

NIVELES ENCEFALICOS DE RNA Y APRENDIZAJE SIMPLE

Luis Castilla Serna *

En trabajo previo¹ se comunicó la experiencia obtenida en ratas, donde se comprobó que la estimulación ambiental minimizó los efectos de la desnutrición proteínico-calórica. El presente tiene la intención de informar los datos encontrados con respecto a niveles de ácido ribonucleico (RNA) en diversas partes del encefalo de ratas que tuvieron dos condiciones de nutrición y se mantuvieron en tres situaciones ambientales.

Diversos autores^{2,5} han demostrado en encefalo de ratas a las que se les indujo desnutrición proteínico calórica y bajas concentraciones de RNA, que se mantuvieron en las mismas circunstancias, aun cuando se rehabilitaron nutricionalmente mediante dieta adecuada.

Los investigadores que han estudiado la acción del medio ambiente,^{6,8} informan que mediante aislamiento ambiental se obtuvieron bajas concentraciones de RNA en la corteza cerebral de ratas.

Es necesario hacer incapié en que los investigadores que comunican sus hallazgos de cambios bioquímicos en encefalos de animales desnutridos, dicen poco o nada con respecto a las condiciones ambientales en que se mantuvieron sus animales experimentales. De la misma manera, informan sobre las condiciones nutricionales que tuvieron los animales de experimentación.

En virtud de lo anterior, es indispensable planear experimentos en que actúen simultáneamente las variables: nutrición y ambiente,

para que mediante este procedimiento se pueda saber qué alteraciones bioquímicas producen aquéllas y cuáles son debidas al ambiente. En este sentido, son interesantes las experiencias de Levitsky y Barnes,⁹ quienes bajo un diseño semejante al que se reporta aquí, demuestran que la estimulación ambiental minimiza los efectos de la desnutrición proteínico calórica en el aprendizaje simple.

La presente comunicación, presenta las cifras de concentraciones de RNA en tres regiones encefálicas y un estudio de aprendizaje simple mediante el uso de un laberinto en "T", de escape a choque eléctrico.

Material y método

Se elaboró un diseño factorial 2×3 , usando dos niveles de nutrición y tres situaciones ambientales, como se ilustra en el siguiente cuadro:

Condición nutricional	Condición ambiental		
	Estimulados	Testigos	Aislados
Bien nutridos	8*	8	8
Desnutridos	8	8	8

* Las cifras representan el número de animales incluidos en cada grupo.

Se llevó a cabo apareamiento de ratas de la cepa Wistar en el bioterio del Instituto Nacional de Ciencias y Tecnología de la Salud del Niño, DIF, para obtener el nacimiento de crías de un mismo día, en cantidad suficiente de ma-

* Investigador del Instituto Nacional de Ciencias y Tecnología de la Salud del Niño. Dirección de Integración Familiar, México, D. F.

chos para formar un duplicado del diseño de 8 crías por grupo, distribuidas al azar.

a) Animales desnutridos.

Los animales se desnutrieron administrando a la madre una dieta de caseína al 12%, adicionada con una mezcla de vitaminas y minerales de acuerdo a patrones establecidos.¹⁰ Las crías fueron destetadas a los 21 días y recibieron dieta de caseína al 7%, alimentación con la que continuaron hasta cumplir 50 días, momento en que se les empezó a administrar alimento balanceado comercial *ad libitum*.

b) Animales bien nutridos.

A las madres de los animales bien nutridos se les alimentó con una dieta de caseína al 24%, adicionada con vitaminas y minerales de acuerdo también con patrones establecidos. Los animales fueron destetados a los 21 días con esta misma dieta y a los 50 días empezaron a recibir alimento balanceado comercial *ad libitum*.

Los grupos de 24 animales, tanto desnutridos como bien nutridos, se subdividieron cada uno en tres subgrupos. El primero, denominado "grupo estimulado", se conservó durante 21 días en jaulas de lactancia, donde diariamente se les manipulaba con gentileza. El destete y hasta cumplir 50 días de edad se colocaron en jaulas con capacidad para contener 8 ratas en cuyo interior contaban con ambiente complejo caracterizado por ruedas giratorias, rampas, escalerillas metálicas, pequeñas bolas de vidrio y música 5 minutos cada hora. Posteriormente se instalaron en condiciones habituales del bioterio, en jaulas tipo para animales del laboratorio.

El segundo grupo, denominado "aislados", se caracterizó por la permanencia durante los 21 días en jaulas de lactancia que fueron cubiertas para obtener el mínimo ingreso de estímulos luminosos y sonoros. A partir del destete, se colocaron en jaulas individuales de tipo metabólico hasta cumplir 50 días de edad. Desde este momento, se instalaron en jaulas tipo para animales de laboratorio.

Finalmente, el tercer grupo denominado "testigo" *, se mantuvo en el medio habitual del bioterio en jaulas comunes para animales

de laboratorio durante todo el experimento.

