



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

PROYECTO FINANCIADO POR:  
CONACYT J-37584-M

Efectos sobre los factores neuropsicológicos y coeficiente intelectual de niños expuestos a contaminación por flúor y arsénico.

**TESIS**

QUE PRESENTA COMO REQUISITO PARA OBTENER GRADO DE:

**LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

**RAÚL MORALES VILLEGAS**

ASESORES:

NPSIC. MARIA ELENA NAVARRO CALVILLO.  
DRA. JAQUELINE CALDERÓN HERNÁNDEZ.

*/tesis/000000039/index.html*

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

FEBRERO DEL 2005.

*A mi familia por su apoyo incondicional.  
A Miguel por estar en mi vida.  
A Keila, Emiliano y Hannia.  
A todos mis amigos.*

**CON PROFUNDO AGRADECIMIENTO:**

*Npsic. Maria Elena Navarro Calvillo por todo su apoyo y por contagiarme de su entusiasmo por conocer y aprender cada día más.*

*Dra. Jaqueline Calderón Hernández por darme la oportunidad de trabajar en su equipo y creer en mí para llevar acabo este proyecto.*

*QFB Diana Amador Rocha, por su paciencia y por su ayuda académica incondicional.*

*A los psicólogos Araceli, David, Hugo, Jesús, Laura Patricia, por su apoyo en el trabajo de campo.*

*Al personal del Departamento de Toxicología Ambiental y Dirección de la Facultad de Psicología.*

*Finalmente mil gracias a todos los niños que participaron en esta investigación, trabajar con ustedes ha sido una experiencia extraordinaria.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>CAPTITULO I REFERENTES TEÓRICOS.</b>	<b>3</b>
1.1 Neuropsicología infantil.	3
1.2 Desarrollo neuropsicológico del niño.	4
1.3 Las funciones psicológicas superiores.	8
1.4 Neurotoxicología y desarrollo neuropsicológico.	32
1.5 Efectos en el desarrollo de procesos psicológicos por exposición a flúor y arsénico.	35
<b>CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>	<b>38</b>
2.1 Objetivos.	38
2.2 Hipótesis.	38
2.3 Diseño y tipo de estudio.	38
<b>CAPITULO III METODOLOGÍA.</b>	<b>40</b>
3.1 Población.	40
3.2 Material.	40
3.3 Variables.	47
<b>CAPITULO IV RESULTADOS.</b>	<b>48</b>
4.1 Evaluación sociodemográfica, exposición a flúor y arsénico y variables confusoras.	48
4.2 Evaluación neuropsicológica.	51
<b>CAPITULO V CONCLUSIONES.</b>	<b>67</b>
5.1 Discusión.	72
5.2 Sugerencias.	75
<b>REFERENCIAS.</b>	<b>76</b>
<b>APENDICE.</b>	<b>-</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características sociodemográficas de la muestra.	48
Tabla 2. Niveles de flúor y arsénico en orina por puntos de corte.	49
Tabla 3 Variables confusoras.	50
Tabla 4 Puntuaciones obtenidas en la prueba WISC RM.	51
Tabla 5 Análisis descriptivo de los factores neuropsicológicos (WISC RM).	52
Tabla 6 Media y desviación estándar en la copia y memoria visual de la figura compleja de Rey Osterreith.	52
Tabla 7 Promedio de palabras emitidas en la prueba de fluidez verbal en su modalidad fonológica y semántica.	53
Tabla 8 Errores en la prueba de fluidez verbal (intromisión y perseveración).	54
Tabla 9 Puntuaciones obtenidas en la ejecución de la prueba de desempeño continuo.	54
Tabla 10 Puntuación obtenida en tiempos de reacción mediante la prueba de desempeño continuo.	55
Tabla 11 Correlaciones entre las variables de exposición y las variables confusoras.	56
Tabla 12 Correlaciones entre niveles de exposición de flúor y arsénico en orina y batería de pruebas neuropsicológica.	57
Tabla 13 Correlaciones entre los tiempos de reacción de la prueba de desempeño continuo y variables de exposición.	58
Tabla 14 Correlaciones entre errores en la ejecución de la prueba de desempeño continuo y las variables de exposición.	59
Tabla 15 Correlaciones entre la práxia constructiva gráfica y los factores de organización visual y coordinación visomotora.	60
Tabla 16 Correlaciones entre los factores de razonamiento verbal del WISC RM y los factores de fluidez verbal y semántica.	60

## ÍNDICE DE FIGURAS Y ESQUEMAS.

Esquema 1: Localización de los factores neuropsicológicos y las funciones psicológicas superiores.	13
Esquema 2. Reagrupación de las subpruebas realizada por Kauffman para obtener factores neuropsicológicos del WISC RM.	42
Figura 1 Comparación múltiple entre el coeficiente intelectual verbal ejecución total y los niveles de flúor en orina.	61
Figura 2 Comparación entre el coeficiente intelectual verbal, de ejecución y total y los niveles de arsénico en orina.	62
Figura 3 Comparación entre la de la figura compleja de Rey Osterreith y los niveles de flúor en orina.	63
Figura 4 Comparación entre 1 por copia y memoria de la figura compleja de Rey Osterreith y los niveles de arsénico en orina.	63
Figura 5 Comparación entre los factores de razonamiento verbal y memoria verbal a largo plazo del WISC RM (Kaufman) y los niveles de flúor en orina.	64
Figura 6 Comparación entre los factores de razonamiento verbal, y memoria verbal a largo plazo del WISC RM (Kaufman) y los niveles de arsénico en orina.	64
Figura 7 Comparación entre los factores de organización espacial, coordinación visomotora del WISC RM (Kaufman) y los niveles de flúor en orina.	65
Figura 8 Comparación entre los factores de organización espacial, coordinación visomotora WISC RM (Kaufman) y los niveles de arsénico en orina.	65
Figura 9 Comparación entre factor de procesamiento simultaneo y sucesivo del WISC RM (Kaufman) y los niveles de flúor en orina.	66
Figura 10 Comparación entre factor de procesamiento simultaneo y sucesivo del WISC RM (Kaufman) y los niveles de arsénico en orina.	66

## INTRODUCCIÓN

En la zona centro-norte del país la contaminación natural por flúor y arsénico representa un serio problema de salud pública. Se ha estimado que 5,000, 000 de personas están expuestas niveles de flúor superiores a 1.5 ppm a través del agua de beber (NOM-127-SSA.1994). En los últimos años se ha generado información que sugiere que el flúor puede ser un posible agente neurotóxico (Díaz, et al. 1997).

En niños expuestos crónicamente se ha observado que a mayor concentración de flúor en orina hay un aumento en los tiempos de reacción y menores puntuaciones en pruebas que miden organización visoespacial y visomotora (Machado, 1999; Nava & Cañizares, 1999). Además de los efectos sobre la función intelectual (Lu, et al. 2000; Xiang, et al. 2003).

Con respecto al arsénico en agua es común encontrar concentraciones elevadas en zonas con hidrofluorosis endémica. Al igual que el flúor el arsénico es un agente nocivo para la salud y puede aumentar el riesgo de cáncer del pulmón, de la piel, de la vejiga, del hígado, del riñón y la próstata (Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2003b). Están demostrados los efectos sobre funciones neuropsicológicas específicamente atención y memoria, en poblaciones infantiles (Calderón, et al. 2001; Van Geen, et al.2002; Yen, Yi, Wen, Chao & Mei, 2003).

El propósito de este trabajo es evaluar los efectos sobre factores neuropsicológicos en poblaciones infantiles en edad escolar expuestos al flúor y arsénico a través del agua de consumo humano. Es también una prioridad divulgar los resultados con el fin de informar a la población en general y a las instancias de gobierno correspondientes del serio problema de salud pública que se presenta en la zona centro-norte del país.

La presente investigación se llevo acabo en dos poblaciones semi urbanas de nivel socioeconómico medio-bajo de la ciudad de Durango y municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. Se cuantificó el nivel de flúor y arsénico en orina, y plomo en sangre además de la deficiencia de hierro usando el método de saturación de transferrina; estos análisis se realizaron en el departamento de Toxicología Ambiental, de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se aplicaron pruebas neuropsicológicas y psicométricas, además de la evaluación de las condiciones socioeconómicas y la escolaridad de los padres.

## 1.1 NEUROPSICOLOGÍA INFANTIL

La neuropsicología está ubicada entre dos grandes áreas del conocimiento, las neurociencias y las ciencias sociales y ha incorporado los avances más importantes de estas disciplinas con el objeto de conformar su aparato teórico metodológico (Quintanar & Solovieva, 2003).

Hacia 1970 se comenzó a diferenciar la neuropsicología infantil; la influencia de A.R Luria en el desarrollo de esta disciplina tuvo un impacto profundo. La causa que motivó su rápido crecimiento fue la preocupación enfocada a estudiar las alteraciones de las funciones psíquicas por lesiones cerebrales locales en los niños. Fue así como se empezó a delimitar su objeto de estudio; para Benton la neuropsicología infantil se dirigió a tratar de esclarecer la relación entre el cerebro y la conducta en el ser humano en desarrollo (Manga y Ramos, 1991). Versiones contemporáneas afirman que la neuropsicología estudia las funciones psicológicas en estrecha relación con las estructuras nerviosas, tanto en la normalidad como en la patología, en niños y adultos (Quintanar & Solovieva, 2003).

La historia de la evaluación y tratamiento de las alteraciones en el aprendizaje en México, no ha sido ajena a la de otros países. Así en la década de los 70's se eligió la aproximación fisiopatológica desarrollada por Azcoaga, dentro de este modelo los psicólogos realizaban evaluación a través de pruebas psicológicas de inteligencia. Posteriormente, en la década de los 80's se introdujo el modelo de Piaget, finalmente en la década de los 90's se inician los intentos por implementar el modelo histórico cultural de Vigotsky (Azcoaga, 1983). Actualmente no se puede negar el claro interés de la neuropsicología infantil por los mecanismos neurológicos implicados en los procesos de aprendizaje, en la adquisición normal ó cuando existe trastorno y/o dificultad (Quintanar & Solovieva, 2003).

## **1.2 DESARROLLO NEUROPSICOLÓGICO DEL NIÑO**

### **Desarrollo del cerebro en la etapa intrauterina y postnatal**

La formación del sistema nervioso inicia su desarrollo a los 18 días y consiste en una proliferación neuronal con posterior migración celular, desarrollo axonal, dendrítico y sináptico, proceso que termina en la adolescencia (Ardila, Roselli, Pineda y Lopera, 1992).

El sistema nervioso al principio presenta el aspecto de placa cuyos bordes se van doblando hasta formar un tubo. En uno de sus extremos se forman unas vesículas que son los rudimentos de los futuros sectores principales del encéfalo. La primera vesícula da origen a los hemisferios cerebrales, ya en la octava semana de vida del feto comienza a formarse la corteza cerebral. En la duodécima semana termina la formación de la placa cortical y comienza el periodo de su primera diferenciación en dos capas: la interior esponjosa y ancha, y la exterior más compacta y estrecha. Pasados los primeros cuatro meses, en el tejido cerebral nervioso del feto se producen cambios notables. Comienza a crecer la capa externa de la placa cortical; el crecimiento de la placa interna es mucho más lento, por lo que en la capa externa se forman pliegues y surcos. Su desarrollo es tan rápido, que, al nacer, el cerebro del niño cuenta ya, en lo fundamental con todos los surcos y circunvoluciones características del adulto. (Lublinskaia, 1971).

A este nivel en el sistema nervioso central del neonato ya se observan conductas motoras simples y reflejas. Después del nacimiento el cerebro del niño continuará su crecimiento rápido en tamaño (Ardila et al. 1992).

Es importante mencionar que las modificaciones de la corteza no se reducen a su rápido crecimiento, también se observa la diferenciación de los propios elementos celulares. La estructura celular viene a sustituir a la amorfa. Posteriormente toda la corteza adquiere la estructura de seis capas propias del cerebro, sin embargo, la maduración y formación de las células no se produce simultáneamente en los diferentes sectores del cerebro. El desarrollo se

manifiesta en la modificación de la estructura y en el tamaño de las propias células. A la par del desarrollo de las células en el cerebro marcha también el de las fibras nerviosas o vías conductoras, estas comienzan a penetrar desde la sustancia blanca a la primera capa de la corteza; no obstante su número en el recién nacido, sigue siendo insignificante, posteriormente estas fibras comienzan a penetrar en las capas superiores de la corteza. En el recién nacido el desarrollo del sistema nervioso, y ante todo de su cerebro estarán determinados por la interacción constante que exista entre el niño y el mundo que le rodea (Lublinskaia, 1971).

Se presentará un número infinito de excitaciones producto de la interacción con el medio. Tal actividad del cerebro motiva su rápido desarrollo. Por consiguiente los primeros tres meses de vida el cerebro aumenta 30 gramos por mes, el desarrollo extrauterino también se manifiesta en la modificación de la estructura del tejido cerebral; en el aumento de las células cerebrales, y en el número de ramificaciones nerviosas (longitud y grosor). Las fibras atraviesan la corteza en distintas direcciones permitiendo la formación de varias conexiones, estas fibras se cubren con una capa de mielina blanca lo que garantiza la conductibilidad de la excitación nerviosa. Kazatkin refiere que la estimulación trae consigo una mielinización más rápida de fibra nerviosa y, por consiguiente, puede acelerar el proceso de desarrollo morfológico de la corteza. La mielinización de las fibras de la corteza y la estructura cerebral transcurren de modo uniforme, primero se cubren con una capa las formaciones filogenéticamente más antiguas y, posteriormente, se mielinizan sectores del cerebro jóvenes, y las que más tardan en realizar este proceso son las áreas asociativas superiores, entre las que se encuentran las temporales y frontales, que son las que se relacionan directamente con la actividad mental superior (Lublinskaia, 1971).

Durante el primer año de vida el niño avanza de manera extraordinaria en su desarrollo: su peso se triplica y su longitud de su tronco aumenta, se desplaza poco y realiza un número limitado de

movimientos, se sienta y se vuelve por sí solo en todos los sentidos. Los movimientos coordinados de las manos y los ojos son un logro considerable, la manipulación de los objetos ha creado las premisas para el desarrollo del pensamiento. El desarrollo en la estructura de su cerebro, las fibras nerviosas han quedado cubiertas por una capa de mielina, estas fibras atraviesan la corteza en distintas direcciones y favorecen la formación de nuevas, se deben considerar los notables cambios en los analizadores que permitirán al pequeño aprender a percibir y distinguir colores básicos y sonidos, reconocer y discernir los objetos incorporados a una situación determinada. Su aparato audio articulario está preparado para escuchar y comprender palabras (Ardila, et al. 1992).

El desarrollo cortical -engrosamiento y formación de conexiones – no parece seguir un paso uniforme, sino que se presenta por ráfagas. Estos periodos de enriquecimiento sináptico se han observado entre los 2 y 4 años, 6 y 8 años, los 10 y 12 años, y de los 14 a los 16 años (Epstein. 1986). Las características específicas en el desarrollo de estas ráfagas son:

Al finalizar el tercer año de vida la corteza cerebral se forma rápidamente, a expensas del crecimiento y formación de células nerviosas. En esta etapa se desarrolla la facultad imitativa, otros logros son la asimilación de la marcha y el lenguaje, hasta aquí el niño ha aprendido a hablar, a pedir, a dirigirse a los demás, a escuchar, y va camino a adquirir mayor autonomía. Aproximadamente a los siete años se forman los reflejos condicionales, pero carecen de suficiente estabilidad, con más dificultad se forma la inhibición condicionada que permite ya la regulación primaria del propio comportamiento, la concentración voluntaria del recuerdo y memorización del material, la supeditación de las normas y la actividad volitiva razonada. Hasta aquí el niño domina correctamente el lenguaje fonemático, utilizan un léxico de 1300 a 3000 palabras, y formas gramaticales simples y complejas, su comprensión de la vida circundante es óptima. Su lenguaje comprendido y hablado se ha convertido en poderoso instrumento para la

cognición. El niño aprende a experimentar y a solicitar explicaciones, en esta etapa sus funciones psicológicas le permitirán asimilar la lectoescritura y el cálculo. (Lublinskaia, Ardila, 1971., 1992).

0510310  
DON  
SAOT  
GAR  
←

### 1.3 LAS FUNCIONES PSICOLÓGICAS SUPERIORES:

Desde el punto de vista de la Psicología Moderna, las funciones psíquicas del hombre constituyen complejos procesos autorregulados, sociales por su origen, mediatizados por su estructura concientes y voluntarios por el modo de funcionamiento (Luria, 1974).

De acuerdo con esta concepción “la función” es en realidad un sistema funcional (Anojin, 1968) destinado a cumplir una tarea biológica determinada y asegurado por un complejo de actos intervencionales que, al final conducen al logro del efecto biológico correspondiente.

El rasgo sustancial del sistema funcional consiste en que, por lo común, se apoya en una constelación dinámica de eslabones situados en diferentes niveles del sistema nervioso y que estos eslabones pueden cambiar aunque la propia tarea no se inmude. Cada función psíquica, como sistema funcional, se realiza gracias al trabajo concertado de diferentes zonas cerebrales (corticales y subcorticales). Estas zonas cumplen con una función específica, haciéndose responsable del aseguramiento de determinado eslabón o componente de la estructura interna de la actividad mental dada: el cerebro trabaja selectivamente como un todo (Luria, 1974).

Así en el modelo de Luria podemos distinguir tres unidades funcionales:

1.- Unidad para regular el tono o estado de alerta: sistema reticular activador. Luria concibe al tallo cerebral (bulbo raquídeo, puente y mesencéfalo) y al tálamo como una unidad funcional que mantiene al individuo en estado de alerta. La función principal de ésta estructura, que está organizada como una red nerviosa es de activar a diversas partes de la corteza ante señales diversas. Ésta es la función principal del sistema reticular activador ascendente. Por otro lado, las fibras descendentes permiten un control cortical del tallo cerebral, el cual es, entonces, un centro fisiológico para la atención. Una lesión o disfunción en esta área provoca la pérdida de la selectividad, de la actividad cortical y de la discriminación de los estímulos.

2.- Unidad para obtener, procesar y almacenar información: cortezas occipital, temporal y parietal. En contraste con la red nerviosa de la formación reticular, que trabaja de acuerdo con el principio de inespecificidad funcional y cambio gradual, la estructura neuronal de los tres lóbulos de la segunda unidad funcional tiene una función específica. La corteza occipital recibe experiencias visuales; la temporal, experiencias auditivas, en tanto que la parietal se encarga de sensaciones cutáneas y quinestésicas. Por consiguiente la operación principal que realiza esta unidad funcional es la recepción, análisis y almacenamiento de información.

3.- La tercera unidad funcional incluye los lóbulos frontales y está involucrada en la programación conductual, intencionalidad, procesos complejos de comportamiento, regulación de la atención y verificación de la actividad mental. En el ser humano, los lóbulos frontales abarcan gran proporción de la corteza cerebral, además, durante la ontogenia son las últimas estructuras en madurar, maduración que no se alcanza completamente sino hasta llegar al periodo de los 7 a los 12 años.

Esta concepción de la organización vertical de las estructuras cerebrales señala que, a pesar de que la corteza cerebral es fundamentalmente para el pensamiento abstracto, todo el sistema nervioso central contribuye a él, de alguna forma particular.

Luria (1979) sostiene que en las distintas áreas de la corteza humana pueden distinguirse a su vez, con base en sus diferentes funciones, tres tipos de zonas: primaria, secundarias y terciarias.

