles reflejan las diferentes alteraciones de tono muscular que el paciente podría presentar como consecuencia de una inmadurez neurológica causada por diferentes factores de riesgo para daño neurológico descritos más adelante. Se reporta como hipertonia (+) o hipotonia (-), en miembros pélvicos (MPs), miembros torácicos (MTs), en qué hemisferio (H), izquierdo (I), derecho (D), si es contralateral (CL), se usa como referencia el MT, si es normal (N) o está ausente (A), estas nomenclaturas pueden combinarse entre ellas acorde a la maniobra que se realiza.

Las maniobras de verticalización y de locomoción, anteriormente mencionadas, (Tabla 4) se realizan con el propósito de favorecer y lograr la consolidación de diferentes patrones de movimiento, los cuáles son considerados dentro de la literatura como patrones o movimientos elementales programados de manera ontogénica (74).

Tales maniobras manifiestan los patrones elementales sensoriomotrices (PES), que son un grupo de conductas congénitas, no reflejas, que se desencadenan por la estimulación que ejerce en los laberintos la posición en que se coloca la cabeza, y que a su vez provoca la activación de los músculos cervicales, axiales, apendiculares y de sus propioceptores. Con estos movimientos también se estimula y favorece la atención, a través de la relación que se establece entre los sistemas visual, auditivo y vestibular durante la activación de tales patrones a través del contacto con el facilitador, principalmente (75,76).

## Relación entre el desarrollo motriz y cognitivo

El desarrollo infantil presenta una maduración con semejanzas y tendencias básicas, no hay dos niños que crezcan de la misma manera, sin embargo, conforme al crecimiento existen leyes de continuidad en las que los procesos mentales y motores forman progresivamente la conducta. Los cuatro campos principales de la conducta son: características motrices, conducta adaptativa, lenguaje y conducta personal-social (29). Las características motrices incluyen las reacciones posturales, la prensión, la locomoción, la coordinación general del cuerpo y ciertos hitos motores específicos; mientras que la conducta adaptativa, se refiere a *“aquellas adaptaciones de carácter perceptual, manual, verbal y de orientación, que reflejan la capacidad del niño para acomodarse a las nuevas experiencias y para servirse de las pasadas. La adaptabilidad incluye la inteligencia y diversas formas de constructividad y utilización”* (29), premisa de la cual, puede incluirse el proceso de atención selectiva dentro de la memoria, percepción, orientación y constructividad.

De acuerdo a Posner, dentro de los sistemas de modulación neurofisiológica, la red neuronal de atención tiene tanta importancia como el sistema sensoriomotor (aferencias y eferencias), ya que activa diversos mecanismos neuronales encargados de manejar el constante flujo de estímulos sensoriales entrantes al organismo que compiten por ser procesados simultáneamente, organizar en el tiempo las respuestas apropiadas y controlar la conducta (77,78). Respaldo de esta forma lo anteriormente mencionado, la atención es necesaria para que otros procesos neuropsicológicos como la percepción, la memoria, el aprendizaje y las funciones ejecutivas se lleven a cabo de manera óptima. Su regulación en cuanto a los procesos anteriores también determina las características motrices propias de cada edad.

Los trastornos de conducta se explican desde la neuropsicología en sus modelos de integración sensorial (IS), atención y conducta. Estos modelos integran la participación del sistema nervioso central, por lo tanto, su alteración resultará en la interrupción del procesamiento que realiza el cerebro a estímulos sensoriales en un nivel fisiológico, alterando los mecanismos de habituación y sensibilización (79), y afectando la funcionalidad de las células nerviosas en la transmisión sináptica originando un déficit en el desarrollo y madurez de las habilidades neuropsicológicas o por daños neurológicos (80).

Por otra parte, siendo que la neurohabilitación se enfoca en abordar al lactante dirigiendo la maduración apropiada a través de los patrones elementales sensoriomotrices y tratando de evitar la instalación definitiva de patrones anormales del desarrollo, como podrían ser los trastornos de conducta antes mencionados, y retomando la descripción en el apartado de neurohabilitación a través del método Katona, con la facilitación y ejecución de estos movimientos también se estimula y favorece la atención, a través de la relación que se establece entre los sistemas visual, auditivo y vestibular durante la activación de tales patrones elementales a través del contacto con el facilitador, principalmente (75,76).



### 3. Justificación

En México y a nivel mundial, existe un considerable número de personas cuya discapacidad o trastorno tiene origen alrededor del nacimiento, ya sea antes, durante o posterior a este; con consecuencias no solo en el aspecto motor o intelectual, sino también trastocando su dinámica familiar, social, laboral y personal.

El identificar tempranamente las alteraciones en el neurodesarrollo que preceden a dichos trastornos y discapacidades, contribuye a determinar y optimizar tanto los recursos humanos, como las herramientas clínico-diagnósticas que se precisan en la población afectada, esto con el fin de aminorar repercusiones características de dicho grupo perjudicado. La participación de un grupo multidisciplinario compuesto por nutriólogos, neuropediatras, terapeutas de lenguaje, fisioterapeutas, entre otros profesionistas y especialistas, así como los estudios de electrofisiología, neuroimagen entre otros, convergen en un diagnóstico más específico y por ende un abordaje más preciso.

Entre las formas de identificar tales alteraciones, pueden ser empleadas pruebas electrofisiológicas para evaluar procesos cognitivos como los PREs, los cuales presentan alta resolución temporal, bajo costo y son reproducibles. También existen pruebas conductuales como la Escala de Evaluación de la Atención Selectiva, la cual es un proceso necesario para el desarrollo de funciones cognitivas posteriores, esta escala cuya característica es que es una de las pocas herramientas que evalúa la atención selectiva desde los primeros días y meses de vida; por otra parte, para evaluar el desarrollo psicomotor, se encuentra el Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz, herramienta conveniente para evaluar, registrar y dar seguimiento al progreso motor de los pacientes pediátricos. La información sobre el desarrollo que ofrecen dichas herramientas y su relación en cuanto a los aspectos electrofisiológicos inherentes a la atención y la motricidad ha sido escasamente explorada, incluso en los primeros meses de vida, los cuales se caracterizan por contar con una alta tasa de plasticidad neuronal, la capacidad de las células para adaptarse y reconstruirse durante el desarrollo o ante una lesión.

Por lo tanto, el identificar la existencia de la correlación entre las diferentes variables antes mencionadas de estos procesos en el lactante permitirá ampliar y sustentar el panorama que se tiene sobre la atención

selectiva y sus implicaciones dentro de la motricidad gruesa y fina o viceversa, lo que posteriormente podría ser una base para precisar el modelo de intervención y medidas terapéuticas a emplear acorde a los resultados obtenidos.

#### 4. Pregunta de investigación

¿Existe correlación entre la amplitud de los potenciales relacionados con eventos y la respuesta conductual de la atención selectiva auditiva y visual, y el desarrollo motor en lactantes con factores de riesgo para daño cerebral?

#### 5. Objetivos

##### Objetivo General

- Identificar la correlación entre la amplitud de los potenciales relacionados con eventos de atención y la respuesta conductual de atención selectiva auditiva y visual, y el desarrollo motor grueso y fino en lactantes con factores de riesgo para daño cerebral.

##### Objetivos Específicos.

- Analizar la correlación entre los valores de amplitud de los PREs obtenidos del registro electrofisiológico y el puntaje de la atención selectiva auditiva y visual.
- Analizar la correlación entre los valores de amplitud de los PREs obtenidos del registro electrofisiológico y el puntaje motor, en relación con los datos del Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz.
- Describir los componentes obtenidos en el Gran Promedio a partir de los PREs.
- Describir las características de la población, como semanas de gestación, peso y talla al nacer; y su posible relación con las variables del estudio.

## 6. Hipótesis

**H<sub>0</sub>:** No existe correlación entre la amplitud de los potenciales relacionados con eventos de atención (y sus componentes positivos similares a la P300 y componentes negativos similares a la negatividad tardía, LN) y las puntuaciones de atención auditiva y visual de la escala de atención selectiva.

**H<sub>1</sub>:** Existe correlación entre la amplitud de los potenciales relacionados con eventos de atención (y sus componentes positivos similares a la P300 y componentes negativos similares a la negatividad tardía, LN) y las puntuaciones de atención auditiva y visual de la escala de atención selectiva.

**H<sub>0</sub>:** No existe correlación entre las puntuaciones de las subescalas motor grueso y fino a los 6 meses y las puntuaciones en la escala de atención selectiva auditiva y visual.

**H<sub>2</sub>:** Existe correlación entre las puntuaciones de las subescalas motor grueso y fino a los 6 meses y las puntuaciones en la escala de atención selectiva auditiva y visual.

**H<sub>0</sub>:** No existe correlación entre las puntuaciones de las subescalas motor grueso y fino a los 6 meses y la amplitud de los potenciales relacionados con eventos de atención (y sus componentes positivos similares a la P300 y componentes negativos similares a la LN).

**H<sub>3</sub>:** Existe correlación entre las puntuaciones de las subescalas motor grueso y fino a los 6 meses y la amplitud de los potenciales relacionados con eventos de atención (componentes positivos similares a la P300 y componentes negativos similares a la LN).

## 7. Metodología

### Diseño del estudio

Estudio no experimental transversal de tipo descriptivo y correlacional de un grupo de lactantes a los 6 meses de edad corregida, considerando a término las 38 semanas de gestación.

### Ética del estudio

Este estudio cumple con los Principios Éticos para la Investigación Médica en Seres Humanos establecida en la Declaración de Helsinki, así con el Consentimiento informado de la Unidad de Investigación en neurodesarrollo del Instituto de Neurobiología, campus Juriquilla. (anexo 3).

### Participantes

Para el estudio se incluyeron doce lactantes intervenidos con neurohabilitación, de los cuáles, diez lactantes son del sexo masculino y dos lactantes sexo femenino: cuatro de ellos nacidos a término (nacidos con 37 a 42 semanas de gestación y considerándose 38 semanas para la edad corregida (81), y el resto de los lactantes nacieron dentro de la clasificación de pretérmino (nacido con menos de 38 semanas) con un promedio de edad gestacional de 35.3 semanas y una desviación estándar de 3.25.

La fecha de edad corregida se obtiene sumando a la fecha de nacimiento la diferencia entre las 38 semanas y las semanas de gestación al nacer.

Entre los factores de riesgo para daño cerebral presentes en los lactantes se identificaron: restricción de crecimiento intrauterino, nacimiento por cesárea, prematuridad, hiperbilirrubinemia, embarazo gemelar, ruptura prematura de membrana, reanimación básica y avanzada, sepsis neonatal, enterocolitis necrosante, bajo peso al nacer, enterocolitis, cirugía fetal, resucitación pulmonar, placenta previa, e

ictericia. Dentro de las complicaciones en la gestante se identificaron: infección en vías urinarias, cervicovaginitis, infecciones en vías respiratorias y gastrointestinales, y endometriosis (Gráfica 1 y 2).

