



Palabras Claves: Aves, análisis cuantitativo, encefálo

Key Words: birds, quantitative analysis, encephalon

# Análisis cuantitativo encefálico de *Anas versicolor versicolor* Vieillot 1816 (Aves: Anatidae)\*

Fernando José Carezzano y Noemí Bee de  
Speroni

Cátedra de Anatomía Comparada,  
Departamento de Diversidad Biológica y  
Ecología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas  
y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.  
Vélez Sarsfield 299, 5000 Córdoba, Argentina

## RESUMEN

Se analizó la composición cuantitativa encefálica de *Anas versicolor versicolor* (pato capuchino). Se estimaron los volúmenes porcentuales y los índices cerebrales de siete componentes encefálicos. Los resultados se compararon con los de *Podiceps rolland* (macá común), *Fulica armillata* (gallareta de ligas rojas) y *Egretta thula* (garcita blanca), tres especies de aves que comparten el mismo hábitat que *Anas versicolor*, el acuático. El neostriado es el componente cerebral de mayor desarrollo, siguiéndole el cerebelo. Los bulbos olfatorios son las estructuras de menor tamaño relativo. El estriado propiamente dicho, después del neostriado es el área telencefálica que presenta una mayor cifra relativa, superior al wulst y al arquiestriado. Los índices estimados indican que *Anas versicolor* es un ave progresiva. En base a las similitudes neuroanatómicas de los bulbos olfatorios, estriado propiamente dicho, neostriado y wulst en las cuatro especies de aves, se infiere que son un resultado de un proceso de convergencia evolutiva, debido a las similares presiones selectivas a las que fueron sometidas estas aves, que comparten el hábitat acuático.

## ABSTRACT

*Quantitative encephalic composition of Anas versicolor versicolor Vieillot 1816 (Aves Anatidae)*

The quantitative encephalic composition of the duck *Anas versicolor versicolor* (silver teal) was analyzed. For seven encephalic components the percentual composition and cerebral indices were calculated. The results were compared to those of *Podiceps rolland* (whitetyfted grebe), *Fulica armillata* (redgartered coot) and *Egretta thula* (snowy egret), three bird species sharing the same aquatic habitat with *Anas versicolor*. The component of greater relative size is the neostriatum, followed by cerebellum. The bulbus olfactorius showed the lowest development. Excluding the neostriatum, the striatum is the major relative cipher, superior to both the wulst and the archistriatum. The indices indicate that *Anas versicolor* is a progressive bird. On the basis of neuroanatomic similarities of the bulbus olfactorius, striatum, neostriatum and wulst, in these four bird species, it could be inferred that those similarities are result of a evolutionary convergence process, that is a consequence of similar selective pressures to which these birds are subjected in their aquatic habitat.

\* Trabajo presentado en las XI Jornadas Científicas de la Sociedad de Biología de Córdoba.



## INTRODUCCION

Trabajos realizados sobre la composición cuantitativa encefálica en varias especies de aves, evidencian una estrecha relación entre el tamaño relativo y la función de los distintos componentes encefálicos, lo que permite establecer interesantes relaciones entre las características cuantitativas y aspectos bioecológicos observados en las especies estudiadas (Portmann 1946, 1947; Bang 1960; Cobb 1960a, 1960b; Tucker 1965; Benvenuti 1973; Pettigrew y Konishi 1976a, 1976b; Bennet y Harvey 1985; Bee de Speroni y Pirlot 1987; Boire 1989; Pirlot 1989; Alama y Bee de Speroni 1992; Bee de Speroni y Carezzano 1992, 1993, 1995; Carezzano y Bee de Speroni 1995; Fernández *et al.* 1997).

En este estudio se analiza la composición cuantitativa encefálica de *Anas versicolor versicolor* (pato capuchino), anátido típico de la llanura chacapampa, vive en bañados y lagunas. Se caracteriza por tener ritmos de actividad diurnos, solitario, en parejas o pequeñas bandadas en aguas tranquilas, ser desconfiado, nidificar en el suelo cerca del agua, en la que pasa la mayor parte del tiempo alimentándose de pequeños organismos que filtra; también en su dieta incluye semillas.

