

Artículo original**Hallazgos auditivos en cuatro especies de vertebrados terrestres a través de la comparación de los potenciales provocados auditivos del tallo cerebral.**

*Dr. José de Jesus Morales Martínez, ** Dr. Hugo Solis Ortiz, *** Dr. Frutuoso Ayala Guerrero

Introducción

Pocas ideas han cambiado tan profundamente la visión de la naturaleza como la misma idea de cambio que está implícita en la evolución de los seres vivos. La *evolución biológica* es el proceso histórico de transformación de unas especies en otras especies descendientes (macroevolución), e incluye la extinción de la gran mayoría de las especies que han existido. Estos cambios han involucrado, no solamente los cambios de formas y hábitos de vida de los diferentes grupos de animales (microevolución), sino que también la desaparición, modificación y cambio de algunas estructuras (Denton 1986).

Durante la evolución de los vertebrados terrestres ocurrieron cambios importantes en las estructuras periféricas y centrales del sistema auditivo.

La capacidad de oír proporcionó un medio para rastrear presas y escapar de los depredadores. Desarrollos posteriores capacitaron a los animales para utilizarla en combinación con el aparato fonointarticulador como medio esencial para la comunicación (Russell, 1976). Hipotéticamente se considera que la audición entre los vertebrados se desarrolló como una adaptación de los mecanismos de percepción vibratoria (de la línea lateral) (Harris y Burgeux 1962).

Los Anfibios muestran un oído periférico anatómica y funcionalmente mucho más elaborado, así como un tallo cerebral mucho más complejo que el de los peces.

Los reptiles aportan los ancestros comunes de las aves y los mamíferos. La mayoría de las aves se caracteriza por adaptaciones especiales para el vuelo.

Summary

The biological evolution is the historical process of transformation of some species in other descending species (macroevolution), and it includes the extinction of the great majority of the species that have existed. These changes have involved, not only the changes in ways and habits of life of the different groups of animals (microevolution), but rather also the disappearance, modification and change of some structures (Denton 1986)

During the evolution of the terrestrial vertebrates they happened important changes in the outlying and central structures of the auditory system.

The capacity to hear provided to means to rake preys and to escapes from the predators. Later developments qualified the animals to uses it in combination with the apparatus phon-articulator like half essential for the communication

In this work an electrophysiological-comparative boarding was made using the technique of the early auditory provoked potentials on the phylogeny of the audition in 4 species of terrestrial vertebrates.

Those subjects of study were amphibious of the species *Frog catesbeiana* (10 amphibians). Reptils of the specie *Sceloporus torquatus* (10 reptils). Likewise 12 birds of the species *Gallus domesticus*. And 12 mammals (guinea pigs) of the species *Ceboldias porcellus* of the bioterio of the INCH. For the registration of electrophysiological of the auditory road you uses a computer for Brainstem auditory Evoked Potentials (BAEP) model Racia it marks APE-78 In this work they were potential provoked auditory of the cerebral shaft in the four species studied inside the first 10 ms that you/they explain the activity of the different structures that you/they intervene in the generation of the early auditory response.

You can consider that the differences found in the latencies and the morphology the waves generated in the different nuclei of the Brainstem auditory of all the vertebrates depend on the integrity of the

* Laboratorio de Neurofisiología Comparada.
INCH Centro Nacional de Rehabilitación

** Laboratorio de Fisiología. Facultad de
Medicina. UNAM

*** Laboratorio de Neurociencias. Facultad de
Psicología. UNAM

Sin embargo el desarrollado sentido de la audición a partir de este grupo resulta de particular importancia ya que se relaciona esencialmente con los principios de los códigos de comunicación en las aves canoras y de gorjeos en las aves no canoras.

Una de las principales transformaciones hacia el camino evolutivo de los mamíferos fué el incremento en el tamaño del cerebro. Así como en las aves, el cerebelo aumentó en tamaño, permitiendo un alto grado de coordinación motora utilizado en el vuelo y en el aterrizaje. En los mamíferos tempranos se tuvo un desarrollo equitativo del sistema visual, olfatorio y auditivo que les permitió tener mayores ventajas.