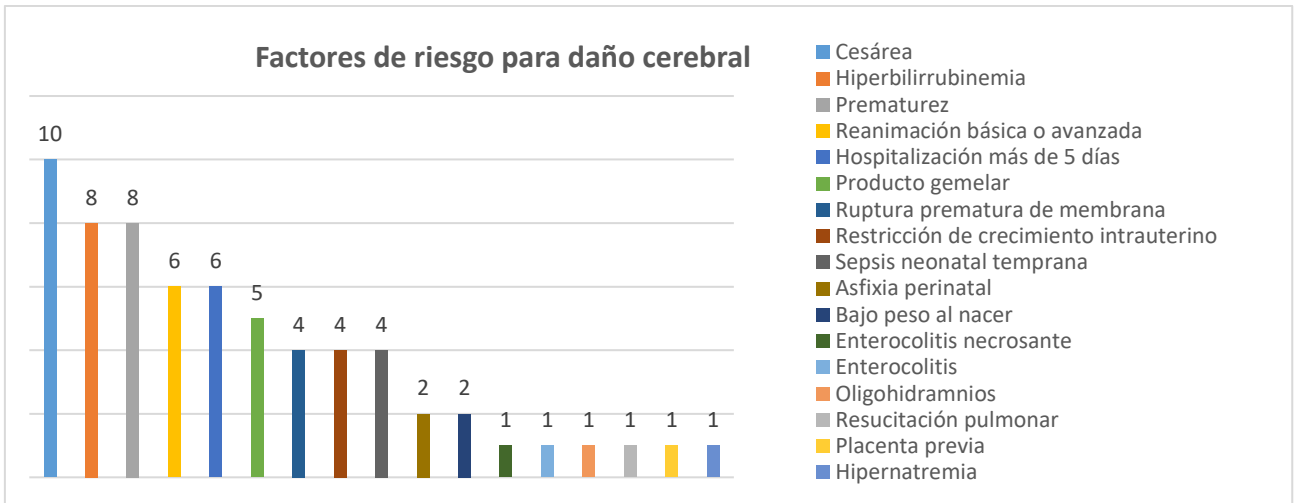
Los lactantes adscritos a la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo, Augusto Fernández Guardiola, fueron evaluados con los siguientes estudios para considerarse dentro del protocolo: potenciales evocados auditivos y visuales (PEA y PEV), los cuáles fueron interpretados para detectar o descartar funcionalidad anormal; también con la escala de Evaluación de Atención Selectiva (EEAS) para detectar déficit en el desarrollo dentro de las áreas cognitivas relativas a la atención y con el Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz (FEDP).

### Descripción de la muestra

<b>Código</b>	<b>Semanas de gestación</b>	<b>Peso al nacer (gr)</b>	<b>Talla al nacer (cm)</b>
<b>1</b>	36	1900	46
<b>2</b>	36	2470	45
<b>3</b>	34	2100	49
<b>4</b>	38	3600	52
<b>5</b>	32	1675	41
<b>6</b>	40	3500	52
<b>7</b>	39	3420	44
<b>8</b>	39	3150	49
<b>9</b>	32	1720	42
<b>10</b>	30	1500	43
<b>11</b>	34	1200	39
<b>12</b>	34	2250	49
<b><i>promedio</i></b>	35.3	2373.75	45.91
<b><i>Desv. estándar</i></b>	3.2	844.77	4.29

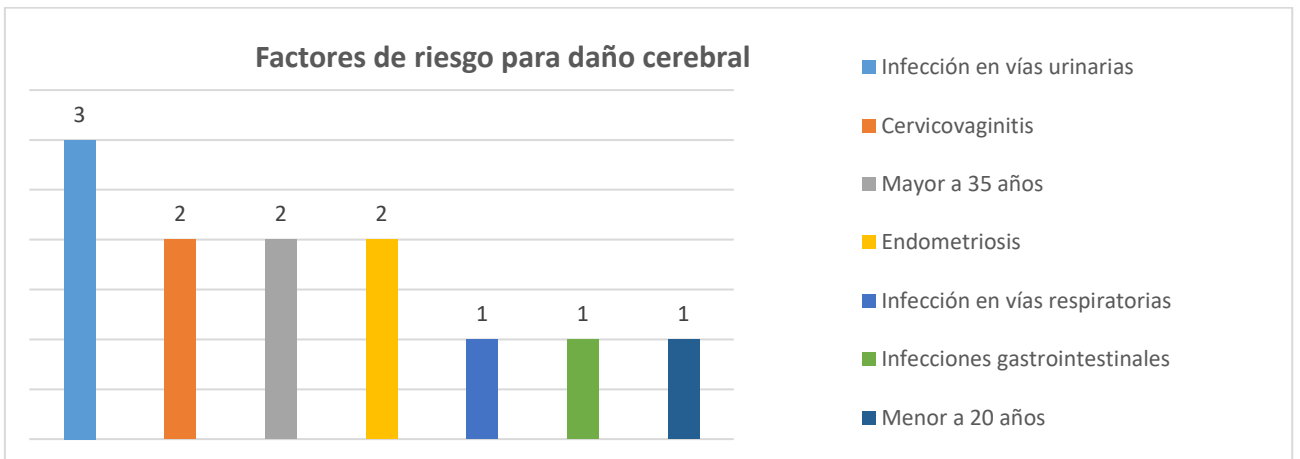
Tabla 5.Descripción de la muestra.

(n=12). Datos tomados de expedientes clínicos.



**Gráfica 1. Factores de riesgo para daño cerebral presentes en la muestra.**

Cabe mencionar, acorde con las Gráficas 1 y 2, que todos los lactantes de la muestra presentan más de un factor de riesgo, predominando en más de la mitad la cesárea, hiperbilirrubinemia y prematuridad.



**Gráfica 2. Factores de riesgo para daño cerebral presentes en las gestantes.**

### Criterios de inclusión y de exclusión

#### Criterios de inclusión:

- Lactantes adscritos y activos en la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo.

- Potenciales evocados visuales (PEV) y auditivos (PEA) normales.
- Lactantes Sin daño neurológico severo.
- Contar con las valoraciones y estudios de electrofisiología EEAS, FEDP y PRE a los seis meses de edad corregida.

#### Criterios de exclusión:

- Lactantes Dados de baja en la UIND.
- Potenciales evocados visuales y/o auditivos con actividad anormal.
- No haber asistido a la evaluación de EEAS y/o registro de PRE en la edad de corte.
- Lactantes con quistes cerebrales, hemorragias cerebrales, infartos cerebrales, y malformaciones cerebrales.

## Variables

### **Atención**

Los resultados de la atención selectiva de las subescalas auditiva y visual de la EEAS se obtienen a través de la puntuación obtenida de los ítems correspondientes, posteriormente se le asigna el percentil de acuerdo con las tablas de normalidad y por último se identifica su clasificación correspondiente (deficiente, normal o acelerado), el resultado será analizado en conjunto con la consolidación de los hitos motores gruesos y finos.

### **Hitos motores gruesos**

Los hitos motores gruesos se obtienen del FEDP, para fines de este estudio se consideraron el control cefálico (CC), sobre abdomen levanta tórax apoyándose en brazos (SAT) y sentado con protección delantera (SRD).

### **Hitos motores finos**

Los hitos motores finos se obtienen del FEDP, para este estudio se tomó: lleva manos a línea media (MFLM) y sostiene y mantiene firmemente un objeto con las manos (MFSM).

### **Amplitud de los potenciales relacionados con eventos**

A partir del registro de los PREs, se obtiene y analiza las amplitudes en respuesta al proceso atencional en los electrodos fronto-centrales (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, Fz, Cz y Pz).



## Instrumentos

### **Escala de Evaluación de la Atención Selectiva**

Es un instrumento para evaluar conductualmente el proceso de atención selectiva durante los primeros meses en lactantes con factores pre y perinatales de riesgo de daño cerebral (7). Diseñado para diagnosticar deficiencias en el desarrollo de la atención visual y auditiva (Anexo 1). Se califica cada ítem del 0 al 2, 0 para ausente o sin respuesta, 1 para una respuesta deficiente y 2 para normal, según el examinador.

Las puntuaciones obtenidas mensualmente en cada modalidad, hasta los 8 meses, corresponden a un percentil determinado para la escala, sumadas las modalidades dan una puntuación total, a la cual también le corresponde un percentil. Acorde al percentil se clasifica la atención selectiva (auditiva o visual) en deficiente (percentil 10 a 20), normal (25 a 70) y acelerado (80 en adelante); y de ser necesario se dan las indicaciones acordes a lo evaluado. Actualmente se da seguimiento en las evaluaciones a los casos que habiendo transcurrido los 8 meses de vida aun no normalizan sus resultados.

### **Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz**

Este formato es una herramienta diseñada en la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo “Dr. Augusto Fernández Guardiola” del Instituto de Neurobiología campus Juriquilla de la UNAM, entre sus objetivos está la descripción del nivel de desarrollo Psicomotor de niños mexicanos desde el primer mes hasta los 36 meses de vida (82).

Contiene un breve registro sobre los datos clínicos y personales del lactante, un área de registro para las evaluaciones iniciales y mensuales, derivadas del tono muscular observado en el lactante por parte del facilitador al ejecutar las maniobras de Katona, que puede calificarse como: normal (N), hipertono (+) o hipotono (-), y su localización topográfica: hemicuerpo (H), miembro(s) torácico(s) (MTs), miembro(s) pélvico(s) (MPs), contralateral (CL), izquierda (I) o derecha (D).

Se compone también por 5 subescalas: motor grueso/ movimientos posturales autónomos, motor fino, lenguaje, cognoscitivo y perceptual social, estas son calificadas acorde la observación del examinador del 0 al 4. Siendo 0: “no lo logra”, 1: “lo intenta, pero no lo logra”, 2: “en desarrollo”, 3: “lo logra, pero inhábilmente” y el 4: “normal”, considerado para este estudio como “hito consolidado”, posteriormente hay un apartado para señalar los signos de alarma observados, así como alguna asimetría en la postura.

## Registro de Potenciales Relacionados con Eventos

Descrita la función de un PRE en el apartado “métodos electrofisiológicos en los procesos cognitivos”, se desglosa a continuación el procedimiento que se llevó a cabo para la obtención de amplitud de los PREs y su posterior análisis.

### Registro

El registro de los PREs de atención se realizó a los 6 meses de edad corregida, tomando 38 semanas de gestación como edad gestacional a término.

Los lactantes acudieron descansados y alimentados. El registro se llevó a cabo en un cuarto sonoamortiguado, se colocaron a los lactantes en silla para bebés o en el regazo de su madre, mientras observaban un video mudo con animaciones, quedando aproximadamente a 100 centímetros de las bocinas que reprodujeron los dos tonos del paradigma Odd-ball, durante un tiempo menor a 20 minutos. La actividad cerebral fue registrada usando el sistema internacional 10-20 tomando como referencia los lóbulos de la oreja o la apófisis mastoides. Fueron utilizados amplificadores diferenciales con un paso



**Fotografía 1. Lactante en registro de PREs.**

banda entre los 0.5 y 50 Hz, con una frecuencia de muestreo de 200 Hz; completado el registro, su análisis y edición fue manual y visual, descartando las ventanas en dónde los registros de los electrodos frontocentrales registraron ruido (ya sea derivado del movimiento, deglución, sudor o registro de actividad muscular o cardíaca del lactante). Se descartaron los registros con menos de 16 ventanas útiles.