Los objetivos planteados fueron estimar la composición cuantitativa encefálica y los índices cerebrales de sus distintos componentes y establecer las posibles relaciones entre estos valores y aspectos bioecológicos.

## MATERIAL Y METODOS

Se capturaron en la localidad de Uacha (Dep. Juárez Celman, Provincia de Córdoba) dos ejemplares de *Anas versicolor versicolor* Vieillot 1816 (pato capuchino) (familia Anatidae).

Las aves anestesiadas con éter sulfúrico se perfundieron intracardiácamente con formalina (una parte de formol en siete de agua destilada). Posteriormente, se les determinó la masa corporal (412 g) y se les extrajo el encefálo, registrándose la masa (3,5 g) (los valores son promedio de ambos individuos).

Estos se procesaron según el método de inclusión en parafina. Se obtuvieron cortes seriados transversalmente, seccionados a 10  $\mu$ m los que

fueron coloreados con Nissl (cressyl violet).

Posteriormente, se tomaron 120 fotogramas a intervalos regulares y se demarcaron las siguientes áreas neuronales: bulbos olfatorios (BO); estriado propiamente dicho (St) integrado por el paleoestriado primitivo y aumentado; arquiestriado (Ast); neoestriado (Nst) formado por el ectoestriado, hiperestriado ventral y neoestriado; wulst o eminencia sagital (W) que comprende al hiperestriado dorsal y el accesorio; tecto óptico (TO); cerebelo (Cb). Estas estructuras se delimitaron según Bee de Speroni y Pirlot (*op. cit.*), para lo cual se empleó el Atlas Estereotáxico de Karten y Hodós (1967).

Para establecer las variaciones cuantitativas entre los diferentes componentes encefálicos, se calculó el volumen de cada componente; para ello se empleó el método volumétrico de Stephan *et al.* (1981). También se estimaron los Índices cerebrales como indicadores filogenéticos (Portmann, 1946, 1947; Alama y Bee de Speroni, *op. cit.*).

El hecho de analizar sólo dos ejemplares, y al asumir que los datos carecen de valor estadístico, no se descarta el riesgo de error que esto puede acarrear. Sin embargo, de acuerdo a Stephan *et al.* (*op. cit.*), se alcanza una mejor información si se estudian diversas especies, que si se analizan numerosos ejemplares de una misma.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de la composición cuantitativa encefálica se relacionan con ciertos aspectos bioecológicos. Por tratarse de caracteres cualitativos y cuantitativos no es posible realizar correlaciones ni asociaciones, por lo tanto se efectuaron *coincidencias*, término propuesto por Pirlot (1986) como una relación híbrida entre *co*(relación) cuantitativa y (*aso*)*ciación* cualitativa.

a) *Cifra basal e índices cerebrales*: La primera indica el peso encefálico de un galliforme hipotético del mismo peso corporal que el ave en estudio. Así, si el encefálo del ave bajo análisis no evolucionó, el peso encefálico sería igual a la cifra basal.

Los índices cerebrales son indicadores filogenéticos independientes del tamaño corporal que revelan el nivel evolutivo y son comparables entre sí (Portmann, 1946, 1947).

La cifra basal estimada en *A. versicolor* (0,376) es similar a la de *E. thula* (0,370), superior a la de *P. rolland* (0,290) e inferior a la de *F. armillata* (0,580)(Cuadro 1).



Cuadro 1

## Índices cerebrales de los siete componentes encefálicos

	<i>Anas versicolor</i>	<i>Egretta thula</i> *	<i>Fulica armillata</i> *	<i>Podiceps rolland</i> *
n	2	3	3	3
CB	0,376	0,370	0,580	0,290
BO	0,029	0,027	0,062	0,048
St	0,926	0,773	0,910	0,778
Ast	0,239	0,122	0,133	0,200
Nst	3,829	3,714	2,963	2,511
W	0,693	0,549	0,556	0,417
Tel	5,819	5,520	4,886	4,229
TO	0,560	1,241	0,750	0,750
Cb	1,087	1,706	0,713	1,030

CB: Cifra basal, BO: bulbos olfatorios, St: estriado, Ast: arquiestriado, Nst: neoestriado, W: wulst, Tel: telencéfalo, TO: tecto óptico, Cb: cerebelo.