Durante los 6 días finales del experimento se llevó cabo un estudio de aprendizaje en los animales, empleando el laberinto en "T" de escape a choque eléctrico, en un intento de prueba al acondicionamiento de luz y oscuridad.

El proceso de aprendizaje se realizó diariamente, por 6 días consecutivos. A cada animal se le hacía pasar 50 veces por el laberinto, en donde tenía que elegir el escape al choque eléctrico, ya fuera hacia la luz o para la oscuridad, cambiando hacia la rama derecha o izquierda del laberinto. La secuencia para efectuar los cambios al azar, mediante una tabla de números aleatorios. Aleternadamente cada día se cambiaba la ruta de escape al choque eléctrico, de tal manera que si en un día el escape había sido hacia la luz, al siguiente correspondía oscuridad y así sucesivamente hasta completar el estudio. Este se realizó en tres réplicas sucesivas de diferentes grupos de animales bajo el mismo diseño experimental, cuyo resultado se presenta.

Las ratas se sacrificaron a los 50, 85 y 120 días de vida y al azar.

En el momento del sacrificio por decapitación, se procedió a extraer el encéfalo sin los bulbos olfatorios situados en la región anterior; en la posterior se eliminó todo lo que corresponde a médula a partir de la unión bulbo-medular. Una vez obtenido el peso total del encéfalo, se procedió a disecar la corteza cerebral, hemisferios sin corteza, tallo y cerebelo. Cada una de las regiones se pesó aisladamente.

Las regiones fueron homogeneizadas por separado en agua destilada, en un aparato tipo Potter (Arthur H. Thomas Co. Laboratory Apparatus, Philadelphia, U.S.A.) para efectuar la extracción de ácidos nucleicos por el método de Schneider.¹¹ Se determinó el RNA mediante el procedimiento del orcinol.¹²

Resultado

Peso corporal y peso encefálico total. Las figuras 1 y 2 ilustran la evolución de los pesos corporal y encefálico; en ellos se puede observar que a la edad de 50 días, que corresponde al periodo de la desnutrición crónica, existen di-

*En el cuadro anterior no están en ese orden.

ferencias por retardo en el crecimiento de los animales desnutridos que es evidente aun después de los 70 días de rehabilitación nutricional. La diferencia en el peso corporal y encefálico juzgados por análisis de varianza es significativa al nivel de confianza, éstas son siempre significativas al nivel de confianza, de p menor a 0.01 para los animales desnutridos, y

para los animales bien nutridos esta diferencia por ambiente en el periodo de 50 días es significativa al nivel de confianza de p menor a 0.01; desaparece a los 85 días y se hace evidente después del estudio de aprendizaje. Comparando animales bien nutridos y desnutridos se nota que difieren solamente en los periodos de 50 y 85 días.

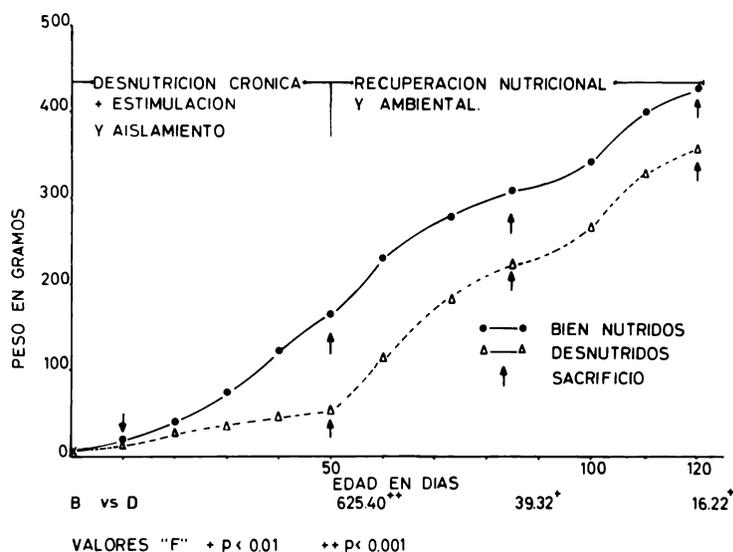


Fig. 1. Efecto de la nutrición y estimulación tempranas sobre el peso corporal de ratas machos

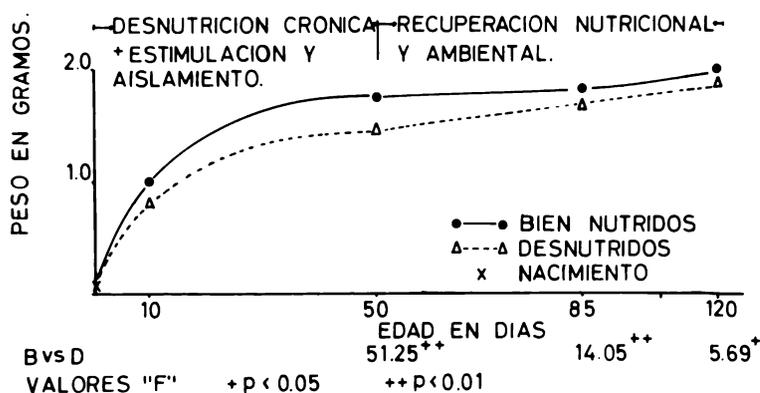


Fig. 2. Efecto de la nutrición y estimulación tempranas sobre el peso encefálico de ratas machos.