Las zonas primarias son áreas o regiones específicas de la corteza en la que se proyectan informaciones de los diversos sistemas sensoriales (visual, auditivo y somestésico). En estas áreas se observa una disposición topográfica en la cual aspectos específicos de estímulos se encuentran localizados sistemáticamente en la corteza; por ejemplo, la información sensorial de

diferentes partes del cuerpo es proyectada a áreas corticales sensoriales específicas; tonos específicos se proyectan a áreas específicas de la corteza auditiva, y partes específicas del campo visual se proyectan a áreas de la corteza visual. Estas zonas primarias están formadas principalmente por neuronas aferentes de la capa IV de la corteza.

En el hombre, las regiones de recepción primaria constituyen una proporción muy pequeña del área cortical total, puesto que la mayor parte de la corteza está formada por áreas de asociación secundarias y terciarias.

Las áreas secundarias, que se encuentran situadas alrededor de las zonas de proyección primarias, están implicadas en el manejo de parámetros más complejos de la información referente a un sistema sensorial dado. Mientras que los contactos neuronales de las áreas primarias provienen de los órganos sensoriales a través del tallo cerebral, las neuronas de las áreas de asociación tienen numerosas conexiones transcorticales a través de axones cortos. Esto significa que las áreas primarias reciben elementos de la sensación y las áreas secundarias que contienen ciertas conexiones neuronales construidas a través de la experiencia, analizan e integran los mensajes aferentes en percepciones y experiencias reconocibles y provistas de significado.

Las zonas corticales terciarias son áreas de cruce de información de los distintos sistemas sensoriales; son la sede de integración multimodal. Estas áreas se sitúan en la región frontal y en la región parietotemporooccipital, y son las más desarrolladas en el hombre. Durante el desarrollo fetal, son las últimas en las que aparecen dendritas. Tanto filogenética como ontogenéticamente, estas estructuras integrativas son las últimas en diferenciarse. Constituyen uno de los rasgos distintivos del hombre y están implicados en las formas más complejas de comportamiento.

Estas estructuras se agrupan en zonas o áreas funcionales primarias, secundarias y terciarias, y son características de todas las regiones corticales.

Vemos entonces que las regiones frontales están involucradas en la inhibición de respuestas inadecuadas, en la planeación y organización de conductas que conducen a una meta definida; las anomalías en esta región provocan una reducción en habilidad para planear y ejecutar acciones, deficiencias en la memoria reciente, alteraciones en la personalidad, impulsividad, bajo nivel de tolerancia a la frustración y abstracción.

Las regiones temporales se vinculan con el procesamiento de información auditiva verbal, la cual incluye la representación simbólica del lenguaje. Las anomalías en esta región se asocian con trastornos lingüísticos y deficiencias en la memoria secuencial auditiva.

Las regiones parietooccipitales están relacionadas con el procesamiento de información visual, lo cual incluye la decodificación y abstracción de información visual; las anomalías en esta región están vinculadas con problemas para percibir letras y palabras, además de reconocimientos visuales.

### **Localización de las funciones psicológicas superiores (sistemas funcionales).**

La actividad elemental de uno u otro tejido está exactamente localizada en determinados grupos celulares, pero no puede hablarse de localización de los sistemas funcionales en sectores determinados del cerebro o corteza cerebral.

Los sistemas funcionales complejos han surgido del proceso de la historia social, y no pueden comprenderse sin este componente. Están relacionadas con el reflejo del mundo externo y no se localizan en sectores restringidos de la corteza cerebral, mas bien deben distribuirse en sistemas complejos de zonas que actúan conjuntamente, conservando cada una su papel en la realización de los procesos psíquicos; esas zonas además pueden hallarse en distintos sectores del cerebro (Luria, 1983)

Un concepto que nos precisa de manera mas clara la relación mente-cerebro es la introducción del término *factor neuropsicológico* o mecanismos psicofisiológicos, el cual se puede definir como el trabajo específico que realiza una estructura cerebral dentro del sistema funcional (Luria, 1974)

Así podríamos decir que no existe una relación directa entre el cerebro y la mente. El concepto de factor neuropsicológico nos permite comprender ésta relación de una nueva forma; la estructura cerebral realiza un trabajo particular en forma de factor neuropsicológico, el cual constituye el eslabón de la función psíquica. A partir de las premisas anteriores Luria (1997), desarrolló la teoría de la localización dinámica y sistémica de las funciones psicológicas superiores en el sistema nervioso central. De acuerdo a este enfoque las funciones psicológicas no se localizan en el cerebro de manera directa, sino en forma de sistemas funcionales, los cuales representan constelaciones dinámicas de factores neuropsicológicos.

*Desde esta perspectiva se puede hablar de la ubicación cortical de uno u otro factor neuropsicológico, pero no de la localización de una u otra función* (Quintanar & Solovieva 2003). Ver esquema 1.

ESQUEMA 1: LOCALIZACIÓN DE LOS FACTORES NEUROPSICOLÓGICOS Y LAS FUNCIONES PSICOLÓGICAS SUPERIORES.



### **Desarrollo de las funciones psicológicas superiores.**

El cerebro, y en particular la corteza cerebral del niño, van determinándose como consecuencia del mismo proceso de desarrollo. Puede decirse que las funciones van constituyéndose gracias a la intervención del sistema nervioso central y a medida que se efectúan determinadas funciones. Cada analizador resulta así, de los procesos funcionales que lo influyen, de la misma manera que van determinando la ejecución de tales procesos funcionales. Así es como se describe la instalación de los primeros reflejos condicionados -defensivos, alimenticios y otros- a partir de los reflejos incondicionados y las formas más complejas de la inhibición interna que van desarrollándose gradualmente, hasta la total organización de la inhibición interna que permite una creciente complicación de la actividad reflejo condicionada. Gracias a la progresión de la actividad reflejo condicionada y de la inhibición interna se hace posible la elaboración de la marcha evolutiva de la sensopercepción, las actividades prácticas manuales y lenguaje, así como en sus combinaciones (Azcoaga, 1983).

El desarrollo de las funciones psicológicas que en las primeras etapas de la ontogenia son llamadas inferiores y cuando se vuelven concientes y voluntarias se denominan superiores, obedecen a las siguientes leyes del desarrollo (Vigotsky, 1979):

La primera ley del desarrollo del sistema nervioso consiste en que durante el desarrollo del niño se observa un fenómeno, al cual se le denomino "*paso de las funciones hacia arriba*", esto significa que aquellas funciones, que en los estadios iniciales se realizan en los centros inferiores del cerebro, durante el desarrollo comienzan a realizarse en los centros mas altos, esta ley se observa tanto en la filogénesis como en la ontogénesis del cerebro.

La segunda ley consiste en que durante el desarrollo de las funciones hacia arriba, los centros inferiores que anteriormente realizaban esta función, no se separan totalmente de esta función, sino que se conservan como una instancia subordinada a la actividad de los centros superiores.

La tercera función explica que si en el cerebro de un adulto, por algunas razones orgánicas o dinámicas, el centro superior se hace más débil (funcionalmente) entonces la realización de ésta función pasa al centro inferior, el cual en algún momento del desarrollo actuaba independientemente. Esta ley también es llamada Ley de la emancipación de los centros nerviosos.

Tomando como base las afirmaciones enunciadas en estas leyes del desarrollo del sistema nervioso central; daños provocados por factores ambientales en determinados momentos prenatales o postnatales, inevitablemente tendrán consecuencias sobre factores neuropsicológicos específicos o sobre procesos psicológicos globales.

## **ATENCIÓN.**

Se puede definir como una activación cerebral general (nivel de vigilia), y como factor de actividad de las estructuras subcorticales. La atención garantiza la dinámica de todos los procesos psicológicos y debería darse en primer lugar entre las principales funciones de la estructura psicológica que subyacen al uso de herramientas (Vigotsky, 1993).

Luria (1994) considera la atención como una función psicológica, que al igual que los demás procesos tienen su origen en la actividad humana socialmente organizada y adjudica como una de las principales características del proceso de atención, su carácter selectivo y orientado, es decir que posee la capacidad de seleccionar de forma voluntaria y consiente.

### **Desarrollo ontogenético de la atención.**

La atención no puede reducirse a procesos psicofisiológicos elementales, ya posee una línea compleja de desarrollo en la ontogenia y está determinada por la cultura, así el desarrollo de los procesos de atención se tiene que plantear en dos líneas: una natural y otra del desarrollo cultural. La primera se somete al principio fisiológico de la dominancia y la cultural que implica la mediatización de todo el proceso (Vigotsky, 1991). El desarrollo cultural de la atención comienza en la más temprana edad del niño, cuando se produce el primer contacto social entre él y los adultos de su entorno, en etapas posteriores y una vez que el niño logra dominar el idioma, comienza a darse ordenes verbales a sí mismo en forma externa y posteriormente en forma abreviada (interiorizada), de esta manera surge la acción voluntaria conciente del niño mediatizada por el lenguaje. La atención se hace más compleja y hacia los tres años, cuando maduran las estructuras de los lóbulos frontales, es posible que los niños no se dejen llevar por una inercia visual inmediata sino que empiecen a destacar sólo la instrucción verbal. Sin embargo en un niño de tres años no reacciona el sentido de la instrucción verbal sino más bien ante la

instrucción del adulto. En la etapa preescolar, el niño controla su atención gracias al desarrollo de las imágenes internas, la memoria y del lenguaje (Luria, 1997). En la etapa escolar el niño ya posee una atención voluntaria que le permite inhibir lo irrelevante de lo relevante y su estabilidad y movilidad en los procesos mentales le consienten cada vez más en forma independiente controlar su atención, en la adolescencia a la par de la maduración de las zonas frontales es capaz de tener un mayor control mental que le permite planear, anticipar y, organizar la información a un nivel interno y esto lo lleva a niveles cognoscitivos mas complejos (Luria, 1994).

Enfoques clínicos clasifican los procesos de atención en (León-Carrión, 1995):

Atención focalizada.- capacidad de dar respuesta de forma diferencial a estímulos visuales, auditivos o táctiles.

Atención sostenida.- capacidad de mantener una respuesta conductual consistente en una actividad continua y repetitiva en un periodo de tiempo.

Atención selectiva.- capacidad de mantener una respuesta a pesar de distractores o de la presencia de otros estímulos que compiten.

Atención alternante.- flexibilidad mental que permite cambiar el foco de atención y desplazarlo en tareas que requieren distinta exigencia cognitiva, pero ejerciendo un control para que la información se atienda de forma selectiva.

Atención dividida.- capacidad para responder simultáneamente a varios estímulos y tareas o diferentes demandas de una misma tarea.

### **Bases neuroanatómicas y funcionales de la atención.**

Los trabajos de Pavlov sobre la actividad nerviosa superior, constituyeron un aporte significativo para comprender la base fisiológica de la atención (Quintanar, Solovieva & Flores, 2002).

Pavlov (1937) describió a la atención como un foco de excitación óptima en la corteza cerebral, el cual es dinámico. Ujtomsky (1950) en su principio de la dominancia postula que la excitación se distribuye por el sistema nervioso de manera desigual, y puede crear focos de excitación óptima que adquieran carácter dominante. Dichos focos tienen la característica de prevalecer sobre las demás e inhibir a otros focos; además tiene la capacidad de frenar los reflejos accesorios y de intensificarse incluso bajo el influjo de excitaciones extrañas, este proceso fue interpretado como similar al proceso de atención (Quintanar, et al. 2002).

De acuerdo con los datos de la Neuropsicología contemporánea, las funciones del proceso de atención se relacionan con la actividad de los lóbulos temporales y frontales, los cuales de acuerdo a Luria (1974), constituyen el tercer bloque funcional cerebral (Quintanar, et al. 2002)

La atención está integrada por componentes perceptivos, motores y límbicos, ello supone que el sustrato neuroanatómico y neurofuncional implica estructuras como el sistema reticular activador, núcleos talámicos, sistema límbico, ganglios basales, corteza parietal posterior y prefrontal (Mesulam, 1990). Otros autores consideran que los hemisferios cerebrales parecen tener una diferente especialización en la regulación atencional, destacando el papel del hemisferio derecho (Stefanatos y Wassertein, 2001). En esta línea se ha descrito la base reguladora de la atención como subyacente al sistema fronto estriado del hemisferio derecho, sobre todo a través de las vías noradrenérgicas y colinérgicas.

Los procesos de atención pueden ubicarse en las estructuras cerebrales según Posner y Petersen 1990:

Sistema de atención Arousal o alerta neurofisiológico, integra la atención más básica y primaria y está regulado por el sistema reticular activador. La atención posterior o selectiva es la que nos permite orientarnos hacia los estímulos y localizarlos, base neuroanatómica en la corteza parietal

posterior. Y el tercer tipo corresponde al sistema atencional anterior que es la base de la atención ejecutiva, este sistema estaría integrado por la corteza prefrontal y dorso lateral.

## **MEMORIA.**

La memoria es una de las funciones más complejas, interviene en muchos procesos cognoscitivos la cual se va conformando en el proceso de desarrollo ontogenético (Vigotsky 1995). En la memoria se encuentra la representación del conocimiento, es una estructura psicológica compleja alrededor de la cual se organizan las funciones psicológicas superiores (Quintanar & López, 1998).

El estudio de la memoria, los sustratos neuronales que la subyacen y su estrecho vínculo con otras funciones cognitivas superiores, ha resultado un campo de sumo interés para la investigación científica. Theodule Ribot en sus primeros intentos por desarrollar principios acerca de la organización de la memoria realizó una compilación de casos de amnesia en 1881. Posteriormente Ebbinghaus en 1885 describe el primer estudio sistemático de laboratorio sobre memoria y dos años más tarde Sergi Korsakoff hace la primera descripción de un síndrome amnésico. Ya en la era moderna Karl Lashely y Hebb establecen los principios de generales de las bases neuronales de la memoria.

Se han propuesto múltiples taxonomías para la memoria. En general y de acuerdo a algunas características básicas (González, 1997).

*De acuerdo con la característica modal de la información:*

- Auditiva, Visual, Motora, Espacial.

*De acuerdo al contenido de la información:*

- Información novedosa.
- Información previamente almacenada.

- *De acuerdo a su duración:*
- Memoria sensorial (icónica, ecóica).
- Memoria a corto plazo (hasta 60 segundos).
- Memoria a largo plazo (más de 60 segundos).
- Memoria remota (hasta varios años).

*De acuerdo al tipo de evocación:*

- Consiente (Explícita, declarativa, relacional).
- Inconsciente (no declarativa, procedural).

*De acuerdo al tipo de procesamiento que se realiza:*

- Complejo (asociativo configural, memoria de trabajo, regla-dependiente, atributo-dependiente).
- Simple (Automático).

Luria (1979) realiza una clasificación de acuerdo a los distintos tipos de memoria sensorial en función de su creciente complejidad:

- Imágenes sucesivas.- se manifiesta como respuesta a la excitación sensorial.
- Imágenes eidéticas.- consisten en la evocación de huellas nítidas y precisas de objetos percibidos anteriormente.
- Imágenes de representación.- se trata de la memoria sensorial más esencial en la actividad humana, este tipo de huella mnésica están compuestas por más de un componente sensorial, se trata de un complejo fenómeno psicológico en el que intervienen procesos de análisis y síntesis, generalización y abstracción; ésta memoria esta relacionada con una elaboración profunda de la imagen almacenada.

## **Desarrollo ontogénico de la memoria**

En la etapa preescolar la memoria desempeña un papel básico en toda su actividad mental. En el primer momento para el niño pequeño pensar es recordar, es decir su pensamiento se apoya solo en su experiencia anterior, sin regirse aún por la estructura lógica de los conceptos (Kolb & Fantie, 1989).

La memoria infantil crece rápidamente, es decir el niño aprende muy pronto a dominar los procesos de memorización, a dirigirlos, a gobernarlos y en esa etapa escolar es cuando el niño ha progresado sensiblemente en su desarrollo cultural (Vigotsky, 1993).

Así en el desarrollo de la memoria se pueden definir tres etapas: en la primera etapa se incluyen a los niños de edad preescolar, la memoria se caracteriza porque no puede ser mediatizada (controlada) con estímulos especiales. En la segunda etapa que concierne a los niños en edad escolar, los estímulos auxiliares externos ya actúan como instrumento psicológico mediatizador para garantizar la memorización. En la tercera etapa que alcanza los últimos años de edad escolar y la adolescencia, los signos ya interiorizados, funcionan como medio superior para recordar.

## **Bases neuroanatómicas y funcionales de la memoria.**

Spren (1995) hace referencia a la participación del hipocampo y de sus conexiones con otras estructuras límbicas en la retención de memoria a largo plazo. El hipocampo inicia su desarrollo hacia el tercer mes de gestación, pero la maduración completa solamente se logra después de varios años de nacido el niño.

El sustrato neuronal de la memoria varía de acuerdo a cada tipo o subtipo de memoria, por lo que nos limitaremos solo a revisar los aspectos más generales.

Hebb consideraba que las memorias estaban representadas en colecciones distribuidas de células nerviosas. Por ser ensambles nerviosos y activables desde distintos puntos de entrada, el daño en

distintas partes del cerebro debería tener poco efecto sobre las memorias particulares. Solamente en lesiones muy extensas podría esperarse pérdida de memoria. Para Hebb las “memorias” se sitúan a un nivel neuronal en donde la actividad correlacionada entre elementos pre y postsinápticos permite un incremento posterior de la eficiencia postsináptica (González, 1997).

Movitch (1992) propuso un modelo neuropsicológico en el que la memoria se encuentra formada por cuatro componentes esenciales (González, 1997):

- Un componente neocortical no frontal, compuesto por dos módulos preceptuales que media la ejecución reactiva específica de pruebas implícitas de memoria.
- Un componente modular temporal medial/hipocampal que media la comunicación, almacenamiento y recuperación en pruebas de memoria explícita y episódica que resultan dependientes de la asociación a “pistas”.
- Un sistema central (componente del lóbulo frontal), que media la ejecución de tareas explícitas que requieren estrategias, así como algunas de tipo procedural como el aprendizaje condicional asociativo.
- Un componente de ganglios basales involucrado en la ejecución de tareas procedurales sensoriales y motoras de memoria.

## **LENGUAJE**

El lenguaje recoge la experiencia de generaciones o de la humanidad, hablando en un sentido más amplio, interviene en el proceso de desarrollo desde los primeros meses de su vida. Al nombrar los objetos y definir así sus conexiones y relaciones, el adulto crea nuevas formas de reflexión de la realidad en el niño (Luria, 1979)

L. S Vigotsky fue uno de los primeros en exponer la opinión de que el lenguaje juega un papel decisivo en la formación de los procesos mentales, y que el método básico de analizar el

desarrollo de las funciones psicológicas superiores es investigar la reorganización de los procesos mentales que tienen lugar bajo la influencia del lenguaje

Investigaciones posteriores perfilaron el papel esencial que juega el lenguaje en las formas complejas de conducta infantil (Leontiev, 1952).

A G. Ivanov-Smolensky y N. I. Krasnogrosky, intentaron mostrar en la práctica la importancia de la palabra en la actividad nerviosa superior del niño. Demostraron que la palabra puede sustituir el reflejo incondicionado y a través de refuerzos lograr nuevas conexiones temporales además de reorganizar el curso natural de estos procesos (Azcoaga, 1983).