• Tomado de Carezzano y Bee de Speroni (1995).

Los índices cerebrales del Tel, BO y Nst de *A. versicolor* (5,819; 0,029 y 3,829, respectivamente) son similares a los de *E. thula* (5,520; 0,027 y 3,714), siendo el Nst el componente telencefálico que presenta el índice superior.

El St muestra un valor similar en *A. versicolor* (0,926) y *F. armillata* (0,910) superiores a los de *E. thula* y *P. rolland* (0,773 y 0,778, respectivamente).

Con respecto al *W. A. versicolor* exhibe el índice mayor (0,693), le siguen *F. armillata* y *E. thula* quienes presentan índices similares (0,556 y 0,549, respectivamente).

El índice de los TO de *A. versicolor* es el más bajo de las cuatro especies analizadas (0,560), siendo el más elevado el de *E. thula* (1,241).

El valor estimado para el Cb en *A. versicolor* (1,087) es similar al de *P. rolland* (1,030), inferior al de *E. thula* (1,706) y superior al de *F. armillata* (0,713).

b) Cociaciones entre los volúmenes porcentuales y ciertos aspectos bioecológicos: Bulbos olfatorios (BO): Experiencias fisiológicas indican que, en algunas especies de aves, los quimiorreceptores del nervio olfatorio responden a olores en el aire (Tucker, *op. cit.*: Bang y Cobb, 1968). Las aves lo emplean en la búsqueda del alimento (Bang, *op. cit.*; Wenzel, 1972; Wurdiner, 1979), para identificar feromonas en el

corajeo (Balthazart y Schoffeniels, 1979) y en la orientación (Benvenuti, *op. cit.*). Cobb (1960a), Bang y Cobb (*op. cit.*) y Bang (1971) citan que las aves acuáticas presentan los BO muy voluminosos.

*A. versicolor* presenta un valor similar al de *E. thula* (0,32 y 0,27%, respectivamente), inferiores a los de *P. rolland* y *F. armillata* (0,65 y 0,86%, respectivamente) (Cuadro 2).

Esto concuerda con la dieta omnívora y con la forma de localizar a sus presas, empleando las dos últimas especies la vista y el olfato (Carezzano y Bee de Speroni, *op. cit.*), mientras que *A. versicolor* es filtradora y *E. thula*, utiliza la vista para detectar a sus presas.

Estriado propiamente dicho (St): El complejo paleoestriado es un sistema integrado por el paleoestriado primitivo y aumentado y el núcleo intrapeduncular. También constituye un sistema de coordinación motriz. Integra los patrones de orientación entre los objetos, elaborados a nivel del neoestriado y del hiperestriado ventral, y el sistema de control de la postura (Pearson, *op. cit.*).

Estudios anatómicos e histoquímicos sugieren que el paleoestriado aumentado de las aves es homólogo al estriado de mamíferos (núcleo caudado y putamen) y que el paleoestriado primitivo y el núcleo



Cuadro 2

Volumen de los componentes encefálicos % en relación al del encéfalo total.  
Entre paréntesis los porcentajes de cada componente telencefálico

	<i>Anas versicolor</i>	<i>Egretta thula</i> *	<i>Fulica armillata</i> •	<i>Podiceps rolland</i> •
n	2	3	3	3
BO	0,32 ( 0,49)	0,27 ( 0,49)	0,86 ( 1,26)	0,65 ( 1,13)
St	9,95 ( 15,36)	7,65 ( 13,99)	12,70 ( 18,62)	10,58 ( 18,40)
Ast	2,57 ( 3,97)	1,21 ( 2,22)	1,85 ( 2,72)	2,72 ( 4,73)
Nst	41,13 ( 63,52)	36,75 ( 67,28)	41,36 ( 60,64)	34,14 ( 59,38)
W	7,44 ( 11,46)	5,44 ( 9,95)	7,76 ( 11,38)	5,67 ( 9,87)
Tel	64,76 (100,00)	54,63 (100,00)	68,20(100,00)	57,50(100,00)
TO	6,02	12,29	16,48	0,20
Cb	11,67	16,88	19,95	4,00

BO: bulbos olfatorios, St: estriado, Ast: arquiestriado, Nst: neoestriado, W: wulst, Tel: telencefálico, TO: tecto óptico, Cb: cerebelo.