Acido ribonucleico en corteza cerebral. El cuadro 1 y la fig. 3 ilustran las diferentes concentraciones que mostraron los grupos de animales según su estado nutricional y el grado de estimulación ambiental. Resulta notable la influencia de ambos en los niveles obtenidos.

Acido ribonucleico en hemisferios cerebrales sin corteza. La figura 4 ilustra la evolución de las cantidades de RNA en los periodos de 50, 85 y 120 días; puede apreciarse que a los 50 días existía diferencia significativa debida a los tres ambientes, tanto en bien nutridos como en desnutridos; pero a los 85 y 120 días se borran éstas; aunque reaparacen en los desnutridos coincidiendo nuevamente con los datos

de estudio de aprendizaje en el laberinto. En el cuadro 2 se muestran los promedios y contrastes encontrados en función de ambiente y condición nutricional previa.

Acido ribonucleico en tallo cerebral y cerebelo. El cuadro 3 y la figura 5 ilustran los promedios de la cantidad de RNA y su evolución a lo largo de los tres periodos experimentales estudiados. Puede observarse que el fenómeno que se apreció en las otras dos áreas previamente descritas se reproduce nuevamente aquí. Los contrastes mediante análisis de varianza hacen ver claramente las diferencias, que fueron estadísticamente significativas.

CUADRO I

EVOLUCION DE LOS PROMEDIOS DE ACIDO RIBONUCLEICO EN CORTEZA CEREBRAL (TEJIDO HUMEDO) DE RATAS BIEN NUTRIDAS Y DESNUTRIDAS, EN LOS PERIODOS DE 50, 85 Y 120 DIAS AGRUPADOS DE ACUERDO AL GRADO DE ESTIMULACION PREVIO.

Periodo	Estimulados		Controles		Aislados	
	BN*	DN**	BN	DN	BN	DN
50	1.957	1.687	1.840	1.564	1.441	1.199
85	1.716	1.552	1.565	1.526	1.522	1.226
120	1.823	1.810	1.671	1.645	1.476	1.343

* Bien nutritos

** Desnutridos

CONTRASTES DE LOS PROMEDIOS POR ANALISIS DE VARIANZA

Tipo de contraste	Periodo	Valor de "F"
BN vs. DN	50	16.5 **
	85	13.4 **
	120	n.s.
BNE + BNC vs. BNA	50	22.2 **
	85	n.s.
	120	8.7 **
BNE vs. BNC	50	n.s.
	85	n.s.
	120	n.s.
DNE + DNC vs. DNA	50	19.4 **
	85	23.6**
	120	19.9**
DNE vs. DNC	50	n.s.
	85	n.s.
	120	n.s.

* p menor a 0.05

** p menor a 0.01

BNE, Bien nutridos Estimulados; BNC, Bien Nutridos Control; BNA, Bien nutridos aislados; DNE, Desnutridos Estimulados; DNC, Desnutridos control, y DNA, Desnutridos Aislados.

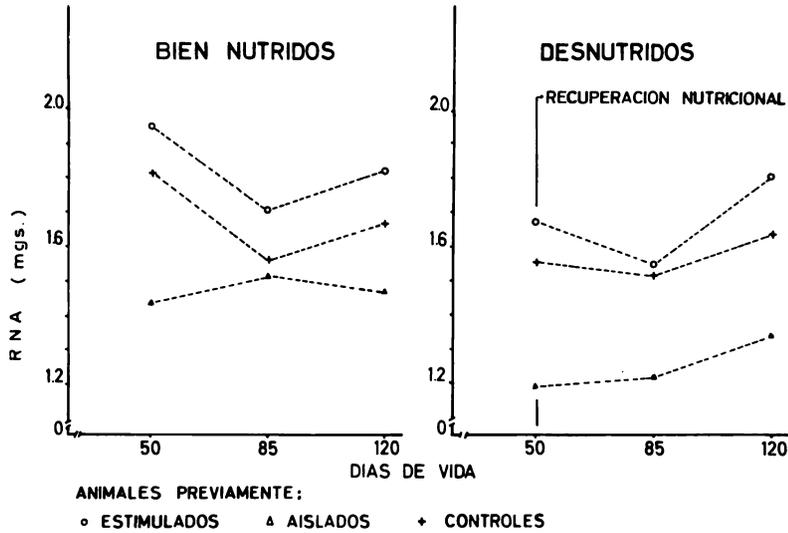


Fig. 3.- Efecto de la recuperación ambiental y/o nutricional sobre la cantidad de RNA en tejido fresco de corteza cerebral de ratas, con y sin antecedente de privación durante los primeros 50 días de vida.

