

# Capítulo 14



## Evaluación Efectos Neuroconductuales del Trabajo en Altitud

14

**Sicóloga Alejandra Sallato E.**  
Sicóloga del Centro Integral de Evaluación Laboral, (CIEL) ACHS



# Evaluación Efectos Neuroconductuales del Trabajo en Altitud

**Alejandra Sallato E.**

Sicóloga del Centro Integral de Evaluación Laboral (CIEL)

ACHS

En el contexto de optimización de los sistemas productivos y de apoyo a la faena, así como también para lograr un mejoramiento en la calidad de vida de los trabajadores, las empresas mineras han mostrado un gran interés en identificar cual es el mejor sistema de turno desde el punto de vista de la productividad, y su impacto en la calidad de vida laboral y social de los trabajadores. En este escenario son muchas las variables que inciden en el impacto que un determinado sistema de turno tiene en la productividad y calidad de vida laboral, como son por ejemplo las distancias del lugar de trabajo al hogar, el tipo de faena a realizar, la calidad y existencia de las redes de apoyo psicosocial, los recursos individuales de adaptación, la calidad de las instalaciones, etc.

Un aspecto que cobra especial importancia por su incidencia en la productividad es la condición de hipoxia hipobárica en la cual se desarrollan muchas faenas mineras en nuestro país. Es importante entonces, antes de poder evaluar el impacto que un determinado sistema de turno tiene, poder conocer cual es el impacto de esta variable. Este planteamiento se basa en bibliografía especializada que ha demostrado empíricamente en investigaciones en otros países, que las condiciones de hipoxia hipobárica inciden en el rendimiento de funciones cognitivas, motoras y de alerta.

Tenemos así que en investigaciones de laboratorio sobre efectos agudos de la hipoxia en las funciones cognitivas, han sugerido que a altitudes leves (2314m) se puede producir una baja en el rendimiento motor simple y un mayor tiempo de aprendizaje ante nuevas tareas en elevaciones de 3048m.

En el área de las funciones mentales superiores se han observado alteraciones en la capacidad de razonamiento conceptual sobre 2800 m. y de memoria a los 3000 m. Se ha observado también una disminución de la capacidad de alerta y del rendimiento hasta un 40% en tareas que requieren esquemas perceptivos y de toma de decisiones, cuando el porcentaje de saturación de oxígeno ha caído a un 70-75%.

Considerando los antecedentes teóricos generales anteriormente expuestos, nuestro interés como investigadores han sido desarrollar una metodología de estudio que de cuenta de las variaciones que se podrían producir a nivel neuroconductual por variaciones en la exposición a hipoxia hipobárica debido a condiciones de trabajo en altitudes variables y desarrollar o buscar instrumentos que de acuerdo a la bibliografía han mostrado ser mas sensibles para detectar variaciones en el rendimiento en las funciones neuroconductuales ante condiciones variables de hipoxia hipobárica.

En este último punto, nuestras incursiones en terreno nos permitieron darnos cuenta de que el investigador como instrumento de evaluación también se vería afectado por los efectos de la altitud, lo que podría producir distorsiones y errores en el registro y evaluación de los trabajadores evaluados. Esto nos llevó a buscar y adaptar baterías de pruebas de evaluación neuroconductual computarizada, de ejecución simple y se utilizó una batería de pruebas llamadas NES 2 desarrollados por el psicólogo Richard Lezt, con el cual colaboré efectuando la adaptación del sistema al castellano, por lo cual se obtuvo la licencia para su uso en Chile. Esta batería consta de 22 secciones que simulan tareas, que requieren para su ejecución funciones cognitivas, sensoriales y motoras y como pruebas cuestionarios para evaluar condiciones pre-mórbidas y de síntomas emocionales y afectivos.

Un aspecto que nos interesaba investigar es que de acuerdo a antecedentes de otras investigaciones, los sujetos expuestos a altitudes medianas podían realizar adecuadamente tareas rutinarias, para lo cual habían sido previamente entrenados, pero mostraban mayor dificultad en condiciones de emergencia o frente a nuevas tareas. Por otro lado, era importante considerar no sólo el rendimiento propiamente tal, sino también el aumento del esfuerzo involucrado para el logro de la tarea, con la consiguiente fatiga, así como también la calidad de las respuestas, ligados a los factores anteriormente expuestos.