\* Tomado de Carezzano y Bee de Speroni (1995).

intrapeduncular corresponden al globo pálido (Karten y Dubbeldam, *op. cit.*).

El mayor desarrollo de este complejo en *A. versicolor* (9,95%), *P. rolland* (10,58%) y *F. armillata* (12,70%), con respecto a *E. thula* (7,65%) se relaciona con el tipo de locomoción. Las primeras vuelan, nadan y bucean, mientras que la última sólo vuela.

Arquiestriado (Ast): Es una extensa zona de integración autonómica. La estimulación eléctrica produce conductas de ataque y fuga (Pearson, *op. cit.*).

Si bien el volumen relativo estimado en *A. versicolor* (2,57%) como en las otras tres especies son elevados, esta y *P. rolland* son quienes presentan un mayor desarrollo (*P. rolland*, 2,72; *F. armillata*, 1,85 y *E. thula*, 1,21%).

*A. versicolor* y *P. rolland* son tímidas, muy asustadizas. Ante el menor indicio de peligro huyen, volando como en el caso de *A. versicolor* o

zambulléndose rápidamente como en *P. rolland* (Carezzano y Bee de Speroni, *op. cit.*).

Neoestriado (Nst): Es el componente telencefálico de mayor tamaño relativo, ocupa más del treinta por ciento del volumen encefálico. En la porción ventrolateral se proyecta la vía Quinto Frontal (implicada en el control del 'picoteo', en la identificación táctil y toma del alimento), en el ectoestriado lo hace la vía visual tectofugal, utilizada en mayor proporción por aves de hábitos diurnos. En la región caudal, más específicamente en el área L de Rose, se proyecta la vía auditiva (Karten, 1969) Salzen y Parker (1975) sugieren además que en el Nst de los movimientos corporales, particularmente del cuello, pico y extremidades. *A. versicolor* y *F. armillata* presentan las cifras porcentuales más elevadas (41,13 y 41,36%, respectivamente). Estas especies son de hábitos diurnos. La primera se alimenta de invertebrados e incluye hojas, tallos y semillas.



Wulst o eminencia sagital (W): Esta área está implicado con la habilidad de resolver complejos e inesperados problemas, como la obtención del alimento, lugar y forma de construir el nido, etc. (Mazzi y Fassolo, 1977). Se proyecta la vía visual tálamo fugal, empleada preferentemente por aves de costumbres nocturnas (Pearson, *op. cit.*).

Salzen y Parker (*op. cit.*), sugieren que se relaciona, juntamente con el hiperestriado ventral en la orientación.

El valor estimado para *A. versicolor* (7,44%) y *F. armillata* (7,76%) son similares y superiores a los de *P. rolland* (5,67%) y *E. thula* (5,44%). Si bien estas aves construyen sus nidos en el medio acuático, muestran algunas diferencias. *A. versicolor* lo construye en el suelo, cerca del agua, colocándole abundante plumón. *F. armillata* elabora varias plataformas flotantes de plantas entrecruzadas. *E. thula* nidifica formando colonias en juncuales y *P. rolland* construye una plataforma flotante ubicada cerca de la orilla (Carezzano y Bee de Speroni, *op. cit.*).

Tecto óptico (TO): En las aves el sentido más desarrollado es el de la visión, con él detectan el alimento, predadores, congéneres, etc. El TO es un centro nervioso de relevo de la vía visual tectofugal, empleada en mayor proporción por aves de hábitos diurnos (Karten, 1969; Bee de Speroni y Pirlot, *op. cit.*).

En la vía tecto fugal, las capas superficiales del TO perciben una representación topográfica de la retina contralateral (Hunt y Webster, 1972; Remy y Güntürkün, 1991); las más profundas reciben la información somatocinética (Cotter, 1976) y acústica (Knudsen y Knudsen, 1985; Knudsen y Brainard, 1991), siendo el origen de eferencias motrices y visuales (Reiner y Karten, 1982).

En *A. versicolor* (6,02%) se observa un desarrollo similar al de *F. armillata* (6,48%), inferiores a los de *E. thula* (12,29%) y *P. rolland* (10,20%). Estos valores concuerdan con la importancia del sentido de la vista en la garza y el macá para capturar el alimento (Carezzano y Bee de Speroni, 1995).