La psicología moderna considera el “habla” como una forma compleja y organizada de actividad consiente que incluye la participación del sujeto que formula la expresión hablada y la del sujeto que la recibe. Paralelamente distingue dos componentes, dos formas y dos mecanismos de actividad hablada:

Primero, existe el habla expresiva, que comienza con el motivo o idea general de la expresión, que es codificado en un esquema hablado y puesto en acción con ayuda del lenguaje interno; finalmente estos esquemas se convierten en habla narrativa, basada en una gramática generativa. Por otra parte existe el habla impresiva que sigue el curso opuesto desde la percepción de un flujo de palabras recibidas desde otra fuente y seguido por intentos de decodificarlo; esto se hace por el análisis de la expresión hablada percibida, la identificación de sus elementos significantes y su reducción a un cierto esquema del lenguaje; ello se convierte mediante el mismo lenguaje interno en la idea general del esquema que conlleva la expresión y finalmente se codifica el motivo yacente tras ella.

## **Estructura del lenguaje**

Azcoaga (1987) menciona y agrupa a los aspectos formales del lenguaje, tal como se observan directamente en una expresión hablada. Los tres tipos se clasifican en:

**Fonología:** componente que estudia el modo en que se organiza el sistema de sonidos de un lenguaje. La fonología también estudia cómo las palabras pueden decirse en diferentes tonos de voz, variando la intensidad, grado de sonoridad, velocidad y timbre.

**Gramática:** es la materia que estudia la estructura interna de las palabras, y el modo en que se combinan para dar lugar a unidades mayores, tales como las oraciones, preposiciones y secuencias de oraciones. Así, el estudio de la estructura de la palabra se denomina morfología, y la secuencia de palabras (o estructura de la oración) se denomina sintaxis.

**Semántica:** es el estudio o modo en que el significado se organiza en el lenguaje. Supone estudiar las diferentes estructuras gramaticales y vocabulario para determinar el grado de significados que expresan

## **Desarrollo ontogénético del lenguaje.**

El desarrollo del lenguaje en el niño es un proceso de carácter biológico y social, dotado de leyes internas, con etapas principales y con los correspondientes indicadores de estas etapas. Etapas del desarrollo del lenguaje según Azcoaga (1981):

Una primera etapa de comunicación o nivel prelingüístico que abarca del nacimiento hasta aproximadamente los 12 ó 15 meses de edad. En ella se establecen los primeros recursos comunicativos del niño, entre ellos el papel del llanto (entonación, intensidad y ritmo). Otras actividades prelingüísticas innatas son principalmente la succión, la deglución y el grito, indican que la contracción y relajación de músculos durante actividades de succión y deglución originan mensajes sensoriales que van a la corteza y se denominan estereotipos propioceptivos o

cinestésicos y se van complicando paulatinamente hasta formar parte, en definitiva de la función del habla (Azcoaga, 1983).

Hacia el segundo mes de vida comienzan las actividades denominadas balbuceo, reflejo o laleo (juego vocal). Y en un primer momento son estereotipos propioceptivos y después se convierten en propioceptivo auditivos” El pasaje del juego vocal al lenguaje se da mediante la regulación de los estereotipos propioceptivo auditivos por el conjunto de los sonidos del lenguaje que se hablan entorno del niño. A la par se refuerza el papel del significado de las palabras en relación con los intereses biológicos del niño. Así se va produciendo del tránsito de una función puramente fisiológica a una función fónica y lingüística, de lo innato a lo aprendido. La adquisición de todos los fonemas se dará en orden cronológico hasta los 3 ó 4 años (Azcoaga, 1983).

La segunda etapa de comunicación a la que corresponde el primer nivel lingüístico, se extiende desde el primer año de vida hasta aproximadamente los 5 años. Los primeros significados tienen todas las propiedades de los reflejos condicionados (estímulos visuales, acústicos y gustativos) que combinados pasan a ser una señal de tipo verbal (generalización primaria), que posteriormente se transforma en significados para cada palabra, proceso que tiene una base fisiológica en el analizador auditivo verbal y una base lingüística en el conjunto de las bases culturales.

La segunda etapa de este nivel corresponde a la adquisición del monosílabo y se extiende hasta el año y medio, es aquí donde adquieren la función denominativa durante el juego y alcanzan un nivel de formulación de deseos y exigencias, combinados con actividad comunicativa. Posterior al monosílabo le sigue la etapa denominada palabra frase que se extiende después del año hasta casi los dos años y se caracteriza por la ampliación de los recursos fonológicos que no sólo se expresan en la adquisición de nuevos fonemas sino en la capacidad de combinación de sílabas simples y directas. La palabra es utilizada en un contexto del que se desprende su valor

comunicativo. La etapa llamada “palabra yuxtapuesta” emerge de la palabra frase y es la utilización de dos palabras fusionadas, o con frecuencia coordinadas entre si, que paulatinamente se van independizando con la incorporación de nuevas palabras, es en este periodo que comienzan a configurarse una de las primeras “gramáticas” infantiles. En el aspecto fonológico se van incorporando algunas sílabas inversas y otras más complejas. Los contenidos semánticos del discurso se relacionan con objetos y verbos que identifican formas concretas de acción. La frase simple se inicia aproximadamente a los dos años de edad, y se caracteriza por la síntesis de nuevos fonemas fricativos y sílabas complejas, en este momento el sistema fonológico ofrece mayor similitud con el que es propio de los adultos. En el aspecto gramático se nota la incorporación de preposiciones, conjunciones, artículos y declinaciones (género, número y persona) que resultan, en un dinámico crecimiento que dan mayor coherencia a la sintaxis. La semántica corresponde ahora a las preposiciones antes que a las palabras, y al servicio de la comprensión de significados de las oraciones se incorporan la actividad gestual y el contexto situacional además de las finas inflexiones de la voz, que resulta en un alto sentido de comunicación.

La tercera etapa de comunicación a la cual corresponde el segundo nivel lingüístico coincide con el ingreso de los niños a la escuela y por consiguiente con el desarrollo de los procesos de aprendizaje pedagógico formales, así el dominio de todas las funciones lingüísticas se desenvuelve en el aprendizaje de un nuevo código lectoescrito, y además en la transmisión de conocimiento mediante la comunicación, y por fin en la actividad del lenguaje interior o pensamiento discursivo. Esta etapa para fines didácticos se divide en dos subperiodos:

De los 5 a los 7 años el lenguaje se caracteriza por la integración del instrumental locutivo, fonológico y gramática, en el área semántica hay un dominio mas perfeccionado de adjetivos y adverbios relacionados con distancias longitudes y cantidades, y la comprensión de significados

que se refleja en una amplitud de vocabulario. De los 7 a los 12 años aproximadamente el lenguaje se caracteriza por una mayor ampliación conjunta de los aspectos sintácticos y semánticos. El lenguaje ha sido completamente interiorizado y por consiguiente sólo se advierten algunas manifestaciones ocasionales de monólogo en circunstancias emotivas que impiden su inhibición, por el contrario se observa cómo el comportamiento utiliza para su organización formas discursivas del pensamiento que han desplazado casi totalmente a las perceptivas. El dominio del lenguaje incide en las posibilidades para el aprendizaje del código lectográfico.

El completo dominio del lenguaje como instrumento, la interiorización y el pasaje del estadio de inteligencia intuitiva a las modalidades formalizadas que son propias del pensamiento coronan este desarrollo y permiten definir el tercer nivel lingüístico a partir de los 12 años.

### **Bases neuroanatómicas y funcionales del lenguaje.**

Los intentos de comparar las estructuras lingüísticas complejas directamente con zonas particulares de la corteza cerebral no fueron productivos, fue claro que para ello se necesitaba una teoría suficientemente precisa de la estructura psicológica, los procesos de lenguaje y sus componentes individuales y una investigación correctamente dirigida para hallar las condiciones fisiológicas esenciales para la organización normal de su estructura compleja (Luria, 1979). A pesar de los problemas de ubicar en la corteza cerebral a una función tan compleja como el lenguaje, existen aproximaciones que señalan al hemisferio izquierdo.

Dentro del lenguaje comprensivo la zona temporal media se encarga de la audición fonemática, las zonas temporales medias profundas tiene relación con la retención del material escuchado. La comprensión de la estructura gramatical se asocia a la corteza temporo-parietooccipital izquierdo y el análisis activo de los elementos significativos corresponde a los lóbulos frontales izquierdos.

En lo que respecta al lenguaje expresivo, para la correcta articulación está involucrada las áreas inferiores postcentrales (kinestésico), para lograr conexiones entre articulemas y palabras, serán necesarias las estructuras premotoras izquierdas. Finalmente en la programación e inhibición de la acción lingüística e inhibición de todas las conexiones irrelevantes se requiere la participación de los lóbulos frontales. (Luria, 1979).

Alexander & Benson (1989), en sus estudios hacen referencia a las funciones lingüísticas y su relación con los lóbulos frontales. Benson argumenta que existen cuatro subsistemas que afectan el lenguaje en el lóbulo frontal izquierdo (León-Carrión, 1995):

Funciones motoras.- la primera actividad de comunicación es motora. Su representación cortical es en el lóbulo frontal infero-posterior, las vías eferentes van a través de la cápsula interna.

Funciones cognitivas.- se trata fundamentalmente del uso gramatical, encontrar palabras y comprensión de alto nivel. Representada en el operaculum frontal y quizás en las mas amplias regiones de la convexidad frontal lateral dorsal.

Activación.- su representación cortical parece ser el área motora suplementaria, con proyecciones difusas a la corteza motora.

Comunicación.- se trata de una actividad paralingüística: la formulación, la estructura y el control del lenguaje. Tiene una representación cortical difusa a través de la corteza prefrontal con proyecciones a la convexidad lateral frontal más posterior.

## PRÁXIAS Y GNÓSIAS

En las fases tempranas del desarrollo la percepción esta totalmente ligada a la motricidad, y constituyen uno de los momentos del proceso sensorio motor integral y que sólo con los años comienza a adquirir independencia Vigotsky (1993). La sensación y la percepción son procesos activos, y en ellos se incluyen ya componentes motores, con participación aferente y eferente (Luria 1983).

Azcoaga propone una clasificación de las práxias y gnósias, como simples y complejas:

Las práxias simples corresponden a una actividad elemental, como un gesto (elevar las cejas, mostrar los dientes succionar), o un movimiento vegetativo (deglución). Y las práxias más complejas que incluyen determinados procedimientos instrumentales, como la utilización adecuada de la tijera, del lápiz, las práxias del vestir.

Gnósias Simples se clasifican en:

- Gnósias auditivas: relacionadas con el analizador auditivo y corresponden en general a la identificación de sonidos, ruidos y música (Azcoaga 1963).
- Gnósias visuales: corresponden al reconocimiento de colores y de formas.
- Gnósias táctiles: se trata del conjunto de estereotipos táctiles, desarrollados especialmente a partir de los extremos de los dedos, pero también otros territorios cutáneos.
- Gnósias gustativas y olfatorias: se trata de estereotipos correspondientes a los analizadores que incluyen sensopercepcion térmica, vibratoria etc.

Gnosias complejas

Incluyen la intervención de diversos analizadores, pueden a veces tener una caracterización verdaderamente intrincada y sólo pueden analizarse teniendo en cuenta su modo de formación

Y se pueden clasificar en:

- Gnósias Visoespaciales: se trata de un conjunto amplio que va desde reconocimiento de formas geométricas, fisonomías y planos (Beyn, 1962., Borstein, 1959) hasta la apreciación de distancias y la orientación espacial (Azcoaga, 1963., Ajuriaguerra, 1960). En la elaboración de estas gnósias complejas interviene el analizador visual, la actividad muscular, y la noción de espacio. La elaboración de gnósias visoespaciales es un proceso imperceptible que se da en los primeros meses y años de vida del niño y que puede ser reconstruida ante la evidencia de su descomposición por lesiones cerebrales.
- Gnósias táctiles complejas: son las gnósias que se elaboran en el proceso de palpar con la actividad muscular de los dedos y las correspondientes aferencias propioceptivas, de los músculos, tendones, y articulaciones.
- Gnósias del esquema corporal: se puede considerar una gnósia o un conjunto de gnósias organizadas en forma dinámica que incorporan o excluyen componentes corporales. Es bien sabido que el esquema corporal se va construyendo a diario con el reforzamiento de diversos tipos de estímulos y con la elaboración de gnósias muy diferentes para distintas partes del propio cuerpo, así el esquema corporal de las manos es diferente del esquema de la espalda.

### **Desarrollo ontogénico de práxias y gnósias**

Azcoaga (1963) señala la existencia de práxias simples, que se consolidan a través de la repetición de actividades musculares para organizar los primeros estereotipos que son en sí mismos, síntesis correspondientes al registro simultáneo de aferencias propioceptivas en la corteza cerebral. El desarrollo de “estereotipos” sensorioceptivos se consolida y estabiliza de la misma forma que los motores, pero son reforzados de manera sensorial, para formar gnósias en sus diferentes modalidades (auditivas, visuales, gustativas, visuales y táctiles).

Durante el periodo sensoriomotor (8-24 meses) y principios de la etapa del niño preescolar observamos la evolución del esquema corporal, referido a la separación del cuerpo del espacio circundante Azcoaga (1983). Así la separación del cuerpo del espacio permite la formación del esquema corporal, la cual se inicia con la actividad motora de los brazos, manos y pies, creando una síntesis gnósico-práxica muy compleja. Aproximadamente al primer y segundo año de vida los progresos madurativos que se dan en el cerebro, permiten el control del niño sobre su propio cuerpo y desarrollo siguiendo las leyes próximodistales y céfalocaudales. Así los lóbulos frontales habrán madurado sobre los 5 y 6 años, permitiendo importantes funciones de regulación y planeación del acto motor. En la etapa preescolar la capacidad de coordinar internamente percepciones y acciones es el suceso que se convierte en acto madurativo principal. Se logra también en esta etapa la integración del esquema corporal y procesos de lateralización y nociones básicas de las nociones temporo-espaciales.

A los 5 años el proceso de lateralización proporciona referentes externos estables, comienza a sentirse los ejes corporales y el mundo se organiza con referencia a la posición del cuerpo. De los siete a los doce años, dentro de la edad escolar, culmina el proceso de construcción del esquema corporal, con la potenciación de las representaciones mentales del propio cuerpo y el movimiento con relación al espacio y el tiempo (Azcoaga 1963).

### **Bases neuroanatómicas y funcionales de gnósias y práxias.**

El carácter complejo de la actividad senso-perceptiva y motora sugiere que no hay un punto específico de localización en la corteza, mas bien es una “constelación activa” de zonas cerebrales, ejerciendo cada una su papel y aportando su contribución en la formación de estas complejas actividades (Azcoaga, 1963).

Las funciones auditivas y visuales elementales se relacionan con las zonas primarias de los lóbulos occipitales y temporales. Las funciones acústico gnósicas en las zonas secundarias del cortex temporal. La síntesis compleja espacial se corresponde con las zonas corticales terciarias temporo parieto occipitales del hemisferio derecho. Los correlatos anatómicos del componente motor aferente son las zonas corticales postcentrales. La organización eferente del acto motor es responsabilidad de las zonas anteriores denominada corteza promotora (Luria, 1979).

## 1.4 NEUROTOXICOLOGÍA Y EFECTOS SOBRE LAS FUNCIONES NEUROPSICOLÓGICAS.

La neurotoxicología es una ciencia multidisciplinaria que estudia la asociación a la exposición de sustancias químicas encontradas en el medio ambiente y/o el lugar de trabajo y los efectos dañinos sobre el sistema nervioso central humano. Una sustancia química se considera neurotóxica cuando produce daños sobre el sistema nervioso central del individuo (Valciukas, 1991).

Los neurotóxicos son agrupados de acuerdo a su origen y características físico-químicas según Anger y Johnson (1985):

- Metales, metaloides, sales.
- Agentes naturales (plantas y animales).
- Solventes.
- Plaguicidas.
- Medicamentos.

Las consecuencias de los agentes neurotóxicos presentan características distintas de acuerdo a la edad del sujeto (Valciukas, 1991).

Los efectos de las sustancias neurotóxicas en poblaciones infantiles han sido objeto de intensos estudios alrededor del mundo desde el siglo XIX; los principales trabajos hacen referencia al daño crónico que produce el plomo sobre los procesos cognitivos, (Wasserman, 2003).

Estudios clínicos han demostrado que agentes neurotóxicos pueden producir cambios profundos del comportamiento y neuropsicológicos (Goldberg, 1983).

Este tipo de daño puede clasificarse en:

- Daño estructural (anatómico).
- Daño funcional.

Las investigaciones que demostraron el daño funcional del sistema nervioso central por exposición a neurotóxicos basaron sus conclusiones en la utilización de técnicas psicométricas y neuropsicológicas (Zhao et al. 1996.; Yen et al. 2003.; Xiang et al. 2003.; Wasserman, et al. 2003).

Los enfoques mas usados en la medición de los procesos y habilidades psicológicas son:

La propuesta de la psicología rusa con los trabajos de Sechenov, Bekhterev y Pavlov, ellos se enfocaban a la investigación de las funciones psicológicas y su relación con el sistema nervioso.

La segunda propuesta fue de la psicología Occidental encabezada por David Wechsler quien utilizó un diseño por bloques para medir la inteligencia (Valciukas, 1991).

La clasificación y diseño de pruebas a utilizar para medir efectos neurotóxicos es difícil y controversial debido a la falta de especificidad. Por tanto las interpretaciones tienen que manejarse con extrema precaución (Bolla, 1996) en la decisión sobre el uso de técnicas psicométricas o neuropsicológicas como mejores predictores de daño al sistema nervioso central.

Al margen de estas limitaciones, muchos investigadores en el área de neurotoxicología (Zhao et al. 1996.; Yen et al. 2003.; Xiang et al. 2003.; Wasserman, et al. 2003) están de acuerdo en que una batería debe cumplir los siguientes criterios:

- Que las pruebas hayan sido utilizadas en estudios de neurotoxicología, por la mayoría de las investigaciones en el mundo.
- Demostrar su sensibilidad confiabilidad y validéz.

Una batería bien diseñada para medir efectos neuropsicológicos en personas expuestas a neurotóxicos según Bolla (1996) debe abarcar los siguientes procesos cognitivos:

- Orientación, inteligencia, memoria (visual y verbal), lenguaje, visoconstrucción y viso percepción, funciones ejecutivas psicomotoras y destreza manual.

Las pruebas comúnmente usadas en neurotoxicología para medir funciones neuropsicológicas son Bolla (1996):

- ***Habilidades intelectuales:***

Escalas de Inteligencia Wechsler. Matrices Progresivas de Raven.

- ***Lenguaje:***

Prueba de Denominación de Boston, Vocabulario de figuras Peabody. Examen de afasia de Boston.

- ***Memoria:***

Escala de Memoria de Wechsler. Prueba Audio Verbal de Rey. Prueba de la Figura Compleja de Rey Osterreith. Prueba de Asociación Símbolo Dígito.

- ***Funciones visoconstructivas y viso espaciales***

Diseño con cubos de las Escalas Wechsler. Test de la Figura Compleja de Rey Osterreith (Versión copia). Prueba de Organización Visual de Hooper.

- ***Atención y funciones ejecutivas:***

Prueba de las Tarjetas de Wisconsin. Prueba de Stroop. Subprueba Dígito Símbolo de las Escalas Wechsler. Trail Making Test. Prueba de Desempeño Continuo.