En este trabajo se realizó un abordaje electrofisiológico-comparativo utilizando la técnica de los potenciales provocados auditivos tempranos sobre la filogenia de la audición en 4 especies de vertebrados terrestres.

cerebral shaft, of the temperature of the environment in the poiquilotermos and of the different structures that intervene in the decoding and code of the auditory stimulus, as well as of the neurotransmisores involved in the transmission of the auditory stimuli. Likewise it is considered that the succession of present waves in the BAEP represents a succession of the analysis of the stimulus in the different levels of the cerebral shaft and that the observed answer through the waves in relation to the latency, width and morphology of the BAEP will depend from the evolutionary scale to which belongs the vertebrate in study.

On the other hand, in spite of the effort that was made to compare the auditory answers of the cerebral shaft through a modern tool, non invasiva, and reliable as they are the BAEP in these four species of terrestrial vertebrates they are many questions to answer due to that limited of working with a single species representative of each class.

Material y método

Los sujetos de estudio fueron anfibios de la especie *Rana catesbeiana* (10 ejemplares). Reptiles de la especie *Sceloporus torquatus* (10 ejemplares). Así mismo 12 aves de la especie *Gallus domesticus*. Y 12 mamíferos (cuyes) de la especie *Cebolas porcellus* obtenidos del bioterio del INCH. Para el registro de electrofisiológico de la vía auditiva se utilizó una computadora para PPATC marca Racia modelo APE-78. La estimulación en ranas, reptiles, aves y mamíferos fué binaural en campo libre, el sonido se liberó en una cámara sonoamortiguada, por medio de una bocina localizada a 70 cm frente a las membranas timpánicas o los oídos externos del animal (con una conducción vía aire de 0.002 ms). La estimulación consistió en clicks (chasquidos) de 100 microsegundos de duración, con una frecuencia de repetición de 20 clicks/s, los estímulos fueron de polaridad alterna, y la intensidad de estos se calibró constantemente en niveles de audición Hearing level (HL) de acuerdo a las normas ANSI. Las intensidades utilizadas fueron de 70, 50, y 30 dB. Se promediaron quinientos estímulos.

En Anfibios y Reptiles, el método de anestesia fue a través de la hipotermia. En Aves y Mamíferos se utilizó como anestésico clorhidrato de ketamina (50 mg/kg de peso).

Resultados

a) *Rana catesbeiana*.

Los PPATC en *R. catesbeiana* se obtuvieron a intensidades de 70, 50 y 40 dB. Se encontró el umbral auditivo en 40 dB.

En esta especie los PPATC consistieron esencialmente en tres ondas que se presentan en los 10 primeros ms.

De acuerdo con la intensidad del estímulo aplicado se encontraron diferencias en la aparición del número de ondas. (**Tabla 1**)

b) *Sceloporus torquatus*.

Los PPATC obtenidos en *S. torquatus* difieren sustancialmente de los observados en *R. catesbeiana* en cuanto a la morfología y aparición de las ondas. En *S. torquatus* se obtuvieron 4 ondas muy visibles y de gran amplitud a 70 dB . (**Tabla 2**)

Se buscó la respuesta con una intensidad de 30 dB. Sin embargo, en la totalidad de los ejemplares no se obtuvo respuesta con el equipo y metodología utilizados, por lo que el umbral auditivo de estos reptiles se encontró entre 35 y 40 dB. (**Tabla 2**)

c) *Gallus domesticus*.

Se obtuvieron PPATC en *G. domesticus* a intensidades de 70, 50, 30 dB. El umbral se estableció en 30 dB. Al igual que en las especies anteriores, la respuesta auditiva se presentó dentro de los 10 primeros ms. Se observaron nítidamente cuando menos 4 ondas en esta especie.

d) *Cavia porcellus*

Se obtuvieron PPATC en mamíferos (cuyes) *C. porcellus*, que se caracterizaron por conservar un patrón morfológico de las ondas semejante a las demás especies anteriormente estudiadas. Sin embargo, se tuvieron algunas diferencias en *C. porcellus*, ya que la respuesta auditiva de algunos ejemplares a una intensidad de 70 dB consistió en un patrón de hasta 7 ondas en una de ventana de