En octubre de 1995 una empresa minera solicitó un estudio para evaluar el impacto en la productividad y calidad de vida de los trabajadores, de cambios en las jornadas de trabajo, que tenía como objetivo optimizar la producción, con un mejor aprovechamiento de la maquinaria de 18 horas a 22 horas/día.

La empresa operaba con un sistema de turno rotativo de 8 x 12 x 3 (8 horas/día, 12 días consecutivos con 3 días de descanso; con Turnos de Mañana, Tarde y Noche). Se deseaba implementar un nuevo sistema de turno de 12 x 2 x 2 (12 horas/día, 2 días consecutivos y 2 días de descanso) a partir de abril del 97. Se considero como jornada de trabajo el ciclo de tiempo que involucra el número de horas al día de trabajo, el número de días consecutivos de trabajo y el número de días de descanso. En este contexto, se propuso que en una primera etapa, antes de evaluar el impacto de la extensión de la jornada laboral, aislar el efecto que podría tener en el desempeño, la condición de exposición a hipoxia hipobárica para, posteriormente en una segunda etapa, evaluar el efecto específico del cambio de turno. Esta proposición fue aceptada por la empresa, realizándose el estudio en diciembre 95 y enero del 96.

**Muestra:** La muestra estuvo constituida por 32 trabajadores de la Mina a Rajo Abierto, provenientes del grupo de operadores y mantención, seleccionados de los 4 grupos de trabajo que laboraban en los turnos A, B, C, quienes participaron forma voluntaria en el estudio.

### Composición de la Muestra

GRUPOS	TURNOS			TOTAL
	A	B	C	
1	3	3	3	9
2	3	3	3	9
3	3	3	3	9
4	3	3	3	9
<b>TOTAL</b>				<b>36</b>

### Distribución de la Muestra por Grupo

GRUPOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	9	28.1%
2	7	21,9%
3	8	25,0%
4	8	25,0%
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>100%</b>

Los criterios de selección de la muestra fueron los siguientes:

- 1.- Que fuera representativa del universo total de trabajadores, osea que se incluyera a trabajadores de los 4 grupos de trabajo que pertenecían a los turnos A, B, C.
- 2.- La selección de la muestra también consideró la diversidad de cargos existentes en la empresa, para asegurar que no quedara excluida ninguna función del área de operación de maquinaria pesada y mantenedores de equipo.
- 3.- Que los trabajadores que conformaban la muestra no hubieran estado expuestos antes a agentes tóxicos tales como solventes, pesticidas y metales nocivos por la influencia que éstos hubiera podido tener en los resultados.
- 4.- Que los trabajadores que conformaban la muestra no tuvieran antecedentes de T.E.C. o de daño neurológico diagnosticado.

**Resultados y Conclusiones:** Los resultados del estudio fueron los siguientes

#### RESULTADOS OBTENIDOS Y PROBABILIDAD DE ERROR ASOCIADA

PRUEBA NEURO CONDUCTUAL	INDICADOR DE DESEMPEÑO NEUROCONDUCTUAL	FISCHER OBSERVADO	PROBABILIDAD DE ERROR * Diferencia significativa
TIEMPO DE REACCIÓN	- PROMEDIO DE TIEMPO LATENCIA DE REACCIÓN	1.18	0.32
	- N° RESPUESTAS CORRECTAS	2.77	0.08
DÍGITO - SÍMBOLO	- PROMEDIO DE TIEMPO LATENCIA POR DÍGITO	1.16	0.33
	- PROMEDIO DE TIEMPO LATENCIA POR ENSAYO	2.59	0.09
	- N° DÍGITOS RETENIDOS	12.45	0.0001
ATENCIÓN SOSTENIDA	- PROMEDIO DE TIEMPO LATENCIA	0.03	0.97
	- N° RESPUESTAS CORRECTAS	2.51	0.1
	- N° DE FALSOS POSITIVOS	1.42	0.26

