

# APLICACION DE UN SISTEMA DE EVALUACION NEUROCONDUCTUAL (NES-2) BASADO EN COMPUTADOR PARA EPIDEMIOLOGIA AMBIENTAL Y OCUPACIONAL

ROSA CECILIA SERRANO DE MALDONADO\*  
HECTOR POSSO\*\*  
MARIO YURY VIDAL MORENO\*\*\*  
NELSON RAMIRO GAMBOA TOLOZA\*\*\*\*

## PRESENTACION

Hoy es ampliamente conocido que un gran número de sustancias de uso industrial producen severos efectos negativos sobre la salud de los trabajadores.

Es por esto que la intoxicación tanto ambiental como ocupacional por exposición a sustancias neurotóxicas, en razón de sus características, plantea un difícil y delicado problema de diagnóstico y prevención. La insuficiencia de los métodos clínicos por sí solos y, la constancia y frecuencia con que en las historias médicas de sujetos expuestos a sustancias neurotóxicas se describían alteraciones en las funciones de los procesos psicológicos (1), los estados afectivos y la personalidad en períodos que precedieron a las manifestaciones clínicas de la intoxicación, dio lugar a la evalua-

ción neuroconductual empleando instrumentos como el computador. El NES-2 es una herramienta que ayuda no solo a diagnosticar estados de deficiencia neuroconductual sino también a prevenir precozmente alteraciones en el Sistema Nervioso Central por computador.

## OBJETIVOS GENERALES DEL ESTUDIO

- Adaptar y ajustar un sistema de evaluación neuroconductual basado en un computador para epidemiología ambiental y ocupacional a nuestro medio ambiente bajo la exposición de sustancias neurotóxicas.
- Estandarizar una batería de test que mida los procesos cognitivos (memoria, atención, velocidad de reacción simple, habilidad para codificar, desempeño psicomotriz, aprendizaje, procesos de pensamiento) y afectivos (estados de ánimo), que sean aplicables a todos los grupos socioculturales de nuestra población colombiana.

---

\* Profesora Asociado, Departamento de Ciencias Sociales, UIS  
\*\* Profesor Cátedra, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, UIS  
\*\*\* Estudiante de Ingeniería de Sistemas, UIS  
\*\*\*\* Profesor Asistente, Departamento de Fisiología, UIS

- Diseñar un manual del usuario adaptado del software NES-2 que sirva como herramienta práctica en futuras aplicaciones del sistema de evaluación neuroconductual administrado por computador en los diferentes campos de la salud ambiental y ocupacional.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL ESTUDIO

- Aplicar y ajustar el software NES-2 a estudios epidemiológicos ocupacionales y ambientales incididos por agentes neurotóxicos.
- Evaluar los efectos neurotóxicos del mercurio y del cianuro en la población expuesta de la cuenca del Río Surató dedicada a la explotación minera del oro.
- Realizar un estudio comparativo con una población control que posea condiciones socio-culturales y geográficas similares pero que no esté expuesta ni al mercurio ni al cianuro.
- Detectar en forma temprana cambios sutiles en las disfunciones clínicas del sistema nervioso central (SNC) en un paciente antes de que se produzcan déficits crónicos irreversibles.

### DESCRIPCION DE LOS ALCANCES DEL ESTUDIO

1. Servirá como proyecto pionero en Colombia (primera universidad del país en trabajar con ésta nueva tecnología en el área) y en Latinoamérica (segundo lugar después de la República de Chile donde se están haciendo estudios similares por los Drs. Marcelo Trucco y H. Sandoval).
2. Influirá en el mejoramiento de las condiciones de vida, tanto ambientales como ocupacionales del personal de la producción minera del oro de la cuenca del río Surató porque a través de él se podrán detectar en forma precoz las alteraciones conductuales provocadas por las sustancias neurotóxicas existentes a las que han estado expuestas y así en un futuro poder tomar medidas correctivas y preventivas al respecto.