Tabla 1

VALOR PROMEDIO DE LA TENCIAS DE LOS PPACTC DE <i>R. catesbeiana</i>					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	60	1.80	2.90	2.40	0.24
III	60	3.70	4.90	4.41	0.31
Intensidad 50 dB					
I	60	2.10	3.40	2.77	0.29
II	60	3.10	4.90	3.94	0.34
III	60	4.00	6.10	5.02	0.43
Intensidad 40dB					
I	58	2.30	3.80	3.09	0.31
II	43	3.60	5.30	4.32	0.39
III	54	4.50	6.50	5.54	0.38

10 ms. Para el análisis solo se tomaron en cuenta aquellas que se observaron más constantemente. Así mismo se hizo constante la presencia de una onda V de poca amplitud que no aparece en los demás grupos, pero que se presenta

Discusión

En este trabajo se encontraron potenciales provocados auditivos del tallo cerebral en las cuatro especies estudiadas dentro de los 10 primeros ms,

que explican la actividad de las diferentes estructuras que intervienen en la generación de la respuesta auditiva temprana. Como se mencionó en el apartado de resultados, en *R. catesbeiana* a 70 dB se hallaron dos Ondas (I y II) claramente definidas. Seaman (1991) encontró también dos ondas parecidas, utilizando anestésico combinado (Pentobarbital sódico 37.5 mg/kg y ketamina 75mg/kg) Obteniendo dos ondas que se presentaron entre los 2.5 y 5 ms. de latencia. De acuerdo a lo obtenido en este trabajo se observa la coincidencia de dos ondas sin embargo la técnica utilizada por Seaman (1991) es muy diferente a la utilizada en esta investigación Corwin y cols. (1982), al analizar los PPATC en vertebrados acuáticos y terrestres, hallaron también dos

ondas de gran amplitud en anfibios, utilizando una técnica completamente diferente a la aplicada en este trabajo. Mediante electrodos intracraneales obtuvo dos ondas durante los primeros 10 ms utilizando ráfagas de chasquidos de 1 kHz de intensidad.

Lo anterior desde el punto de vista filogenético es muy importante ya que el grupo de los anfibios es el grupo transicional entre la vida acuática y terrestre, en el que los cambios adaptativos involucran una gran cantidad de estructuras y seguramente como consecuencia se aprecian cambios y adaptaciones funcionales interesantes en este grupo como el que estamos observando con este resultado con la obtención de dos ondas positivas en el PPATC, en el que se involucró un estímulo de transmisión vía aire y una recepción auditiva por parte del anfibio adaptada para este tipo de estímulo.

Desde el punto de vista evolutivo la desaparición de las sinapsis nerviosas del órgano de la línea lateral, representa la especialización del área acústico lateral a la recepción de los estímulos auditivos principalmente en un rango de frecuencias bajas, entre 150 y 1700 Hz (Sachs 1964)

Si se observa la correspondiente a las latencias

Tabla 2

VALOR PROMEDIO DE LA TENCIAS DE LOS PPACTC DE <i>S. torquatus</i> A 70,50 y 40 dB					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	42	2.00	3.30	2.5619	0.3320
II	42	3.10	5.30	3.9881	0.5265
III	42	3.90	6.60	5.2690	0.6460
IV	36	5.20	7.50	6.4500	0.6980
Intensidad 50 dB					
I	42	2.10	3.60	2.8143	0.4082
II	40	3.20	5.80	4.1675	0.6183
III	41	4.00	6.90	5.5098	0.7810
IV	32	5.10	8.20	6.5844	0.9336
Intensidad 40dB					
I	38	2.30	4.00	3.0816	0.3992
II	34	3.50	5.60	4.6029	0.5430
III	34	4.50	6.70	5.9471	0.6116
IV	19	5.60	8.40	7.3105	0.8504

Tabla 3

VALOR PROMEDIO DE LA TENCIAS DE LOS PPACTC DE G. DOMESTICUS A 70,50 y 40 dB					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	24	1.40	1.80	1.6167	0.1129
II	24	2.00	2.70	2.3042	0.1922
III	24	2.90	3.90	3.3583	0.2933
IV	24	4.00	5.70	4.8250	0.4245

