

SERIE NORMAL DEL DESARROLLO ORGANOGENICO EMBRIONARIO DE *Podocnemis unifilistroschel*, 1949 (*testudinata, pelomedusinae*)

**NORY ASTRID GUZMAN BALLESTEROS
& HELA OSMA DE BONILLA**

Universidad Nacional de Colombia.

Departamento de Biología. Apartado Aéreo 14490. Bogotá, D.C.

RESUMEN

Se presenta el desarrollo histológico y organogénico de la tortuga *Podocnemis unifilis*. El estudio abarca 28 fases cronológicas registradas durante un período de 95 días.

SUMMARY

The histological and organogenical development of the turtle *Podocnemis unifilis* are presented. This study covers 28 chronological steps which were defined in a period of 95 days.

Palabras claves: Embriología. Organogénesis. Testudinata. *Podocnemis*.

Introducción

La organogénesis descriptiva en tortugas muestra variaciones pequeñas respecto del plan básico de los vertebrados, que se generaliza en período de disco, alargamiento del cuerpo, formación de la cola, división

del cuerpo en cabeza y tronco, desarrollo de apéndices y separación del embrión desde las partes extraembrionales (Sodemer, 1972).

Los trabajos pioneros sobre las formaciones corporales de los quelonios fueron reportados desde el siglo pasado por Rathke (1848) y Agassiz (1857). Trabajos posteriores en que se hizo énfasis en el nivel celular y tisular fueron hechos por Mitsukuri (1893, 94, 95), Mitsukuri and Ishikawa (1886), Mehnert (1892, 95) y Will (1945).

Pasteels (1970), resume varios aspectos de los siguientes trabajos realizados en quelonios:

- Desarrollo de la nariz, ojo y tectum óptico (Parsons, 1970; Underwood, 1970; Senn, 1971).
- Desarrollo de la glándula pineal, tiroides y timo (Vivien-Roels and Petit, 1973; Lynn, 1970; Bockman, 1970).
- Desarrollo del muñón de miembros (Vasse and Pieau; 1970).
- Desarrollo del canal alimenticio (Shaner, 1925).
- Desarrollo del sistema urogenital (Pieau, 1968; Raynaud and Pieau, 1970; Raynaud et al., 1970).
- Desarrollo de la piel (Pehrson, 1945).
- Deleción del caparazón de una manera predecible, a partir de la extirpación de somitas (Yntema, 1970).

De la organogénesis de tortugas colombianas no se cuenta con un informe detallado, el cual se hace útil no sólo a nivel didáctico sino también, por ejemplo, en las tareas de resguardo de nidadas de especies vulnerables a la extinción, como está catalogada *Podocnemis unifilis* (Goombidge, 1982).

Metodología

Se trabajó con los embriones obtenidos en el estudio de la serie normal del Desarrollo Morfológico Embrionario de *podocnemis unifilis* (Guzmán y Bonilla, 1990).

Los embriones de 1 a 15 días de incubación se procesaron para su inclusión en resina apóxica (Hayat, 1970) y los embriones de 16 a 30 días de incubación se procesaron para inclusión en parafina (Luna, 1968).

Los bloques de resina fueron seccionados en cortes seriados de 1 mm. de grosor y los montajes fueron preparados con tinción de Fuchsin Básica-Azul de Metileno (Agnese y Jensen, 1984). Los bloques de parafina fueron seccionados en corte seriados de 5 mm. y los montajes fueron preparados con tinción de Mallori (Luna, 1968). La dirección del corte frontal, (cf), transversal, (ct), y sagital (cs) se alternó en los diferentes embriones. Se prepararon en total 300 láminas (1 a 16 láminas por embrión), dependiendo del tamaño del embrión, del micraje utilizado y el sentido del corte.

Las imágenes más típicas de la secuencia organogénica se fotografieron a escala y se presentan como representativas de las respectivas fases embrionarias.

Resultados

La descripción de la secuencia organogénica se realiza a continuación en concordancia con las fases morfológicas presentadas por Guzmán y Bonilla (1990) y en función del estado de desarrollo de los respectivos sistemas de órganos visualizados a nivel anterior, medio y posterior. Cada fotografía de la fase embrionaria, en corte sagital (cs), frontal (cf) o transversal (ct) indica las estructuras más evidentes según el índice anexo.

FASE 1. ZONULA EMBRIONARIA: En el huevo de reciente postura, se encuentra el casquete embrionario sobre el saco vitelino con capas albuminoideas y capas de células periblasticas. El embrión con 1 día de edad, muestra un estado blastogénico y tripoblástico, donde el ectoblasto, mesoblasto y endoblasto están conformados por células de formas transicionales. (Fig. 1.1. cs.)

FASE 2. DELIMITACION EMBRIONARIA: El embrión con 2 días de edad, muestra las capas germinales en diferenciación; el mesodermo y endodermo alcanzan a tener cerca de 7 capas de células cilíndricas y fusiformes laxas respectivamente; hacia el curso anterior del embrión estas capas presentan procesos de invaginación y curvamiento y hacia los flancos son delgadas. (Fig. 1.2 cs.)