3. Innovará en el campo de la Salud Ambiental y Ocupacional, Psicología y Medicina en general con una herramienta más de trabajo en el estudio complejo de los funciones neuroconductuales.

4. Se podrá estudiar y diagnosticar cualquier sospecha de contaminación con sustancias neurotóxicas (cianuro, mercurio, plomo, tolueno, xileno, ethanol, ácido lisérgico, cannabis sátiva, escopolamina, etc.) en cualquier grupo de personas expuestas, lo que significa un gran avance en el área de la medicina preventiva y en la evaluación de tratamientos debido a que se sistematizarán y agilizarán los estudios en el campo de la salud ocupacional y ambiental.

### AMBIENTE DE DESARROLLO DEL PROYECTO

**Requerimientos de Hardware.** El software NES-2 fue diseñado originalmente para correr en un COMPAQ portátil aunque éste corre en un PC compatible IBM que posean **mínimo** una tarjeta graficadora de video CGA, así como preferiblemente un monitor a color. El puerto paralelo de la impresora debe ser estrictamente compatible con un conector IBM DB-25 hembra y el microprocesador debe ser de 80286 de 12 MHz o superior que tolere una exactitud de milisegundos (2).

Un dispositivo de seguridad o llave de Hardware (Software Sentinel) es necesario para que el software sea ejecutable. Por otro lado, se requiere un joystick control de mando manual para el manejo del paquete durante una sesión. Finalmente, se utilizan aditamentos especiales, como por ejemplo el overlay (acrílico) que cubre el teclado con el fin de aislar las teclas innecesarias y que no interfieran con la concentración del individuo.

El software completo cabe en un diskette de alta densidad de 1.2 Megabytes. Es aconsejable correr la versión ejecutable en equipos cuya memoria principal sea de 1 Mb con disco duro en el cual haya espacio disponible equivalente a 1.5 Mb para que tengan suficiente espacio de almacenamiento los archivos que se generen y finalmente

un drive de 5 1/4 o 3 1/2 preferiblemente de alta densidad.

**Requerimientos de Software.** Básicamente cada una de las pruebas del NES-2 es un programa compilado por separado. Para poder correrlo se requiere de un sistema operacional MS-DOS versión 3.3 en adelante.

**Forma de procesamiento de los datos.** La forma de procesamiento de los datos es totalmente interactiva. El sujeto se sienta a realizar la prueba habiendo pasado por una evaluación previa (encuesta).

El instructor se encarga de seleccionar las pruebas que el individuo va a realizar y al final de la sesión los datos pueden observarse en su totalidad utilizando el programa adicional REPORT. Mientras el individuo está siendo evaluado los datos están siendo registrados y en cualquier momento se puede consultar el archivo que se está produciendo utilizando la opción simultánea del menú F1 y F8. Al terminar la sesión de pruebas, se puede formar un archivo total del conjunto de todos los archivos producidos por la evaluación para procesarlos estadísticamente en cualquier paquete especializado en éste área empleando el programa SUMM (SPSS/PC, STATGRAPH, SAS, etc...).

## FUNDAMENTACION TEORICA

La Neuropsicología es una ciencia que ha venido evolucionando desde el siglo XIX. Básicamente se pasó por etapas tales como la frenología implantada por Gall, la teoría localizacionista de Fritsch y Hitzig hasta llegar a la conceptualización del Sistema Nervioso Central como un aparato jerárquico propuesta paralelamente por Hughlins Jackson y VonMonakov. Uno de los últimos pasos avanzados en los últimos años correspondió a la evaluación neuropsicológica propuesta por Luria y Vigotsky donde hacían relación a la localización precoz de daños cerebrales por medio de diagnósticos tempranos. Este proceso de medición mide diversos aspectos como el estado de conciencia general, habilidad intelectual, funciones verbales prácticas y perceptuales, personalidad, entre otras. En los últimos años los

avances en las técnicas de computación han permitido el desarrollo de procedimientos y herramientas que facilitan la labor evaluativa (3).