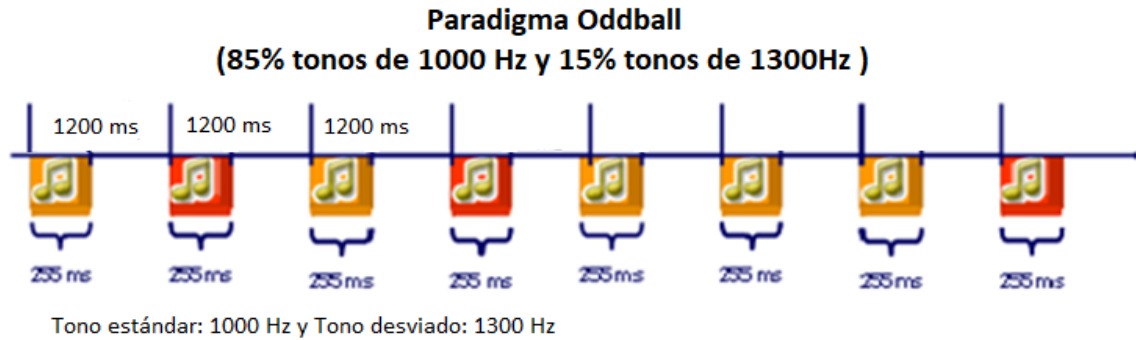


**Fotografía 2. Lactante en registro de PREs.**

## Estímulos auditivos

Los estímulos auditivos fueron creados con el software Sound Forge 6.0, con base en los tonos armónicos sinusoidales con una frecuencia fundamental de 1000 Hz y 1300 Hz. Los componentes armónicos van de los 2000 Hz a los 3000 Hz. La duración de cada tono fue de 255 ms y una intensidad de 71 Db.

Durante el registro de los PREs los estímulos fueron presentados mediante un paradigma Oddball (ver Figura 6). Como estímulo estándar se usó una frecuencia de 1000 Hz y para el estímulo desviado tonos de 1300 Hz. La probabilidad en la que se presentaron los estímulos, respectivamente, fue de 85% y 15%, con un total de 250 pruebas e intervalos entre cada tono de 945 ms usando sincrónicamente para el registro los softwares: *MindTracer stimulation* y *Track Walker data acquisition system*.



**Figura 6. Paradigma Oddball pasivo.**

En el paradigma los tonos desviados de 1300 Hz (casillas rojas) y tonos estándar de 1000 Hz (casillas naranjas) se presentan aleatoriamente pero presentándose el 85% y 15% del total de las veces respectivamente y teniendo una duración de 255ms cada uno, habiendo entre cada estímulo auditivo un lapso sin sonido de 945 ms, dando como resultado, ventanas de 1200 ms.

### Análisis de los datos

#### **Análisis de los Potenciales Relacionados con Eventos**

Los potenciales fueron obtenidos con los promedios de ventanas de 1200 ms sincronizadas con las presentaciones de los tonos. La corrección de la línea de base se realizó con un segmento de pre estímulo de 100 ms. Las épocas se promediaron para obtener el PRE utilizando el programa Neuronic EP Workstation. El número promedio de épocas incluidas en los promedios de PRE para cada condición (tono desviado y estándar) fueron 16. Posteriormente, los PREs individuales de los sujetos fueron promediados para obtener los grandes promedios por sujeto y condición y fueron calculados de los electrodos frontocentrales.

Dada la falta de acuerdo respecto a la latencia en la que se produce el componente P300, definimos una ventana de búsqueda más amplia que abarca de 0 a 1100 ms. La ventana de búsqueda para los componentes P300 y de negatividad tardía estaban compuestas por la duración del tono (250 ms) más el intervalo inter estímulo (950) menos 100 ms del pre estímulo.

Las diferencias significativas entre condiciones, tono desviado y estándar, se calcularon utilizando el método de permutación propuesto por (83), y luego implementado en el programa Neuronic EP Workstation. El programa se corrió con 1,900 permutaciones,  $\alpha = 0.05$ , y la prueba t de Student.

Los métodos de permutación son técnicas estadísticas utilizadas cuando no se conoce la distribución de los datos (83,84). Estos métodos pertenecen a la familia de pruebas no paramétricas. En las pruebas de permutaciones se asume que no hay diferencias entre los grupos o condiciones de estudio bajo una hipótesis nula. Por lo tanto, decidimos rechazar o aceptar la hipótesis nula con un cierto valor de significancia, es decir, un valor de  $\alpha = 0.05$ .

### **Análisis de las correlaciones entre el desempeño motor, PREs y EEAS.**

Las correlaciones de interés son para este estudio son las siguientes:

1. Correlación entre a respuesta electrofisiológica ante el cambio de atención y la respuesta conductual de atención. Es decir, la correlación entre **la amplitud** de la P300 y la negatividad tardía (LN) en el estímulo desviado (es el evento que corresponde al cambio de atención) en las ventanas donde haya diferencias significativas entre el estímulo desviado y el estándar; y **los puntajes de la escala de evaluación de la atención selectiva**.
2. Correlación entre la respuesta electrofisiológica ante el cambio de atención, igualmente, con **la amplitud** de la P300 y LN en las ventanas donde haya diferencias significativas; y el **puntaje del desarrollo de los hitos motores** que ya deberían estar consolidados hasta los 6 meses, obtenido con las puntuaciones de las subescalas de motricidad gruesa y fina del FEDP a partir de un modelo matemático desarrollado por Carlier-Torres (artículo en proceso de publicación), el cuál determina la relación entre el tiempo (meses) y el puntaje obtenido para cada hito motor, siendo inversamente proporcionales, es decir, entre mayor sea el puntaje, menor o más próxima al rango crítico de edad en la que se consolidaron los hitos motores., teniendo cada hito como máxima puntuación el 4.

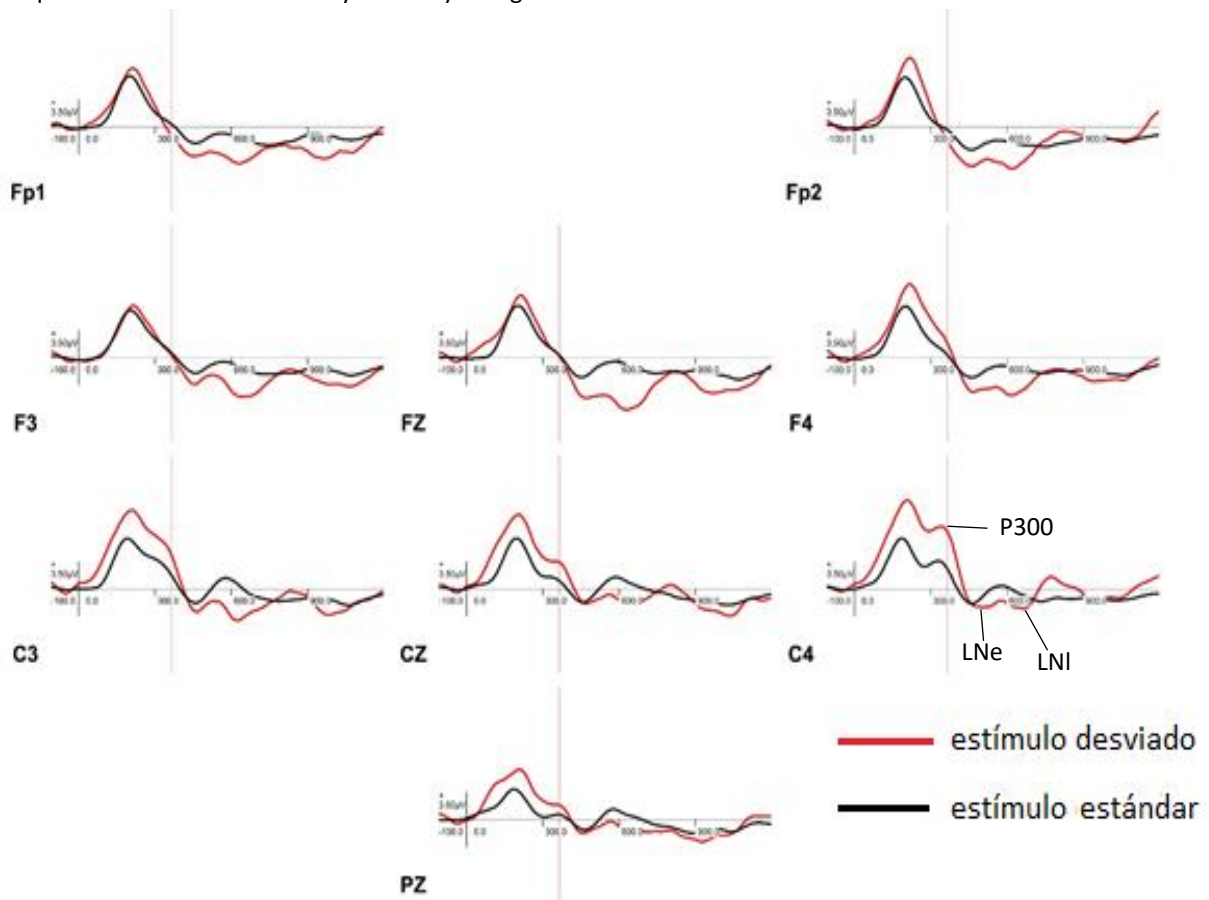
3. Correlación entre la respuesta conductual de atención, con **los puntajes de la escala de evaluación de la atención selectiva y los puntajes del desarrollo de los hitos motores.**

Al contar con una muestra pequeña de 12 sujetos se empleó la prueba de correlación bivariada de Spearman que asume una distribución de los datos no paramétrica.

## 8. Resultados

### Potenciales Relacionados con Eventos

Las diferencias entre el tono desviado y el estándar, usando el método de permutaciones, fueron observadas en las ventanas de 210 a 230 ms y de 320 a 365 ms. El pico positivo máximo fue alcanzado alrededor de los 345 ms (ver Figura 7). La respuesta del estímulo desviado fue significativamente mayor que la del estímulo estándar en C4 ( $p < 0.02$ ). No hubo diferencias significativas entre los picos negativos de los estímulos desviado y estándar. En la Figura 7, la forma de onda en los electrodos centrales C3, C4 y Cz y en Pz, se caracteriza por ser francamente bimodal, dos picos positivos. El primer pico ocurre aproximadamente entre 120 y 240 ms y el segundo alrededor de los 350 ms.



**Figura 7. Grandes Promedios.**

Esta figura describe el promedio de los PREs a los 6 meses. El cursor (línea roja vertical) en C4 está ubicado en la latencia donde hay diferencias significativas entre el estímulo desviado y el estándar, señalando en C4 los componentes P300, Fase temprana de Negatividad Tardía (LNe) y Fase tardía de Negatividad Tardía (LNI).

En la Figura 7 en los electrodos C3, C4 y Cz y en Pz, en la onda bimodal antes mencionada, el primer pico puede estar relacionado con la respuesta auditiva típica y el segundo con la respuesta al cambio de atención. Este segundo pico positivo, sería similar al componente P300 de los niños y adultos. En los electrodos frontales también parece observarse un primer pico alrededor de los 240 ms y un segundo pico incipiente alrededor de los 350 ms.

Los componentes positivos semejantes a la P300 se observaron en todos los promedios individuales de los PRE, siendo así señalado en el electrodo C4 donde el estímulo desviado presenta diferencia significativa acorde a las permutaciones, y a pesar de que se mencionó que los picos negativos de tal estímulo no presentan la misma significancia, se observaron también componentes negativos semejantes a la LNe y LNI, el cual determina la detección de cambio ante un paradigma auditivo.