## **1.5 EFECTOS EN EL NEURODESARROLLO POR EXPOSICIÓN A FLÚOR Y ARSÉNICO.**

El flúor se considera el elemento más electronegativo de la naturaleza. Se combina con metales para producir fluoruros tales como fluoruro de sodio y fluoruro de calcio. El flúor también se combina con hidrógeno para producir fluoruro de hidrógeno, un gas incoloro. Dada su presencia en la corteza terrestre el flúor es un componente natural en las fuentes de agua de muchas partes del mundo, países como China, India, tienen problemas de salud importantes asociados a la exposición al flúor. El flúor no puede ser destruido en el ambiente; solamente puede cambiar de forma, en el suelo y sedimento forman sales con los minerales allí presentes. El flúor se acumula en plantas y animales. La exposición humana a flúor puede ocurrir a través del consumo de agua de origen subterráneo contaminada por flúor, ya sea por el consumo directo o por el uso de esta agua para preparar alimentos. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2003a).

Los niveles óptimos de flúor en agua de consumo son de 0.7 a 1.2 ppm dependiendo de la temperatura del área geográfica. El nivel máximo de flúor de acuerdo a la legislación mexicana (NOM-127-SSA.1994) y la norma de la organización mundial de la salud (OMS) es de 1.5 ppm. Pequeñas cantidades de flúor pueden ayudar a prevenir las caries dentales, pero cantidades altas pueden producir fluorosis dental y esquelética, sin embargo si las cantidades son suficientemente altas, estos pueden hacer a los huesos y dientes más frágiles y quebradizos y el riesgo de sufrir fracturas puede ser mayor. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2003a).

La fluorosis es un problema de salud pública que afecta alrededor de 5 millones de personas en México. En estudios encontraron áreas de fluorosis endémica en San Luis Potosí y Durango. (Díaz, et al.1997). Investigaciones realizadas en San Luis Potosí donde cuantificaron los niveles de flúor en agua de consumo reportan niveles de 0.7 a 4 ppm (Medellín, 1990) y una

prevalencia de fluorosis dental del 69% en niños expuestos a este contaminante (Grimaldo, 1995).

Por su parte en el estado de Durango las investigaciones revelan que las concentraciones de flúor en agua de beber son de 1.54 a 4.7 mg/l y 35% de la población infantil presenta fluorosis dental (Alarcón, Martín, Trejo & Rodríguez, 2001).

Se han demostrado los efectos del flúor sobre el desarrollo de procesos de desarrollo neuropsicológicos específicos (tiempos de reacción y la organización visomotora y visoespacial) en niños en edad escolar de la ciudad de San Luis Potosí, México (Machado, 1999., Nava, 1999).

Estudios en países asiáticos como China concluyen que niños con altos niveles de flúor en agua de beber presentan un coeficiente intelectual bajo (Lu, et al. 2000., Xiang, et al. 2003., Zhao et al. 1996).

Se compararon dos poblaciones en China; Wamiao y Xinhuai, con un total de 512 individuos en edades de 8-13 años. Estas poblaciones comparten características sociodemográficas y educativas similares, pero niveles de concentración de flúor en agua de beber distintos. En la primera población una concentración en promedio de 2.47 ppm; rango (0.57-4.50). En el coeficiente intelectual medido por la prueba de Matrices Progresivas de Raven obtuvieron puntuaciones de 92.02; rango (54-126) y la segunda un promedio de 0.36 ppm; rango (0.18-0.76 ppm) con puntaje promedio de CI de 100.41; rango (60-128). En el análisis por correlación este estudio encontró una diferencia significativa entre el nivel de flúor en agua de beber y el coeficiente intelectual de los niños expuestos. Cuando el nivel de flúor incrementa las puntuaciones en el coeficiente intelectual alcanzan niveles de retraso mental (Xiang et al. 2003).

Respecto al arsénico, es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el medio ambiente, el arsénico se encuentra combinado con oxígeno, cloro y azufre formando

compuestos inorgánicos, en animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno formando compuestos orgánicos. Al igual que el flúor el arsénico no puede ser destruido en el medio ambiente, solamente puede cambiar de forma.

Los niveles altos de arsénico en el organismo pueden deberse por comer alimentos, tomar agua contaminada con este metaloide, o respirar aire contaminado con arsénico. Viviendo y/o trabajando cerca de sitios de desechos peligrosos no controlados que contienen arsénico o en áreas con niveles naturales de arsénico excepcionalmente altos en las rocas.

Ingerir o respirar niveles altos (>30 ppb) de arsénico por largo tiempo puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en las palmas de las manos, las plantas de los pies y el torso. Varios estudios han demostrado que el arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer de pulmón, piel, vejiga, hígado, riñón y próstata; el Departamento de Salud y Servicios Humanos y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos han determinado que el arsénico inorgánico es carcinógeno en seres humanos. Son conocidos los efectos del arsénico sobre el sistema nervioso periférico (Chhuttani, Chawla, Sharma, 1967; Feldman, et al. 1979; Gerr, Letz, Ryan, Green, 2000; Morphy, Lyon, Tylor, 1981; Ostrowski, et al. 1997) y el sistema nervioso central (Beckett, Moore, Keogh, Bleecker, 1986; Calderón, et al. 2001.; Yen, et al. 2003). En México, en varias regiones de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo y San Luis Potosí se han detectado concentraciones de arsénico en los cuerpos de agua subterránea por encima de la concentración máxima permisible de 0.030 mg/L (30 ppb) según Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA.1994), desafortunadamente diversas comunidades, poblados y ciudades se abastecen de agua potable de estos cuerpos de agua y esto ocasiona serios problemas de salud por exposición al arsénico.

En Bangladesh aproximadamente 30 a 40 millones de personas han estado expuestas de manera crónica a altas de arsénico en agua de beber (Van Geen, et al. 2002). Se reportan efectos adversos sobre las funciones cognitivas, incluyendo memoria y concentración (Morton & Caron, 1994).

Se realizó un estudio en Araizhazar, Bangladesh, para observar las consecuencias en el coeficiente intelectual mediante la prueba Escalas de Inteligencia Wechsler para Niños (versión III), en 201 niños de 10 años de edad, que viven en poblaciones rurales. Expuestos a contaminación por arsénico en niveles de 0.094 a 790 mg/dL. Ellos concluyen que la exposición a arsénico en agua de beber se asoció con decremento en los promedios de función intelectual (ejecutivo y total) después de haberlos ajustado por nivel socioeconómico. En análisis de dosis-respuesta los niños con exposición a arsénico > 50 mg/L obtuvieron puntajes significativamente más bajos en la escala de los CI ejecutivo y total (Wasserman, et al. 2003).

En Taiwán se realizó un estudio con adolescentes 45 años con exposición a arsénico en agua de beber y 60 adolescentes como grupo control. Se realizó un punto de corte en el grupo expuesto considerando el nivel de exposición como: alto y bajo. Con concentraciones por exposición acumulada aproximadas de 5206290.0 +/- 605824.2y 13782.2 +/- 12886.0 ppm. Se aplicó una batería neuropsicológica que comprende; Prueba de Desempeño Continuo. Symbol Digit, Pattern Memory, Switching Attention. Las pruebas de atención y memoria resultaron significativamente afectadas en los niños con exposición prolongada (Yen, et al. 2003).

## **CAPITULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

#### **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

¿Cuál es el efecto sobre los factores neuropsicológicos de niños que viven en poblaciones con exposición crónica a flúor y arsénico en agua de beber?

#### **2.2 OBJETIVOS PARTICULARES.**

Seleccionar las poblaciones con altos niveles de flúor en agua de beber y en orina de niños expuestos.

Aplicar la batería neuropsicológica, a los niños que cumplan con los criterios de inclusión (edad entre 6 y 10 años, autorización previa de los padres y residencia en la población desde el nacimiento).

Aplicar cuestionarios de nivel socioeconómico y escolaridad para padres.

Analizar los resultados de las pruebas neuropsicológicas, la influencia de las variables de exposición y las variables confusoras.

Corroborar las hipótesis utilizando el análisis estadístico apropiado.

#### **2.3 HIPÓTESIS.**

Demostrada la existencia de altos niveles de flúor en agua de beber y sus efectos en las funciones psicológicas de niños expuestos. Es posible que altas concentraciones de flúor y/o arsénico puedan afectar a los factores neuropsicológicos específicos de estos individuos.

#### **2.4 DISEÑO DEL ESTUDIO.**

TIPO: Investigación descriptiva.

DISEÑO: Estudio transversal.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Población.-**

Se incluyeron dos áreas con diferentes niveles de exposición, el Municipio de Soledad de Graciano Sánchez y la Ciudad de Durango, las zonas se seleccionaron de acuerdo a datos previos que se obtuvieron en un monitoreo de flúor y arsénico en seis estados de la República Mexicana (Díaz, et al. 1997). Para identificar a la población de estudio se visitaron las escuelas primarias situadas en las zonas de interés y se obtuvo información por medio de cuestionarios acerca de la edad del niño, domicilio actual, residencia de la madre durante el embarazo del niño, tiempo de residencia del niño en esa población, con esta información, se seleccionaran 60 niños de la Ciudad Durango y 34 de el Municipio de Soledad de Graciano Sánchez ; se incluyeron aquellos niños que vivían desde el nacimiento en la zona de estudio, de edades entre 6 y 10 años y cuyos padres aceptaron que su hijo participara en el estudio.

#### **3.2 Material.-**

##### **PRUEBAS NEUROPSICOLÓGICAS Y PSICOMÉTRICAS**

##### **ESCALA DE INTELIGENCIA WECHLSER PARA NIÑOS ESTANDARIZADA PARA POBLACIÓN MEXICANA (WISC RM).**

La Escala de Inteligencia Wechsler para Niños Estandarizada en Población Mexicana es una prueba Psicométrica que fue diseñada por David Wechsler para medir la capacidad intelectual “inteligencia”. Se divide en dos escalas; verbal y de ejecución. Y éstas a su vez se subdividen 6 subescalas cada una (Gómez, Padilla & Roll, 1983).

Wechsler reorganizó las subescalas para cuestiones de análisis en tres dimensiones (CI verbal, CI de ejecución, CI total), pero reconoció "que también se pueden clasificar significativamente en otras formas las capacidades representadas en el la prueba" (Kaufman, 1982).

En algunos casos el análisis de los tres factores de la Escala de Inteligencia Wechsler Para Niños es insuficiente, y los examinadores deben recurrir a estrategias alternativas de análisis para descifrar las capacidades del niño. Estas estrategias pueden implicar la aplicación de teorías y resultados de investigación de áreas como Psicología del Desarrollo, Psicología Cognoscitiva y Neuropsicología (Kaufman, 1982).

Una de las estrategias más utilizadas es el análisis de perfil (análisis de dispersión); el cual consiste en describir la pauta de capacidades del niño, y al hacerlo ir más allá de la información contenida en el coeficiente intelectual de la escala total (Sattler, 2003).

Bannatyne presentó en 1974 una alternativa de análisis de cuatro categorías para interpretar las fluctuaciones en los perfiles de puntuaciones escalonadas. Rapaport propuso otro sistema de clasificación que implica cuatro grupos: organización visual, coordinación visual motora, verbal y atención (concentración). Es también importante la aplicación que hizo Meker del modelo de Guilford, que consiste en agrupar a las capacidades en base a operación mental y contenido del reactivo (Kaufman, 1982).

En base a las clasificaciones realizadas Kauffman propone subdivisiones en escala verbal y de ejecución y se integran los patrones entre las escalas, estos patrones tienen su origen en el análisis de los factores, sistema de categorizaciones de Bannatyne e hipótesis específicas a un subtest (ver esquema 2).

ESQUEMA 2. REAGRUPACIÓN DE LAS SUBPRUEBAS REALIZADA POR KAUFFMAN PARA OBTENER FACTORES NEUROPSICOLÓGICOS DE L WISC RM

<b>FACTOR NEUROPSICOLÓGICO</b>	<b>SUBPRUEBAS DEL DE LA ESCALA WECHSLER</b>	<b>IMPLICACIONES</b>
Razonamiento verbal.	Semejanzas, aritmética, Comprensión.	Solución de problemas en el área de lenguaje.
Memoria verbal a largo plazo.	Información, Vocabulario, Retención de dígitos.	Recuperación de información almacenada.
Procesamiento simultáneo.	Figuras incompletas, Diseño con cubos, Ensamblaje de objetos.	Relacionado con series espaciales y es obstruido por lesiones occipitoparietales.
Procesamiento sucesivo.	Ordenamiento de figuras, Codificación, Laberintos.	Relacionado con el manejo en serie y temporal de información, presumiblemente se ve perturbado por lesiones en áreas frontotemporales
Organización visual.	Figuras incompletas, Ordenación de dibujos.	Tarea visual que no demanda coordinación motora.
Coordinación visomotora.	Diseño con cubos, Composición de objetos, Claves, Laberintos.	Tarea visual altamente dependiente de la coordinación motora.

FIGURA COMPLEJA DE REY OSTERREITH.

Consiste en la copia de una figura de estructura compleja por parte del sujeto, compuesta por nueve unidades preceptuales que el niño debe integrar dentro de una sola unidad perceptual. Su puntuación se basa en el resultado de la copia (estructura perceptiva global) y el número de detalles correctamente copiados. Esta prueba explora el nivel de desarrollo perceptivo motor, estructuración espacial.

La ejecución de memoria consiste en la realización de la tarea anterior en ausencia de la tarjeta estímulo, ésta segunda tarea mide la capacidad de memoria visual a corto plazo. (Galindo y Villa et al, 1995).

## PRUEBA DE FLUIDEZ VERBAL

La prueba de fluidez verbal es utilizada para valorar la capacidad de localización de palabras en niños con lesiones cerebrales. Esta prueba tiene por objeto evaluar la producción espontánea de palabras en un tiempo determinado (1 minuto) y dentro de una categoría particular, se utilizan las pruebas de fluidez verbal dentro de categorías fonológicas y dentro de categorías semánticas; en las pruebas de fluidez verbal fonológicas se le pide al niño que produzca el mayor número de palabras que comiencen con una letra determinada. Para las pruebas de fluidez verbal semántica la instrucción es la misma que para las pruebas fonológicas, solamente que las palabras generadas deben pertenecer a una categoría semántica; animales y frutas (Ardila & Rosselli, 1992).

## PRUEBA DE DESEMPEÑO CONTÍNUO (Continuous Performance Test, CPT).

Esta prueba está programada en computadora y se ha empleado para evaluar los procesos de atención, a través de la Prueba de Desempeño Continuo se pueden medir varios factores específicos: el tiempo simple de reacción, la impulsividad, descontrol y comisión de errores. La prueba consiste en doce letras que son presentadas en el monitor en una secuencia casi al azar hasta un total de 400 letras. Cada grupo de cuatro periodos continuos contiene 10 secuencias blanco (A seguida de una X), 5 X no precedidas de una A y 17 A no seguidas de una X, cada letra se presenta durante 20 milisegundos con intervalo de 1.5 segundos la prueba dura un total de 12 minutos; la consigna al niño es: oprime la barra espaciadora cada vez que aparezca una A seguida de una X en la pantalla de la computadora. Previo a la evaluación al niño se le dará un pequeño entrenamiento, donde la prueba será presentada a menor velocidad, para asegurarnos que el niño comprende la consigna (Halperin, 1991).

## EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A FLÚOR, ARSÉNICO, PLOMO Y CUANTIFICACIÓN DE HIERRO EN SANGRE.

Esta cuantificación se realizó en el Departamento de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

El biomarcador de exposición para flúor fue la concentración de este contaminante en orina. La cuantificación del fluoruro se analizó conforme al método No. 8308 de Instituto Nacional de Salud Ocupacional de los Estados Unidos, con el electrodo de ion selectivo.

La cuantificación de plomo en sangre se analizó por duplicado mediante la adición de un modificador de matriz de acuerdo al método descrito por Subramanian. (Subramanian K. 1987)

El contenido de plomo se realizó por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. El biomarcador de exposición fue el nivel de arsénico en orina. La muestra de orina se analizó de acuerdo por el método descrito por Cox (Cox D. 1991) Se determinó el contenido de arsénico en la muestra por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros.

## CUANTIFICACIÓN DE HIERRO EN SANGRE POR SATURACIÓN DE TRANSFERRINA

La Transferrina es una proteína del grupo de las globulinas que capta el hierro de la dieta, lo acumula y transporta, constituyendo la principal proteína fijadora de hierro circulante. Así, al medir la cantidad la concentración de esta proteína, medimos el porcentaje de hierro en el organismo. El valor de la saturación porcentual es del 20 al 50%. Puede descender del 15% en la anemia. En niños porcentajes de 20% indican signos de desnutrición..

La saturación de la transferrina se calcula mediante una fórmula:

$$\%ST = \frac{\text{Hierro sérico total}}{\text{Capacidad total de captación de hierro}} \times 100$$

Niveles normales de saturación de la transferrina en hombres del 20 al 50% y en mujeres del 15 al 50%

## CUESTIONARIOS DE NIVEL SOCIOECONÓMICO Y ESCOLARIDAD

Se aplicó el cuestionario para la asignación de niveles socioeconómicos (utilizando los algoritmos de cálculo correspondiente regla 13 x 6; versión 1.1) de la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado y Opinión Pública A. C. (AMAI, 2004).

El cuestionario contempló preguntas dirigidas a obtener información acerca de:

- a) Datos de identificación.
- b) Historia clínica: antecedentes patológicos personales o dificultades en desarrollo evolutivo.
- c) Exploración física.
- d) Vivienda.
- e) Escolaridad y ocupación de los padres.

\* nota: para mayor información en el anexo se encuentra el cuestionario completo.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para el análisis estadístico las variables de exposición fueron los niveles de flúor y arsénico en orina, los efectos de interés fueron las puntuaciones en los coeficientes intelectuales y los factores neuropsicológicos (Figura Compleja de Rey Osterreith, Prueba de Fluidez Verbal y Prueba de Desempeño Continuo) y psicométricas (WISC RM). Las variables confusoras fueron: nivel socioeconómico, educación de la madre, niveles de plomo en sangre, deficiencia de hierro, plomo en sangre, edad y sexo.

### **Análisis univariado.**

Se evaluó la normalidad de las variables continuas, se comparó media, sesgo, coeficiente de kurtosis, análisis gráfico y la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables que no ajustaron a distribución normal se transformaron en logaritmo ( $\log_{10}$ ).

**Análisis bivariado.**

Se utilizaron las correlaciones de Pearson entre las variables de exposición y variables de efecto y/o variables de exposición y variables confusoras.

**Análisis multivariado.**

Se realizaron correlaciones parciales entre variables de exposición y variables de efecto controladas por variables confusoras.

**Análisis de varianza (comparación múltiple).**

Se realizó el análisis de varianza para comparar las variables de exposición categorizadas en tres grupos con las variables de efecto: factores neuropsicológicos (Tiempo de reacción, Fluidez verbal, memoria verbal a largo plazo, razonamiento verbal. organización visual, procesamiento simultaneo y sucesivo, organización visual y motora y Coeficiente Intelectual).

### 3.3 VARIABLES.

**VARIABLE INDEPENDIENTE.-** Exposición a flúor.

Exposición a arsénico.

**DEPENDIENTE.-** Factores neuropsicológicos específicos (Tiempo de reacción, Fluidez verbal, memoria verbal a largo plazo, razonamiento verbal, organización visual, procesamiento simultáneo y sucesivo, organización visual y motora), y Coeficiente intelectual.