FASE 3. CONFIGURACION EMBRIONARIA: En el embrión con 3 días de edad, se observa bien diferenciado el ectodermo en dermis. En el mesodermo, a nivel anterior, el proceso del sistema neural, se eleva como una vesícula cefálica que presenta en diferenciación las bolsas ópticas, el eje bilateral del sistema de sostén se ha establecido con el desarrollo del notocordio, mientras el mesodermo somático sostiene el embrión unido al saco vitelino. A nivel medio predomina el tejido mesenquimatoso y hacia el

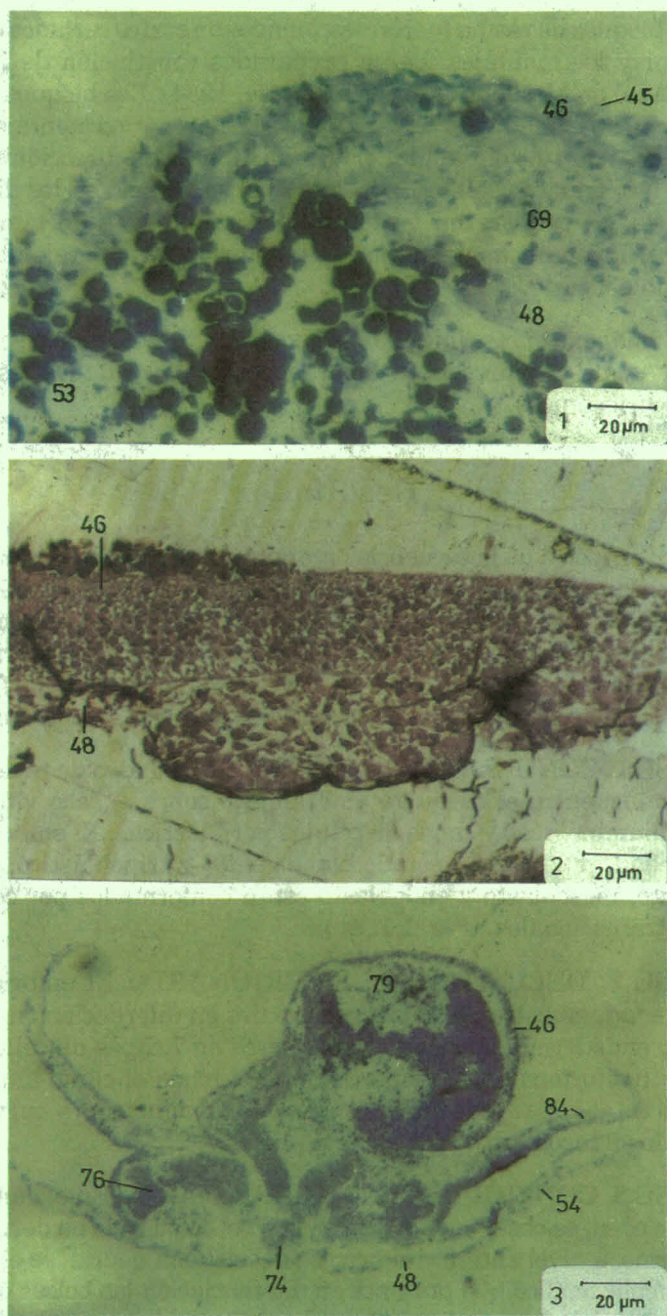


FIGURA No. 1. Serie normal del desarrollo organogénico de *Podocnemis unifilis*, en las fases 1, 2 y 3.

centro, el sistema digestivo se inicia con el desarrollo del intestino abierto. A nivel posterior se encuentran los somitas bien desarrollados a juzgar por la disposición concéntrica de sus células. (Fig. 1.3. ct.)

FASE 4. PRIMORDIO CARDIACO: En el embrión con 4 días de edad, se observan, a nivel anterior las vesículas neurales del prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo. A nivel medio se ha dado inicio al desarrollo de la primaria bolsa cardiaca, constituida por unas pocas capas de células; el sistema digestivo, a nivel medio, se localiza transversal, y a nivel posterior es longitudinal. El nivel posterior está constituido por 6 somitas pareados, el notocordio y el tubo neural, enmarcados por mesénquina y ectodermis. (Fig. 2.1. c.f.)

FASE 5. OCHO SOMITAS: El embrión con 5 días de edad muestra, a nivel anterior, un incremento encefálico, y las bolsas ópticas en proceso vesicular; el sistema digestivo presenta la faringe y el intestino medio más desarrollados; a nivel posterior se han desarrollado los somitas en un número mayor a 5 pares. (Fig. 2.2. c.f.)