1. Correlación entre la amplitud de P300 y los puntajes de la escala de evaluación de la atención selectiva.

Únicamente se correlacionó la amplitud de la P300 en la respuesta al estímulo desviado en el electrodo C4 ya que fue donde se obtuvieron diferencias significativas entre el estímulo desviado y estándar. Las puntuaciones obtenidas con la EEAS aplicada a los 6 meses se muestran en la Tabla 6, según la modalidad (visual y auditiva) con su respectivo percentil y clasificación.

Código	Puntuación Atención Visual	Percentil Atención Visual	Puntuación Atención Auditiva	Percentil Atención Auditiva	Puntaje total	Percentil total	Clasificación EEAS
<b>1</b>	21	10	17	10	38	10	Deficiente
<b>2</b>	40	25	19	10	59	20	Deficiente
<b>3</b>	48	40	24	30	72	30	Normal
<b>4</b>	59	70	25	40	84	60	Normal
<b>5</b>	49	40	24	30	72	30	Normal
<b>6</b>	45	30	23	25	68	25	Normal
<b>7</b>	53	50	25	30	68	25	Normal
<b>8</b>	50	40	22	20	72	30	Normal
<b>9</b>	49	40	24	30	73	30	Normal
<b>10</b>	40	25	24	30	64	25	Normal
<b>11</b>	37	20	20	10	57	20	Deficiente
<b>12</b>	50	40	25	40	75	30	Normal
<b><i>promedio</i></b>	45.08	35.83	22.67	25.42	66.83	27.92	
<b><i>Desv. Estándar</i></b>	9.73	15.50	2.64	10.76	11.60	11.77	

**Tabla 6. Valores obtenidos según la Escala de Evaluación de Atención Selectiva a los 6 meses.**

A partir de los datos obtenidos con las EEAS, se presentan en la Tabla 7 solamente las secciones de la escala que resultaron con correlación significativa respecto a la amplitud de C4 en la ventana donde las permutaciones mostraron significancia, es decir, de los 320 a 365ms, ( $p < 0.050$ ). No se obtuvo significancia respecto a la puntuación y percentil auditiva. La correlación obtenida entre los electrodos C4 y la puntuación cruda obtenida en la EEAS (atención visual), tras el análisis de los Grandes Promedios obtenidos del registro de los PREs (Figura 7), también permite observar en la ventana de 320 a 365ms un pico positivo máximo a los 345 ms en C4.

EEAS		C4
<b>Puntuación Atención Visual</b>	Rho	0.703
	$\rho$	0.011
<b>Percentil Atención Visual</b>	Rho	0.712
	$\rho$	0.009
<b>Percentil Total</b>	Rho	0.617
	$\rho$	0.032
<b>Percentil Total</b>	Rho	0.619
	$\rho$	0.032

**Tabla 7. Correlaciones significativas entre EEAS y amplitud del electrodo C4.**

Por otra parte, se obtuvieron coeficientes con relación positiva entre los puntajes de EEAS (atención visual) y la amplitud de C4 en la ventana de 320 a 365 donde se observó el componente positivo (similar a P300), indicando que a mayor puntaje en la EEAS (atención normal o acelerada) la amplitud en C4 será mayor también.

2. Correlación entre la amplitud de P300 y el puntaje del desarrollo de los hitos motores.

A continuación, se presentan los valores obtenidos del modelo matemático desarrollado con base en las puntuaciones designadas en el FEDP en las evaluaciones correspondientes hasta los 6 meses de edad corregida.

Código	Puntaje CC	Puntaje SAT	Puntaje SRD
1	3.25	3.8	4
2	3.75	3.8	4
3	3.25	3	4
4	4	4	4
5	3.5	3.8	3.3
6	3.25	3.6	3.67
7	3.25	4	4
8	3.5	3.8	4
9	3.75	3.8	4
10	3.75	2.8	3.3
11	3.25	2.8	3
12	3.75	3.4	4
<i>promedio</i>	3.52	3.55	3.77
<i>Desv. Estándar</i>	0.27	0.44	0.36

**Tabla 8. Puntaje obtenido en la subescala de motricidad gruesa.**

Hitos: Control cefálico (CC), Sobre Abdomen levanta Tórax apoyado en brazos (SAT) Sentado con Reacción de protección Delantera (SRD).

Código	Puntaje MFLM	Puntaje MFSM
1	3.75	3.75
2	3.75	2.75
3	3.5	3
4	4	3.25
5	4	2.5
6	2.5	3
7	3.5	4
8	3.5	3
9	3.75	3.5
10	3.25	2.75
11	3.5	2.5
12	3.75	3.5
<i>Promedio semanas</i>	3.56	3.12
<i>Desv. estándar</i>	0.40	0.48

**Tabla 9. Puntaje obtenido en la subescala de motricidad fina.**

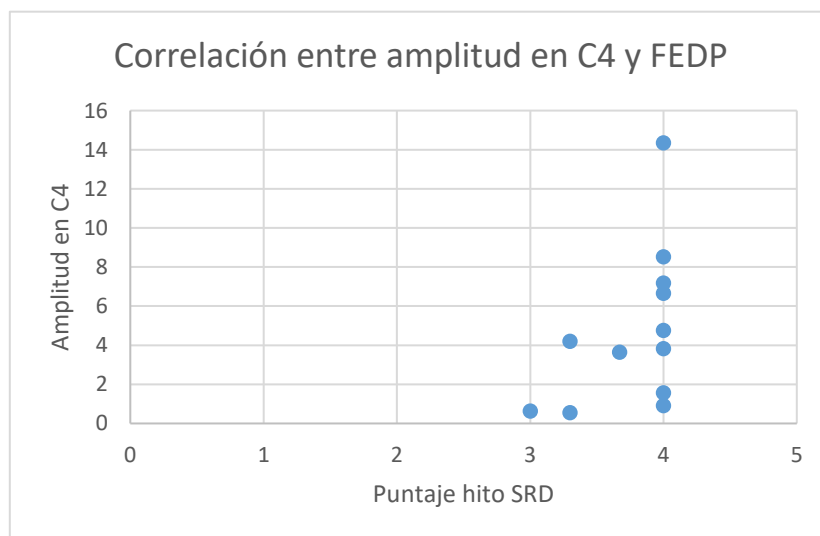
Hitos: Lleva manos a línea media (MFLM) y Sostiene y mantiene firmemente un objeto con la mano (MFSM).

En la Tabla 10 se muestran los valores donde se obtuvo significancia positiva entre la amplitud en C4 y los hitos motores gruesos, ya que al correlacionar los hitos motores finos no se obtuvo significancia. La correlación indica a mayor amplitud en la latencia de C4 a los 320-365ms mayor (o próximo a 4) será el puntaje motor grueso en Sentado con protección delantera. Para la relación entre motricidad y amplitud en C4, igualmente se observó el componente P300 asociado al procesamiento atencional ante el tono desviado y la significancia se obtuvo respecto a la motricidad gruesa.

Hito motor	Puntaje SRD	
Latencia	Rho	
320-365 ms	$\rho$	<b>0.588</b>
		<b>0.044</b>

**Tabla 10. Correlaciones significativas entre amplitud del electrodo C4 y motricidad.**

Entre C4 y el hito motor grueso Sentado con Reacción de protección Delantera (SRD) en la ventana de 320-365 ms.



**Gráfica 3. Dispersión de puntos entre amplitud y puntaje motor grueso.**

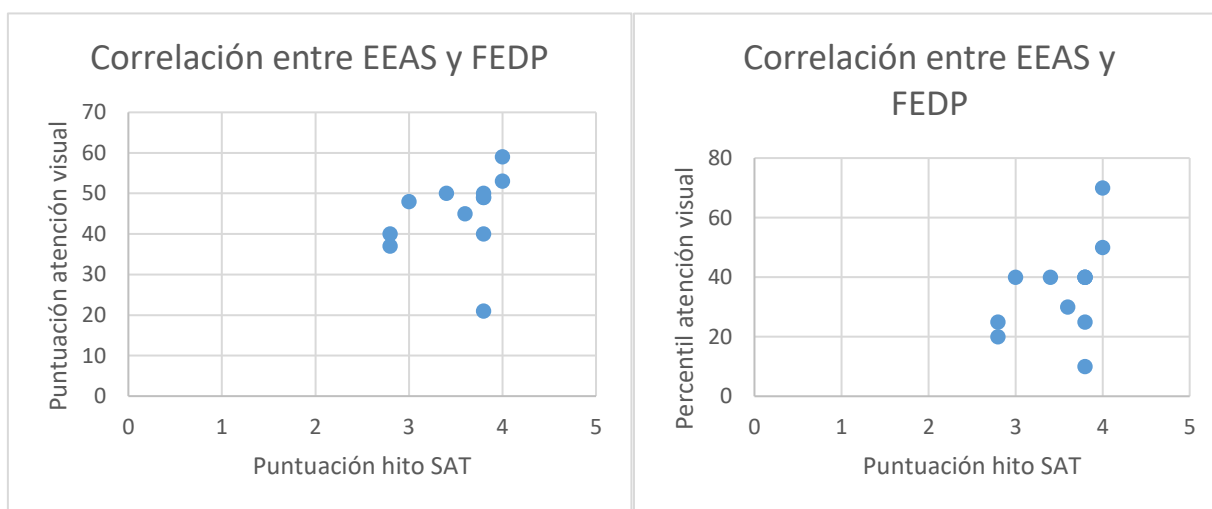
3. Correlación entre los puntajes de la escala de evaluación de la atención selectiva y los puntajes del desarrollo de los hitos motores.

Con base a los resultados obtenidos en la Tabla 8 y 9 se presentan en la Tabla 11 los valores con significancia igual o marginal  $p=0.050$ . Siendo que tras el análisis estadístico tanto la modalidad auditiva, total en la EEAS y la subescala de motricidad fina no se obtuvieron correlaciones significativas.

EEAS		Puntaje SAT
Puntuación Atención Visual	Rho	0.576
	$p$	0.050
Percentil Atención Visual	Rho	0.565
	$p$	0.055

**Tabla 11. Correlaciones significativas entre EEAS y motricidad.**

Puntuación y percentil visual y el hito motor grueso Sobre Abdomen levanta Tórax apoyado en brazos (SAT).



**Gráfica 4 y 5. Dispersión de puntos entre los valores de EEAS y FEDP.**

Ambas correlaciones muestran sentido positivo, respecto a la atención visual y el hito motor grueso de Sobre Abdomen levanta Tórax apoyado en brazos (SAT).

En lo que respecta a los hitos SRD y SAT (correlacionados con amplitud y atención visual, respectivamente) guardan una correlación positiva, es decir, a mayor amplitud en los PREs y en la EEAS, mayor será la puntuación obtenida con base en el FEDP.

## Medidas antropométricas relacionadas con la atención y la motricidad.

Finalmente, dentro de los datos obtenidos respecto a talla, semanas de gestación y peso al ser analizados para su correlación con los datos de la EEAS (puntuaciones percentiles) y las puntuaciones en el FEDP, el peso al nacer mostró correlación significativa con parte de los hitos motores gruesos y finos, no así con las puntuaciones y percentiles visuales o auditivos de la atención selectiva (Tabla 12). Dicha correlación se muestra en sentido positivo, significando que a mayor peso en el nacimiento, los puntajes motores obtenidos con el FEDP serán mayores también, es decir, adquiridos en edades cercanas a los rangos críticos.