Intensidad 50 dB					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	24	1.50	2.30	1.8875	0.1903
II	24	2.10	3.10	2.5500	0.2359
III	24	3.30	4.20	3.6917	0.2992
IV	24	5.00	6.10	5.5292	0.3263

Intensidad 30 dB					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	24	2.10	2.70	2.3667	0.1903
II	24	2.60	3.70	3.3125	0.2833
III	24	3.90	4.80	4.3583	0.3216
IV	24	5.00	6.70	5.9000	0.3856

comparadas de las 4 especies estudiadas a una intensidad de 70 dB, se notará que los reptiles (*S. torquatus*) presentan una mejor respuesta a los estímulos a 70 dB. Como se expresó en los resultados *S. torquatus* presentó 4 ondas muy constantes y reproducibles en todos los ejemplares estudiados de esta especie. El patrón de morfológico de estas ondas es muy parecido al de las ranas, ya que, solo dos, la onda I y la onda III, presentan una amplitud mayor a 0.70 mv, resaltando sobre la poca amplitud de la onda II y la onda IV, sugiriendo la misma forma de curva que para los anfibios. En contraste con el anfibio *R. catesbeiana*, se puede apreciar que la onda II en cuya generación participan los núcleos dorsoventrales (angular y magnocelular) del tallo cerebral de *S. torquatus*, se observa en la porción más profunda de la pendiente negativa de la onda I, con una amplitud muy pobre.

En el reptil *S. torquatus* por primera vez se presenta una onda IV, muy pequeña que no aparece en el anfibio *R. catesbeiana* y que se considera es generada a nivel del cerebro medio de estos animales en la

estructura denominada toro semicircular.

Respecto a las aves (*G. domesticus*) se puede considerar que su respuesta es muy similar en su patrón morfológico con la respuesta de *S. torquatus* ya que se registraron 4 ondas en 70 dB. Algunas diferencias están presentes en estas dos especies. La onda II en *G. domesticus* se presenta con una mayor amplitud, respecto a la misma onda en *S. torquatus*. En *R. catesbeiana* a la misma intensidad esta onda no se observa. (Morales y cols 1995)

Las ondas III y IV son muy parecidas con las mismas ondas registradas en *S. torquatus*, sin embargo la complejidad

geométrica y el número de las fibras auditivas en las aves permite que los intervalos de conducción sean más rápidos reduciendo con ello la latencia en el total de la vía auditiva. Aún cuando se ha discutido mucho sobre los probables generadores de estas ondas, de acuerdo a lo observado en este trabajo, se sugiere que la geometría de la vía auditiva es filogenéticamente más complicada en aves que en los reptiles y anfibios y los generadores pueden ser múltiples.

Tabla 4

VALOR PROMEDIO DE LA TENCIAS DE LOS PPACTC DE C. PORCELUS A 70,50 y 40 dB					
Intensidad 70 dB					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	28	1.3	1.6	1.5143	0.08483
II	26	2.1	2.6	2.3538	0.1606
III	28	2.7	3.3	3.9679	0.1442
IV	28	3.5	4.5	3.925	0.2577
V	14	4.1	5.3	4.9786	0.3704

Intensidad 50 dB					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	28	1.6	2.0	1.7250	0.111
II	26	2.3	2.9	2.5577	0.1677
III	28	3.0	3.5	3.1750	0.1266
IV	28	3.7	4.5	4.1071	0.1904

Intensidad 30 dB					
Onda No.	No. de registros (N)	Valor mínimo	Valor máximo	Media (X)	Desviación Estandar
I	28	1.7	2.1	1.9286	0.1049
II	17	2.4	3.2	2.7471	0.2528
III	28	3.1	3.6	3.3357	0.1496
IV	25	3.9	4.5	4.1920	0.1706

Entre *G. domesticus* y *C. porcellus* (aves y mamíferos) se conserva un patrón morfológico de las ondas similar en la respuesta auditiva del PPATC, sin embargo, también se observan algunas diferencias.