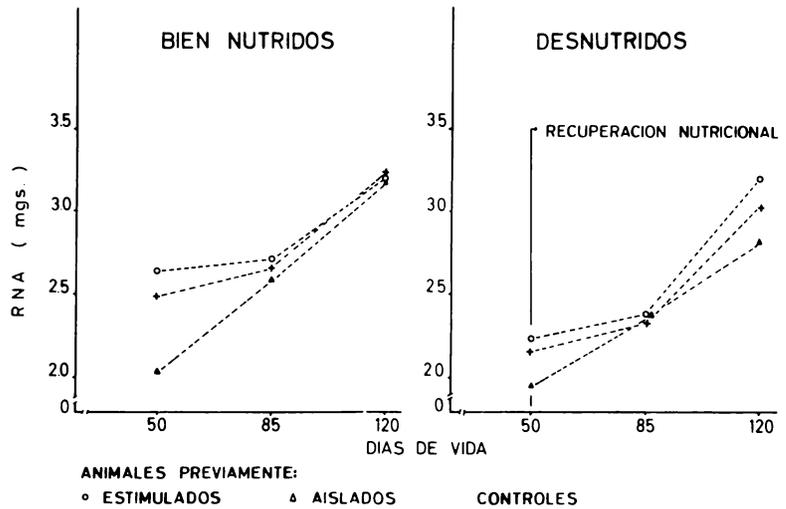


Fig. 4.- Efecto de la recuperación ambiental y/o nutricional sobre la cantidad de RNA en tejido fresco de hemisferios cerebrales s/corteza de ratas, con y sin antecedente de privación durante los primeros 50 días de vida.

Estudio de acondicionamiento en el laberinto

Las respuestas mostradas por las ratas en el laberinto fueron de dos tipos: acierto (+) y error(—). Mediante estos tipos de respuesta se

elaboró un índice de acondicionamiento a través del siguiente modelo matemático:

$$\text{Indice de acondicionamiento} = \frac{n_1 - n_2}{r}$$

donde:

n_1 = número de aciertos;

n_2 = número de errores, y

r = número de rachas o carreras.

Una racha o carrera corresponde al conjunto de signos iguales; vgr.: en una sesión pudo haberse obtenido lo siguiente:

++——+—++++++++++++—++++—++++

Cada espacio subrayado o claro es una racha o carrera.

Con estos valores se procedió a revisar el estudio mediante análisis de varianza de factores múltiples.¹³

El cuadro 4 muestra la sumatoria de los valores individuales de cada subgrupo, y el cuadro 5 el análisis de varianza general donde se puede apreciar que las diferencias dadas por todos los factores es significativa al nivel de confianza de p igual a 0.001; muestra también el análisis de varianza multifactorial, donde, al examinar los efectos del factor nutricional, se ven neutralizados con un valor de $F = 0$. El efecto del factor ambiente en todas las variaciones observadas es significativo al nivel de $p = 0.005$. Las variaciones observadas entre cada día de estudio son significativas al nivel de confianza de $p = 0.0006$.

CUADRO 2

EVOLUCION DE LOS PROMEDIOS DE ACIDO RIBONUCLEICO EN HEMISFERIOS CEREBRALES SIN CORTEZA (TEJIDO HUMEDO) DE RATAS BIEN NUTRIDAS Y DESNUTRIDAS EN LOS PERIODOS DE 50, 85 Y 120 DIAS AGRUPADOS DE ACUERDO AL GRADO DE ESTIMULACION PREVIO.

Periodo	Estimulados		Controles		Aislados	
	BN	DN	BN	DN	BN	DN
50	2.642	2.244	2.493	2.161	2.045	1.966
85	2.719	2.383	2.674	2.338	2.585	2.390
120	3.213	3.207	3.237	3.031	3.210	2.833

CONTRASTES DE LOS PROMEDIOS POR ANALISIS DE VARIANZA

Tipo de contraste	Periodo	Valor de "F"
BN vs. DN	50	12.5 **
	85	6.3 *
	120	6.0 *
BNE + BNC vs. BNA	50	20.9 **
	85	n.s.
	120	n.s.
BNE vs. BNC	50	n.s.
	85	n.s.
	120	n.s.
DNE + DNC vs. DNA	50	4.5 *
	85	n.s.
	120	4.6 *
DNE vs. DNC	50	n.s.
	85	n.s.
	120	n.s.