PRUEBA NEURO CONDUCTUAL	INDICADOR DE DESEMPEÑO NEUROCONDUCTUAL	FISCHER OBSERVADO	PROBABILIDAD DE ERROR * Diferencia significativa
APRENDIZAJE ASOCIADO	- PROMEDIO ASOCIACIONES RETENIDAS (ensayo 1)	0.21	0.81
	- PROMEDIO ASOCIACIONES RETENIDAS (ensayo 2)	2.62	0.09
	- PROMEDIO ASOCIACIONES RETENIDAS (ensayo 3)	2.63	0.09
MEMORIZACIÓN DE FIGURAS	- N° DE RESPUESTAS CORRECTAS	3	0.07
	- PROM. T° LATENCIAS PORRESPUESTAS	4.18	0.03 *
	- PROM. T° LATENCIAS PORRESPUESTAS INCORRECTA	1.41	0.26
FINGER TAPPING	N° PULSACIONES (ensayo 1)	21.67	0.0001 *
	N° PULSACIONES (ensayo 2)	7.41 *	0.0024
	N° PULSACIONES (ensayo 3)	13.09 *	0.0001
	N° PULSACIONES (ensayo 4)	10.67 *	0.0003
	N° ERRORES (ensayo 4)	0.25	0.78
SUMAS	N° RESPUESTAS CORRECTAS	1.63	0.21
	- PROM. T° LATENCIA DE RESPUESTAS	22.45	0.0001 *
DÍGITOS	- N° DÍGITOS RETENIDOS	0.74	0.49

\* SE CONSIDERAN DATOS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVOS AQUELLOS CON PROBABILIDADES DE ERROR IGUALES O MENORES AL 5 %. (p< 0,05)

**Procedimiento:** Consistió en 3 evaluaciones neuroconductuales y una entrevista individual por trabajador. Las evaluaciones consistieron en una medición basal en condiciones de no-exposición a hipoxia hipobárica, 2 evaluaciones a una altitud de 4200 m. en las dependencias de la nave de operaciones, al inicio y final de la jornada, después de 6 horas de trabajo continuadas, del primer día de trabajo. Es importante destacar que al cabo de 8 horas de trabajo, los trabajadores retoman todos los días a 800 m., que es una condición de ausencia de exposición.

---

1ª Medición Basal y entrevista individual: duración una hora 40 minutos.

---

2ª Medición al inicio de la jornada laboral: duración 40 minutos.

---

3ª Medición al final de la jornada después de 6 horas de desempeño: duración 40 minutos.

---

**Instrumentos:** El desempeño fue evaluado a través de tareas que requieren funciones senso-perceptivas, motoras y cognitivas, que son básicas para enfrentar los requerimientos de productividad y seguridad en las operaciones.

Las funciones neuroconductuales evaluadas fueron vigilancia, procesamiento de información y conducta motora a través de una batería de pruebas computarizadas NES2, en la cual se seleccionaron aquellas pruebas que de acuerdo investigaciones previas habían mostrado mayor sensibilidad para detectar cambios conductuales leves en grupos expuestos a concentraciones variables de oxígeno y presión barométrica.

Los criterios de selección de las pruebas fueron:

1. - Que midieran funciones neuropsicológicas requeridas en la operación de equipos.
2. - Que se vieran lo menos afectadas posible con la aplicación repetida al mismo sujeto, para lo cual se seleccionan tareas distintas que midan la misma función.
3. - Que midieran funciones neuropsicológicas que de acuerdo a investigaciones previas de campo y de laboratorio, han mostrado ser sensibles para detectar cambios neuroconductuales leves, que se producen en grupos expuestos a concentraciones variables de oxígeno y presión barométrica.