FASE 6. DOCE SOMITAS: El embrión con 6 días de edad presenta el prosencéfalo diferenciado en telencéfalo y diecéfalo, en donde se han desarrollado las vesículas ópticas; el mesencéfalo y rombencéfalo continúan en su configuración tubular. A nivel medio se observa el inicio de las invaginaciones branquiales, el sistema circulatorio con la bolsa cardiaca dividida en dos compartimientos, el despliegue de la aorta dorsal pareada y de las venas cardinales. A nivel posterior se presenta el tubo neural y el notocordio con sus típicas células vacuolizadas; 12 somitas están diferenciadas en dermatoma, miotoma y esclerotoma; a los lados de la aorta dorsal descendente se encuentra el desarrollo primario de los tubos mesonéfricos de Wolff y el par de crestas gonadales; el nivel caudal está constituido solamente por tubo neural, notocordio y somitas enmarcados por mesenquima y ectodermis. (Fig. 2.3. cs).

FASE 7. IRRIGACION SANGUINEA: En el embrión de 7 días de edad, a nivel anterior presenta diferenciado el romboencéfalo en metencéfalo y mielencéfalo, se observa el desarrollo primario del sistema endocrino por la diferenciación de la bolsa de Rathke; de los órganos de asociación se han desarrollado las placodas ópticas, olfatorias y auditivas. A nivel medio, el mesodermo esplácnico conforma la porción pectoral, donde es prominente el sistema circulatorio de la bolsa cardiaca, la cual está dividida en tres cavidades; se han formado las hendiduras branquiales; el intestino anterior tiene desarrollada la faringe y un esbozo de glándula hepática; el sistema urogenital presenta los tubos mesonéfricos de mayor tamaño, y las crestas gonadales se muestran sinuo-

sas. El nivel posterior es alcanzado por el tubo intestinal, y los somitas se encuentran diferenciados en dermatoma, miotoma y esclerotoma. (Fig. 2.4 ct.)

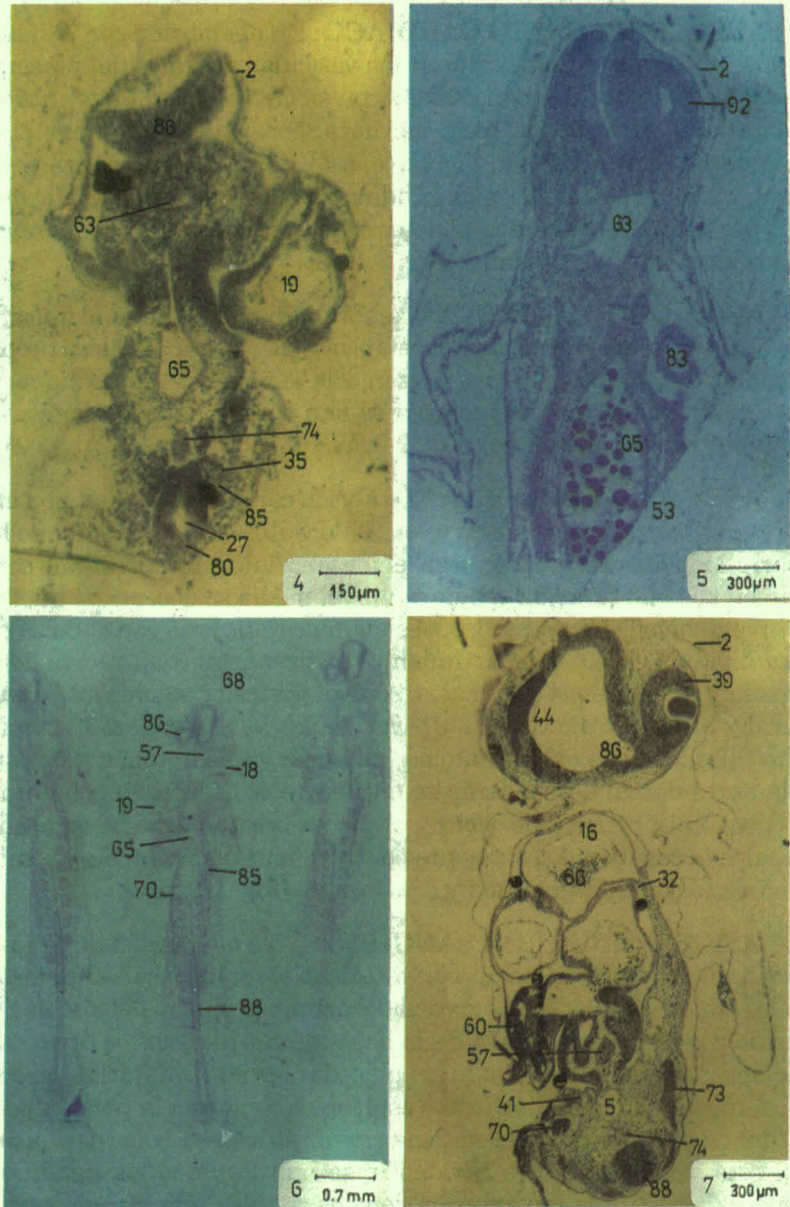


FIGURA No. 2. Serie normal del desarrollo organogénico embrionario de *Podocnemis unifilis*, en las fases 4, 5, 6 y 7.