**CONFUSORAS.-** Plomo.  
Educación de los padres.  
Cuantificación de Hierro.

**DEMOGRAFICAS.-** Edad.  
Sexo.  
Nivel Socioeconómico.  
Escolaridad de los padres.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

Los hallazgos se reportan en el siguiente orden; en primer termino se hace un análisis descriptivo de las variables sociodemográficas de la muestra total (Municipio de Soledad de Graciano Sánchez y la Ciudad de Durango), niveles de exposición a flúor y arsénico y factores confusores, (tablas 1-3). Posteriormente se continúa el análisis descriptivo de las pruebas neuropsicológicas y psicométricas (tablas 4-9). En el apartado siguiente presentan los análisis de correlación (tabla 11-15) y finalmente se expone el análisis de varianza entre las variables de exposición y los factores neuropsicológicos (figuras 1-10).

#### 4.1 EVALUACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA, EXPOSICIÓN A FLÚOR Y ARSÉNICO Y VARIABLES CONFUSORAS

En la tabla 1 se describen las características sociodemográficas de las poblaciones correspondientes al Municipio de Soledad de Graciano Sánchez y la Ciudad de Durango. El nivel socioeconómico es en promedio bajo en las dos poblaciones y la media de educación de la madre se ubica en tercer grado de primaria en Soledad y cuarto grado de primaria en Durango, respecto de variable edad y grado escolar son similares en ambas poblaciones.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LA MUESTRA

		SOLEDAD DE GRACIANO		DURANGO	
		SÁNCHEZ			
n		34		60	
		MEDIA (SD)		MEDIA (SD)	
EDAD		7.7 (1.0)		7.7 (1.1)	
GRADO ESCOLAR		2.3 (0.9)		2.1 (1.0)	
SEXO	Masculino	19		30	
	Femenino	15		30	
NIVEL SOCIOECONÓMICO		7.5 (1.0)		6.2 (1.7)	
EDUCACIÓN DE LA MADRE		3.6 (1.1)		4.7 (3.3)	

En la tabla 2 se muestran las concentraciones de flúor y arsénico en orina. Considerando que en ambas poblaciones las condiciones sociodemográficas no varían de manera significativa se decidió reunir las en una sola muestra, realizando puntos de corte en base a los niveles de concentración de flúor y arsénico, para finalmente separar la muestra en tres grupos de baja, media y alta concentración. Los puntos de corte para el flúor son los recomendados por el centro de control de la enfermedad de Estados Unidos (CDC, 1991).

TABLA 2. NIVELES DE FLÚOR Y ARSÉNICO EN ORINA POR PUNTOS DE CORTE

FLÚOR EN ORINA mgF/gcreatinina			ARSÉNICO EN ORINA µgAs/gcreatinina		
PUNTO DE CORTE	MEDIA	%	PUNTO DE CORTE	MEDIA	%
<i>GRUPO 1 (0.57-2.0)</i> N = 25	1.36	26.6	<i>GRUPO 1 (1.87-9.99)</i> N = 17	7.22	18.1
<i>GRUPO 2 (2.04-4.86)</i> N = 32	3.19	44.0	<i>GRUPO 2 (11.44-49.80)</i> N = 45	26.33	47.1
<i>GRUPO (35.09-24.95)</i> N = 37	8.60	33.4	<i>GRUPO 3 (51.20-325.29)</i> N = 32	107.96	33.4

\* Valor recomendado en individuos no expuestos a flúor => 2.0 PPM (partes por millón)

\*\* Limite de intervención de la CDC para arsénico => 50 PPB (partes por billón)

En la Tabla 3 podemos ver la media de niños con deficiencia de hierro y niveles de plomo en sangre. Los resultados indican que en la mayoría de la población no existe deficiencia de hierro en los niños que fueron analizados (85%) y la cantidad de plomo en sangre se encuentra dentro de los niveles permitidos en niños de 5 a 10 años, solo el 7.4% rebasa este límite.

**TABLA 3 VARIABLES CONFUSORAS**

<b>PLOMO EN SANGRE (mg/dl).</b>		
<b>N = 94</b>		
<b>MEDIA</b>	<b>MIN-MAX</b>	<b>%&gt;10*</b>
5.5	0.15 - 15.7	7.4
<b>% SATURACION DE TRANSFERRINA</b>		
<b>N = 94</b>		
<b>MEDIA</b>	<b>MIN-MAX</b>	<b>%&gt;20**</b>
33.7	8.1 - 79.9	85

\* Límite de intervención del Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos.

\*\* Valor de referencia para deficiencia de hierro en niños de 5-10 años (Encuesta Nacional de Salud Pública de EUA).

## 4.2 EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

### Análisis estadístico descriptivo de las pruebas neuropsicológicas y psicométricas

El propósito de este análisis es mostrar de manera global como se comporta la muestra en cada una de las pruebas aplicadas utilizando la media aritmética, desviación estándar y rango por edad.

En la tabla 4 se describe el perfil de la Escala de Inteligencia Wechsler Para Niños Estandarizada en Población Mexicana, aquí se puede observar que los coeficientes intelectuales verbal y de ejecución se encuentran en el límite de la categoría para coeficiente intelectual normal, y el coeficiente intelectual global se ubica en la categoría “debajo del normal”.

TABLA 4 PUNTUACIONES OBTENIDAS EN LA PRUEBA WISC RM

	MEDIA	SD	MÍNIMO	MÁXIMO
CI Verbal	90.16	±15.87	52	133
CI ejecución	91.41	±11.96	56	116
CI Global	89.70	±14.17	48	119

En la tabla 5 se muestran las puntuaciones en los factores obtenidos en la reagrupación del WISC RM realizada por Kaufman. La media en todos los factores se encuentra por debajo de la esperada (10) de acuerdo a los estándares de la prueba (Gómez P., Padilla, E., Roll, S. 1983)

TABLA 5 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS FACTORES NEUROPSICOLÓGICOS (WISC RM).

FACTORES NEUROPSICOLÓGICOS	MEDIA	SD	MNIMO	MAXIMO
RAZONAMIENTO VERBAL	9.0	±1.9	3.0	12.7
MEMORIA VERBAL A LARGO PLAZO	8.4	±2.7	2.0	15.7
PROCESAMIENTO SIMULTÁNEO	8.3	±2.2	2.6	14.0
PROCESAMIENTO SUCESIVO	9.1	±2.2	3.0	13.0
ORGANIZACIÓN VISUAL	8.5	±2.6	2.0	14.5
COORDINACIÓN VISUAL	8.6	±1.7	4.0	12.3

En la Tabla 6 observamos las puntuaciones obtenidas por edad en la prueba de la Figura Compleja de Rey Osterreith en su modalidad de copia y memoria visual. Se puede ver que la media se modifica conforme aumenta la edad en ambas modalidades, sin embargo éstas puntuaciones son significativamente bajas si se compara con un grupo estándar (Ardila & Roselli, 1997; Galindo y Villa, et al. 1995., Calderón, et al.2001).

TABLA 6 MEDIA Y DESVIACIÓN ESTANDAR EN LA COPIA Y MEMORIA VISUAL DE LA FIGURA COMPLEJA DE REY OSTERREITH

EDAD (n)	COPIA		MEMORIA	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD
6 (16)	6.03	±1.0	4.0	2.0
7 (21)	6.31	±2.3	4.5	2.3
8 (35)	8.2	±2.1	6.2	2.2
9 (18)	8.8	±2.7	6.1	2.3
10 (4)	8.2	±1.6	6.6	3.1

En la tabla 7 se muestra la media y desviación estándar de las palabras emitidas por edades por edad de la prueba de fluidez verbal en las categorías semántica y fonológica. Aquí se puede observar una tendencia creciente en el promedio de palabras producidas cuando aumenta la edad de los niños. Sin embargo este promedio es bajo en relación con el grupo estándar (Ardila & Roselli, 1992).

TABLA 7 PROMEDIO DE PALABRAS EMITIDAS EN LA PRUEBA DE FLUIDEZ VERBAL EN SU MODALIDAD FONOLÓGICA Y SEMÁNTICA

EDAD (n)	FLUIDEZ FONOLÓGICA MEDIA (SD)		FLUIDEZ SEMÁNTICA (ANIMALES) MEDIA (SD)		FLUIDEZ SEMÁNTICA (FRUTAS) MEDIA (SD)	
	30"	60"	30"	60"	30"	60"
6 (16)	3.9 ± (1.8)	1.5 ± (1.1)	5.5 ± (2.0)	2.1 ± (1.2)	4.5 ± (1.6)	1.0 ± (1.6)
7 (21)	4.3 ± (2.5)	1.6 ± (1.2)	5.6 ± (1.8)	3.1 ± (1.8)	5.0 ± (1.8)	1.5 ± (1.3)
8 (35)	4.9 ± (1.8)	2.4 ± (1.4)	6.8 ± (2.3)	2.8 ± (1.7)	5.2 ± (2.2)	1.5 ± (1.3)
9 (18)	4.6 ± (2.5)	2.2 ± (1.5)	6.8 ± (2.3)	3.7 ± (2.0)	6.1 ± (2.4)	1.6 ± (1.5)
10 (4)	7.0 ± (3.16)	2.2 ± (1.8)	7.2 ± (1.7)	4.2 ± (1.7)	6.5 ± (0.5)	1.2 ± (0.9)

En la Tabla 8 se muestra la media y desviación estándar de los errores de intromisión (introducción de una palabra que no corresponde a la categoría) y perseveración (repetición de una palabra que no corresponde a la categoría, una o mas veces) por edades, conforme aumenta la edad disminuye el promedio de errores en todas las categorías de la prueba.

**TABLA 8 ERRORES EN LA PRUEBA DE FLUIDEZ VERBAL (INTROMISIÓN Y PERSEVERACIÓN)**

EDAD(n)	FLUIDEZ FONOLÓGICA		FLUIDEZ SEMÁNTICA (ANIMALES)		FLUIDEZ SEMÁNTICA (FRUTAS)	
	Intromisión	Perseveración	Intromisión	Perseveración	Intromisión	Perseveración
6 (16)	.50 (.89)	.25 (.58)	.062 (.25)	.25 (.45)	.38 (.89)	.31 (.60)
7 (21)	.19 (.40)	.19 (.51)	0	.29 (.96)	.43 (.98)	.095 (.30)
8 (35)	.34 (.94)	.20 (.47)	.23 (.60)	.31 (.58)	.71 (1.2)	.11 (.40)
9 (18)	.67 (.19)	.17 (.38)	0	.22 (.55)	.22 (.43)	.33 (.57)
10 (4)	0	0	0	.50 (.67)	.75 (50)	.75 (.96)

En la tabla 9 se presentan la media, desviación estándar y rango de la prueba de Desempeño Continuo, (CPT), en promedio se obtienen altas puntuaciones en los factores específicos de inatención e hiperactividad, que nos indican dificultades de los niños para ejecutar la prueba. Es importante mencionar que altas puntuaciones en estos factores son típicas de niños con trastorno de déficit de atención (Halperin, 1991).

**TABLA 9 PUNTUACIONES OBTENIDAS EN LA EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE DESEMPEÑO CONTINUO (CPT).**

	MEDIA	SD	MINIMO	MAXIMO
INATENCIÓN	9.8	± 6.8	1	29
IMPULSIVIDAD	4.3	± 6	0	26
HIPERACTIVIDAD	12.5	± 24.9	0	197

En la tabla 10 se muestra la media, desviación estándar y rango en los cuatro periodos de tiempo que conforma la Prueba de Desempeño Continuo (CPT), en éstos cuatro periodos se registra el tiempo de reacción que obtienen los niños en la ejecución de la prueba de desempeño continuo. Los tiempos de reacción están relacionados con alerta, rapidez mental y flexibilidad. Según los datos descriptivos se observan incrementos principalmente en el tiempo de reacción 2. Comparando los tiempos promedio de esta muestra con un estudio de 138 niños norteamericanos se reportan tiempos de reacción mayores en éstos niños (Halperin, 1991).

TABLA 10 PUNTUACIÓN OBTENIDA EN TIEMPOS DE REACCIÓN MEDIANTE LA PRUEBA DE DESEMPEÑO CONTINUO

Periodos	MEDIA	SD	MINIMO	MAXIMO
TIEMPO DE REACCIÓN 1	630.4	±190.4	9.0	1219.0
TIEMPO DE REACCIÓN 2	648.8	±163.0	407.0	1162.0
TIEMPO DE REACCIÓN 3	632.8	±147.0	367.0	1152.0
TIEMPO DE REACCIÓN 4	660.6	±152.6	352.0	1124.0
TIEMPO DE REACCIÓN PROMEDIO	644.7	±138.8	418.0	1034.0

### Correlaciones de Pearson y correlaciones parciales.

Este tipo de análisis estadístico se realizó con el fin de observar la posible relación entre las puntuaciones obtenidas en las pruebas neuropsicológicas en relación a los niveles de flúor y arsénico en orina considerando la probable influencia de las variables confusoras y sociodemográficas.

En la tabla 11 los resultados de mayor relevancia son la fuerte correlación inversa entre la variable de educación de la madre, el nivel socioeconómico y los niveles de flúor en orina. En lo que respecta al arsénico presenta correlación negativa sólo con las variables de plomo en sangre y nivel socioeconómico. Lo anterior nos indica que a los sujetos de nivel socioeconómico bajo y con menor educación de la madre presentan mayores niveles de contaminación.

TABLA 11 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DE EXPOSICIÓN Y LAS VARIABLES CONFUSORAS

VARIABLES CONFUSORAS	VARIABLES DE EXPOSICIÓN	
	FLÚOR EN ORINA +	ARSÉNICO EN ORINA +
SATURACIÓN DE TRANSFERRINA +	-.020 (0.85)	-0.04 (.715)
PLOMO EN SANGRE +	- 0.22* (0.03)	-0.28** (0.005)
NSE	-0.44** (0.001)	-0.48** (0.001)
EDUCACIÓN DE LA MADRE +	-0.22* (0.031)	-0.18 (0.09)

+ transformación logarítmica  
\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

En la tabla 12 se observa la fuerte correlación negativa entre los niveles de flúor y los factores reagrupados del WISC RM. Se puede observar que al ajustar por nivel socioeconómico y educación de la madre; en las correlaciones parciales el arsénico mantiene la correlación negativa únicamente con el factor de razonamiento verbal. La figura Compleja De Rey mantiene la correlación positiva únicamente con el flúor. Y la prueba de fluidez verbal no presenta correlación.

TABLA 12 CORRELACIONES ENTRE NIVELES DE EXPOSICIÓN DE FLÚOR Y ARSÉNICO EN ORINA Y BATERÍA DE PRUEBAS NEUROPSICOLÓGICA.

	CORRELACIONES CRUDAS		CORRELACIONES PARCIALES	
	FLÚOR EN ORINA +	ARSÉNICO EN ORINA +	FLÚOR EN ORINA +	ARSÉNICO EN ORINA +
FIGURA COMPLEJA DE REY (VERSIÓN COPIA) ♦	<b>-0.34**</b> (.001)	<b>-0.24**</b> (.001)	<b>-0.30**</b> (.004)	-0.12 (.237)
FIGURA COMPLEJA DE REY (VERISON MEMORIA) ♦	<b>-0.40**</b> (.001)	<b>-0.20*</b> (.049)	<b>-0.31**</b> (.003)	-0.08 (.429)
FLUIDEZ VERBAL (semántica)	<b>-0.26**</b> (.001)	-0.18 (.088)	-0.19 .069	-0.08 (.422)
FLUIDEZ VERBAL ♦ (fonológica)	-0.16 (.114)	-0.00 (.978)	-0.22 (.239)	-0.07 (.481)
RAZONAMIENTO VERBAL ♦	<b>-0.38**</b> (.001)	<b>-0.32**</b> (.002)	<b>-0.29**</b> (.006)	<b>-0.22*</b> (.036)
MEMORIA A CORTO PLAZO ♦	<b>-0.40**</b> (.001)	<b>-0.31**</b> (.002)	<b>-0.30**</b> (.003)	-0.20 (.054)
PROCESAMIENTO SIMULTÁNEO ♦	<b>-0.32**</b> (.002)	<b>-0.23*</b> (.027)	<b>-0.30**</b> (.004)	-0.11 (.277)
PROCESAMIENTO SUCESIVO ♦	<b>-0.32**</b> (.002)	<b>-0.27**</b> (.007)	<b>-0.21*</b> (.041)	-0.11 (.279)
ORGANIZACIÓN VISUAL ♦	<b>-0.39**</b> (.000)	<b>-0.27</b> (.009)	<b>-0.28**</b> (.008)	-0.15 (.145)
COORDINACIÓN VISOMOTORA ♦	<b>-0.39**</b> (.000)	<b>-0.26</b> (.012)	<b>-0.31**</b> (.003)	-0.16 (.139)

+ transformación logarítmica

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .001$

♦ Ajustadas por NSE y educación de la madre.

En la Tabla 13 vemos el análisis de correlación entre los cuatro periodos en los que se registraron los tiempos de reacción que se obtuvieron utilizando la prueba de Desempeño Continuo y los niveles de arsénico y flúor, existen correlaciones positivas entre el tiempo de reacción dos y la exposición a flúor. En el caso del arsénico no existe correlación.

TABLA 13 CORRELACIONES ENTRE LOS TIEMPOS DE REACCIÓN DE LA PRUEBA DE DESEMPEÑO CONTINUO Y VARIABLES DE EXPOSICIÓN.

	CORRELACIONES CRUDAS		CORRELACIONES PARCIALES	
	FLÚOR EN ORINA +	ARSÉNICO EN ORINA +	FLÚOR EN ORINA +	ARSÉNICO EN ORINA +
TIEMPO DE REACCIÓN 1	0.03 (.813)	0.04 (.712)	0.02 (.837)	0.04 (.706)
TIEMPO DE REACCIÓN 2	<b>0.30</b> <b>(.006)**</b>	0.22 (.054)	<b>0.30</b> <b>(.008)**</b>	0.22 (.051)
TIEMPO DE REACCIÓN 3	0.12 (.293)	0.11 (.313)	0.10 (.381)	0.12 (.280)
TIEMPO DE REACCIÓN 4	0.00 (.957)	-0.02 .833	-0.01 (.918)	-0.01 (.868)
TIEMPO DE REACCION PROMEDIO	0.20 (.075)	0.16 (.145)	0.19 (.100)	0.17 (.130)

+ transformación logarítmica

\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

En la tabla 14 se pueden observar los errores registrados en la Prueba de Desempeño Continuo (CPT), se da una clara correlación positiva entre niveles de flúor y errores de tipo “LXONLY y LAONLY,” que son indicadores de inatención, lo anterior puede traducirse de la siguiente manera: los niños que presentan mayores errores de inatención son los que registraron los niveles mas elevados de flúor en orina. No hay correlación entre el arsénico y los tipos de errores.