La utilización de microcomputadores en la adquisición de datos neuroconductuales en investigaciones de neurotoxicología epidemiológica es un área de considerable promesa para las disciplinas aliadas de la medicina ocupacional, neurotoxicología y psicotoxicología. Las ventajas de la administración computarizada de pruebas neuroconductuales han sido detalladas en reportes recientes sobre el desarrollo y exposición racional del Sistema de Evaluación Neuroconductual (NES-2) aplicado ampliamente en el mundo en estudios de poblaciones expuestas a conocidas neurotoxinas. El NES-2 evalúa una diversa variedad de funciones neuroconductuales a través de varias pruebas. Estas funciones incluyen memoria y aprendizaje, función motriz perceptual, capacidad cognoscitiva y el afecto. Las variables que intervienen en el rendimiento de la prueba son: sexo, edad, nivel de escolaridad, hora del día a realizar la prueba, hábitos personales, nivel motivacional del individuo entre otras (4).

La herramienta se basa en la utilización de métodos, técnicas e instrumentos de confiabilidad y validez que hacen cada vez más objetiva la evaluación de éstos efectos y brinda una gran sugerencia para su posible tratamiento y las necesidades de prevenir sus consecuencias.

## APORTES TEORICOS DEL PROYECTO

El presente trabajo se constituye en un aporte valioso en el campo de la Neurotoxicología y Psicología, disciplinas que utilizan pruebas de medición con finalidades diagnósticas. La adaptación del NES-2 ofrece a los profesionales en éstas áreas un instrumento fiable y válido con fines no sólo de diagnóstico sino de prevención y rehabilitación. Esta prueba neuroconductual permite el asentamiento de la integridad funcional del Sistema Nervioso Central no invasivamente en cuanto que evita el trauma que otros procedimientos puedan ocasionar.

Un aporte más es el destacar las consecuencias en el comportamiento de la ingesta de sustancias

tóxicas. El trabajo realizado permitió corroborar la tipología propuesta por estudios hechos en Escandinavia (Únicamente síntomas, cambios de humor, deterioro en funciones intelectuales y demencia). Igualmente se asimiló un algoritmo o *secuencia lógica de evaluación de un paciente* expuesto a sustancias tóxicas (5).

## METODOLOGIA

El primer paso consistió en seleccionar la muestra de las poblaciones de Tona (control) y California (problema) mediante parámetros iniciales tales como la encuesta de la OMS, nivel de mercurio y tiempo de permanencia en la región (ocupacional y ambiental superior a 5 años). Seguidamente se procedió a realizar la encuesta que controla variables de incidencia en la prueba y se efectuó la sesión de pruebas con la batería establecida pasándose previamente por un proceso de motivación. Finalmente se procesaron y se evaluaron los resultados para recomendar la batería estandarizada.

## DESCRIPCION DEL SISTEMA

**Resultados.** La manipulación de los datos que arrojaron los resultados fue realizada en el paquete estadístico de computador SPSS. El manejo fue dividido en cuatro grupos que fueron: la encuesta, pruebas de percepción psicomotriz, pruebas de memoria y aprendizaje y las pruebas cognoscitivas y de afecto. Estos grupos fueron tratados mediante cuatro programas utilizando procedimientos descriptivos, frecuencias, cruce de variables y análisis de sensibilidad, especificidad y confiabilidad. Para el estudio estadístico se emplearon las distribuciones Z,  $X^2$  y t de Student al 5% a una sola cola.

La encuesta aplicada presenta diversas características como rasgos de la población, estado en el momento de la prueba, exposición a químicos (tiempo y tipo) estados de salud y hábitos personales. Como era de esperarse hubo significancia estadística en el tiempo de exposición y en las sustancias tóxicas estudiadas. La variable que

controla el estado de nerviosismo de las personas tuvo significancia estadística, así como el nivel de escolaridad con el cual ocurrió algo inesperadamente semejante.