* p menor a 0.05

** p menor a 0.01

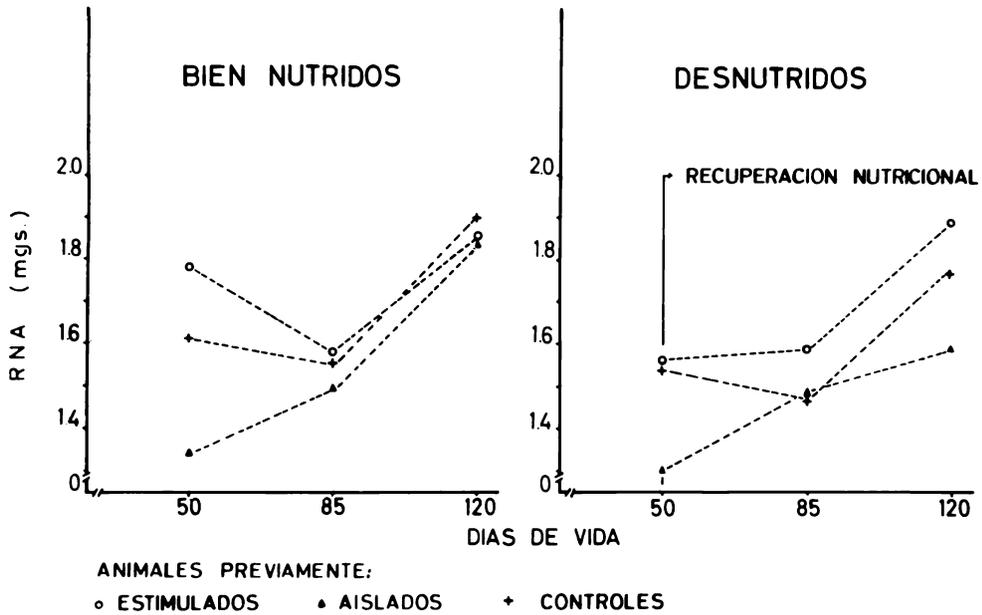


Fig. 5. Efecto de la recuperación ambiental y/o nutricional sobre la cantidad de R N A en tejido fresco de cerebelo y tallo cerebral de ratas, con y sin antecedente de privación durante los primeros 50 días de vida.

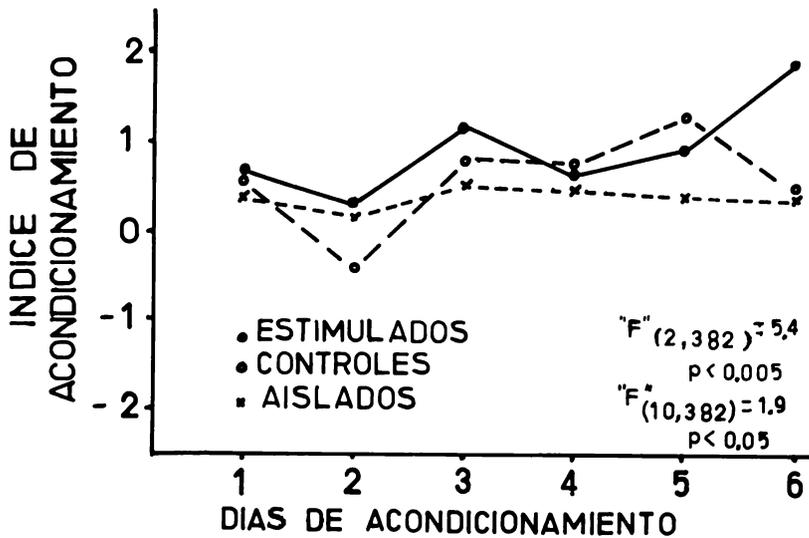


Fig. 6. Evolución de los promedios de índice de acondicionamiento en ratas con diversos grados de estimulación.

La interacción de pares de factores, única situación que es estadísticamente significativa, correspondió a la interacción del ambiente en el curso de los 6 días de estudio. Este fenómeno puede apreciarse más claramente en la figura 6, donde se observa que invariablemente en todos los animales de experimentación disminuyó el acondicionamiento, lo que coincide con el cambio de estímulo para el aprendizaje. Como puede recordarse, cada día se alternaba la manera de escapar al choque eléctrico, por tanto, se observa deterioro en la calidad del acondicionamiento adquirido, para posteriormente elevarse de manera considerable con respecto al primer estímulo aplicado y así sucesivamente, observándose altas y ba-

jas. Sin embargo, en los animales estimulados, a partir del cuarto día e independientemente de la manera de escapar al choque eléctrico, empezó un escenso continuo con respecto a los otros subgrupos.

De acuerdo al análisis de varianza efectuado, no existió interacción por efecto de la nutrición en el acondicionamiento ni interacción simultánea entre el ambiente y la nutrición con respecto los índices de aprendizaje.

Aun cuando está fuera de toda duda la información que aportó este estudio, el instrumento utilizado no es totalmente adecuado para la exploración del aprendizaje en animales de experimentación.

CUADRO 3

EVOLUCION DE LOS PROMEDIOS DE ACIDO RIBONUCLEICO EN TALLO CEREBRAL Y CEREBELO (TEJIDO HUMEDO) DE RATAS BIEN NUTRIDAS Y DESNUTRIDAS EN LOS PERIODOS DE 50, 85 Y 120 DIAS, AGRUPADOS DE ACUERDO AL GRADO DE ESTIMULACION PREVIO.