TABLA 14 CORRELACIONES ENTRE ERRORES EN LA EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE DESEMPEÑO CONTINUO Y LAS VARIABLES DE EXPOSICIÓN

	CORRELACIONES CRUDAS		CORRELACIONES PARCIALES	
	FLÚOR EN ORINA	ARSÉNICO EN ORINA	FLÚOR EN ORINA	ARSÉNICO EN ORINA
	+	+	+	+
SANOTX	0.09 (.433)	0.05 (.616)	0.07 (.512)	0.06 (.587)
SXONLY	0.21 (.065)	0.14 (.230)	0.19 (.096)	0.17 (.196)
SAONLY	0.13 (.249)	-0.19 (.423)	0.11 (.336)	-0.09 (.451)
LANOTX	0.07 (.534)	-0.11 (.313)	0.05 (.638)	-0.11 (.335)
LXONLY	<b>0.29**</b> <b>(.008)</b>	<b>0.27*</b> <b>(.015)</b>	<b>0.29*</b> <b>(.010)</b>	0.27 (.014)
LAONLY	<b>0.24*</b> <b>(.008)</b>	0.10 (.382)	<b>0.23*</b> <b>(.044)</b>	0.11 (.341)

+ transformación logarítmica  
\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

En la tabla 15 se observan las correlaciones entre la ejecución de la Figura Compleja de Rey Osterreith y los factores de organización visual y coordinación visomotora del WISC RM. Considerando que ambas pruebas son susceptibles de medir los factores visomotores y perceptuales, decidimos validar ambas pruebas al medir su grado de correlación. Los resultados nos confirman la fuerte correlación positiva entre estas dos pruebas.

**TABLA 15 CORRELACIONES ENTRE LA PRÁXIA CONSTRUCTIVA GRÁFICA Y LOS FACTORES DE ORGANIZACIÓN VISUAL Y COORDINACIÓN VISOMOTORA.**

	<b>FACTORES WISC RM (KAUFMAN)</b>	
	<b>ORGANIZACIÓN VISUAL</b>	<b>COORDINACIÓN VISOMOTORA</b>
<b>PRÁXIA CONSTRUCTIVA GRÁFICA (REY OSTERREITH)</b>	<b>0.21*</b> (.049)	<b>0.39**</b> (.000)

\*  $p \leq (.05)$  \*\*  $p \leq (.001)$   
 • ajustado por edad y grado escolar

En Tabla 16 se encuentran los resultados de las correlaciones entre los factores neuropsicológicos de fluidez verbal y el factor de razonamiento verbal, al ser dos tareas verbales medidas por diferentes pruebas se espera que al correlacionarlas se obtengan valores significativos y efectivamente se presenta una correlación positiva que demuestra que en ambas pruebas los niños con bajas puntuaciones en fluidez obtienen bajas puntuaciones en tareas de razonamiento verbal.

**TABLA 16 CORRELACIONES ENTRE LOS FACTORES DE RAZONAMIENTO VERBAL DEL WISC RM Y LOS FACTORES DE FLUIDEZ VERBAL Y SEMÁNTICA**

<b>FACTORES WISC RM (KAUFFMAN)</b>	<b>FLUIDEZ VERBAL</b>		
	<b>FLUIDEZ FONOLÓGICA</b>	<b>FLUIDEZ SEMÁNTICA (ANIMALES)</b>	<b>FLUIDEZ SEMÁNTICA (FRUTAS)</b>
<b>RAZONAMIENTO VERBAL</b>	<b>0.30**</b> (.005)	<b>0.34**</b> (.001)	0.14 (.198)

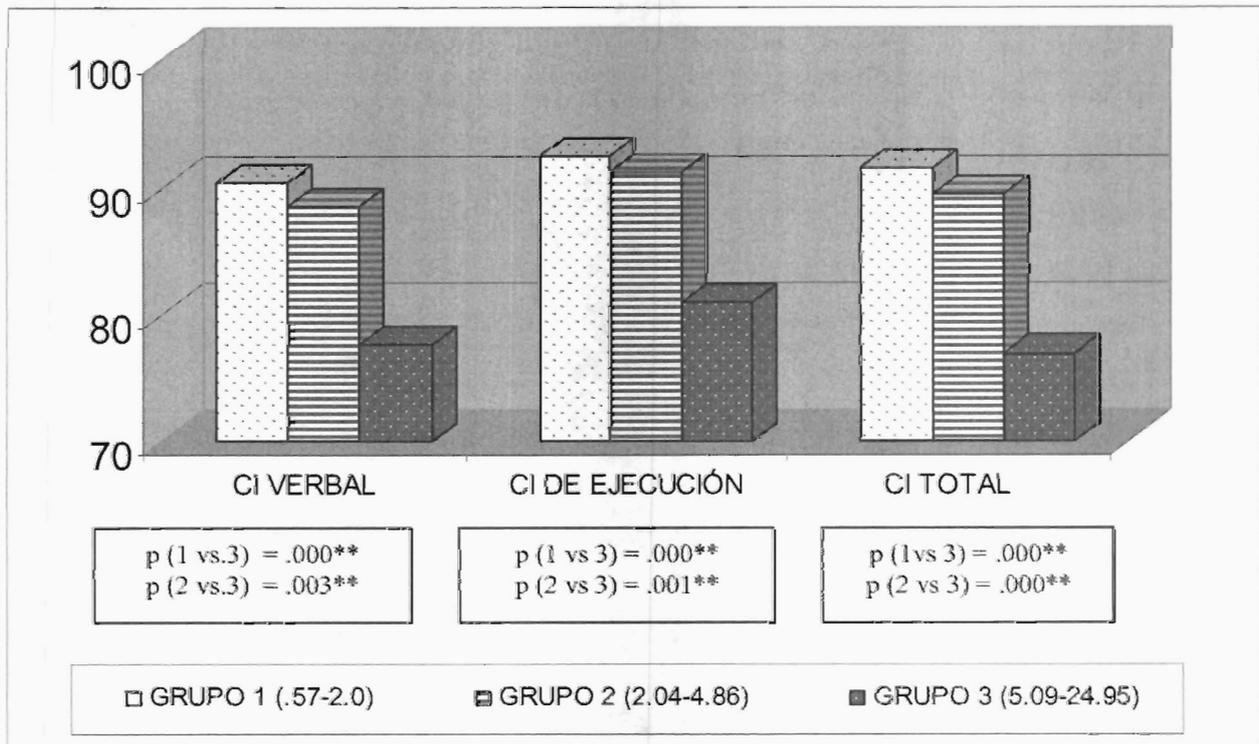
+ Transformación logarítmica  
 \*  $p \leq (.05)$  \*\*  $p \leq (.001)$   
 • ajustado por edad y grado escolar

## Análisis de varianza (Comparación Múltiple, LSD)

Para este análisis estadístico se utilizaron los grupos formados a partir de los puntos de corte realizados a distintos niveles de concentración de flúor y arsénico, la finalidad es observar las puntuaciones obtenidas en las pruebas neuropsicológicas y psicométricas de los niños que pertenecen a determinado grupo que se consideran de baja, alta y muy alta exposición y si las diferencias entre los grupos son estadísticamente significativas.

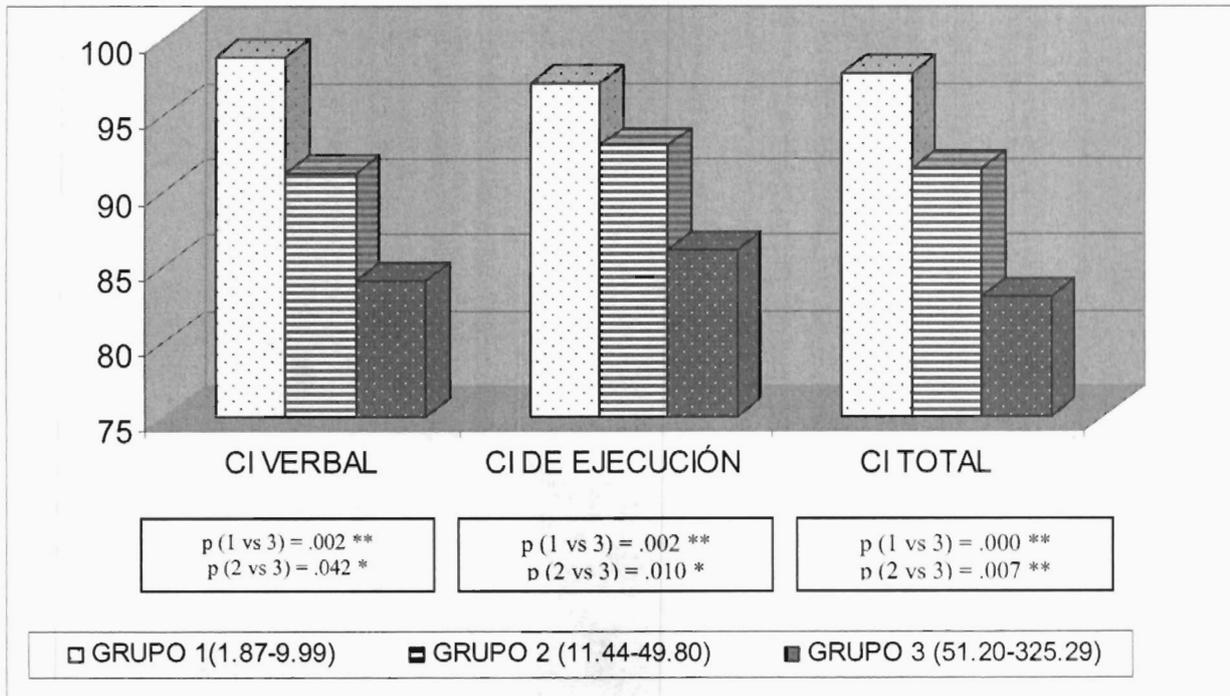
En la figura 1 y 2 se muestra que la tendencia de los coeficientes intelectuales disminuye cuando las concentraciones de flúor y arsénico aumentan. Las diferencias estadísticamente significativas se dan para los grupos 1 y 3. Este patrón de correlación se presenta en los tres coeficientes.

FIGURA 1 COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE EL COEFICIENTE INTELECTUAL VERBAL EJECUCIÓN TOTAL Y LOS NIVELES DE FLÚOR EN ORINA



\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

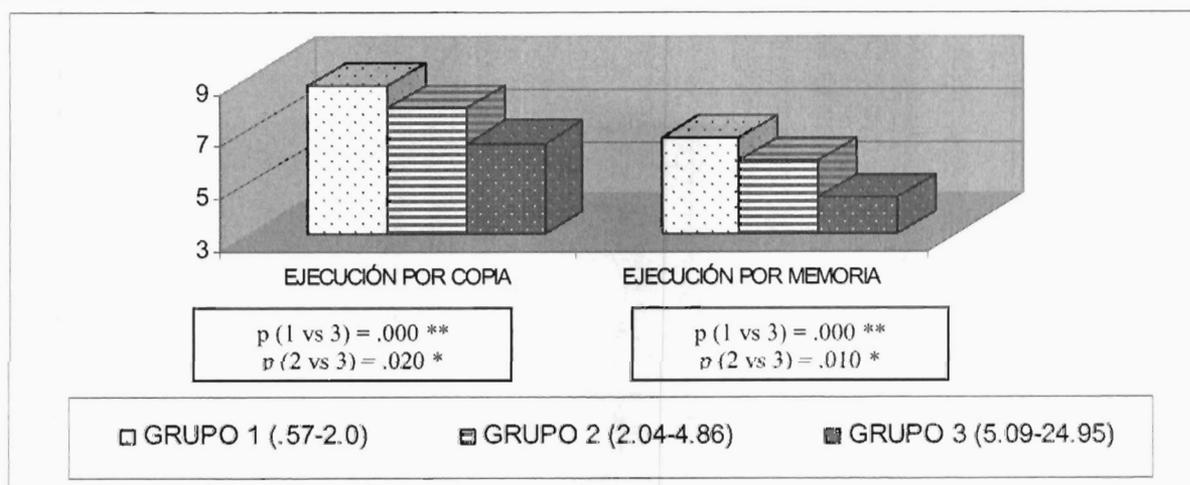
FIGURA 2 COMPARACIÓN ENTRE EL COEFICIENTE INTELECTUAL VERBAL, DE EJECUCIÓN Y TOTAL Y LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN ORINA



\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

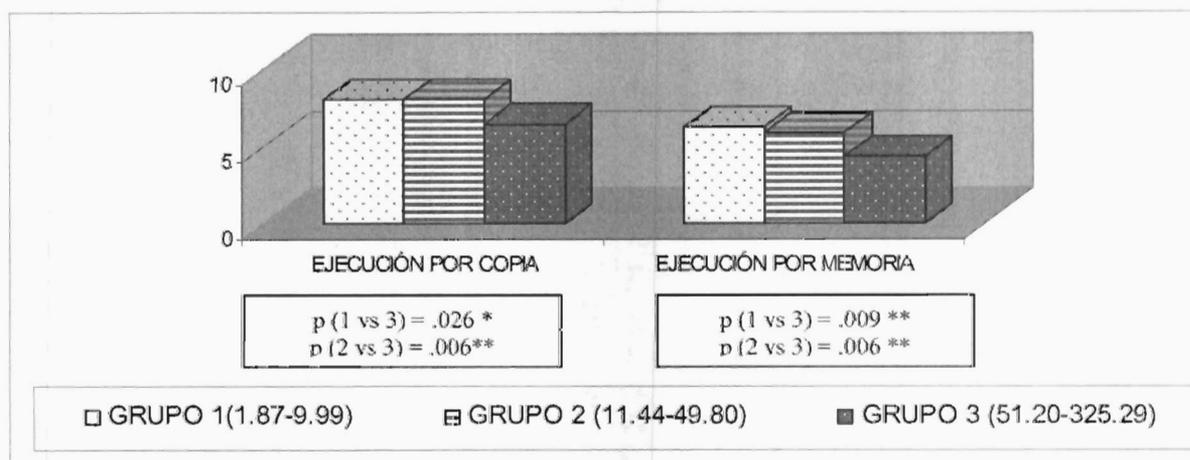
Las figuras 3 y 4 corresponde los factores de la práxia constructivas gráfica y memoria visual comparadas con niveles de concentración de flúor y arsénico en orina. Se hace evidente la relación entre las bajas puntuaciones en la prueba de Rey Osterreith y los niños con mayor exposición a flúor y arsénico. Es importante resaltar que se obtienen más bajas puntuaciones en memoria visual cuando se analiza el grupo con mayor exposición a flúor que cuando se hace este mismo procedimiento con el arsénico.

FIGURA 3 COMPARACIÓN ENTRE LA FIGURA COMPLEJA DE REY OSTERREITH Y LOS NIVELES DE FLÚOR EN ORINA.



\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

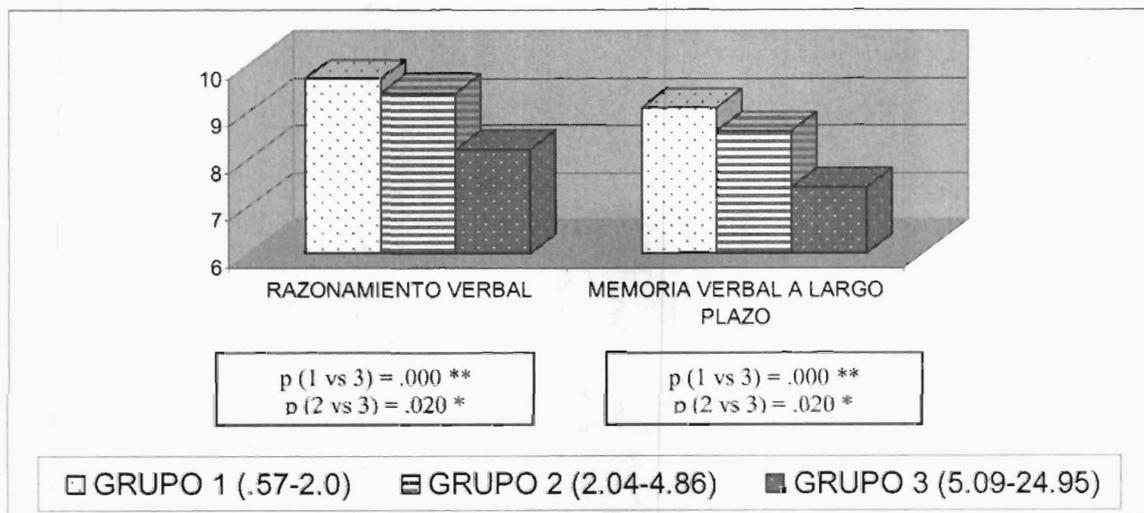
FIGURA 4 COMPARACIÓN ENTRE LA COPIA Y MEMORIA DE LA FIGURA COMPLEJA DE REY OSTERREITH Y LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN ORINA.



\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

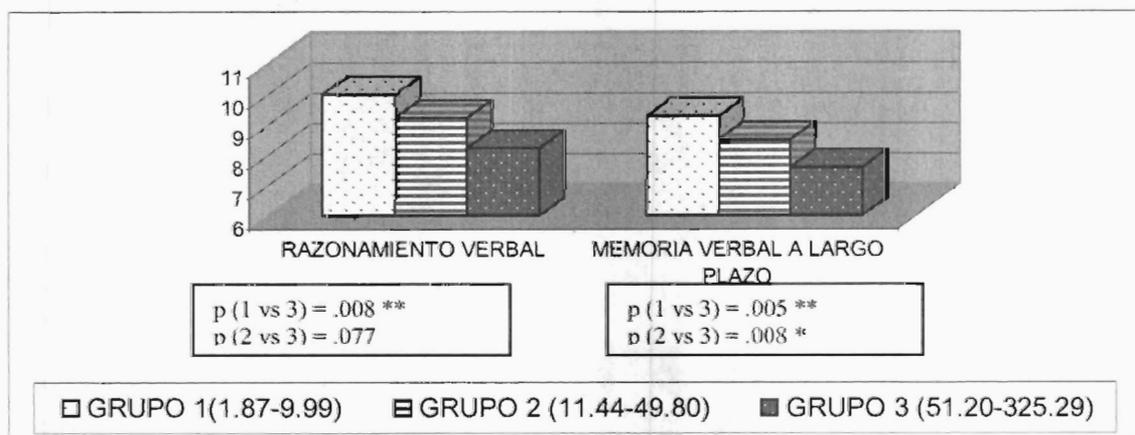
La tabla 5 Y 6 se puede ver la comparación entre los niveles de concentración de flúor en orina y arsénico y la puntuaciones obtenidas entre los factores neuropsicológicos de memoria verbal a largo plazo y razonamiento verbal, en la cual podemos observar tendencia estadísticamente significativa de disminución de puntuaciones en los factores entre los grupos a medida que aumentan las concentraciones de estos elementos en orina. (Gpo. 1 y 3).