*Las pruebas de atención sostenida resultaron significativamente diferentes pero no lo suficiente como para decir que evalúan en forma concisa y saben diferenciar los sanos de los enfermos debido principalmente a que el computador resulta por si solo un elemento de alto grado de distracción para el sujeto de las características estudiadas.*

Las pruebas de aprendizaje y memoria midieron realmente lo que se pretendía reseñar: una diferencia marcada entre las poblaciones problema y control. Las pruebas cognoscitivas dependen como ya se había mencionado, en un porcentaje importante del nivel cultural. Aunque la herramienta dice ser sensible a la prueba de humor y a los síntomas la muestra no presentó significancia en ellas. Estas pruebas dependen de la consistencia con que el individuo haya contestado todas las preguntas como también de su estado de motivación. Los resultados están consignados en la Tabla 1.

**Batería propuesta.** El proceso de estandarización del NES-2 nos permite plantear un sistema de evaluación neuroconductual que incluya las siguientes pruebas:

1. Tiempo de Reacción Simple, que mide psicomotricidad, velocidad, precisión motora, coordinación visuo-motriz, lateralidad y dominancia cerebral.
2. SWATT o Atención de Switcheo
3. CPT

Las pruebas 2 y 3 miden atención (estabilidad, oscilación), orientación temporo-espacial y estado de conciencia.

4. Dígito-Símbolo
5. Comparación de Patrones

Las pruebas 4 y 5 nos miden memoria a corto plazo, memoria a largo plazo, memoria episódica, memoria semántica, memoria inmediata o volumen de memoria.

## 7. Aprendizaje Asociado

Esta prueba mide la capacidad de aprendizaje en sus diferentes niveles: reactivo no asociativo, inhibitorio, con base en condicionamiento clásico o instrumental, integrativo y aprendizaje por símbolos. Igualmente nos informan sobre el proceso de consolidación de la memoria, base de la memoria operativa.

## 8. Vocabulario

## 9. Razonamiento Gramatical

## 10. Adición Horizontal

Las pruebas 8 y 9 miden comprensión verbal y la relación con el cálculo y razonamiento abstracto, mientras que la prueba 10 da información sobre cálculo, razonamiento, comprensión de relaciones y resolución de problemas.

## 11. Afecto

Informa acerca de índices de alteraciones en la respuestas emocionales y en el humor o estados de ánimo.

Esta batería fue propuesta sobre la base teórica y estadística mostrada teniendo en cuenta que los resultados presentaban tendencia al error de tipo II (B).

## CONCLUSIONES

La prueba diseñada se constituye en un instrumento valioso de diagnóstico clínico de funciones como:

- La psicomotricidad o control mental de la motilidad y la postura integrada a la lateralidad, el concepto de espacio y tiempo y la imagen corporal.

- Lo cognitivo como la memoria, la atención o capacidad de alertamiento y el razonamiento.

- Lo afectivo como las reacciones emocionales y estados de ánimo.

Estos procesos alterados pueden encontrarse en una entidad mental denominada "Estados demenciales seniles y preseniles", los cuales implican una decadencia progresiva y global de las funciones intelectuales de naturaleza orgánica adquirida y que evoluciona regularmente hacia la desintegración de las conductas sociales y personales del individuo que la padece. Igualmente pueden aparecer en otros síndromes cerebrales orgánicos de tipo tóxico o metabólico.

Los procesos de memoria, aprendizaje, tiempo de reacción, atención y comprensión al verse afectados en forma deficitaria impulsan a que el individuo pierda elementos de juicio cuya consecuencia será la producción de conductas inadecuadas, apareciendo entonces la posibilidad de accidentes en el uso de artefactos o sustancias como también la pérdida de las mínimas reglas de sociabilidad.

Las repercusiones de éstas alteraciones en el lenguaje hacen posible la aparición de las afasias disminuyendo o desapareciendo las posibilidades de razonamiento lógico (inducción, deducción, oposición, exclusión, análisis y síntesis). Por tanto la capacidad de adaptación a situaciones nuevas está menguada así como la capacidad de auto-crítica, produciéndose en consecuencia un deterioro de las relaciones interpersonales y la desinserción social y laboral. En la medida en que esto hace conciencia en el individuo, la incapacitación tanto personal como social precipitan estados depresivos.