Cerebelo (Cb): Es un importante centro encefálico, cuyas principales funciones son la de mantener el equilibrio y la integración motora del organismo, interviniendo en el control de la postura y en la coordinación de movimientos finos y precisos.

El desarrollo del Cb en *A. versicolor* (11,67%) es similar al de *F. armillata* (9,95%) e inferior al de *E. thula* (16,88%) y *P. rolland* (14,00%).

Esto se relaciona con la habilidad de volar y obtener el alimento de *E. thula* y de bucear de *P. rolland*. En tanto, *A. versicolor* y *F. armillata* no presentan un Cb voluminoso, ya que no realizan con gran destreza la

actividad de nadar, volar y bucear.

## CONCLUSIONES

En *Anas versicolor* el Nst (41,13%) es el componente cerebral de mayor desarrollo, siguiéndole el Cb (11,67%). Los BO (0,32%) son las estructuras de menor tamaño relativo, lo que concuerda con su dieta. El St (9,95%), después del Nst es el área telencefálica que presenta una mayor cifra relativa, superior al W (7,44%) y Ast (2,57%), valores relacionados con la toma y manipulación del alimento, la nidificación y el comportamiento de fuga y ataque que revela este anátido frente a situaciones de peligro de sus crías nidifugas. Los índices estimados en las siete áreas analizadas en *Anas versicolor* indican que es un ave progresiva. Las similitudes cuantitativas neuroanatómicas del BO, St, Nst y W estimadas en estas cuatro especies pueden ser debidas a un proceso de convergencia evolutiva.

## REFERENCIAS

- Alama, S. y N. Bee de Speroni. 1992. Índices cerebrales y composición cuantitativa encefálica en *Athene cunicularia* y *Tyto alba* (Strigiformes: Strigidae y Tytonidae). *Facena* 9: 1937.
- Balthazart, J. y E. Schoffeniels. 1979. Pheromones are involved in the control of sexual behaviour in birds. *Naturwissenschaften* 66: 55-56.
- Bang, B. G. 1960. Anatomical evidence for olfactory function in some species of birds. *Nature* 188: 547-549.
- Bang, B. G. 1971. Functional anatomy of the olfactory system in 23 orders of birds. *Acta Anat. Suppl.* 58: 1-76.
- Bang, B. G. y S. Cobb. 1968. The size of the olfactory bulbs in 108 species of birds. *Auk* 85: 55-61.
- Bee de Speroni, N. y F. Carezzano. 1992. cuantitativa encefálica en *Polyborus ch. chimango* Vieillot, desde una perspectiva ecoetológica (Falconidae). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 23: 1-8.
- Bee de Speroni, N. y F. Carezzano. 1993. Estudio cuantitativo de componentes encefálicos en tres especies de tinámidos, con un enfoque ecoetológico (Aves: Tinamidae). *Rev. Fac. Cien. Méd. Córdoba* 51 (2): 5-8.