Subprueba	Función	Función General	Indicadores Específica de Desempeño N.C.
Tiempo de Reacción latencia	Vigilia Conducta Motora	Alerta Respuesta refleja	*Promedio del período de antes de la respuesta.
		Resistencia a la fatiga	*Cantidad de respuestas correctas.
Dígitos - Símbolos	Procesamiento intelectual	Aprendizaje de asociación	*Promedio del tiempo de latencia por dígito.
		Memoria a Corto Plazo	*Promedio del período de latencia en cada uno de los 6 ensayos. *Cantidad de dígitos retenidos.
Atención Sostenida	Vigilia	Tiempo de reacción	*Promedio del período de latencia antes de la respuesta.
		Capacidad de atención	*Cantidad de respuestas correctas.
		Discriminación de Estímulos	*Cantidad de falsos positivos.
		Resistencia a la fatiga	
<b>Aprendizaje Asociado</b>	Procesamiento intelectual	Aprendizaje de asociación	* Cantidad de retenciones correctas por cada ensayo.
		Memoria a Corto Plazo de palabras	

Subprueba	Función	Función General	Indicadores Específica de Desempeño N.C.
<b>Memorización de figuras</b>	Procesamiento intelectual	Memoria Visual a Corto Plazo.  Memoria de formas	*Número de <b>respuestas</b> correctas retenidas.  *Tiempo de latencia para las respuestas correctas.  *Tiempo de latencia para las respuestas incorrectas.
<b>Finger Tapping</b>	Conducta Motora	Rapidez y precisión motora.  Coordinación bidigital	*Número de pulsaciones con mano dominante, en primer ensayo.  *Número de pulsaciones con mano dominante, en segundo ensayo.  *Número de pulsaciones con mano dominante, en tercer ensayo.  *Número de pulsaciones con mano dominante, en el cuarto ensayo.  * Número de errores en el cuarto ensayo.
<b>Sumas Horizontales</b>	Procesamiento intelectual	Habilidades aritméticas	* Cantidad de sumas correctas.  * Promedio del tiempo de latencia por suma.
<b>Dígitos WAIS</b>	Procesamiento intelectual	Memoria auditiva a Corto Plazo  Índice de daño orgánico cerebral	* Cantidad de dígitos retenidos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, se pudo concluir que la exposición aguda a hipoxia hipobárica en una jornada de trabajo de 8 horas, no influiría en el desempeño en tareas que requieren funciones neuroconductuales.

Otra conclusión del estudio es que no se observaron diferencias significativas en el desempeño a través de la jornada de trabajo de 8 horas. Un aspecto relevante detectado en este punto en el análisis de resultados fue, que los trabajadores con un mayor nivel educacional elaboraron más rápidamente estrategias y metodologías de enfrentamiento y solución a los requerimientos básicos funcionales en tareas nuevas, logrando mejores niveles de desempeño y mayor rapidez de ejecución.

También se observó que estos trabajadores muestran una mejor respuesta al entrenamiento en tareas que requieren coordinación bimanual. Los trabajadores de menor nivel educacional requieren de mayor tiempo de aprendizaje y entrenamiento para lograrlo.

Lo anteriormente expuesto es muy importante a considerar cuando los trabajadores deban enfrentar tareas que requieran la aplicación de las capacidades anteriormente mencionadas. Esto cobra especial relevancia en condiciones de trabajo que se requiera la introducción de nuevos métodos de operación, el uso de nuevas maquinarias y el enfrentamiento de situaciones imprevistas o de emergencia, por el riesgo de error y tiempos de respuestas involucrados, que pueden ser críticos para un desempeño eficiente y seguro.

**Discusión:** Los resultados obtenidos no confirmaron alteraciones significativas en las funciones neuropsicológicas que dicen relación con vigilancia y respuesta motora, esperadas para altitudes menores que la descrita. Es importante en este punto considerar que las evaluaciones se efectuaron comparando al trabajador con respecto a sí mismo pero en un periodo corto de tiempo, lo que estaría orientado a evaluar efectos agudos de la condición de exposición a hipoxia. Sería importante entonces poder conocer como estas funciones se mantienen a través del tiempo, para evaluar efectos crónicos antes de poder concluir sobre la existencia o no de efectos neuropsicológicos por hipoxia.

También nos parece necesario evaluar si existen diferencias en los grupos a nivel individual entre los que tienen una exposición a la hipoxia durante varios días seguidos frente a aquellos que tienen diariamente una exposición intermitente como fue el caso de los evaluados. Evaluar además si existen diferencias en la condición anteriormente descrita entre los días de turno y por tipo de turno en el ámbito individual.