Esta prueba neuropsicológica resulta entonces útil para orientar el diagnóstico neurológico y para encontrar cambios sutiles en los estados iniciales del proceso demencial (detección temprana). No solo servirá junto con otros exámenes paraclínicos, como los radiológicos para decisiones diagnósticas aún incluyendo aquellos de tipo diferencial entre las demencias (seniles y preseniles), esto si se toma como base en especial

las alteraciones de memoria presentadas, ya sea que el compromiso se encuentre en la retención y en el almacenamiento o en la evocación.

Igualmente éstas alteraciones detectadas permitirán orientar procesos de rehabilitación en personas ya afectadas e implementar programas de prevención a nivel ocupacional que ofrezcan las medidas de seguridad necesarias que minimicen los efectos neurotóxicos de sustancias químicas.

En el terreno de la tecnología profesional es una técnica de diagnóstico comportamental referente a áreas cognitivas, perceptuales, práctico-motora y semánticas. Ocasionalmente podrían hacerse inferencias acerca de la delimitación de lesiones cerebrales responsables de las alteraciones conductuales específicas, y en éste caso es una ayuda para el neurólogo clínico en su labor diagnóstica y terapéutica.

Es pues éste instrumento una herramienta de trabajo, además para el psicólogo y el toxicólogo que está fundamentada en conceptualizaciones científicas de organización cerebral vista ésta como una combinación dinámica de sistemas complejos de áreas cerebrales con fines específicos o inespecíficos y con interconexiones múltiples.

La reducción en el número de pruebas y la utilización del computador lo hacen un instrumento práctico en cuanto que es de fácil manejo y conlleva ahorro de tiempo en su aplicación. Además hace posible ampliar la posibilidad del trabajo interdisciplinario, en cuanto que el ingeniero de sistemas entra a ser parte integrante y fundamental del equipo profesional en neurología, psicología y salud ocupacional.

De otra parte el cambio de sistema manual a sistematizado cambia por completo la fisonomía de la evaluación Neuropsicológica de un paciente expuesto a sustancias neurotóxicas. La ventaja de éste cambio radica en la recolección de la información en una forma mucha más rápida y sistemática. En el momento de evaluar al paciente, la facilidad para ubicar los datos permite agilizar dicho proceso y por esto se vuelve confiable y eficiente. La manera de evaluar tales resultados debe seguir un patrón como el mostrado en el

análisis estadístico, hecho que no es difícil de manejar puesto que el SPSS se adapta al formato de salida de los resultados del NES-2. Se debe establecer un manejo confiable de los datos, ojalá en estudios futuros con los mismos formatos empleados aquí.

El desarrollo global del proyecto fue enriquecido durante todo el proceso por el análisis de documentación de gran actualidad en el mundo. Se realizó un estudio rico en cuanto a facetas de trabajo puesto que se pasó por investigación, trabajo práctico o de campo (muy complicado por el tipo de adversidad en cuanto a relaciones humanas), trabajo teórico y operacional para finalmente establecer un enfoque organizacional.

El equipo donde se corra el programa debe cumplir estrictamente con los requisitos de Hardware preestablecidos. Este hecho, adicionándole el alto costo de la herramienta y de los aditivos especiales de Hardware constituyen una desventaja para el usuario, pero ya que la Universidad hizo la inversión y posee todo el instrumental completo debe sacar partido y aprovechar todos sus características favorables. La ganancia de los usuarios del sistema (Toxicólogos, Neurólogos y Psicólogos) radica en la novedosa y efectiva recolección de datos pues se reduce en un alto porcentaje el tiempo de captura de datos (6). Su funcionalidad es aplicable a través de programas de rehabilitación, prevención y diagnósticos psicológicos. Desde el punto de vista personal del autor, la ventaja académica se fundó en la riqueza interdisciplinaria existente incursionando en campos inicialmente desconocidos o menos conocidos que ahora puesto que se mezclan ideas y conceptos diferentes de varios profesionales (médico, psicólogo, bioestadígrafo, trabajador social e ingeniero de sistemas).