		<b>Puntaje SAT</b>	<b>Puntaje SRD</b>	<b>Puntaje MFSM</b>
<b>Peso al nacer (gr)</b>	Rho	0.608	0.576	0.623
	$\rho$	0.036	0.050	0.030

**Tabla 12. Correlaciones significativas entre medidas antropométricas, EEAS y FEDP**

## 9. Discusión

### ***Correlación entre la amplitud en los PREs y la puntuación en EEAS.***

Los componentes positivos con picos máximos a los 345ms observados Grandes Promedios en C4 y la correlación que guardan con la atención visual se asemejan a lo descrito por Kushnerenko en un estudio realizado a doce lactantes sanos, estudiados desde los 2-4 días de nacidos y trimestralmente hasta los 12 meses, especificando que en la mayoría de los sujetos fue encontrada una positividad entre los 250 a 350ms a través de todas las edades (14). Siendo mayor a la edad de 6 meses, en los electrodos fronto-centrales, lo que sugiere que la capacidad discriminatoria ante el estímulo desviado está preservada aun en los lactantes con factores de riesgo de este estudio.

En los electrodos C3, C4 y Cz, Pz, y frontales además de la onda bimodal positiva antes mencionada, se observa también en el resto de los electrodos uno o dos picos negativos que sugieren estar relacionados con el proceso de atención o con el componente Nc también llamada componente de negatividad tardía (LN), los cuales se encuentran dentro de la latencia de 360 a 480 y de 600 a 720 ms, rangos en los cuales se han identificado en lactantes sanos una negatividad tardía multifase (14), la cual puede incluir componentes como la negatividad tardía en fase temprana o tardía (LNe y LNI, por sus siglas en inglés) encontradas en las latencias 400-500 ms y 600-700ms respectivamente, la negatividad tardía discriminativa (LDN) entre 450-550 ms y la negatividad tardía frontal a partir de los 600 ms (85–87) asociadas al cambio durante la ejecución de una tarea en adultos (88) y a la reorientación de la atención en niños (89).

En la Figura 7 dentro de la latencia de 360-480 ms en C4, también se observa un componente negativo, posiblemente atribuible al potencial de discriminación negativo tardío, LDN, por sus siglas en inglés, el cual determina la detección de cambio ante un paradigma auditivo, identificado en una latencia de 450-550 ms (14) y descrito en niños y en recién nacidos (90–92).

Por otra parte, el sentido de la correlación entre la atención visual y la amplitud de C4 se podría equiparar a la relación electrofisiológica del componente P300 con el desempeño atencional descrita en un estudio

realizado por Gumenyuk, en el cual niños con Trastorno por Déficit de Atención (TDA), muestran electrofisiológicamente la distracción aumentada (atención deficiente) con una amplitud disminuida en P3a y en LDN (90), por lo cual podría sugerirse una relación entre la amplitud de dichos componentes y la calidad en el desempeño de atención incluso en edades previas al posible diagnóstico de TDA al menos en la población estudiada con factores de riesgo.

Según la distribución topográfica, C4 se encuentra orientado hacia el hemisferio derecho, descrito en relación con las funciones cognitivas y de comunicación, memoria, atención y razonamiento (93–95) y el componente positivo encontrado en los PREs tiene principalmente su generador cerebral en la zona fronto-central (51,52); dando posible explicación a porque la significancia entre la amplitud en el PRE y el proceso atencional selectivo se ve orientado hacia tal electrodo y hemisferio.

***Atención: latencia y amplitud de sus componentes electrofisiológicos.***

Al presentarse el componente positivo (similar a P300) en todos los lactantes y una vez ya identificado en este estudio el rango de latencia donde existe diferencia entre los estímulos presentados, podrían detallarse también los parámetros de amplitud para caracterizar el componente positivo de mejor forma durante el primer año de vida de forma pasiva (sin realizar alguna tarea); ya que en adultos y niños en edad escolar, se ha descrito que la amplitud es mayor cuando los sujetos dedican más esfuerzo a una tarea, por lo que el componente positivo y su amplitud puede ser usada como una medida de distribución de recursos (39).

Tales parámetros pueden ser usados además para relacionarse con las evaluaciones conductuales respecto al proceso atencional. Puesto que, para una serie de trastornos relacionados con la cognición auditiva, como los retrasos o déficits en el aprendizaje y el habla, la dislexia, el desorden del espectro autista, entre otros relativos tanto al neurodesarrollo como a las alteraciones neuropsiquiátricas; se ha demostrado por ejemplo, que la amplitud en la disparidad negativa a la desviación sonora está atenuada o la latencia máxima del componente se prolonga en comparación con los controles (96), por lo tanto, se puede partir del mismo principio en cuanto a la latencia y amplitud con otros biomarcadores en lactantes



aplicado también a la modalidad visual, como los componentes P350, N250, Nc en el registro de los PREs para identificar distintas alteraciones asociadas a trastornos (97,98), con el fin de ser detectados tempranamente y poder resaltar además la relación que guardan con el aspecto motor desde este periodo. Igualmente, es importante corroborar qué otros posibles factores intervienen en la variación de la amplitud y el puntaje de la escala EAS, como podría ser el estado de vigilia, la cooperación o irritabilidad que el lactante haya presentado durante la evaluación conductual y electrofisiológica.

***Correlación entre la amplitud de los PREs, EEAS y el puntaje motriz en el FEDP.***

En la relación entre motricidad y amplitud en C4, igualmente se observó el componente P300 asociado al procesamiento atencional ante el tono desviado y la significancia se obtuvo respecto a la motricidad gruesa (con el hito SRD) y no con los puntajes en los hitos de motricidad fina.

Sin embargo, se cuentan con antecedentes que vinculan a ambos aspectos de la motricidad con las funciones de atención. Por una parte, Morales Aznar, describe que el ámbito de la motricidad está vinculado con el ámbito cognitivo a partir de la motricidad fina y no tanto a través de la motricidad global (99), por ejemplo, la motricidad fina y la atención han sido descritas con relación en los procesos de escritura en niños de primaria (100). Piek et al., comparó la habilidad motriz fina de sujetos con trastornos de déficit de atención e hiperactividad (TDAH) con un grupo control, encontrando que los primeros mostraban menor habilidad motriz que los segundos y que el tipo de dificultades observadas difería según los subtipos del trastorno (101,102). Steger, muestra el tipo de alteración motriz que, específicamente, se evidenciaba en la rapidez de la respuesta, en la calidad y perfección de la ejecución de la tarea que, en todos los casos, era peor en los sujetos con TDAH que en los controles (103,104).

Por otro lado, Bauermeister muestra la existencia de una proporción elevada de niños con TDAH que presentan también dificultades en el desarrollo motor grueso, por ejemplo, manifestando dificultad para correr y saltar; y en cuanto a motricidad fina, las dificultades se manifestarían en tareas que implican agarrar objetos (tales como el tenedor y el cuchillo), abotonarse la ropa, jugar con una bola, colorear dentro de los límites de la figura, escribir sobre líneas o en un tamaño uniforme, o ejecutar la escritura con una caligrafía aceptable y completar el trabajo escrito en el salón de clase (105). De igual forma,

Wijnroks y Van Veldhoven, encontraron en un estudio realizado a prematuros, que los lactantes con un pobre control postural a los 6 meses tenían más dificultad con las tareas de reducción de problemas, es decir, la capacidad intelectual para resolver problemas a través de acciones planificadas, comparados con los lactantes que tenían un buen control postural. Además, observaron que los lactantes que mostraron signos de hiperextensión o extensión en los codos obtuvieron puntuaciones significativamente más bajas en varias medidas cognitivas (según la escala Bayley, en la escala mental y de tareas para la resolución de problemas) y, con frecuencia, no prestaban atención a la tarea (106).

En lo que concierne a la relación positiva entre el hito SRD y la amplitud en C4, refiriéndonos a esta última, la correlación sugiere que teniendo una mayor distribución de recursos para el proceso atencional, el hito motor, en este caso, el SRD será consolidado en edades próximas o semejantes a los periodos críticos en lactantes sanos lo cual a su vez también se ve favorecido por la intervención neurohabilitatoria con la que cuentan los lactantes, además, el SRD fue el hito que mayor parte de la muestra consolidó a los 6 meses teniendo este un rango de adquisición entre los 4 y 5 meses.

En cuanto a la relación de SAT y la puntuación en atención visual, Mercuri et al., refieren que entre los 5 y 6 meses se encuentra el periodo crítico para la integración de la acción manual con el espacio visual cercano (coordinación oculo-manual) (107), por lo tanto, al estar directamente relacionadas significaría que la consolidación del hito SAT puede influir en la calidad de la atención visual a esa edad y viceversa. Este hito implica que el lactante tenga control cefálico y el desarrollo del control en tronco y extremidades superiores tanto para levantar el tronco como para el posterior apoyo asimétrico y que coordinado con la atención visual le permitirá el alcance y manipulación de objetos, procesos que durante la etapa sensoriomotriz Piaget denominó como reacciones circulares, siendo el mecanismo de aprendizaje más temprano y que consiste en nuevas experiencias como resultado de la propia acción del sujeto (1,2), las cuales permiten la coordinación de esquemas (i.e. ver y agarrar) para desarrollar posteriormente la permanencia del objeto, por ejemplo.

El no haber obtenido resultados significativos respecto a la atención auditiva es probablemente debido a la diferencia entre la cantidad de ítems designados para cada modalidad y, por ende, al puntaje y percentil que se puede obtener en la EEAS para cada uno; ya que para la modalidad visual se cuentan con 32 ítems y para la modalidad auditiva se tienen 14. Sin embargo, se ha descrito que, en conjunto con la visión, las

funciones sensoriales y de atención auditivas dirigen y controlan los movimientos de la cabeza y ojos hacia el objeto de atención, resultando en la facilitación de la conducta atencional a través de la coordinación de estructuras vestibulares, formación reticular, tálamo, cerebelo, ganglios basales y proyecciones hacia corteza, activadas con la ejecución de los patrones sensoriomotrices (68,73,75).

Por lo que corresponde a los datos antropométricos, el peso al nacer se considera entre los principales factores predictivos para el desempeño motriz y cognitivo posterior al igual que las semanas de gestación (108,109), a pesar de que este último no haya correlacionado con los datos motrices o de atención, probablemente por la variabilidad que presentan tales datos.

Finalmente, acorde con los datos obtenidos, se acepta la hipótesis de correlación entre amplitud de la P300 en el electrodo C4 y puntaje en la escala de evaluación de atención en la modalidad visual, para la hipótesis de correlación entre amplitud y motricidad, se acepta para C4 y la motricidad gruesa; y para la hipótesis de correlación entre motricidad y puntaje en la escala de evaluación de atención, se acepta para la motricidad gruesa y la modalidad visual. Destacando que el electrodo C4 correlaciona tanto con el puntaje de la EEAS como con la motricidad gruesa en la latencia de 320 a 365ms, donde se encontró el componente P300 implícito en la atención selectiva.