Periodo	Estimulados		Controles		Aislados	
	BN	DN	BN	DN	BN	DN
50	1.785	1.565	1.618	1.545	1.350	1.300
85	1.581	1.598	1.550	1.471	1.496	1.481
120	1.862	1.890	1.914	1.789	1.842	1.592

CONTRASTES DE LOS PROMEDIOS POR ANALISIS DE VARIANZA

Tipo de contraste	Periodo	Valor de "F"
BN vs. DN	50	14.3 **
	85	n.s.
	120	7.9 *
BNE + BNC vs. BNA	50	14.3 **
	85	n.s.
	120	n.s.
BNE vs. BNC	50	n.s.
	85	n.s.
	120	n.s.
DNE + DNC vs. DNA	50	7.3 **
	85	n.s.
	120	12.5 **
DNE vs. DNC	50	n.s.
	85	n.s.
	120	n.s.

* p menor a 0.05

** p menor a 0.01

CUADRO 4

SUMATORIA DE LOS VALORES INDIVIDUALES DEL INDICE DE ACONDICIONAMIENTO DE CADA SUBGRUPO EN FUNCION DE LOS SEIS DIAS DE ESTUDIO.

Día de estudio	BNE	BNC	BNA	DNE	DNC	DNA
1°	11.11* (14)**	10.25 (12)	4.34 (13)	6.30 (12)	1.76 (8)	5.64 (14)
2°	6.85 (14)	-2.85 (12)	-0.55 (11)	2.00 (12)	-5.83 (8)	5.16 (14)
3°	16.9 (14)	9.33 (12)	9.60 (11)	14.39 (12)	7.03 (8)	2.85 (13)
4°	4.45 (14)	12.54 (12)	3.02 (10)	13.01 (13)	2.78 (6)	8.76 (13)
5°	10.13 (14)	16.63 (12)	5.86 (11)	16.33 (13)	6.07 (5)	5.58 (13)
6°	13.94 (14)	6.16 (12)	1.68 (11)	37.28 (13)	2.87 (6)	8.17 (13)

* Sumatoria de los valores individuales.

** Tamaño de la muestra.

Discusión

El descubrimiento de que las moléculas de ácidos nucleicos contienen información genética codificada en la secuencia de las bases púricas y pirimídicas, estimuló las investigaciones encaminadas a saber si otras moléculas semejantes podrían almacenar información en el cerebro. En virtud de lo anterior, el metabolismo de RNA ha sido extensamente estudiado en relación al aprendizaje y se ha demostrado que presenta una respuesta poco común ante la estimulación ambiental.¹⁴

Los trabajos iniciales correspondieron a Hyden,¹⁵ cuyas observaciones acerca de cambios de actividad neuronal y concentración de ácidos nucleicos, fueron realizadas tanto histológicamente como por citoespectroscopia. Usando estos procedimientos, encontró cambios de importancia en la composición de las bases del RNA en las neuronas vestibulares y del núcleo de Deiter, después de aprendizaje de balanceo en alambres. Zemp, Wilson, Schlesinger, Boggan y Glassman,¹⁶ induciendo aprendizaje en ratones en una cámara de escape a choque eléctrico, demostraron cambios

en la incorporación de (2-¹⁴C) uridina consistentes en aumento considerable de este compuesto marcado en el cerebro de animales que habían aprendido. Estos cambios solamente fueron registrados en el cerebro y no en otros órganos de la economía.

Dingman y Sporn¹⁷ estudiaron el aprendizaje adquirido por ratas en dos laberintos, en el primero los animales habían adquirido aprendizaje y en el segundo les aportaba un conjunto de experiencias diferentes. Antes de iniciar el estudio del segundo laberinto, a un grupo de ratas se les inyectó 8-azaguanina en la cisterna cerebral para inhibir la síntesis de RNA. Los investigadores observaron que lo aprendido en el primer laberinto no se había modificado. En cambio, los animales que recibieron 8-azaguanina mostraron, en el segundo laberinto, tres veces mayor cantidad de errores que los animales testigos que no recibieron el fármaco.

Pensando en la posibilidad de que el aprendizaje sea codificado en el RNA, se podría establecer una hipótesis en el sentido de que si se transfiriera el RNA de adquisición de aprendizaje de un individuo a otro, el receptor adqui-

ría lo aprendido sin necesidad de algún otro proceso. Según esta suposición, los experimentos clásicos de McConnell¹⁸ sobre adquisición de acondicionamiento por canibalismo en el platelminto planaria (*Dugesia dorotocephala*) confirman dicha hipótesis. El primer experimento de McConnell consistió en colocar a las planarias en un laberinto en "Y" de escape a choque eléctrico en presencia de luz, y una vez que habían adquirido el aprendizaje, fueron seccionadas en pequeños fragmentos y aportadas como alimento a otro grupo de planarias quienes no habían sido expuestas al laberinto. Estos platelmintos tienen la particularidad de practicar el canibalismo e incorporan a su organismo las sustancias tal como se encuentran en el medio ambiente. El autor informó diferencias significativas en las pruebas

de acondicionamiento en el laberinto en "Y" a favor de las planarias que se habían alimentado con porciones de planaria "acondicionada", con respecto a un grupo testigo. Estos experimentos fueron confirmados por Corning y John de la Universidad de Rochester,¹⁹ quienes además demostraron mediante su modelo experimental la conexión indudable del RNA con el aprendizaje. Estos autores, utilizando también un laberinto en "Y", agregaron en el agua donde nadan las planarias, altas concentraciones de ribonucleasa y observaron que inhibía el aprendizaje.