Comparando los resultados obtenidos con lo que los antecedentes de otras investigaciones señalan, se corrobora que existen diferencias en las respuestas en términos de calidad de las mismas, número de errores y latencias frente a tareas nuevas. Si bien en términos del grupo total estas diferencias no son significativas, sí lo son a nivel de respuestas individuales.

Las diferencias individuales se explican en términos del nivel educacional de los trabajadores, tenemos así que aquellos que poseen un mayor nivel educacional muestran más recursos para elaborar más rápidamente estrategias de enfrentamiento a las nuevas tareas, que aquellos con menor nivel educacional.

Nos parece importante destacar que aquellos trabajadores con menor nivel educacional, logran el aprendizaje, pero con un mayor tiempo. Estos resultados permiten orientarse para determinar los estándares de rendimiento esperado y el tiempo requerido para lograrlo. Esto que cobra especial importancia en términos de los requisitos que deberían tener los programas de capacitación, en términos que deberían en lo posible, realizarse en condiciones de no exposición, para obtener mejores resultados y evitar los riesgos en las operaciones implicado, en especial frente a tareas nuevas.

Lo anterior nos lleva a planteamos la interrogantes sino existirán otros recursos individuales que faciliten la adaptación a las condiciones de hipoxia, como serían los recursos en el ámbito psicológico y social, tales como, ámbito de intereses, las redes de apoyo social y familiar, que conforman parte del bagaje que cada persona tiene y que pone en acción frente a cualquier situación de estrés sea este físico, emocional y/o intelectual. Si bien nuevas investigaciones deben considerar los resultados grupales, la presente investigación señala la importancia de considerar los resultados individuales, como un elemento de análisis importante en la búsqueda de indicadores de adaptación, que nos permita a futuro elaborar perfiles de requerimiento en términos neuropsicológicos y sociales de los trabajadores que laboren en faenas mineras de altitud.

## Bibliografía

1. **Baker L. Edward Jr.**, “Environmental and Occupational Medicine”, Cap. 21 pp. 317-330, Little Brown an Company. Boston, 1985.
2. **Baker L. Edward, M. P.H., Letz Rihard, PH.D. and Anne Fidler, M.SC.** “A computer - Administered Neurobehavioral Evaluation System for Occupational and Environmental Epidemiology “ Journal of Occupational Medicine, Vol. 27, N° 3, March 1985.
3. **Clark F. Charles, And Arthur N. Wiens** “Neuropsychological funtioning after prolonged high altitude exposure in mountaineering” Aviat. Space Environt Med. 54 (3) : 202-207 1983.
4. **Cavaletti R. Moroni**; “The Importance of High Altitude studies”, Cap. I, Ed. E. Jokl, Lexington; Ky, M. Hebbeilnck, Brussels, 1985.
5. **Donoso, P. Hugo; Marambio, A. Juan A.; Sánchez Jorge; Osorio, Jorge**; “Uso del Cociente Respiratorio (RQ) como Indicador Energético, Utilizado en Ejercicio Submarino a Grandes Elevaciones Terrestres”.
6. **Donoso H., Marambio J.A., Sánchez J.**; “Minería sobre los 3.000 m. de altitud en Chile: Adaptación fisiológica a la gran altura, predictores de adaptabilidad y un modelo de exámen preocupacional” Proyecto FONDECYT 508/89.
7. **Edelman H. Norman; Santiago V. Teodoro and Neubahuer A. Judith**; “Hypoxia and Brain Blood Flow; High Altitude and Man”, Cap. 9; S. Lahire Beethesda : Am Physiol Soc.” Ed. J.B. West, 1984.
8. **Evans Wo, Carson Rp, Shileds JL.** “The effects of high terrestrial environment on two different type of intelectual functioning. In Biomedicine of High Terrestrial Elevations, Ah Hegnauer (ed), Natick, MA: USARIEM; P. 291-294, 1969.
9. **Forster , J.G. Peter**; “Health and Work at Hight Altitude a Study at Mauna Kea Observatory; Publication, of the Astronomical Society of the Pacific “. Pg. 478-487, June, 1984.