FIGURA 5 COMPARACIÓN ENTRE LOS FACTORES DE RAZONAMIENTO VERBAL Y MEMORIA VERBAL A LARGO PLAZO DEL WISC RM (KAUFMAN) Y LOS NIVELES DE FLÚOR EN ORINA



\*  $p < (.05)$  \*\*  $p < (.001)$

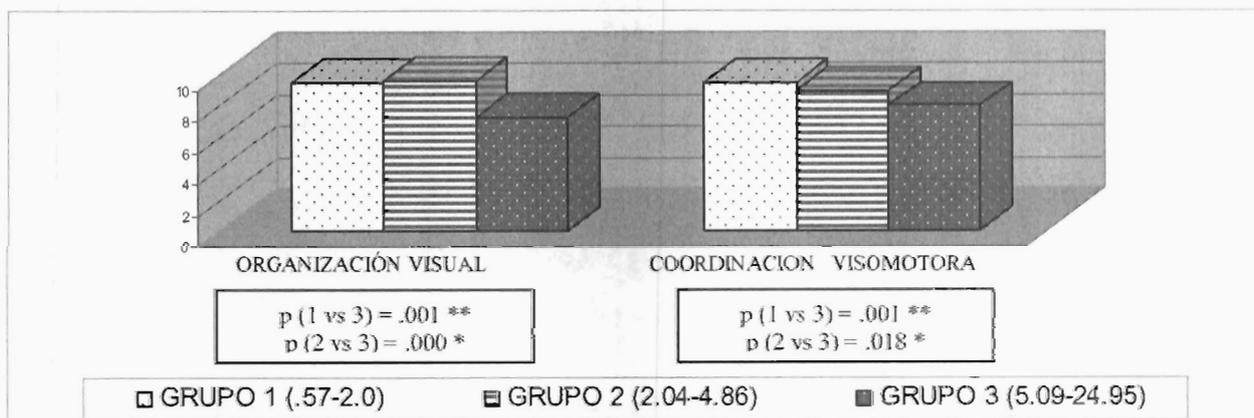
FIGURA 6 COMPARACIÓN ENTRE LOS FACTORES DE RAZONAMIENTO VERBAL, Y MEMORIA VERBAL A LARGO PLAZO DEL WISC RM (KAUFMAN) Y LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN ORINA.



\*  $p < (.05)$  \*\*  $p < (.001)$

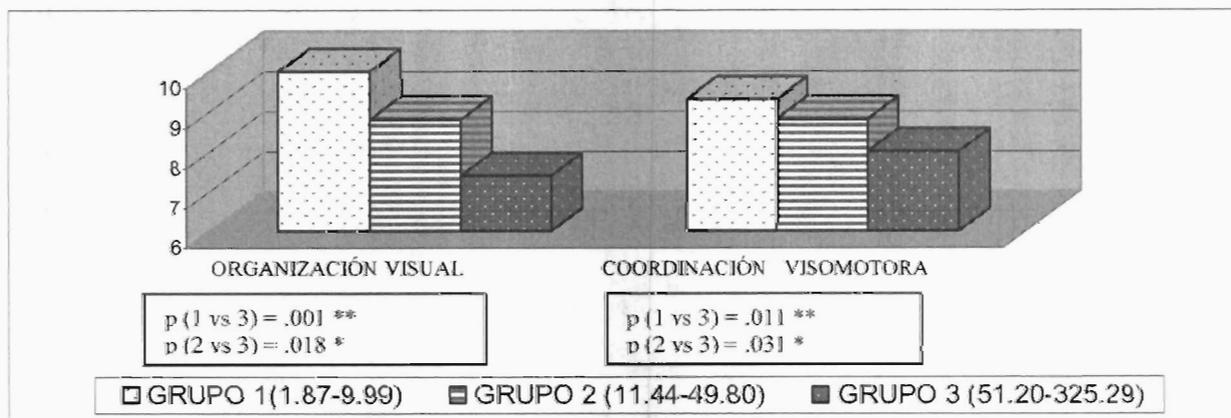
En las figuras 7 y 8 se encuentran los factores de organización visual y coordinación visomotora resultantes de la recategorización de las subescalas del WISC RM por Kaufman. Es evidente la diferencia entre las puntuaciones obtenidas en los grupos de alta concentración en la cual los puntajes son muy bajos respecto a los niños en los grupos de menor exposición, la tendencia es tanto para la organización visual como para la coordinación visomotora. Pero los puntajes bajos se evidencian con mayor claridad en el factor neuropsicológico de organización visual. Este patrón se repite en los dos contaminantes.

FIGURA 7 COMPARACIÓN ENTRE LOS FACTORES DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL, COORDINACIÓN VISOMOTORA DEL WISC RM (KAUFMAN) Y LOS NIVELES DE FLÚOR EN ORINA



\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

FIGURA 8 COMPARACIÓN ENTRE LOS FACTORES DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL, COORDINACIÓN VISOMOTORA WISC RM (KAUFMAN) Y LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN ORINA



\* p <= (.05) \*\* p <= (.001)

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES**

En Durango existen niveles de Flúor y arsénico que rebasan las normas oficiales, en Soledad de Graciano Sánchez los niveles de exposición son considerablemente menores, sin embargo se presentan casos de alta exposición. En ambas poblaciones las características sociodemográficas y de educación de la madre se reportaron como similares y los niveles de plomo y hierro se encuentran en los límites permitidos, estas condiciones justificaron la decisión de analizar a las dos poblaciones en una sola muestra formando grupos de acuerdo al gradiente de concentración de los contaminantes (baja, alta y muy alta).

Las variables que se correlacionaron positivamente con algunas las puntuaciones de las pruebas neuropsicológicas fueron educación de la madre y nivel socioeconómico. Al realizar las correlaciones entre factores neuropsicológicos y variables de exposición se ajustaron por nivel socioeconómico y educación de la madre.

Cuando se correlacionaron las variables confusoras y sociodemográficas con las variables de exposición, se encuentra que los niños de nivel socioeconómico bajo presentan concentraciones más elevadas de flúor y arsénico. Los niveles bajos de plomo en sangre implica el aumento de flúor y arsénico.

Al análisis descriptivo de la prueba WISC RM, observamos que en promedio el coeficiente intelectual verbal y de ejecución caen en la categoría “normal”, y el coeficiente intelectual global se clasifica como “normal bajo”. Por su carácter general, estos datos deben interpretarse únicamente como informativos.

La reagrupación de las subpruebas del WISC RM realizada por Kaufman nos permitió obtener factores neuropsicológicos (razonamiento verbal, memoria verbal a largo plazo, procesamiento simultáneo, procesamiento sucesivo, organización visual, coordinación visomotora); el análisis de perfil nos revelan que todos factores se encuentran por debajo del puntaje esperado cuando comparamos con los estándares de la prueba, es decir las puntuaciones alcanzadas por éstos niños en todos los factores son deficientes.

El análisis descriptivo de la prueba Figura Compleja de Rey Osterreith, en su modalidad copia (práxia constructiva gráfica) y memoria visual, confirman que los puntajes obtenidos en estos factores mejoran al aumentar la edad. Sin embargo comparaciones con grupos de niños expuestos a menores cantidades de flúor y arsénico y niños no expuestos demuestra que estos grupos alcanzan puntuaciones superiores a la media de nuestra población.

Los resultados de la prueba de fluidez verbal ratifican que en promedio mejora la fluidez verbal conforme aumenta la edad del niño, es decir, aumenta el número de palabras acertadas para cada categoría (semántica y fonológica), y por el contrario disminuye el tipo de errores de intrusión y perseveración. Sin embargo la comparación de los niños expuestos con poblaciones estándar (Ardila, et al, 199?) revela una clara desventaja en el factor de fluidez verbal en particular en la categoría fonológica.

Respecto de la prueba de Desempeño Continuo (CPT), se observan en promedio puntuaciones elevadas en factores de inatención e Hiperactividad, que evidencian dificultades en procesos atencionales, estos resultados se confirman con la correlación positiva entre los errores de tipo LXONLY y LAONLY (indicadores de inatención que se miden con esta misma prueba) y las

elevadas concentraciones de flúor. El arsénico no tiene efecto sobre las puntuaciones en esta prueba; es decir, el flúor en particular afecta procesos de atención.

La prueba de Desempeño Continuo es susceptible de registrar los tiempos de reacción en cuatro periodos. Los resultados muestran una tendencia a incrementar en promedio los tiempos de reacción conforme avanzan la ejecución de la prueba. Al análisis estadístico el aumento del tiempo de reacción del periodo dos se correlaciona positivamente con niveles de flúor. El flúor produce tiempos de reacción más largos los cuales son un reflejo de dificultades en alerta flexibilidad y rapidez mental.

Al examinar los factores neuropsicológicos que resultan de la reagrupación de las subpruebas del WISC RM (razonamiento verbal, memoria verbal a largo plazo, procesamiento simultaneo, procesamiento sucesivo, organización visual, coordinación visomotora) y las variables de exposición, resulta una correlación negativa entre todos los factores neuropsicológicos con los niveles flúor en orina, el arsénico resulta significativo con el factor de Razonamiento verbal y una marcada tendencia con la memoria verbal a largo plazo. Esto es, el flúor parece causar daños de carácter mas generalizados sobre varios factores, mientras que el arsénico solo lo hace sobre factores verbales.

La prueba de fluidez verbal no presento correlación con niveles de flúor y arsénico sin embargo los promedios por edad comparadas con grupos control encontrados en la literatura (Ardila, et al. 1992) fueron significativamente bajos. Estos puntajes se pueden asociar con dificultades en lectoescritura.

Para los análisis de varianza se compararon los tres grupos formados de acuerdo al nivel de flúor y arsénico en orina y los coeficientes intelectuales. El grupo de niños con menor nivel de flúor y arsénico en orina obtuvo las puntuaciones mas altas en coeficiente intelectual verbal, de ejecución y global y viceversa.

Cuando comparamos los puntajes del factor memoria visual (Rey Osterreith) del grupo de mas alta concentración de flúor en orina, encontramos que las puntuaciones obtenidas en memoria visual son mas bajas que en el grupo de mas alta concentración de arsénico. El flúor afecta en mayor medida a este factor neuropsicológico que su correspondiente arsénico.

El análisis comparativo entre los niveles de flúor y arsénico por grupos y los puntajes obtenidos en los factores de memoria verbal a largo plazo y razonamiento verbal, indica que en el grupo de muy alta concentración de arsénico y flúor es la memoria verbal a largo plazo el proceso mas afectado comparado con su correspondiente tarea; el razonamiento verbal.

Al analizar el tipo de procesamiento; simultaneo y sucesivo, es el primero el que obtiene menores puntuaciones con los dos contaminantes, estas puntuaciones nos permiten decir que es el procesamiento que implica series espaciales el que mas se afecta.

Se observaron correspondencias entre los promedios de fluidez verbal y los factores del WISC RM (razonamiento verbal y memoria verbal a largo plazo); para ratificar el grado de correlación entre tareas similares medidas por diferentes pruebas. El resultado fue una correlación positiva, que nos indica que efectivamente niños con bajas puntuaciones en la prueba de fluidez verbal obtenía puntuaciones similares en las tareas verbales de la escala Wechsler. El procedimiento se

repito con los factores de organización visual y coordinación visomotora y las práxia constructiva grafica de Rey. Los resultados demuestran la fuerte correlación positiva, principalmente con el factor visomotor.

## 4.1 DISCUSION

El presente trabajo es un esfuerzo por aportar conocimiento en relación los procesos neuropsicológicos y su relación con influencias ambientales; en este caso específico nos referimos al flúor y arsénico.

El éxito de la presente investigación es reflejo de un trabajo interdisciplinario; característica innegable del quehacer científico actual. Los resultados presentados nos permiten inferir el riesgo elevado en el cuál viven las poblaciones principalmente de niños, y de las consecuencias en el desarrollo de sus procesos psicológicos. Consideramos se ha cumplido con la tarea propuesta; aportar conocimientos acerca del grave problema de contaminación que existe en entidades del norte de la República Mexicana, es responsabilidad de todos divulgar los resultados con la única finalidad de concientizar a la población, y que esta labor de información promueva la creación de programas de intervención.

Las diversos estudios alrededor del mundo enfocadas a indagar acerca de los efectos neurofuncionales han basado sus hipótesis en el modelo médico reduccionista que supone el desarrollo psíquico como resultado directo de las estructuras cerebrales. A partir de esta concepción consideramos que una las principales aportaciones fue aplicar un modelo psicológico científico alternativo para enmarcar las consecuencias sobre el desarrollo neuropsicológico de agentes neurotóxicos; el paradigma histórico cultural y la neuropsicología cognoscitiva.

El análisis descriptivo de la batería neuropsicológica aplicada, nos brinda un panorama amplio del estado en que se encuentran las habilidades y capacidades de los niños que viven en zonas contaminadas; en el caso de las escalas Wechsler, la Figura compleja de Rey Osterreith y la Prueba de Desempeño Continuo probaron ser susceptibles para medir el efecto sobre factores específicos de los contaminantes, demostrada por las fuertes correlaciones y análisis de varianza. No fue el caso de la prueba de fluidez verbal, la cual mostró correlación positivamente con nivel socioeconómico y al comparar puntuaciones obtenidas en otras poblaciones con esta misma prueba (Ardila, et al, 1992), los resultados nos muestran un retraso significativo en el desarrollo de este factor específico del lenguaje y que tiene serias de fundamental importancia en la adquisición de habilidades instrumentales de escritura y lectura.

Respecto de las escalas Wechsler, éstas han sido utilizadas ampliamente para evaluar la inteligencia en niños con diversos grados y tipos de contaminantes; nuestra experiencia nos permite ratificar que ciertamente es una prueba eficiente, sin embargo considero que además de brindar una un panorama aproximado de la inteligencia de los niños estudiados; cuando es prioridad observar los efectos de contaminantes sobre las funciones mentales, es preciso contemplar un análisis detallado que vaya mas allá de la simple aproximación al coeficiente intelectual y nos permita analizar factores neuropsicológicos específicos. La reagrupación de las subpruebas para obtener factores neuropsicológicos que utilizamos resulto de gran utilidad gracias a este procedimiento hemos podido observar los efectos específicos de flúor sobre factores de memoria y atención y el arsénico sobre tareas verbales.

## 4.2 SUGERENCIAS

Ampliar el tamaño de las muestras.

Estudiar la interacción flúor-arsénico y su efecto dosis respuesta

Iniciar programas de información y divulgación de los resultados como mediadas de prevención.

Afinar la batería neuropsicológica, incluyendo pruebas para medir factores neuropsicológicos específicos.

En siguientes fases de investigación sería recomendable elaborar programas enfocados a disminuir el consumo de productos que no contengan flúor y arsénico y plantear posteriores cuantificaciones para observar la disminución en el organismo y en las ejecuciones cognitivas.

Diseñar encuestas socioeconómicas mas susceptibles de medir factores familiares y socio culturales

## BIBLIOGRAFIA

- AMAI A.C. (2004). Niveles socioeconómicos. Recuperado el 16 de agosto del 2004, de <http://www.amai.org/niveles-socioeconomicos.phtml>
- Anger, W., Johnson, P. (1985). Chemicals affecting behavior. In neurotoxicity of industrial and commercial chemicals, Vol. II, pp 51-148. Boca Ratón, FL.
- Alarcón, T.; Martín, I.; Trejo, R.; Rodríguez, S. (2001). Well water fluorosis, and bone fractures in the Gaudiana Valley of México. Fluoride Vol. 34, No.2, pp139-149. Chihuahua, México.
- Anojín, P. K. (1968). "Biología y neurofisiología del reflejo condicional. Medicina, Moscú.
- Ajuriaguerra, J.; Hécaen. (1960). La cortex cerebral. Masson. Paris. Francia.
- Ardila, A., Roselli, M., Pineda, D., Lopera, F. (1992). Neuropsicología Infantil. Ed. Prensa Creativa. Medellín, Colombia.
- ATSDR. (Diciembre del 2003a). Toxic Substances and Disease Registry. División de toxicología Tox FAQs Arsenic cas #7440-38-2. Atlanta, GA. Recuperado el 20 de agosto del 2004 <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>
- ATSDR. (Diciembre del 2003b). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Fluoruro de hidrogeno y flúor. División de toxicología Tox FAQs para fluoruros, cas # 7782-41-4 y 7664-39-3. Atlanta, GA. Recuperado el 20 de agosto del 2004 <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>
- Azcoaga, J. (1963). Apraxia, Agnosia; afasia. Buenos Aires, Argentina: OPFYL.
- Azcoaga, J. (1981). Aprendizaje fisiológico y aprendizaje pedagógico.3a. Edición. El Ateneo. México.
- Azcoaga, J. (1983). Las funciones cerebrales superiores y sus alteraciones en el niño y el adulto. Neurología. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Azcoaga, J. Los retardos del lenguaje en el niño. (1987) Neurología, Conducta y Neuropsicología. Barcelona, España: Paidós.

- Benton, A. L. (1985). Child Neuropsychology. Retrospect and prospect. L. Costa y O.
- Beckett, W., Moore, J., Keogh, J., Bleecker, M. (1986). Acute encefalopathy due to occupational exposure to arsenic. Br J Ind Med. 43:66-7
- Beyn, K. (1962). The problem of prosopagnosia. J.Neurol. Neurosurg., Psychiatric. 1962 vol. 25. No. 154.
- Bolla, I. K. (1996). Neuropsychological Evaluation for detecting alterations in the central nervous alter chemical exposure. Regulatory Toxicology and Pharmacology 24, S48-S51. - Department of Environmental Health Sciences, Baltimore Maryland.
- Borstein B., Kidron D. (1959). Prosopagnosia. J.Neurol. Neurosurg., Psychiatric 22 :154
- Calderón, J.; Navarro, M. E.; Jiménez-Capdeville, M.E.; Santos-Díaz, M. A.; Golden, A.; Borja, V.; Diaz Barriga, F. (2001). Exposure to arsenic and lead and neuropsychological development in a mexican children. Environmental Research. A 85, pp. 69-76 (2001).
- CDC (center for disease control, 1991) Preventing poisoning in young children. Department of Health and Human Services.
- Chhuttani, P., Chawla, L., Sharma, T. (1967). Arsenic Neuropathy. Neurology. 17:269-74
- Cox, D. (1991), Arsine evolution-electrothermal atomic absorption method for determination of nanogram levels of total arsenic in urine and water. Anal. Toxicology. No. 4 p. 207-211
- Diaz-Barriga, F.; Leyva, R. Quistian, J.; Loyola-Rodriguez, J. P.; Pozos, A. y Grimaldo, M. (1997) Endemic fluorosis in San Luis Potosí, México. Sources of Fluoride Exposure. Fluoride Vol.29 No.4 230 – 236.
- Epstein, H. (1986). Stages of human brain development. Development Brain Research. 30: 114.
- Feldman, R., Niles., Nelly-Hayes, M., Sax, D., Dixon, W., Thompson, D. (1979). Peripheral neuropathy in arsenic smelter workers. Neurology. 29: 939-44.

- Galindo y Villa, G., Cortés, S., Salvador, C. (1995). Figura compleja de Rey Osterreith para niños. Cuadernos de Neuropsicología; FES Zaragoza-UNAM. México.
- Gerr, F., Letz, R., Ryan, P., Green, R., (2000). Neurological effects of environmental arsenic exposure. Arch Environ Health. 44:385-90.
- Goldberg, L (1983). Structure-activity Correlation as a predictive tool in a toxicology fundamentals. Methods and applications. Washington DC:
- Gómez, P., Padilla, E., Roll, S. (1983). Manual de aplicación de la Escala Wechsler Para niños Estandarizado para México. México: Manual Moderno.
- González, A. (1997). Memoria y memorias; Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje. Vol. 6, No.8, pp. 63-96
- Grimaldo, M., Turrubiarres, F., Milán, J., Pozos, A., Alfaro, C., Díaz- Barriga, F. (1997). "Endemic fluorosis in San Luis Potosí, México. III Screening for fluoride exposure with a geographic information system". Fluoride. 30, No. 1, pp. 33 – 40.
- Halperin, J. M., Greenblatt, E. R., Sharma, V., Schwartz, S. (1991). Assessment of the Continuous Performance Test: reliability and validity in a nonreferred sample. Psychological Assessment: A Journal of Consulting and Clinical Psychology. Vol. 3 No. 4
- Kaufman Alan S., tr. Florente López R. (1982). Psicometría razonada con el WISC-R. México: El Manual Moderno
- Kolb, B. & Fantie (1989). The neuropsychology of development: Hemisphere laterality, limbic lenguaje and the origin of thought. Journal of Clinical Psychology. 38: 4
- León-Carrión, J (1995). Manual de neuropsicología humana. Madrid, España: Siglo XXI.
- Leontiev, A. N. (1952). "Acerca de la comprensión materialista refleja y subjetiva de la psique". Moscu: Pedagogía Soviética.
- Liublińskaia, A., tr. Andrés Fierro A. A. (1971). Desarrollo psíquico del niño. México: Grijalbo.