FASE 8. MOVIMIENTO CORPORAL: En el embrión con 8 días se encuentran las cavidades del encéfalo perfectamente establecidas; la bolsa cardiaca se hace prominente; el pulmón se esboza desde el endodermo del tubo digestivo anterior; el sistema urogenital presenta mayor número de tubos mesonéfricos y las crestas gonadales están sinuosas y protuberantes. El nivel posterior continúa conformado por tubo neural, notocordio y somitas pareadas. (Fig. 3.1.)

FASE 9. INCLINACION CORPORAL: En el embrión con 3 días de edad los cambios más relevantes implican el desarrollo del pulmón como un apéndice del tubo digestivo, el corazón presenta el ventrículo trabeculado, y la glándula hepática está ampliamente desarrollada. Los otros sistemas restantes se encuentran en un estado de crecimiento de sus estructuras. (Fig. 3.2. ct.)

FASE 10. EXTREMIDAD ANTERIOR: En el embrión con 10 días, el principal evento es el desarrollo de apéndices mesodérmicos como esbozos de los miembros anteriores.

A nivel anterior se establece el límite del mielencéfalo, mientras a nivel posterior se curva el tubo neural. (Fig. 3.3. c.s.)

FASE 11. DELIMITACION CAUDAL: En el embrión con 11 días de edad, se observa el progreso en la especialización de los sistemas neural, circulatorio, digestivo, urogenital, respiratorio y de asociación, por lo cual los respectivos órganos aumentan de tamaño y toman su correspondiente posición. Tras la flexión lumbar, los somitas se diferencian y son de mayor tamaño hasta antes de la delimitación caudal. (Fig. 3.4 cs.)

FASE 12. EXTREMIDAD POSTERIOR: Entre los 12 y 14 días, se observa la proyección mesodérmica del miembro posterior. El sistema nervioso amplía el desarrollo ganglionar y el de las crestas neurales de la futura columna vertebral; a nivel del telencéfalo se observa el desarrollo de las fosetas olfatorias, a nivel del diencéfalo se observa el desarrollo de la copa retiniana y del lente ocular; a nivel del mesencéfalo se observa el desarrollo de la glándula pineal, y la vesícula ótica se observa a nivel del mielencéfalo, cuya amplitud se limita a nivel nuchal para continuar como raquis neural a nivel dorsal.

Las hendiduras branquiales entran a formar parte del proceso mandibular mientras los esbozos pulmonares se presentan dilatados y se ha desarrollado la laringotraquea. Las tres cavidades del corazón se muestran trabeculadas y en los conductos sanguíneos se observa establecido el sistema de glóbulos rojos. El sistema digestivo se proyecta hacia el