Han sido elaborados esencialmente tres tipos de experimentos a fin de confirmar la participación del RNA en el proceso de aprendizaje: I. Medición de cambios en las concentraciones del RNA en modelos de aprendizaje; II.

CUADRO 5

ANALISIS DE VARIANZA DE FACTORES MULTIPLES DEL INDICE DE ACONDICIONAMIENTO EN FUNCION DE LOS FACTORES: NUTRICION AMBIENTE Y LOS SEIS DIAS DE ESTUDIO.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	Valor "F"
Entre grupos	136.0	35	3.89	2.0***
Dentro de grupos	741.8	382	1.94	
Total	877.8	417		
Factores principales				
Nutrición	0.01	1	0.01	0.0
Ambiente	21.15	2	10.57	5.45**
Días de estudio	42.97	5	8.59	4.43**
Interacción por pares de factores				
Ambiente por días de estudio	36.2	10	3.62	1.87*
Nutrición por días de estudio	17.2	5	3.5	1.78
Nutrición por ambiente	10.3	2	5.2	2.66
Interacción por tripletes de factores ambiente por nutrición por los días de estudio				
	8.17	10	0.82	0.4
Residual	741.8	382	1.94	
Total	877.8	477		

* p menor a 0.05

** p menor a 0.01

Inhibición de la síntesis del RNA mediante fármacos específicos, y III. Transferencia de aprendizaje mediante sustancias químicas en las que se incluye al RNA como sustrato donde se asienta el aprendizaje.

En la presente experiencia se pudo apreciar claramente que los cambios observados en el RNA en las tres áreas estudiadas mostró gradientes tanto en función de condición nutricional como de circunstancias ambientales que se mantuvieron durante los primeros 50 días de vida de las ratas, de tal manera que los animales bien nutridos y estimulados presentaron niveles superiores en tanto que los valores más bajos correspondieron invariablemente a los desnutridos y aislados.

En cuanto al aprendizaje, los efectos de la desnutrición fueron anulados por efecto de estimulación ambiental. Este fenómeno ha sido también reportado por Levitsky y Barnes,⁹ quienes con un modelo semejante al del presente trabajo, demostraron que la conducta y el aprendizaje simple que se manifiesta alterado en ratas desnutridas, se minimiza mediante la estimulación ambiental.

En situaciones humanas, la influencia ejercida por la nutrición y el ambiente se entrelazan de tal manera que es difícil distinguir los efectos de cada uno por separado.^{1,20} Por lo general, no es fácil encontrar un niño gravemente desnutrido y falta de estimulación ambiental en una familia de condición socioeconómica media o alta, en donde los padres no solamente se preocupan de aportar buena nutrición al niño, sino también un medio estimulante que promueve su desarrollo integral. En este sentido, son interesantes las experiencias de DeLicardie y Cravioto,²¹ aunque debe hacerse notar que la diferencia fundamental en las familias que tuvieron o no niños con desnutrición clínica grave, fue la cantidad y calidad de estimulación disponible en el hogar, con la circunstancia de que todas las familias vivían en condiciones semejantes de pobreza económica y cultural.

Niños que han sobrevivido a desnutrición clínica grave presentan retardo en el desarrollo intersensorial (integración auditivo-visual y cinestésico-visual); sin embargo, cuando las diferencias de estimulación en el hogar entre

sobrevivientes de desnutrición severa y testigos, por tamaño al nacimiento, se eliminan, los niveles de ejecución en la tarea auditivo-visual son de magnitud semejante en ambos grupos. El borramiento de la diferencia señala la magnitud de asociación entre estimulación en el hogar y desarrollo neurointegrativo en el área auditivo-visual. Este acto indica la necesidad de buscar asociaciones semejantes entre este aspecto de la organización neurointegrativa y otras características del microambiente del niño, tales como la calidad de la interacción madre-niño y tipo y calidad de comunicación verbal.¹

Tanto desde el punto de vista teórico como el práctico, es obvia la importancia que tienen las investigaciones que puedan permitir conocer qué alteraciones son debidas a la nutrición *per se* y cuáles son debidas al ambiente, tanto funcionales y estructurales como bioquímicas.

RESUMEN

Existen dos factores determinantes de los niveles de RNA en el encéfalo de la rata: nutrición y medio ambiente, que se refleja en el aprendizaje simple. En la experiencia que se informa, se observó que las cantidades de RNA en diversas áreas del SNC muestran un gradiente en función de la nutrición y estimulación ambiental impuestas a los animales durante los primeros 50 días de vida y estudio. Se pudo demostrar que bajo este modelo experimental, la estimulación minimiza los efectos causados por la desnutrición.