- Bee de Speroni, N. y F. Carezzano. 1995. Volumetric analysis of the visual, trigeminal and acoustic nuclei in three bird families (Rheidae, Tinamidae, Spheniscidae). *Marine Ornithology*, 23: 11-15.
- Bee de Speroni, N. y P. Pirlot. 1987. Relative size of avian brain components of the magellanic penguin, the greater rhea and the tataupa tinamou. *Cormorant* 15: 722.
- Bennett, P. M. y P. H. Harvey. 1985. Relative brain size and ecology in birds. *J. Zool., Lond.* 207: 151-169.
- Benvenuti, S. 1973. Homing performances of inexperienced and directionally trained pigeon's subjected to olfactory nerve section. *J. Comp. Physiol.* 83: 81-91.
- Boire, D. 1989. Comparison quantitative de l'encéphale, de ses grandes subdivisions et de relais visuels, trijumeaux et acoustiques chez 28 espèces d'oiseaux. Tesis Doctoral. *Universidad de Montreal*, Montreal, 435 pp.
- Carezzano, F. y N. Bee de Speroni. 1995. Composición volumétrica encefálica e índices cerebrales en tres aves de ambiente acuático (Ardeidae, Podicipedidae, Rallidae). *Facena* 11: 75-83.
- Cobb, S. 1960a. Observations on the comparative anatomy of the avian brain. *Perspect. Biol. Med.* 3: 383-408.
- Cobb, S. 1960b. A note on the size of the avian olfactory bulb. *Epilepsia* 1: 394-402.
- Cotter, J. R. 1976. Visual and nonvisual units recorded from the optic tectum of *Gallus domesticus*. *Brain Behav. Evol.* 13: 1-21.
- Fernández, P., F. Carezzano y N. Bee de Speroni. 1997. Análisis cuantitativo encefálico e índices cerebrales en *Aratinga acuticaudata* y *Myiopsitta monachus* de Argentina (Aves: Psittacidae). *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 70: 269-275.
- Hunt, S. P. y K. E. Webster. 1972. Thalamohypostriate interrelations in the pigeon. *Brain Res.* 44: 647-651.
- Karten, H. J. 1969. The organization of the avian telencephalon and some speculations on the phylogeny of the amniote telencephalon. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 167: 164-179.
- Karten, H. J. y J. L. Dubbeldam. 1973. The organization and projections of the paleostriatum complex in the pigeon (*Columba livia*). *J. Comp. Neurol.* 148: 61-80.
- Karten, H. J. y W. Hodós. 1967. A stereotaxic atlas of the brain of the pigeon (*Columba livia*). *The Johns Hopkins Press*, Baltimore. 201 pp.
- Knudsen, E. I. y M. S. Brainard. 1991. Visual intrusion of the neural map of auditory space in the developing optic tectum. *Science* 253: 85-87.
- Knudsen, E. I. y P. F. Knudsen. 1985. Vision guides the adjustment of auditory localization in young barn owls. *Science* 230: 545-548.
- Pearson, R. 1972. The avian brain. *Academy Press*, New York, 658 pp.
- Pettigrew, J. D. y M. Konishi. 1976a. Neurons selective for orientation and binocular disparity in the visual Wulst of the barn owl (*Tyto alba*). *Science* 193: 675-677.
- Pettigrew, J. D. y M. Konishi. 1976b. Monocular deprivation in kittens impairs the spatial resolution of geniculate neurones. *Nature* 24: 753-754.
- Pirlot, P. 1986. Understanding taxa by comparing brain. *Perspect. Biol. Med.* 29: 499-509.
- Pirlot, P. 1989. Brains and Behaviours. *Orbis*. Québec, 360 pp.
- Portmann, A. 1946. Etudes sur la cérébralisation chez les oiseaux. I. *Alauda* 14: 2-20.
- Portmann, A. 1947. Etudes sur la cérébralisation chez les oiseaux. II. *Alauda* 15: 1-15.
- Reiner, A. y H. J. Karten. 1982. Laminar distribution of the cells of origin of the descending tectofugal pathways in the pigeon (*Columba livia*). *J. Comp. Neurol.* 204: 165-187.
- Remy, M. y O. Güntürkün. 1991. Retinal afferents to the tectum opticum and the nucleus opticus principalis thalami in the pigeon. *J. Comp. Neurol.* 305: 57-70.
- Salzen, E. y D. M. Parker. 1975. Arousal and orientation functions of the avian telencephalon (205241). En: P. Wright, P. G. Caryl y D. M. Vowles (eds.). Neural and endocrine aspects of behavior in birds. *Elsevier*, Amsterdam, 941 pp.
- Stephan, H., J. Nelson y H. D. Frahm. 1981. Brain size comparisons in Chiroptera. *Z. Zool. Syst. Evol. Forsch.* 19: 195-222.
- Tucker, D. 1965. Electrophysiological evidence for olfactory function in birds. *Nature* 207: 34-36.



Wenzel, B. M. 1972. Olfactory sensation in the kiwi and other birds. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 188: 183-193.

Wurdiner, J. 1979. Olfaction and feeding behaviour in juvenile geese *Anser anser* and *Anser domesticus*. *Z. Tierpsychol.* 49: 132-135.

Recibido / Received / : 1º de diciembre de 1995.

Aceptado / Accepted / : 7 de abril de 1998.

---