- Lu, Y.; ZR, Zun.; LN Wu.; X Wang.; W Lu.; SS, Liu. (2000). Research Report Fluoride Vol. 33, No. 2, pp. 74-78. Tianjin, China.
- Luria, A. R. (1974). "Cerebro y Lenguaje". Barcelona, España: Fontanella,
- Luria, A. R. (1979). "El cerebro en acción". Barcelona, España: Fontanella
- Luria, A. R. (1983). "Organización funcional del cerebro". En A. A. Smirnov y col., Fundamentos de Psicofisiología (pp. 113 – 142]).México. Siglo XXI
- Luria, A. R. (1994). "Atención y memoria". Barcelona, España: Planeta.
- Luria, A. R. (1997). "Las funciones corticales superiores en el hombre". Cuba: Orbe.
- Machado, B. (1999). Exposición a flúor y su efecto en el coeficiente intelectual, el tiempo de reacción, la organización visoespacial y memoria visual en niños de la ciudad de San Luis Potosí. Tesis para obtener grado de Químico Fármaco Biólogo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. México.
- Manga, D., Ramos, F. (1991). Neuropsicología de la edad escolar. Aplicaciones de la teoría de A. R. Luria a niños a través de la batería LURIA-DNI. Madrid, España: Visor
- Medellín, P., Alfaro, M. C., Sarabia, I., De Lira, A., Nieto, B. (1990). "Fluoruros en agua de consumo en la ciudad de San Luis Potosí y en la zona conurbana con el municipio de Soledad de Graciano Sánchez". Memorias del coloquio de Investigación, la Calidad del agua. U. A. S. L. P., pp. 1 – 3.
- Mesulam, M.M.; (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of Neurology*. 28: pp. 597-613.
- Morphy, M., Lyon, L., Tylor, J., (1981). Subacute arsenic neuropathy: clinical and electrophysiological observation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 44: 896-900.
- Morton W., Caron, G., (1994). Encephalopathy: an uncommon manifestation of workplace arsenic poisoning. *Am J Ind Med* 15: 1-5.

- Nava, S. (1999). Consecuencias a altas concentraciones de Flúor en procesos neuropsicológicos en niños en edad escolar. Tesis para obtener diploma en educación especial. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. México.
- Ostrowski, Wilbur, S., Chou, C., Pohl, H., Stevens Y., Allred, P. (1997). Agency for toxicSubstances and Disease Registry: Priority listo f hazardous substance. Latent effects Carcinogenesis, neurotoxicology, and developmental deficit humans and animals. Toxicology Ind. Health. 15:602-44
- Pavlov. I. P. (1937) “Lecciones sobre la actividad de los grandes hemisferios”. Ed. Estatal de Literatura biológica y Médica, Leningrado.
- Posner, M.I.; Petersen, S. E. (1990) The attention system and the human brain. Anaual Review in Neurosciences. Vol. 13: pp25-42
- Quintanar, L., López, N. (1998). “Algunas características del desarrollo de la memoria verbal y visual en niños escolares”. Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje. Vol. 6, No. 1 P 49 - 62.
- Quintanar L.; Bonilla, R.; Sánchez A.; Hernández.; Sardá N y Solovieva Y. (2001). La función reguladora del lenguaje en niños con déficit de atención. Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje y Neuropsychologia Latina. 9,2:164-180
- Quintanar, L; Solovieva, Y; Flores, D. (2002). Programa de corrección neuropsicológica del déficit de atención.. Puebla, México: Benemerita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).
- Quintanar, L.; Solovieva Y. (2003). Manual de evaluación Neuropsicológica Infantil. Colección Neuropsicología y Rehabilitación. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).
- Sattler, J. (2003). Evaluación infantil: Aplicaciones cognitivas. 4a edicion. México: El Manual Moderno
- Spreen, O. (1995). Developmental neuropsychology. New York: Oxford University Press.

- Stefanatos GA, Wassertein, J. (2001) Attentional deficit/hyperactivity disorders a right hemisphere syndrome. *Annals New York Academy of Sciences.*; 931: pp172-195.
- Subramanian K. (1987). Determination of lead in blood: comparison of two GFAAS methods. *Atomic spectroscopic.* No. 8, p. 7-14.
- Ujtomsky, A. (1950) "Obras escogidas. Tomo I: Estudio sobre el hemisferio dominante". Universidad Estatal de Leningrado, Rusia.
- Valciukas J. (1991). *Foundations of environmental and occupational neurotoxicology.* New York, USA: Nostrand Reinhold.
- Van Geen A., Ahsan K., Horneman A, Dhar, R., Zheng Y., Hussein I., (2002). Promotion of well switching mitigate the current arsenic, crisis in Bangladesh. *Bull WHO* 80: 732-737.
- Vigotsky, L. S. (1979) "El Desarrollo De Los Procesos Psicológicos Superiores". Barcelona, España: Grijalbo.
- Vigotsky, L. S. (1991). "Psicología pedagógica". Moscú: Pedagogía.
- Vigotsky, L. S. (1993). "Obras Escogidas I. Aprendizaje, Visor.
- Vigotsky, L. S. (1995). "Obras Escogidas Tomo III. Moscú: Visor.
- Wasserman, A., Liu, X., Parvez, F., Ahsan, H.; Litvak, F., Van Geen, A., Slavskovich, V., Lolocono, N. J. (2003). *Environmental Health Perspectives.* Vol. 112, No. 13. New York. USA.
- Xiang Q., Liang Y., Cheng., Wang C., Chen B., Chen X., Zhou M. (2003). Effect of fluoride in drinking water on children's intelligence. *Fluoride* Vol. 36, No. 2, pp84-94 Research Report. Shanghai, P. R. China.
- Yen S., Yi H., Wen H., Chao M., Mei CH. (2003), The effects of Chronic exposure from drinking water on the neurobehavioral development in adolescence. *Neurotoxicology.* Elsevier Science. Taipei, Taiwan.

-Zhao L. B. ; Liang G. H. ; Zhang, D. N. ; WU, X. R. (1996), Effects of high fluoride water supply on children's intelligence. Fluoride. Vol. 29, No.4, pp190-192. China.

# APÉNDICE

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI.  
Laboratorio de Toxicología Ambiental

---

**Exposición a Flúor y Arsénico**

---

Folio I \_ I \_ I \_ I

---

**I.- DATOS DE IDENTIFICACIÓN.**

---

- 1.1 Nombre del niño: \_\_\_\_\_
- 1.2 Domicilio: \_\_\_\_\_
- 1.3 Entre que calles: \_\_\_\_\_
- 1.4 Teléfono: \_\_\_\_\_
- 1.5 Sexo: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_
- 1.6 Nombre de la escuela: \_\_\_\_\_
- 1.7 Grado y grupo: \_\_\_\_\_
- 1.8 Lugar de nacimiento de su hijo: \_\_\_\_\_
- 1.9 Durante el embarazo de su hijo ¿Usted vivió en esta comunidad?  
Sí ..... 01  
No..... 02
- 1.10 Fecha de nacimiento de su hijo: \_\_\_\_\_
- 1.11 Peso \_\_\_\_\_ Talla \_\_\_\_\_
- 1.12 Fecha de la entrevista: \_\_\_\_\_

---

**II.- VIVIENDA.**

---

- 2.1 ¿Cuánto tiempo tiene la familia de vivir en ésta comunidad? \_\_\_\_\_
- 2.2 ¿Cuánto tiempo tiene el niño de vivir en esta comunidad? \_\_\_\_\_
- 2.3 ¿Cuántas personas habitan en la casa? \_\_\_\_\_
- 2.4 ¿Cuántos cuartos usan para dormir? \_\_\_\_\_
- 2.5 ¿De que material es la mayor parte del piso de la casa?  
Mosaico o madera ..... 01  
Cemento ..... 02  
Tierra ..... 03  
Otro ..... 04

- 2.6 ¿De dónde toman el agua para los servicios generales?
- Dentro de la vivienda (llave) ..... 01
- Fuera de la vivienda pero dentro de la vecindad o terreno ..... 02
- De la llave pública o Pipa..... 03
- No sabe ..... 04
- 2.7 Tiene drenaje
- Si ..... 01
- No ..... 02
- 2.8 ¿Las calles de su cuadra están pavimentadas?
- Sí ..... 01
- No ..... 02
- 2.9 Tiene patio en su casa?
- Si ..... 01
- No ..... 02
- 2.10 De qué material es?
- Mosaico o cemento .... 01
- Tierra ..... 02

---

### III. HABITOS DEL NIÑO

---

- 3.1 ¿Su hijo(a) se lava los dientes? (si) (no)
- 3.2 ¿Cuántas veces al día? \_\_\_\_\_
- 3.3 Ha observado si su niño (a) se come la pasta de dientes (si) (no)
- 3.4 ¿Que cantidad de sal le agrega el (la) niño (a) a sus alimentos?
- Más de lo necesario .....01
- Lo necesario.....02
- Poca.....03
- No le gusta.....04
- 3.5 ¿Cuántos vasos de agua toma el (la) niño(a) al día \_\_\_\_\_

---

### IV. HOGAR

---

- 4.1 ¿De dónde toman el agua para beber?
- Grifo ..... 01
- Embotellada o de garrafón ..... 02
- ¿Qué marca? \_\_\_\_\_
- 4.2 ¿De dónde toma el agua para cocinar?
- Grifo ..... 01
- Embotellada o de garrafon ..... 02
- ¿Qué marca? \_\_\_\_\_

4.3 ¿Qué marca(s) de sal utiliza para cocinar?

---

---

**V. SALUD**

---

- 5.1 El niño presenta alguno de los siguientes síntomas:
- Irritación.....01
  - Nausea.....02
  - Vomito.....03
  - Diarrea.....04
  - Dolor abdominal.....05
  - Perdida de peso.....06
  - Callosidades.....07\*
  - Verrugas o granos.....08\*
  - Manchas oscuras.....09\*
  - Manchas claras.....10\*
  - Parálisis en pies y manos..... 11
  - Fracturas.....12\*
  - Otros.....14

Si marco alguna respuesta con \* ¿En que parte del cuerpo presenta estos síntomas?

---

5.2 ¿Desde hace cuánto tiempo presenta estos síntomas? \_\_\_\_\_

5.3 Su hijo esta tomando algún medicamento?

Si ..... 01

No..... 02

¿Cuál?

---

5.4 Antecedentes familiares

En su familia se han presentado alguna(s) de las siguientes enfermedades:

Respiratorias (Asma, bronquitis, infecciones, otros).....01

Hematológicas (Anemia, leucemia, otros ).....02

Renales .....03

Cardíacas.....04

Cáncer .....05 ¿De que tipo? \_\_\_\_\_

Otras.....06

---

## VI. HISTORIA DEL NIÑO

---

### 6.1 DESARROLLO

6.1.1 ¿Tuvo dificultades durante el embarazo?

Sí ..... 01  
No ..... 02  
No sabe ..... 03

¿Cuales? \_\_\_\_\_

6.1.2 Duración del embarazo \_\_\_\_\_

6.1.3 ¿Tuvo dificultades durante el parto?

Sí ..... 01  
No ..... 02  
No sabe ..... 03

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

6.1.4 El (La) niño(a) se tardó en caminar

Sí ..... 01  
No ..... 02  
No sabe ..... 03

¿A que edad camino? \_\_\_\_\_

6.1.5 El (La) niño(a) se tardó en hablar?

Sí ..... 01  
No ..... 02  
No sabe ..... 03

Si Ud. respondió Sí, ¿Cual fue la situación por la que el (la) niño (a) se tardó en hablar?

\_\_\_\_\_

### 6.2 HISTORIA ESCOLAR

6.2.1 ¿A que edad entró el niño a la escuela? \_\_\_\_\_

6.2.2 ¿Ha repetido algún año?

Sí ..... 01  
No ..... 02

¿ Porque? \_\_\_\_\_

6.2.3 Ha presentado problemas para aprender

- Si ..... 01
- No ..... 02
- No sabe ..... 03

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

---

## VII. ESCOLARIDAD Y EMPLEO DE LOS PADRES

---

7.1 ¿A qué se dedica el padre o jefe de familia? \_\_\_\_\_

7.2 ¿Hasta que año estudió el padre o jefe de familia? \_\_\_\_\_

7.3 ¿A qué se dedica la madre? \_\_\_\_\_

7.4 ¿Hasta qué año estudió la madre? \_\_\_\_\_

---

## VIII. HABITOS DE LOS PADRES

---

8.1 Antecedentes de Tabaquismo

8.1.1 El padre fuma

- Si ..... 01
- No ..... 02

¿Cuántas veces al día? \_\_\_\_\_

8.1.2 La madre fuma

- Si ..... 01
- No ..... 02
- No sabe ..... 03

¿Cuántas veces al día? \_\_\_\_\_

8.2 Antecedentes de alcoholismo

8.2.1 El padre toma

- Si ..... 01
- No ..... 02

¿Cuántos días por semana? \_\_\_\_\_

8.2.2 La madre toma

- Si ..... 01
- No ..... 02
- No sabe ..... 03

¿Cuántos días por semana? \_\_\_\_\_

8.2.3 ¿La madre tomo alcohol ó fumó durante el embarazo?

- Si ..... 01
- No ..... 02
- No sabe ..... 03

1. Pensando en el Jefe de familia de su hogar ¿cuál fue el último año de estudios que completo? (espere respuesta y pregunte) ¿Realizo otros estudios? (reclasificar si es necesario).
  - 1. No estudio
  - 2. Primaria incompleta
  - 3. Primaria completa
  - 4. Secundaria incompleta
  - 5. Secundaria completa
  - 6. Carrera comercial
  - 7. Carrera técnica
  - 8. Preparatoria incompleta
  - 9. Preparatoria completa
  - 10. Licenciatura incompleta
  - 11. Licenciatura completa
  - 12. Diplomado o Maestría
  - 13. Doctorado
  - 14. NS/NC
  
2. ¿Cuál es el total de las piezas y/o habitaciones con que cuenta su hogar?, por favor no incluya baños, medios baños, pasillos, patios, y azoteas.
  - 1. Uno
  - 2. Dos
  - 3. Tres
  - 4. Cuatro
  - 5. Cinco
  - 6. Seis
  - 7. Siete o más
  
3. ¿Cuántos baños completos con regadera y W.C. (excusado) hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar?
  - 0. Cero
  - 1. Uno
  - 2. Dos
  - 3. Tres
  - 4. Cuatro o más
  
4. En su hogar ¿cuenta con calentador de agua o boiler?
  - 0. No
  - 1. Sí
  
5. Contando todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de los techos, paredes y lámparas de buró o piso, dígame ¿cuántos focos tiene en su vivienda?
  - 1. Cinco o menos
  - 2. Entre seis y diez
  - 3. Entre once y quince
  - 4. Entre dieciséis y veinte
  - 5. Veintiuno o más

6. ¿ El piso de su hogar es predominantemente de tierra, o de cemento, o de algún otro tipo de acabado?
- 1. Tierra
  - 2. Cemento (firme de)
  - 3. Otro tipo de material o acabado
7. ¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis, tiene su hogar?
- 0. Ninguno
  - 1. Uno
  - 2. Dos
  - 3. Tres
8. ¿Cuenta su hogar con aspiradora que funcione?
- 0. No
  - 1. Sí
9. ¿Cuenta su hogar con lavadora de ropa que lave y enjuague automáticamente que funcione?
- 0. No
  - 1. Sí
10. ¿Cuenta su hogar con horno de microondas que funcione?
- 0. No
  - 1. Sí
11. ¿Cuenta su hogar con tostador eléctrico de pan que funcione?
- 0. No
  - 1. Sí
12. ¿Cuenta su hogar con videocassetera que funcione?
- 0. No
  - 1. Sí
13. ¿Cuenta su hogar con computadora personal?
- 0. No
  - 1. Sí



36-4

# WISC-RM

Escala de Inteligencia Revisada  
Estandarizada en México, D.F.

## Protocolo

NOMBRE: \_\_\_\_\_

EDAD: \_\_\_\_\_ SEXO: \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL PADRE  
O TUTOR: \_\_\_\_\_

ESCUELA: \_\_\_\_\_

GRADO: \_\_\_\_\_

LUGAR DE APLICACIÓN: \_\_\_\_\_

APLICÓ: \_\_\_\_\_

REFERIDO POR: \_\_\_\_\_

### PERFIL WISC-RM

#### ESCALA VERBAL

#### ESCALA DE EJECUCIÓN

Puntuación normalizada	Información	Semejanzas	Aritmética	Vocabulario	Comprensión	Retención de dígitos	Puntuación normalizada	Figuras incompletas	Ordenación de dibujos	Diseño con cubos	Composición de objetos	Claves	Laberintos	Puntuación normalizada
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
19	.	.	.	.	.	.	19	.	.	.	.	.	.	19
18	.	.	.	.	.	.	18	.	.	.	.	.	.	18
17	.	.	.	.	.	.	17	.	.	.	.	.	.	17
16	.	.	.	.	.	.	16	.	.	.	.	.	.	16
15	.	.	.	.	.	.	15	.	.	.	.	.	.	15
14	.	.	.	.	.	.	14	.	.	.	.	.	.	14
13	.	.	.	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	13
12	.	.	.	.	.	.	12	.	.	.	.	.	.	12
11	.	.	.	.	.	.	11	.	.	.	.	.	.	11
10	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	10
9	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	9
8	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	8
7	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	7
6	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	6
5	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	5
4	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	4
3	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	3
2	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	2
1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1

Fecha de aplicación	Año	Mes	Día
Fecha de nacimiento	_____	_____	_____
Edad	_____	_____	_____

	Puntuación natural	Puntuación normalizada
<b>ESCALA VERBAL</b>		
Información	_____	_____
Semejanzas	_____	_____
Aritmética	_____	_____
Vocabulario	_____	_____
Comprensión (Retención de dígitos)	( _____ )	( _____ )
<b>S u m a</b>	_____	_____
<b>ESCALA DE EJECUCIÓN</b>		
Figuras incompletas	_____	_____
Ordenación de dibujos	_____	_____
Diseño con cubos	_____	_____
Composición de objetos	_____	_____
Claves	_____	_____
(Laberintos)	( _____ )	( _____ )
<b>S u m a</b>	_____	_____

	Puntuación normalizada	CI
Escala Verbal	_____*	_____
Escala de Ejecución	_____*	_____
Escala Total	_____*	_____

\*Prorrrateo si es necesario.

OBSERVACIONES

# FIGURA COMPLEJA DE REY PARA NIÑOS

Grado: \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento \_\_\_\_\_

## HOJA DE REGISTRO

ROTACIÓN	UBICACION	REPETICIÓN	DISTORSIÓN	ANGULACIÓN	REPASO	TAMAÑO	OTRO

Rotación ( 45 90 180 ) Tamaño ( M m ) Adición de detalles ( ) Total =

NOTAS:

---



---



---



---