SUMMARY

There are two determining factors of the concentration of RNA in the rat brain; nutrition and environment, which are reflected in simple learning. In the experiment that is here informed, it was observed that the amounts of RNA in different areas of the Central Nervous System show a gradient in relation to nutrition and environmental stimulation imposed to the animals during the first 50 days of life and study. It was possible to demonstrate under this experimental model, that stimulation reduces the effects caused by deficient nutrition.

BIBLIOGRAFIA

1. **Castilla, S.L.:** "Acción de la nutrición y ambiente sobre los niveles de macromoléculas en el sistema nervioso central". *Acta Médica* 17: 23, 1981. México.
2. **Winick, M. and A. Noble:** "Cellular response in rats during malnutrition at various ages". *J. Nutr.* 89:300, 1966.
3. **Mehta, S. and R.N. Chakravorti:** "Effect of protein malnutrition on the various regions of brain in weanling rats". *Proc. of Nutr. Soc. of India*, 12: 14, 1972.
4. **Walker, R.G.:** "The brain composition of rats subjected to pre and postnatal protein and calorie deficiency". A thesis submitted to the Faculty of Purdue University. January, 1972.
5. **Sousa, S.V.:** "Modificaciones en el contenido de ADN y ARN por efecto de la insulina y cortisona en diferentes órganos de ratas lactantes nutridas y desnutridas". Tesis para obtener el título de químico. Facultad de Química. UNAM, México 1973.
6. **Bennett, E.L. and M.C. Rosenzweig:** "Chemical alterations produced in brain by environmental and training". En *Hand book of Neurochemistry*. Lathja Ed. Plenum. New York, 1971.
7. **Altman, J.** "Postnatal neurogenesis and the problem of neuronal plasticity". En *Developmental neurobiology*. Cap. 6. pp. 197. Williamina A. Himwich Ed. Charles C. Thomas. Springfield. II 1970.
8. **Walsh, E.M. and O.E. Budtz-Olsen:** "The effect of environmental complexity on the histology of the rat brain". *J. Compl. Neurol.* 137: 361, 1969.
9. **Levitsky, D.A. and R.H. Barnes:** "Nutritional and environmental interactions in the behavioral development of rats. Long-term effects". *Science* 176: 68, 1970.
10. **Coates, M.E., P.H. O'Donoghue, P.R. Payne and R.J. Ward:** "Dietary standards for laboratory rats and mice". *Laboratory Animals L. T.D.* (ed). London 1969.
11. **Schneider, W.C.** "Phosphorus compounds in animal tissues. I. Extractions and estimation of desoxypentose nucleic acid". *J. Biol. Chem.* 161: 293, 1954.
12. **Clark, J.:** "Bioquímica Experimental" 4a. Edición. Acriba, 1966.
13. **Montemayor, G.P.:** "Experimento factorial $2 \times 3 \times 3 \times 4$ ". En *Fórmulas Estadísticas para Investigadores*. Felipe Montemayor García Ed. 2a. Parte. pp. 560 Colección Científica. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México 1973.
14. **Dunn, A.J. and S.C. Bondy:** "The biochemical basis of behavior". En *Functional Chemistry of the Brain*. Cap. VIII pp. 197. Adrian J. Dunn y Stephen C. Bondy Eds. Spectrum Pub. New York 1974.
15. **Hidén, H.:** "RNA - A functional characteristics of the neuron and its glia". En *Brain Function*, Vol. II pp. 29. Mary A. Brazier Ed. UCLA Forum in Medical Science. California, USA, 1964.
16. **Zemp, J.W., J.E. Wilson, K. Schlesinger, W.O. Boggan and E. Glassman:** "Brain function and macromolecules. I. Incorporation of uridine into RNA of mouse brain during short-term training experience". *Proc. Nat. Acad. Sci.* 55: 1423, 1966.
17. **Dingman, W. and M.B. Sporn:** "The incorporation of 8-aza-guanine into rat brain RNA and its effects on maze-learning by the rats an inquiry into the biochemical basis of memory". *J. Psychist. Res.* I: I-II, 1961.
18. **McConnell, J.V. and A.L. Jacobson:** "The effects of regeneration upon retention of a conditioned response in the planarian". *J. Compl. Physiol.* 52: 1, 1959.
19. **John, E.R.:** "Studies on learning and retention in planaria". En *Brain Function*. Vol. II. pp. Mary A. Brazier Ed. UCLA Forum in Medical Science. California. USA 1964.
20. **Manocha, S.L.:** "Environmental influences in human development". En *Malnutrition and Retarded Human Development*, Cap. IV, pp. 132 Sohan L. Manocha Ed. Charles C. Thomas. Springfield, II. 1972.
21. **DeLicardie, E.R. y J. Cravioto:** "Estimulación, desnutrición clínica grave y desarrollo del lenguaje en niños rurales". *Gac. Med. de Méx.* 105: 333, 1973.