Si bien los procesos cognitivos y motrices son descritos conjuntamente por autores como Gesell , Piaget, Rigal, Posner, entre otros; mencionando que el desempeño en el desarrollo motor, entre otros factores ambientales o biológicos, dan lugar al desarrollo cognitivo (1,4,29); las pruebas conductuales, clínicas y electrofisiológicas usadas para este estudio (EEAS, FEDP y PREs, respectivamente) muestran una correlación directa solo en parte de los parámetros medidos para procesos específicos como lo son la atención selectiva visual y la consolidación de hitos motores gruesos a los 6 meses de edad corregida. Cabe destacar que esta premisa no descarta la relación inicialmente planteada entre los otros aspectos de la motricidad y la atención, sino que sugiere el análisis del desarrollo de estos y otros procesos cognitivos con ayuda de más herramientas y una muestra más grande.

Para lo que concierne al presente trabajo, se destacan las decisiones metodológicas que se consideraron como pertinentes para investigar las posibles correlaciones que ya se han planteado como en los estudios de los autores mencionados, pero, agregando la importancia y evaluación del desarrollo motor. Lo cual se

espera que sea precedente para la elaboración de nuevos esquemas de trabajo que converjan en el mismo panorama. Integrando a este, aunque implícitamente, el compromiso entre sus participantes, respectivos tutores y evaluadores de diferentes disciplinas.

## 10. Conclusiones

Por lo anteriormente evidenciado en este estudio, se concluye que existe correlación entre la amplitud obtenida con los PREs implícita en la atención selectiva, la respuesta conductual en la atención selectiva visual y el desarrollo motor grueso en los lactantes con riesgo para daño neurológico a los seis meses corregidos de edad.

## 11. Limitaciones del estudio

Primeramente, el contar con una población que no presenta factores de riesgo aisladamente puede presentar un sesgo dentro de la muestra al momento de atribuirlos como causa a los posibles resultados de atención deficiente, retraso motor o ausencia de componentes electrofisiológicos atencionales.

Siendo que el estudio transversal demostró resultados significativos, se sugiere realizar el mismo estudio con un diseño longitudinal también para describir si las mismas referencias (electrodos) en las que se obtuvo correlación significativa, se mantienen durante el primer año de vida y saber cómo se modifica la puntuación en la escala de atención con relación a ellos, con el fin de complementar las evaluaciones cognitivas, y de este modo, reforzar la veracidad en la predicción de la evolución del proceso atencional y motriz desde los primeros meses de vida.

En cuanto los PREs, a pesar de que es un estudio altamente reproducible, al ser aplicado en lactantes en vigilia representa todo un reto de modo que durante el análisis, edición y selección de resultados algunos participantes tienden a ser excluidos por dificultades durante el registro, disminuyendo el tamaño de muestra.

Por último, al contar con un grupo reducido, el incrementar la muestra de lactantes que presenten factores de riesgo para daño cerebral, coadyuvará en la obtención de resultados más concretos sobre el tema, resultando este trabajo, antecedente para futuras investigaciones que pretendan ampliar el panorama en una población con características semejantes a la descrita o busquen extrapolar el tema al desarrollo de lactantes sanos y que destaquen la importancia entre el desarrollo motor y cognitivo en edades tempranas.

## 12. Referencias

1. Lefa B. The Piaget Theory Of cognitive Development: An educational implications. *Educ Psychol.* 2014;(1 (1)):0–8.
2. Shi Z. Foundations of Intelligence Science. *Int J Intell Sci [Internet].* 2011;01(01):8–16.
3. Petersen SE, Posner MI. The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci.* 1990;13:25–42.
4. Rigal R. Educación motriz y educación psicomotriz en Preescolar y Primaria: Acciones motrices y primeros aprendizajes. 1ra ed. Barcelona, España: INDE Publicaciones; 2006.
5. Antoranz E, Villalba J. Bases psicológicas y biológicas de la conducta. In: *Desarrollo cognitivo y motor.* Malaga, España: Editoria Editex; 2010. p. 8–12.
6. Hilt PM, Cardellicchio P. Attentional bias on motor control: is motor inhibition influenced by attentional reorienting? *Psychol Res.* 2018;0(0):1–9.
7. Gutiérrez-Hernández CC, Harmony T. Evaluación conductual de la atención selectiva visual y auditiva en lactantes con factores pre y perinatales de riesgo de daño cerebral. *Rev Neuropsicol.* 2007;2(1):3–9.
8. INEGI. La discapacidad en México , datos al 2014. 2016.
9. Hurtado IL. La parálisis cerebral. Actualización del Concepto, diagnóstico y tratamiento. *Pediatr Integr.* 2007;XI(8):687–98.
10. Sankar C, Mundkur N. Cerebral Palsy—Definition, Classification, Etiology and Early Diagnosis. *Indian J Pediatr.* 2005;72(10):865–6.
11. Näätänen R. *Attention and Brain Function.* Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1992. 102-208 p.
12. Cheour M, H.t. Leppänen P, Kraus N. Mismatch negativity (MMN) as a tool for investigating auditory discrimination and sensory memory in infants and children. *Clin Neurophysiol.* 2000;111(1):4–16.
13. Alho K, Sainio K, Sajaniemi N, Reinikainen K, Näätänen R. Event-related brain potential of human newborns to pitch change of an acoustic stimulus. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Evoked Potentials.* 1990;77(2):151–5.
14. Kushnerenko E, Ceponien R, Balan P, Fellman V, Näätänen R. Maturation of the auditory change detection response in infants : a longitudinal ERP study. *Neuroreport.* 2002;13(15):1–8.
15. Leppänen PHT, Eklund KM, Lyytinen H. Event-Related Brain Potentials to Change in Rapidly Presented Acoustic Stimuli in Newborns. *Dev Neuropsychol.* 1997;13(2):175–204.
16. Trainor LJ, Samuel SS, Desjardins RN, Sonnadara RR. Measuring temporal resolution in infants using mismatch negativity. *Neuroreport.* 2001;12(11):2443–8.
17. Cheour M, Alho K, Čeponiené R, Reinikainen K, Sainio K, Pohjavuori M, et al. Maturation of mismatch negativity in infants. *Int J Psychophysiol.*

- 1998;29(2):217–26.
18. Gutiérrez-Hernández CC, Harmony T, Carlier MEM. Behavioral and electrophysiological study of attention process in preterm infants with cerebral white matter injury. *Psychol Neurosci*. 2018;11(2):132–45.
  19. Paquette N, Vannasing P, Tremblay J, Lefebvre F, Roy MS, McKerral M, et al. Early electrophysiological markers of atypical language processing in prematurely born infants. *Neuropsychologia*. 2015;79:21–32.
  20. Leclercq M. Theoretical aspects of the main components and functions of attention. In: *Applied Neuropsychology of Attention Theory, Diagnosis and Rehabilitation*. 1ra edició. Londres: Psychology Press; 2002. p. 1–53.
  21. Thiele A, Bellgrove MA. Neuromodulation of Attention. *Neuron*. 2018;97(4):769–85.
  22. Kirby E, Grimley L. Trastorno por déficit de atención: estudio y tratamiento. D.F., México: Limusa; 1992.
  23. Meneses S. Neurofisiología de la atención: potenciales relacionados a eventos. In: *Texto de Neurociencias Cognitivas*. D.F, México: Editorial Manual Moderno; 2001. p. 81–108.
  24. Broadbent DE. Perception and communication. *Educ + Train*. 1958;8(6):264–9.
  25. Decasper AJ, Fifer WP. Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. *Science* (80- ). 1980;208(4448):1174–6.
  26. Hunt RH, Aslin RN. Statistical learning in a serial reaction time task: Access to separable statistical cues by individual learners. *J Exp Psychol Gen*. 2001;130(4):658–80.
  27. Colombo J. The Development of Visual Attention in Infancy. *Annu Rev Psychol*. 2001;52:337–67.
  28. Gomes H, Wolfson V, Halperin JM. Is there a selective relationship between language functioning and auditory attention in children? *J Clin Exp Neuropsychol*. 2007;29(6):660–8.
  29. Gesell A, Ilg F, Bates L. *El niño de 1 a 5 años*. 6ta ed. Barcelona: Paidós; 2011.
  30. Aslin RN, Dumais ST. Binocular vision in infants: A review and a theoretical framework. Vol. 15, *Advances in Child Development and Behavior*. 1980. 53-94 p.
  31. Afifi A, Bergman R. *Neuroanatomía Funcional: Texto y Atlas*. 2da ed. D.F., México: McGraw Hill Professional; 2005.
  32. Moruzzi G, Magoun HW. Brain Stem Reticular Formation and Activation of the EEG. *Neuropsychiatry (London)*. 1995;7(2):251–67.
  33. Van Zomeren A, Brouwer W. *Clinical Neuropsychology of Attention*. 1st ed. New York: Oxford University Press; 1994.
  34. Marrocco RT, Witte EA, Davidson MC. Arousal systems. *Curr Opin Neurobiol*. 1994;4(2):166–70.
  35. Luria AR. *El Cerebro en Acción I y II*. 5ta ed. Madrid, España: Orbis; 1988.
  36. Petersen SE, Posner MI. *The Attention System of the Human Brain: 20 Years After*.



- Annu Rev Neurosci . 2012;35(1):73–89.
37. Posner MI, Rothbart MK. Research on Attention Networks as a Model for the Integration of Psychological Science. *Annu Rev Psychol.* 2007;58(1):1–23.
  38. Alliger Ruff H, Klevjord Rothbart M. *Attention in Early Development: Themes and Variations.* Oxford: Oxford University Press; 2001.
  39. Silva J. Potenciales Relacionados a Eventos (PRE): aspectos básicos y conceptuales. In: *Métodos en Neurociencias Cognoscitivas.* D.F., México: Editorial Manual Moderno; 2011. p. 41–60.
  40. Hillyard SA, Picton TW. Electrophysiology of Cognition. In: *Handbook of Physiology* . 1987. p. 519–84.
  41. Osterhout L, Mclaughlin J, Pitk I, Frenck-mestre C, Molinaro N. Novice Learners , Longitudinal Designs , and Event-Related Potentials : A Means for Exploring the Neurocognition of Second Language Processing. *Lang Learn.* 2006;56(s1):199–230.
  42. Rodríguez-Camacho M, Prieto B, Bernal J. Potenciales relacionados con eventos (PRE): Aspectos básicos y conceptuales. In: *Métodos en Neurociencias Cognoscitivas.* D.F., México: Manual Moderno; 2011. p. 41–67.
  43. Grey Walter W, Cooper R, Aldridge VJ, McCallum WC, Winter AL. Contingent Negative Variation: An Electric Sign of Sensori-Motor Association and Expectancy in the Human Brain. *Nature.* 1964;202:693–4.
  44. Toga AW, Mazziotta JC. Electrophysiological Imaging of Brain Function. In: *Brain Mapping: The Methods.* 2da ed. San Diego, USA: Academic Press; 2002. p. 175–85.
  45. Sutton S, Braren M, Zubin J, John ER. Evoked-Potential Correlates of Stimulus Uncertainty. *Science* (80). 1965;150(3700):1187–8.
  46. Ramírez S, Hernández JF. Potenciales evocados relacionados con eventos cognoscitivos. Morillo LE, editor. *Guía Neurológica.* 2007;7:189–95.
  47. Näätänen R, Picton TW. The N1 Wave of the Human Electric and Magnetic Response to Sound: A Review and an Analysis of the Component Structure. *Soc Psychophysiological Res.* 1987;24(4):375–425.
  48. Donchin E. Surprise!...Surprise? *Psychophysiology.* 1981;18(5).
  49. Escera C. Mecanismos cerebrales de la reorientación atencional involuntaria: Potencial de disparidad (MMN), N1 Y P3a. *Psicothema.* 1997;9(3):555–68.
  50. Courchesne E, Townsend J, Akshoomoff NA, Saitoh O, Yeung-Courchesne R, Lincoln AJ, et al. Impairment in shifting attention in autistic and cerebellar patients. *Behav Neurosci.* 1994;108(5):848–65.
  51. Knight DP, Feng D, Stewart M. Structure and function of the salachian egg case. *Biol Rev.* 1996;71(1):81–111.
  52. Yamaguchi S, Knight RT. Effects of temporal-parietal lesions on the somatosensory P3 to lower limb stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Evoked Potentials.* 1992;84(2):139–48.