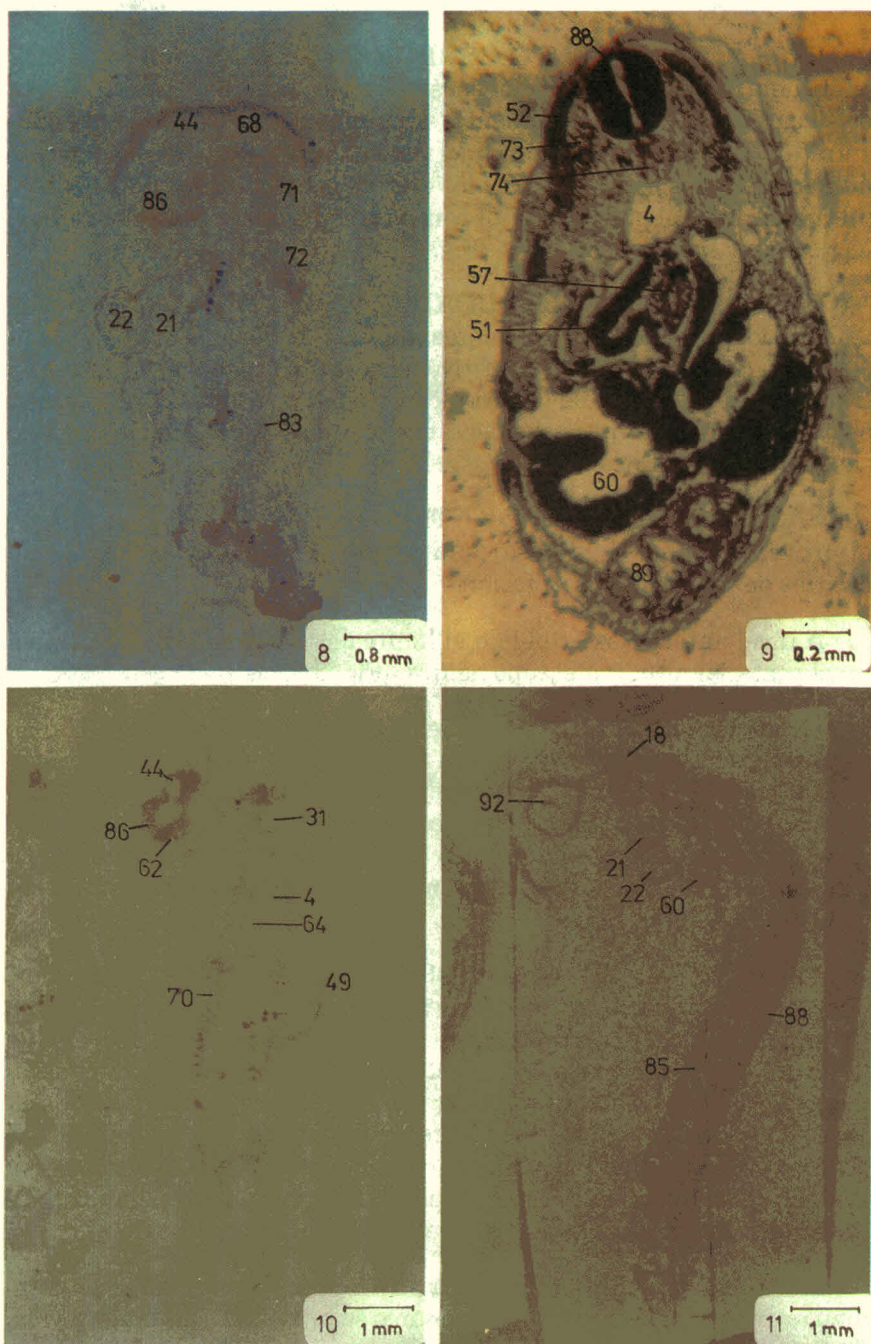


FIGURA No. 3. Serie normal del desarrollo organogénico de *Podocnemis unifilis* en las fases 8, 9, 10 y 11.

nivel anterior y, tras la faringe, el tubo se dispone transversalmente; en posición postgástrica se desprende el conducto de la prominente glándula hepática; el intestino posterior se prolonga hasta su conexión con la arteria vitelina. El sistema urogenital continúa en la proliferación de túbulos mesonéfricos, y la cresta gonadal se desarrolla como un tejido en forma de arco. El nivel posterior continúa conformado por mesenquima, tubo neural, notocordio y los miotomas; el borde dorsal muestra la configuración de pliegues dérmicos. (Fig. 4.1 cs; Fig. 4.2.3.4 ct.)

FASE 13. CURVAMIENTO CORPORAL: En el embrión con 16 días de edad se observa que tras el curvamiento corporal, los sistemas de órganos continúan sus procesos de crecimiento y diferenciación. En el sistema neural se observa una mayor compartimentalización del encéfalo, mayor desarrollo de ganglios y de la cresta neural. Se observan arcos branquiales: mandibulares, hemático, hioideo y tercero. El tracto digestivo a nivel medio se encuentra ensanchado constituyendo el estómago. A nivel posterior se observa que los contornos del mesodermo esplácnico se dirigen hacia el confinamiento ventral. Los miembros se encuentran alargados con un brote distal. (Fig. 5.1,2,3,4. ct.)

FASES 14 A 18. CONFINAMIENTO DEL VIENTRE, SEMILUNA CORPORAL, DELIMITACION CLOACAL, DETERMINACION MANDIBULAR, LAMINAS MARGINALES: En el transcurso de los 10 días siguientes (17 a 28 días de edad), los cambios organogénicos se limitan al mayor desarrollo de todos los sistemas ya establecidos. Aunque se ha desarrollado el esbozo de mandíbula, todavía se aprecian hendiduras branquiales. A lo largo del dorso se observa la capa dérmica más diferenciada. Con el confinamiento ventral, el sistema urogenital se ha desarrollado en riñón metanéfrico, y las crestas gonadales se han separado en estructuras individuales.

FASES 19 Y 20. FISIONOMIA DE QUELONIO-CARAPAX Y PLASTRON: En los embriones con 30, 31 y 32 días se han diferenciado las corazas dérmicas. Las capas neurales inician un aumento en tamaño. El corazón y pulmón quedan confinados por el pliegue esplacnopleural. (Fig. 8.1. cs.)

FASES 21 Y 22. PROCESO CARTILAGINOSO Y OSEO: En los embriones con 34 a 44 días se desarrolla el proceso cartilaginoso. En el encéfalo se ha formado el cerebro y se ha iniciado el desarrollo de la médula espinal enmarcada por el establecimiento de las vértebras. El ojo presenta bien desarrollada la capa pigmentaria, la capa sensitiva retiniana, el cristalino y el iris; se encuentra un primordio de carúnculo rostral. Las hendiduras branquiales se han diferenciado completamente.