## PERSPECTIVAS

Este es un estudio piloto que debe sentar las bases para la incursión de la Universidad Industrial de Santander a través de la Facultad de Ciencias de la Salud en el campo de la Neuropsicología, continuando así la labor paralela que viene realizando

el Instituto Neurológico y el Hospital Militar de Bogotá.

Teniendo en cuenta que el trabajo realizado es muy complejo, se requiere en próximos estudios en ésta misma área, mayor disponibilidad de tiempo, recursos económicos suficientes y recursos humanos que permitan mejorar y agilizar el proceso de aplicación del instrumento con fines investigativos.

La participación del estadígrafo es de fundamental importancia por tanto debe hacer parte integral del equipo. De la misma manera se sugiere que además del detallado análisis estadístico presentado se complemente éste con la construcción de un modelo matemático que sustente lo establecido matemáticamente.

En cuanto a la metodología se debe tener pendiente una preparación adecuada de la muestra, ojalá siempre a cargo de un grupo de trabajadoras sociales. En el momento de realizar la sesión de pruebas, debe haber un número (ojalá elevado) considerable de instructores para orientar el pesquisaje masivo y evitar que una sola persona haga el monitoreo. Tratar de adquirir en lo posible Sentinels adicionales ( así como Joysticks, multi-functions cards ) para lograr una mayor eficiencia y rendimiento en la evaluación masiva de sujetos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Adiego J et al. Introducción al programa estadístico SPSS. Madrid: Instituto de Investigación Tecnológica de Madrid, 1987.

2. Letz R. The Neurobehavioral System (NES-2). Boston: Harvard University, 1988.
3. Luria AR. Las funciones psíquicas superiores y su organización cerebral. Barcelona: Editorial Fontanella, 1983.
4. Letz R. Occupational Screening for Neurotoxicity computerized Techniques, Elsevier Scientific Publisher Ireland Ltd. 1988.
5. Workshop session on clinical epidemiological topics. Human Aspects of solvents Neurobehavioral Effects, 1986.
6. Vidal M, Maldonado RC. Adaptación del Sistema de Evaluación Neuroconductual NES-2. Memorias del Tercer Taller Nacional de Centros Toxicológicos, Bucaramanga, 1991 .
7. Almirali P et al. Manual para la evaluación psicológica de trabajadores expuestos a sustancias neurotóxicas. La Habana: Instituto de Medicina del trabajo, 1987.
8. Ardila A, Montañez P, Roselli M. La memoria, principios neuropsicológicos. Medellín: Prensa creativa, 1985.
9. Ardila A, Montañez P, Roselli M. Psicofisiología de los procesos complejos. México: Trillos, 1982.
10. Ardila A, Montañez P, Roselli M. El Diagnóstico neuropsicológico Bogotá: Universidad Javeriana, 1984.
11. Baker J et al. Computerized neurobehavioral testing. Boston: Harvard School of Public Health, 1985.
12. Echavarría D. Acute neurobehavioral effects of toluene and ethanol in humans. University of Michigan, 1987.
13. Guzmán E. Neuropsicología. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1983.
14. Hartman DE. Neuropsychological toxicology. New York: Pergamon Press, New York, 1989.
15. Mahoney C et al. Experimental nitrous oxide exposure as a model system for evaluating neurobehavioral test. Boston: Harvard School of Public Health, 1985.
16. Nieto V et al. Tipificación del test de cubos deKohs en la población escolar de Bogotá en las edades de 4 a 8 años. Bogotá: Universidad Javeriana, 1971.
17. Torres Y. Metodología epidemiológica aplicada a la farmaco-dependencia. Jornadas de actualización sobre el abuso del alcohol y las drogas, Caracas 1990.
18. Vallejo M et al. Introducción a la Psicopatología y Psiquiatría. Barcelona: Salvat, 1980.