53. McCarthy G, Luby M, Gore J, Goldman-rakic P, McCarthy G, Luby M, et al. Infrequent events transiently activate human prefrontal and parietal cortex as measured by functional MRI. *J Neurophysiol.* 1997;77(3):1630–4.
54. Menon V, Ford JM, Lim KO, Glover GH, Pfefferbaum A. Combined event-related fMRI and EEG evidence for temporal-parietal cortex activation during target detection. *Neuroreport.* 1997;8(14):3029–37.
55. Yago E, Escera C, Alho K, Giard MH. Cerebral mechanisms underlying orienting of attention towards auditory frequency changes. *Neuroreport.* 2001;12(11):2583–7.
56. Verkhatsky A, Krishtal OA, Petersen OH. From Galvani to patch clamp: The development of electrophysiology. *Pflugers Arch Eur J Physiol.* 2006;453(3):233–47.
57. Jacks AS, Miller NR. Spontaneous retinal venous pulsation: Aetiology and significance. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2003;74(1):7–9.
58. Talamillo García T. Nociones elementales para la interpretación del EEG. *Enfermería Docente.* 2011;94:29–33.
59. Feigelman S. Growth, Development, and Behavior. In: Nelson Textbook of Pediatrics. 20th ed. Philadelphia, EU: Elsevier; 2016. p. 48–53.
60. Feldman HM, Chaves-Gnecco D. Developmental/ Behavioral Pediatric. In: Zitelli and Davis' of Pediatric Physical Diagnosis. 7ma ed. Philadelphia, EU: Elsevier; 2018. p. 71–100.
61. Fiorentino MR. Métodos de Examen de Reflejos para Evaluar el Desarrollo del Sistema Nervioso Central. 5ta ed. D.F., México: La Prensa Médica Mexicana, S. A.; 2008.
62. Dominguez M, Cruz V, Abelleira M, Amado A, Frenandez M. Desarrollo evolutivo de los neonatos: Utilidad Clínica de la escala Brazelton (NBAS). *Acta X Congr Int Galego-Portugues Psicopedag.* 2009;3691–704.
63. Comisión Nacional de Protección Social en Salud. Manual para la evaluación de menores de cinco años con riesgo de retraso en el desarrollo. D.F., México; 2013.
64. Bliss SL. Test Reviews: Newborg, J. (2005). Battelle Developmental Inventory–Second Edition. Itasca, IL: Riverside. *J Psychoeduc Assess.* 2007;25(4):409–15.
65. Albers CA, Grieve AJ. Test Review: Bayley, N. (2006). Bayley Scales of Infant and Toddler Development– Third Edition. San Antonio, TX: Harcourt Assessment. *J Psychoeduc Assess.* 2007;25(2):180–90.
66. Bayley N. Bayley Scales of Infant and Toddler Development, Third Edition. Texas, EE.UU: Psychological Cooperation; 2005.
67. Silva Echevería J, Canelos Encalada P. Factores De Riesgo Natales, Prenatales Y Postnatales De Parálisis Cerebral Infantil En Niños Atendidos En El Servicio De Neurología Del Hospital Pediátrico Baca Ortiz. Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2012.
68. E., Barrera- Reséndiz J. Terapia Neurorehabilitatoria. 1ra ed. México: UNAM; 2015.

69. Academy EP. Risk factors in health and disease . European Patients' Academy. 2015. p. 1–5.
70. Sánchez-Zúñiga ME, Pérez Madero GC, Martín López MDL, Pérez Moreno JC. Factores de riesgo y signos de alarma para daño neurológico en niños menores de un año de edad. Reporte de 307 casos. *Rev Mex Neurocienc.* 2009;10(4):259–63.
71. Vecilla-Ramírez GN, Ruiz-Correa S, Marroquin JL, Harmony T, Alba A, Mendoza-Montoya O. Electrophysiological auditory responses and language development in infants with periventricular leukomalacia. *Brain Lang.* 2011;119(3):175–83.
72. Carlier MEM, Harmony T, Mendoza-Montoya O, Marroquin JL, Jackson-Maldonado D, Ricardo-Garcell J. Electrophysiological auditory response to acoustically modified syllables in preterm and full-term infants. *J Neurolinguistics.* 2016;38:14–25.
73. Katona F. Developmental clinical neurology and neurohabilitation in the secondary prevention of pre and perinatal injuries of the brain. In: *Early identification of infants with developmental disabilities.* New York: Grune & Stratton; 1988. p. 121–44.
74. Alvarado-Ruiz GA, Martínez-Vázquez R I, Sánchez C, Solís-Chan M, Mandujano Valdés M. Los movimientos elementales complejos del humano: Desarrollo postnatal. Reporte preliminar de nueve lactantes mexicanos. *Salud Ment .* 2012;35(2):99–107.
75. Katona F. Clinical neurodevelopmental diagnosis and treatment. In: Erlbaum, editor. *Challenges to developmental paradigms: implications for teory, assessments and treatment.* Hillsdale, New Jersey; 1989. p. 167–86.
76. Porras-Kattz E, Harmony T. Neurohabilitación: un método diagnóstico y terapéutico para prevenir secuelas por lesión cerebral en el recién nacido y el lactante. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2007;64:125–35.
77. Solís-Vivanco R, Ricardo-Garcell J, Rodríguez-Agudelo Y. La Atención Involuntaria : Aspectos clínicos y electrofisiológicos. *Rev Ecuat Neurol.* 2009;18(1–2).
78. Bench CJ, Frith CD, Grasby PM, Friston KJ, Paulesu E, Frackowiak RSJ, et al. Investigations of the Functional Anatomy of Attention Using the Stroop Test. *Neuropsychologia.* 1993;31(9):907–22.
79. McIntosh DN, Miller LJ, Shyu V, Hagerman RJ. Sensory-modulation disruption, electrodermal responses, and functional behaviors. *Dev Med Child Neurol.* 1999;41(9):608–15.
80. Lagos Salas D, Velasco Benavides D. Restos sensoriales o dificultades de aprendizaje. *Boletín Inf CEI.* 2014;1(2):97–8.
81. Angulo Castellanos E y, García Morales E. Morbilidad respiratoria del pretérmino tardío. In: *Programa de Actualización Continua en Neonatología 4- Libro 2.* México, D.F.: Intersistemas S.A. de C.V.; 2016. p. 31–8.
82. Bautista G. Normalización y correlación de las categorías de Motricidad Gruesa y Lenguaje del Formato de Evaluación del Desarrollo Psicomotriz. *Escuela Nacional de Estudio Superiores León Universidad Nacional Autónoma de México;* 2017.

83. Galán L, Biscay R, Rodríguez JL, Pérez-Abalo MC, Rodríguez R. Testing topographic differences between event related brain potentials by using non-parametric combinations of permutation tests. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1997;102(3):240–7.
84. Wright SP, Westfall PH, Young SS. On adjusting p-values for multiplicity. *Biometrics*. 1993;49(3):941-944 EP-.
85. Cheour M, Korpilahti P, Martynova O, Lang AH. Mismatch Negativity and Late Discriminative Negativity in Investigating Speech Perception and Learning in Children and Infants. *Audiol Neurotol*. 2001 [cited 2018 Oct 9];6(1):2–11.
86. Dehaene-Lambertz G, Dehaene S. Speed and cerebral correlates of syllable discrimination in infants. *Nature*. 1994;370:292–4.
87. DeRegnier RA, Nelson CA, Thomas KM, Wewerka S, Georgieff MK. Neurophysiologic evaluation of auditory recognition memory in healthy newborn infants and infants of diabetic mothers. *J Pediatr*. 2000;137(6):777–84.
88. Astle DE, Jackson GM, Swinson R. Dissociating neural indices of dynamic cognitive control in advance task-set preparation: An ERP study of task switching. *Brain Res*. 2006;1125(1):94–103.
89. Wetzell N, Widmann A, Berti S, Schröger E. The development of involuntary and voluntary attention from childhood to adulthood: A combined behavioral and event-related potential study. *Clin Neurophysiol*. 2006;117(10):2191–203.
90. Gumenyuk V. Electrophysiological and behavioral indices of distractibility in school-age children. *Cognitive Brain Research*. University of Helsinki; 2005.
91. Mueller V, Brehmer Y, von Oertzen T, Li SC, Lindenberger U. Electrophysiological correlates of selective attention: A lifespan comparison. *BMC Neurosci*. 2008 ;9.
92. Martynova O, Kirjavainen J, Cheour M. Mismatch negativity and late discriminative negativity in sleeping human newborns. *Neurosci Lett* . 2003;340(2):75–8.
93. Robertson IH. A right hemisphere role in cognitive reserve. *Neurobiol Aging* . 2014;35(6):1375–85.
94. Japee S, Holiday K, Satyshur MD, Mukai I, Ungerleider LG. A role of right middle frontal gyrus in reorienting of attention: a case study. *Front Syst Neurosci*. 2015;9(March):1–16.
95. Cosentino S, Brickman AM, Griffith E, Habeck C, Cines S, Farrell M, et al. The right insula contributes to memory awareness in cognitively diverse older adults. *Neuropsychologia* . 2015;75:163–9.
96. Näätänen R, Sussman ES, Salisbury D, Shafer VL. Mismatch negativity (MMN) as an index of cognitive dysfunction. *Brain Topogr*. 2014;27(4):451–66.
97. Fellman V, Kushnerenko E, Mikkola K, Ceponiene R, Leipälä J, Näätänen R. Atypical auditory event-related potentials in preterm infants during the first year of life: A possible sign of cognitive dysfunction? *Pediatr Res* . 2004 ;56(2):291–7.
98. Vecilla-Ramírez G, Harmony T, Porrás-Kattz E, Ricardo-Garcell J, Fernández-Bouzas A, Santiago E. Electrophysiological Indicators of the phonetic perception.