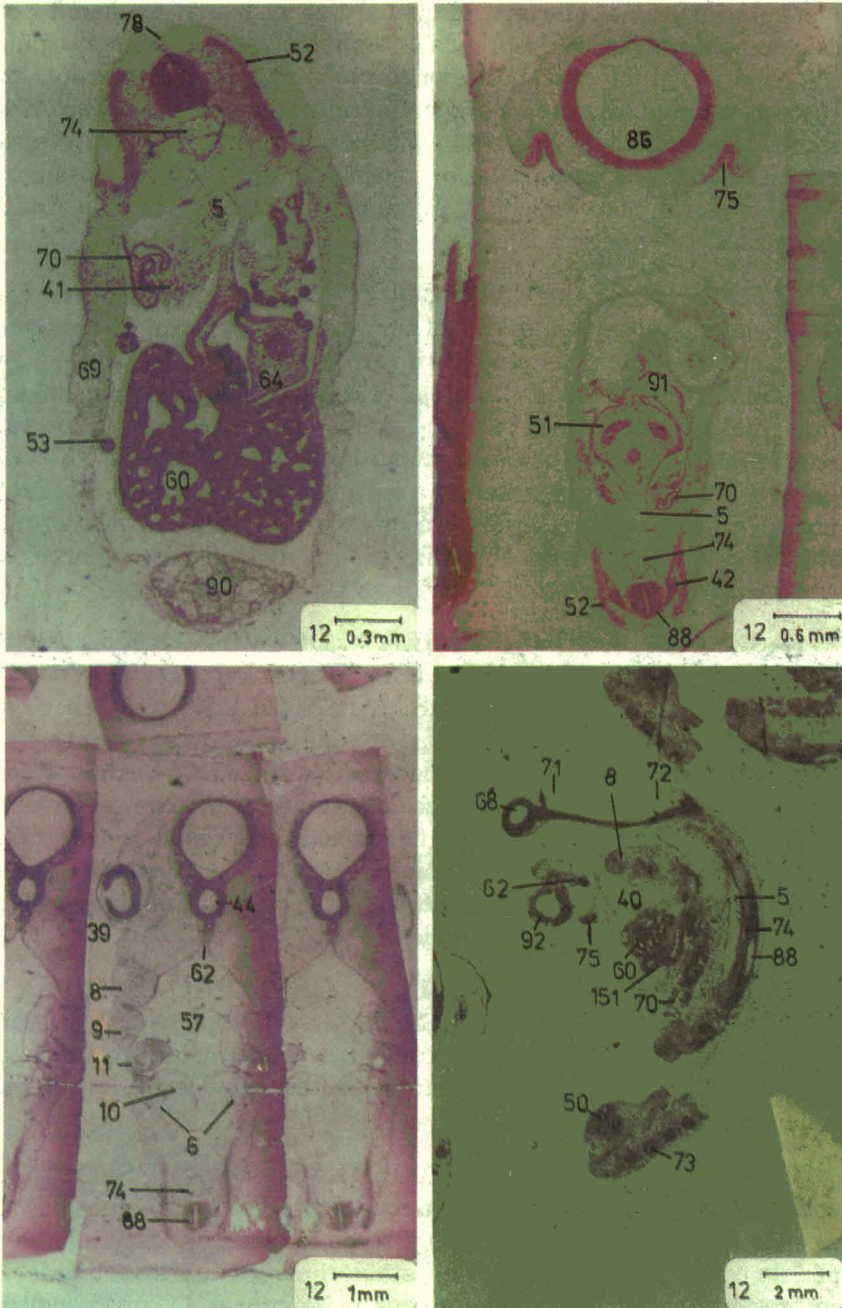


FIGURA No. 4. Serie normal del desarrollo organogénico de *Podocnemis Unifilis* en la fase 12.



FIGURA No. 5. Serie normal del desarrollo organogénico de *Podocnemis unifilis* en la fase 13.

te. Las cámaras pulmonares se localizan a lo largo de los flancos dorsales. El tubo digestivo está abierto en sus extremos bucal y cloacal; la glándula hepática continúa de gran tamaño. El riñon metanéfrico reduce su gran longitud. Las extremidades han desarrollado sus articulaciones y sus procesos cartilaginosos. El desarrollo del caparazón muestra en detalle el plegamiento inicial de la dermis; luego, sobre un proceso muscular se aprecia la formación de la escama dérmica, la cual presenta la diferenciación interna de una capa cartilaginosa, encima una capa dérmica porosa y externamente una cubierta uniestratificada. (Fig. 6.2. cf.)

FASES 23 A 28. PROCESO OSEO Y CORNEO, PIGMENTACION, REABSORCION VITELINA, ECLOSION, NEONATO: Entre los 50 y los 90 días de edad, se culmina el desarrollo de órganos. Al levantar el plastrón se observa la musculatura pectoral y pélvica, conteniendo acúmulos de grasa parda. Debajo de la musculatura se distingue el sistema digestivo, se aprecia una amplia cavidad lingual, el esófago se prolonga y ensancha en la bolsa estomacal, se continúa con el conducto duodenal, en cuyo tramo se conectan las glándulas pancreáticas, hepática y la vesícula biliar, para proseguir con el intestino delgado, después del cual, hacia el lado izquierdo, se encuentra el bazo y se continúa con el intestino grueso, el cual termina en el poro anal; antes de la iniciación del intestino grueso, se une la vitelina al intestino delgado. El sistema respiratorio queda constituido desde las dos fosas nasales externas que se deslizan hasta el pequeño orificio de la glotis, desde la cual se continúa la tráquea, cuyos bronquios se comunican con los dos sacos pulmonares, los cuales ocupan una longitud dorsal desde la V hasta la X lámina marginal. El corazón toma una posición central con un giro hacia la izquierda.