10. **Fulco, S. Charles; MAT and Allen Cymerman**, "Human Performance and Acute Hypoxia". Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes; cap. 12, Ed. by Kent B. Randolph PH.D., Michael N. Saw Ka, PH.D., Richard R. González PH.D.
11. **Houston S., Charles; Sutton R. John; Cymerman, Alland, and Reeves T, John**; "Operation Everest II: Man and Extreme Altitude", J. Appl Psysiol 63 (2) : pg. 877-882;1987.
12. **J. Hooisma; H.H. Emmen; B.M. Kuling; H. Muijser, and D. Poortvliet; R. Letz**; " Factor Analysis of Test from the Neurobehavioral Evaluation System and the WHO Neurobehavioral Core Test Battery. Advances in Neurobehavioral and Occupational Health; cap. 23, p.p. 245-255, Barry L. Johnson Editer.
13. **Johnson L. Barry; Anger W. Kent**; "Behavioral Toxicology". Environmental and Occupational Medicine; Little Brown and Company, Boston, 1985.
14. **Johnson L. Barry**; "Recommended Neurobehavioral Test Methods", Cap.6 pp. 169 -214; Prevention of Neurotoxic Illnes in Working populations, Ed. John Wiley and Sons 1987.
15. **Law, David; Lash A. Andrea; Bowler Rosemarie; Estrin Williams, and Becher E. Charles**; " Evaluation of the Construct Validaty of Examiner - Administred and Computer Administred Neuropsychological test" Cap. 25 pp. 263-271. Advances in Neurobehavioral Toxicology, Barry L. Johnson, Editor.
16. **Letz. Richard**; " The Neurobehavioral Evaluation System (NES) an International Effects", Cap. 20 Advances in Neurobehavioral Toxicology : Applications in Environmental and Occupational Health. Johnson, L. Barry, Editor.
17. **Letz Richard, Baker L. Edward**; NES 2 Sistema de Evaluación Neurocunductual; Manual NES 2 , Versión 4.2
18. **Liang You-Xin; Zi-Quiang Chen, Ron-Kun Sun, Yi- Yang Fang, and Ji-Hui Yu**; "Application of The Who Neurobehavioral Core- Test Battery and Other Neurobehavioral Screening Methods"; Cap. 22 pp. 225-243, Advances in Neurobehavioral Toxicology, Barry L. Jhonson, Editor.

19. **Mc. Farlance, Ross**; "Review of Experimental Finding in Sensory and Mental Funtion". Biomedicine of High Terrestrial Elevation, Ed. A.H, Hegnauer (USARIEM) Natick Massachusets, January 1969.
20. **Sallato E. Alejandra**; Diaz C., Carlos; Daneri H., Paola; De Jong, Carmen; Horta Elizabeth and Sandoval O., Hernán. " Study of Neurobehavioral Disturbance from Leads Exposure Using Neuropsychological Indicators, Cap. 32 (339-352). Advances in Neurobehavioral Toxicology, Ed. Barry L. Johnson.
21. **Sallato E. Alejandra**; Apuntes Curso de Salud Ocupacional ; Toxicología Neuroconductual, 1990.
22. **Townes, Brenda, M.D. ; Hornbein F. Thomas ; Pb. Robert B. Schoene; MD John R. Sultton**: "The cost to the Control Nervous System of Clining Extremety High Altitude"; The new England Journal Of Medicine, pp. 1714-1719, Dic. 21, 1989.
23. **Townes D. Brenda; Hor nbein F. Thomas ; Schoene B. Robert; Sarnamist H. Frank; and Igor**. "High Altitude and Man, Cap. 3 pp 31-35, Ed. J. B. West - S. Lahiri Beltheda : Am. Physiol Soc. 1984.
24. **Sallato E., Alejandra: Opazo M.; Enrique, Wittwer G., Juan Pablo,** " Evaluación de Efectos Neuroconductuales en Trabajo en Altura", Asociación Chilena de Seguridad 1997, No Publicado.