- Cienc UAQ. 2010;3(1):14–26.
99. Aznar JM. Motricidad y cognición. Un estudio empírico. Apunts. Educación física y deportes. Institut d’Educació Física de Catalunya; 2006.
  100. Díaz Cano JA. Influencia de la Motricidad y la Atención en la Escritura de Niños de 1º de primaria. Universidad Internacional de la Rioja; 2012.
  101. Piek JP, Pitcher TM, Hay DA. Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. *Dev Med Child Neurol.* 1999;41(3):159–65.
  102. Piek JP, Dawson L, Smith LM, Gasson N. The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Hum Mov Sci.* 2008;27(5):668–81.
  103. Steger J, Imhof K, Coutts Lic Phil E, Gundelfinger R, Steinhausen HC, Brandeis D. Attentional and neuromotor deficits in ADHD. *Dev Med Child Neurol.* 2001;43(3):172–9.
  104. Vidarte Claros JA, Vález Alvarez C, Moscoso Ariza OH, Restrepo de Mejía F. Motricidad Y Cognición En El Déficit De Atención E Hiperactividad Tdah. *Ánfora.* 2010;17(28):125–49.
  105. Bauermeister JJ. Hiperactivo, Impulsivo, Distráido, ¿Me conoces?. Guía acerca del déficit atencional para padres, maestros y profesionales. 3ra ed. Nueva York: The Guilford Press; 2002.
  106. Wijnroks L, van Veldhoven N. Individual differences in postural control and cognitive development in preterm infants. *Infant Behav Dev.* 2003;26(1):14–26.
  107. Mercuri E, Baranello G, Romeo DMM, Cesarini L, Ricci D. The development of vision. *Early Hum Dev.* 2007;83(12):795–800.
  108. Linsell L, Malouf R, Morris J, Kurinczuk JJ, Marlow N. Prognostic factors for poor cognitive development in children born very preterm or with very low birth weight a systematic review. *JAMA Pediatr.* 2015;169(12):1162–72.
  109. Howe TH, Sheu CF, Hsu YW, Wang TN, Wang LW. Predicting neurodevelopmental outcomes at preschool age for children with very low birth weight. *Res Dev Disabil.* 2016;48:231–41.
- .....



Escala de Evaluación de la Atención Selectiva Visual y Auditiva (EEAS)										
Nombre:				Semanas De Gestación:		Fecha Inicio EEAS:				
Factores de Riesgo:				Área:		Fecha de Nacimiento:				
						Fecha Edad Corregida:				

Mes de evaluación	Fecha de evaluación	Puntuación Escala visual	Percentil	Clasificación	Puntuación Escala auditiva	Percentil	Clasificación	Puntuación Total	Percentil	Clasificación
1 MES										
2 MESES										
3 MESES										
4 MESES										
5 MESES										
6 MESES										
7 MESES										
8 MESES										

**ESCALA VISUAL**

Fecha de evaluación										OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Edad Meses										
Edad Semanas										
1	Contacto visual con el adulto									
2	Contacto visual con el adulto al desplazarse									
3	Contemplación de tarjetas (25-30 cm) en la línea media									
4	Contemplación de tarjetas (90 cm) en la línea media.									
5	Observación de tarjetas (25-30 cm) a la derecha.									
6	Observación de tarjetas (25-30 cm) a la izquierda.									
7	Seguimiento de tarjetas de la línea media a la derecha y a la izquierda y viceversa									
8	Observación de un anillo cercano (25-30 cm) en la línea media por 3 segundos.									
9	Observación de su imagen frente al espejo (distancia 20 cm)									
10	Fixación discriminativa entre dos tarjetas									
11	Seguimiento del desplazamiento de tarjetas aumentando la distancia (45-90 cm)									
12	Seguimiento del desplazamiento del anillo horizontalmente									
13	Seguimiento del desplazamiento del anillo verticalmente									
14	Seguimiento del desplazamiento del anillo circularmente									
15	Seguimiento del desplazamiento de la tarjeta de derecha a izquierda girando completamente la cabeza									
16	Seguimiento del desplazamiento de la tarjeta arriba-abajo flexionando y extendiendo completamente el cuello									
17	Observación de un cubo pequeño por 3 segundos									
18	Observación prensión y manipulación de un anillo									
19	Observación prensión y manipulación de un anillo oscilante									
20	Seguimiento visual y prensión de una varilla									
21	Seguimiento visual del trayecto de una pelota, con intento de tomarla									
22	Observación de una ficha									
23	Observación y aproximación a su imagen frente al espejo									
24	Seguimiento de la caída de un globo									
25	Alcanzar cubos colocado sobre la mesa									
26	Localización de una pelota oculta									
27	Observación, manipulación de la cuerda atada al anillo									
28	Búsqueda del rostro familiar oculto									
29	Estirar la mano al observar su imagen frente al espejo									
30	Tomar una pastilla y llevarla a la boca									
31	Tomar objetos y golpearlos sobre la mesa									
32	Tomar dos cubos con las manos									
<b>TOTAL</b>										

**ESCALA AUDITIVA**

Fecha de evaluación										OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Edad Meses										
Edad Semanas										
1	Respuesta a la voz humana									
2	Respuesta ante el sonido de una campana (30-45 cm)									
3	Respuesta ante el sonido de una campana a la derecha									
4	Respuesta ante sonidos de una campana a la izquierda									
5	Respuesta ante la voz humana girando la cabeza									
6	Respuesta ante sonidos de la campana girando la cabeza									
7	Respuesta al escuchar su nombre									
8	Respuesta ante la voz humana, localizando el origen de donde procede									
9	Respuesta discriminativa ante dos estímulos auditivos diferentes									
10	Respuesta ante el sonido de una sonaja que él agita									
11	Seguimiento del sonido de una campana en dirección arriba-abajo									
12	Seguimiento del sonido de una campana en dirección derecha izquierda									
13	Búsqueda de sonidos sentado con movimientos oculares									
14	Repetición de sonidos cuando se le habla									
<b>TOTAL</b>										
<b>Nombre del evaluador</b>										
0	CONDUCTA AUSENTE	1	EN CONSOLIDACIÓN	2	EJECUTADA SATISFACTORIAMENTE					

Tabla tomada de *Infant Scale of Selective Attention: A Proposal to Assess Cognitive Abilities*, Gutiérrez-Hernández & Harmony, 2017. Para asignar la clasificación acorde a la puntuación y percentil.

**Table 2**  
Normalcy Initial Parameters (auditory scale).

		Auditory scale							
		1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m
N		4	19	29	33	38	45	23	9
Mean		7.5	8.4	13.0	19.6	21.9	24.9	26.3	25.6
S.D.		7.0	4.0	5.5	6.0	5.9	3.8	2.3	3.3
Minimum		4	1	2	4	4	9	20	19
Maximum		18	18	22	28	28	28	28	28
<i>Percentiles</i>									
Deficient	10	4	4	4	10	13	20	22	19
	20	4	4	10	15	17	23	25	21
		Auditory scale							
		1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m
Normal	25	4	6	11	16	18	23	25	24
	30	4	6	11	17	19	24	25	26
	40	4	7	12	20	23	26	26	26
	50	4	8	13	21	24	26	28	26
	60	4	9	14	22	25	26	28	28
	70	11	10	16	24	26	28	28	28
	75	15	11	18	24	26	28	28	28
Accelerated Performance	80	18	12	18	24	26	28	28	28
	90	18	14	20	27	28	28	28	28
	100	18	18	22	28	28	28	28	28



Anexo 2. Subescala del FEDP dirigida a la motricidad gruesa y movimientos posturales.

ESCALAS DE EVALUACIÓN DE DESARROLLO PSICOMOTRIZ T A 36 MESES	No lo logra (0) Lo intenta pero no lo logra (1) En proceso de desarrollo (2) Lo realiza inhábilmente (3) Norma																																						
	FECHAS DE EVALUACIÓN																																						
	EDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
MOTOR GRUESO MOVIMIENTOS POSTURALES																																							
2-4 Control cervical *																																							
2-4 Sobre el abdomen levanta tórax apoyando brazos																																							
4-5 Sentado con reacción de protección delantera																																							
4-6 Cambio de decúbito prono a decúbito supino																																							
5-8 Sentado sin apoyo*																																							
7-8 Reacciones de protección laterales y delanteras*																																							
7-8 Cambio de posición sentada a decúbito prono																																							
7-8 Patrón de arrastre*																																							
8-9 Cambio de posición cuatro puntos a hincado																																							
8-10 Patrón de gateo independiente*																																							
10-11 Gateo en diferentes niveles (colchón, planos, etc.)																																							
*10-14 Transición gateo a bipedestación*																																							
11-15 Comienza el patrón de marcha*																																							
13-15 Se pone de pie momentáneamente sin apoyarse																																							
13-15 Camina hacia atrás																																							
13-15 Camina solo (cae frecuentemente)																																							
14-17 Sube escaleras apoyándose en ambas manos																																							
15-19 Patea una pelota																																							
16-19 Sube escaleras gateando																																							
17-20 Corre (con riñidez)																																							
18-20 Camina solo (cae rara vez)																																							
18-21 Sube y baja escaleras sostenido de una mano																																							
19-21 Lanza la pelota																																							
20-24 Salta en el sitio																																							
21-24 Juega en cuclillas																																							
23-25 Corre bien (no se cae)																																							
23-25 Sube y baja escaleras solo sin alternar																																							
25-28 Cacha una pelota (examinador a cinco pasos)																																							
26-28 Camina en la punta de los pies (cuatro pasos)																																							
28-30 Se para en un pie (sin apoyo y con demostración)																																							
28-30 Corre rápido																																							
29-32 Salta de un escalón con las dos piernas																																							
29-32 Camina sobre una línea trazada en el piso																																							
29-32 Salta a longitud																																							
33-35 Salta obstáculos																																							
34-37 Sube las escaleras alternando los pies																																							
PUNTUACIÓN OBTENIDA																																							
PORCENTAJE																																							

Anexo 3. Consentimiento informado de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo del Instituto de Neurobiología, UNAM Campus Juriquilla.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN NEURODESARROLLO**

**"DR. AUGUSTO FERNÁNDEZ GUARDIOLA"**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO Y AUTORIZACIÓN DE INGRESO AL PROTOCOLO:**

Santiago de Querétaro, Qro. de \_\_\_\_\_ del 201\_.

Me han informado y entiendo la importancia de la investigación que realiza la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo "Dr. Augusto Fernández Guardiola" en la detección, tratamiento y seguimiento del daño cerebral perinatal; además en la elaboración de métodos diagnósticos asequibles en el sistema de salud. Considero que es una gran oportunidad para mi hijo al haber sido aceptado en este protocolo de investigación de lactantes, y que permitirá tener una herramienta viable en el diagnóstico del daño cerebral perinatal, por lo que **AUTORIZO** que los evaluadores designados por esta unidad realicen las valoraciones necesarias a mi hijo de \_\_\_\_\_ meses de edad, con el formato de evaluación psicomotriz en las fechas que le sean programadas.

Me comprometo a acudir a todas las citas que se programarán para realizar las diversas valoraciones y traer a mi hijo en las condiciones solicitadas. He sido informado que se me explicarán los resultados que mi hijo obtenga en cada una de las valoraciones que se le realicen. Estoy consciente de que esta investigación es propiedad intelectual de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo "Dr. Augusto Fernández Guardiola", perteneciente al Instituto de Neurobiología de la UNAM Campus Juriquilla, por lo que me comprometo a no difundir los resultados que se me expliquen de manera personal a nadie ajeno a las entidades participantes (UIND de la UNAM-Guardería del IMSS).

\_\_\_\_\_  
Nombre de la madre

\_\_\_\_\_  
Nombre del padre

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Firma