El sistema renal se localiza desde la VII lámina marginal en posición postdorsal; desde los dos riñones se comunican los uréteres con la cloaca, recibiendo antes los conductos de la vejiga urinaria en posición ventral y los conductos de dos glándulas accesorias en posición lateral. Las gónadas se localizan sobre el lóbulo posterior del pulmón y del riñon, separados por tegumentos espláncnicos. El caparazón del neonato tiene una consistencia blanda. (Fig. 6.3,4.)

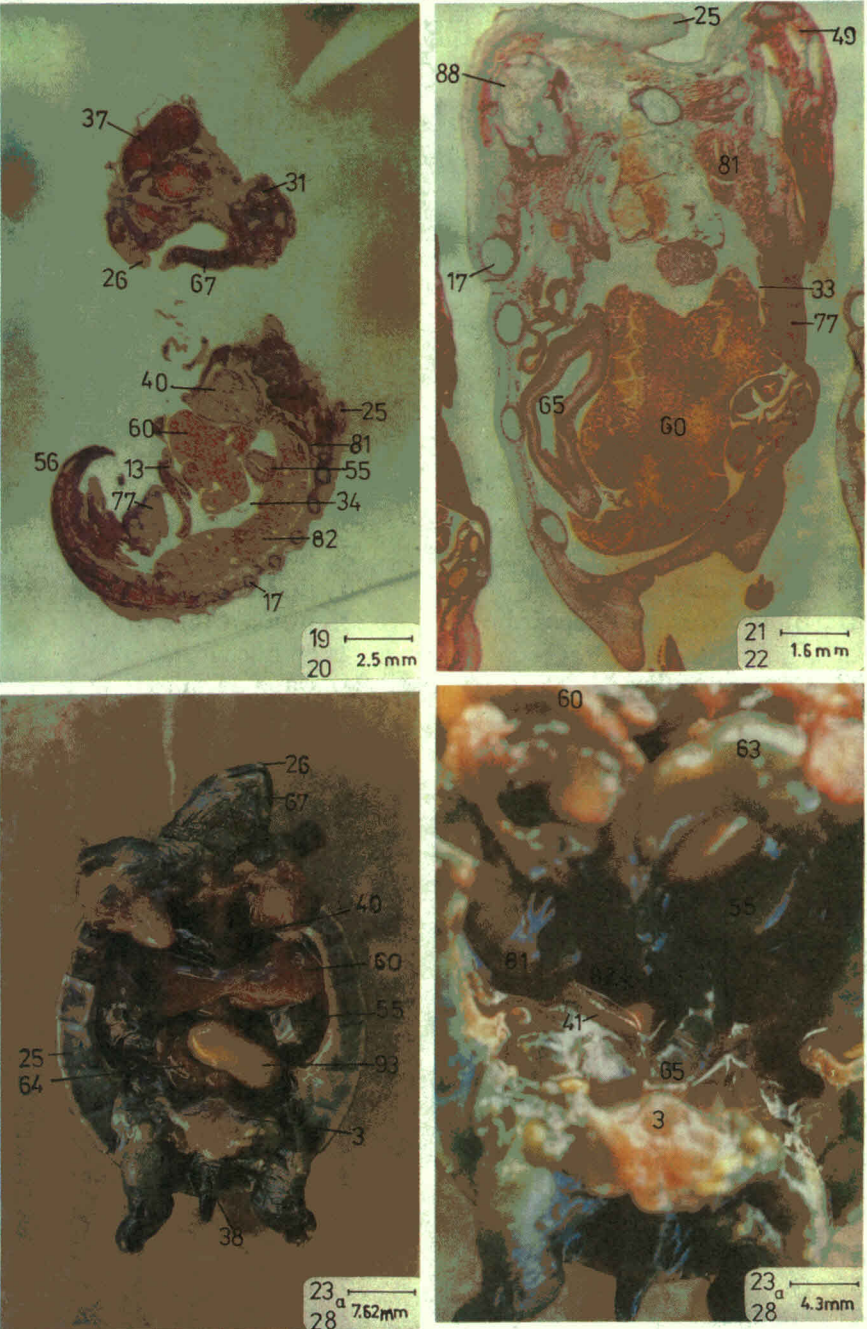


FIGURA No. 6. Serie normal del desarrollo organogénico de *Podocnemis unifilis* en las fases 19 y 20, 21 y 22, 23 a 28.