Por último, se puede considerar que las ondas generadas en los diferentes núcleos del tallo cerebral de todos los vertebrados dependen de la integridad del tallo cerebral, de la temperatura del medio ambiente en los poiquilotermos y de las diferentes estructuras que intervienen en la decodificación y codificación del estímulo auditivo, así como de los neurotransmisores involucrados en la transmisión del estímulos auditivo. Así mismo se considera que la sucesión de ondas presentes en el PPATC representan una sucesión del análisis del estímulo en los diferentes niveles del tallo cerebral y que la respuesta observada a través de las ondas en relación a la latencia, amplitud y morfología del PPATC va a depender de la escala evolutiva a la cual pertenezca el vertebrado (Chambers 1989).

Por otro lado, a pesar del esfuerzo que se hizo para comparar las respuestas auditivas del tallo cerebral a través de una herramienta moderna, no invasiva, y confiable como son los PPATC en estas cuatro especies de vertebrados terrestres quedan muchas preguntas por contestar debido a lo limitado de trabajar con una sola especie representante de cada clase.

BIBLIOGRAFIA

- Corwin, J.T., Bullock, T. H. and Schwitzer, J. 1982. The auditory brain stem response in five vertebrate classes. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 54: 629-641.
- Chambers R., Matthies M., y Scott K. 1989. Correlations between various measure of head size and auditory brainstem responses latencies. *Electroenceph.. Clin.neurophysiol* 35: 126-138.
- Denton M, 1986. *Evolution: A Theory in Crisis*, Bethesda, Maryland: Adler and Adler, , 368 págs..
- Harris G.G., y Bergeux W.V. 1962. Evidence that the lateral line organ respond to water displacement. *J. acoust. Soc. Amer.* 34: 1831-1841.
- Irving R. y Harrison J.M. 1967. Superior olfactory complex and audition: A comparative study. *J. comp. Neurology*. 130: 77-86
- Jewett, D.L. 1970. Volume conducted potentials in response to auditory stimuli as detected by averaging in cat. *Electroencep.clin.neurophysiol.*, 28: 609-618.
- Moller A.R., Jannetta P.J. 1982. Auditory evoked potentials recorded intracranially from the brain stem in man. *Exp. Neurol.* 78: 144-157
- Morales JJ., Poblano A., Mujica ME., Montes de Oca E. 1995. Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral en Rana catesbeiana. *An. ORL. Mex.* Vol 40, No 1: 9-12.
- Musiek FE, y Baran JA. 1986. Neuroanatomy, Neurophysiology and central auditory assessment. Part I: Brain stem. *Ear and Hear*, 7: 207-219.
- Overbeck W. G. Church M. 1992. Effects of tone bursts frequency and intensity on the auditory brainstem response (ABR) from albino and pigment rats. *Hear. Res.* 59: 129-137.
- Regan D. 1975. Recent advances in electrical recording from the human brain. *Nature* 253: 401-407.
- Rosenhall U. 1971: Morphological patterns of the organ of Corti in the Birds . *Arch. Ohr.* 200: 42-63.
- Rusell J.J. 1976. Amphibian lateral line receptors. In frog neurobiology. Llinas R. Precht W. Springer Verlage. Berlin. Hidelberg Germany. 513-550.
- Sachs MB. 1964. Characteristics of primary auditory neurons in the green frog. M. S. Thesis Cambridge, Mass. Massachusetts Institute of Technology.
- Sarnat H.B, y Netsky M.G. 1976. Sistema de la línea lateral, vestibular y acústico: Percepción vibratoria tactil. En: *Evolución del sistema nervioso*. H Blume Ediciones Madrid.
- Seaman R. 1991. Method to record evoked potentials from eight nerve. *Hearing Research*. 51: 301-306
- Sehmsdorff J. 1966. The primate superior olfactory complex. *Anat.Rec.* 154: 421-422
- Smith Z. 1981. Organization and development of brain stem auditory nuclei of the chicken: dendritic development in N. Laminaris. *J. Comp. Neurol.* 203: 309-333
- Starr A., y Hamilton A.E. 1976. Correlation between confirmed sites of neurological lesions and abnormalities of far-field auditory brainstem responses. *Electroencephal. Clin neurophysiol.* 41: 595-608.
- Starr A. 1978. Sensory evoked potentials in clinical disorders of the nervous system. *Ann Rev Neurosci.* 1: 103-127,