INDICE DE ESTRUCTURAS MORFOLOGICAS Y ORGANOGRAFICAS SERIE NORMAL DEL DESARROLLO DE LA TORTUGA (*Podocnemis unifilis*)

1. Agujero del cristalino
3. Ampolla urinaria
5. Aorta dorsal descendente
7. Arcos aórticos
9. Arco hemático
11. Tercer arco
13. Arteria vitelina
15. Articulación miembro anterior
17. Bandas costales
19. Bolsa cardiaca
21. Bulbo arterioso endocárdico
23. Cámara ocular
25. Carapax
27. Cavidad neural
29. Cavidad amniótica
31. Cavidad ótica
33. Cavidad peritoneal
35. Mesénquima
37. Cerebro
39. Copa óptica
41. Gónada
43. Dermatoma
45. Disco embrionario
47. Ectodermo corneal
49. Esbozo de miembro anterior
51. Esbozo de pulmón
53. Esférulas vitelinas
55. Estómago
57. Faringe
59. Glóbulos rojos
61. Hipófisis
63. Intestino anterior
65. Intestino posterior
2. Amnios
4. Aorta dorsal
6. Aorta dorsal pareada
8. Arco mandibular
10. Arco hioideo
12. Arteria umbilical
alantoidea
14. Articulación mandibular
16. Atrium cardiaco
18. Bolsas branquiales
20. Bolsa óptica
22. Bulbo arterioso
epimiocárdico
24. Capa dérmica
26. Carúncula rostral
28. Cavidad cardiaca
30. Cavidad oral
32. Cavidad pericardia
34. Cavidad pleural
36. Cerebelo
38. Cloaca
40. Corazón
42. Cresta neural
44. Diencefalo
46. Ectodermo
48. Endodermo
50. Esbozo de miembro
posterior
52. Esclerotoma
54. Esplacnopleura
56. Extremo caudal
58. Ganglio
60. Hígado
62. Infundíbulo
64. Intestino medio
66. Islotes sanguíneos

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 67. Mandíbula córnea | 68. Mesencéfalo |
| 69. Mesodermo lateral | 70. Mesonefros |
| 71. Metencéfalo | 72. Mielencéfalo |
| 73. Miotomo | 74. Notocordio |
| 75. Plácoda olfatoria | 76. Plácoda ótica |
| 77. Plastrón | 78. Pliegues dérmicos dorsales |
| 79. Proceso cefálico | 80. Prosencéfalo |
| 81. Pulmón | 82. Riñón |
| 83. Seno romboidal | 84. Mesodermo somático |
| 85. Somita | 86. Telencéfalo |
| 87. Tubo digestivo | 88. Tubo neural |
| 89. Vena portahepática | 90. Vena yugular externa |
| 91. Ventrículo endocardiaco | 92. Vesícula óptica |
| 93. Vitelo. | |

BIBLIOGRAFIA

- AGASSIZ, L. 1857. Contributions to the natural history of the United States of America. Vols. 1,1. Boston: Little, Brown.
- AGNESE, J. & JENSEN, A. 1984. Dibasic Staining of large Epoxy Tissue Sections and Applications to Surgical Pathology. Amer. Jour. Clin. Vol. 80, No. 1., 25-29 pp.
- BOKMAN, D.E. 1970. The Thymus, In C. Gans and T.S. Parsons (Eds.) Biology of reptilia, Vol. 3, 111-33 pp. New York: Academic Press.
- BODEMER, CH. 1972. Embriología Moderna. Editorial Panamericana, S.A. México.
- GROOMBRIDGE, B. 1982. The IUCN Amphibia -Reptilia Red Data Book. Part 1. Testudines, Crocodylia, Rhynchocephalia Published by IUCN Conservation Monitoring Centre, Gland, Switzerland.
- GUZMAN, N.A. & BONILLA, H. 1990. Serie Normal del desarrollo morfológico embrionario de *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) Testudinata, Pelomedusidae). Acta Biológica Colombiana. Vol. 2 No. 6: 129-150 pp.
- HAYAT, M.A. 1980. Principles and Techniques of electron Microscopy Biological Applications. In: Willey, Vol. 1. 2a. ed.
- LUNA, L.G. 1968. Manual of Histologie Staining Methods. Armed Forces Institute of Pathology. Mc. Graw-Hill Book Company New York. Third Edition.
- LYNN, W.G. 1970. The Thyroid. In: C. Gans and T.S. Parsons (Eds.), Biology of the Reptilia. Vol. 3. 201-234 pp. New York: Academic Press.
- MEHNERT, E. 1892. Gastrulation und Kleimblätterbildung der *Emys lutaria*. Morphol Arb. 1: 365-495 pp.
- MEHNERT, E. 1895. Über Entwicklung, Bau und Funktion des Amnion und Amnionsanges nach. Untersuchungen an *Emys lutaria taurica* (Morsilli). Morphol Arb. 4: 207-224 pp.
- MITSUKURI, K. 1893. Further studies in the Formation of the germinal layers in chelonians. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo. 5: 35-52 pp.
- VASSE, J. & PIEAU, C. 1970. Les premiers stades de la formation de l'ébauche du membre antérieur chez l'embryon de tortue mauresque (*Testudo graeca* L.). Ann. Embryol. Morphog. 3: 399-409 pp.
- VIVIEN-ROELS, B. & PETIT, A. 1973. Embryogenese du complexe epiphysaire chez la tortue manrique (*Testudo graeca* L.) Ann Embryol. Morphog., Suppl. 6: 151-168 pp.
- WILL, L. 1945 Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Reptilien Zool. Jahrb. 6:1.
- YNTEMA, C.L. 1970. Extirpation experiments on embryonic rudiments of the carapace of chelydra serpentina. J. Morphol. 132-235-243 pp.