

Departamento de Ciencias Morfológicas

Universidad de Granada

TESIS DOCTORAL

"MORFOGENESIS Y HORARIO MORFOGENICO DE LAS ARTICULACIONES  
CRANEO-VERTEBRALES DURANTE LOS PERIODOS EMBRIONARIO Y FETAL  
TEMPRANO".

JUAN M. MAS GUERRERO

DIRECTORES:

Dr. Juan de Dios García García y Dr. Juan Antonio Mérida Velasco,  
Catedrático y Profesor Titular de Universidad, respectivamente, del  
AREA DE CIENCIAS MORFOLOGICAS (Anatomía Humana), de la Facultad de  
Medicina de la Universidad de Granada.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN MEDICINA

Curso de 19 88 a 19 89

Folio 50

Número 100

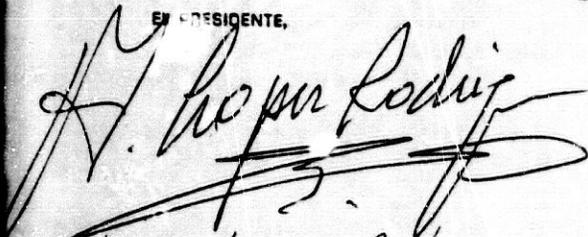
Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. Juan Miguel Mas Guerrero, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: "Morfogenia y morfoevolución de las articulaciones craneo-vertebrales durante los períodos embrionario y fetal temprano".

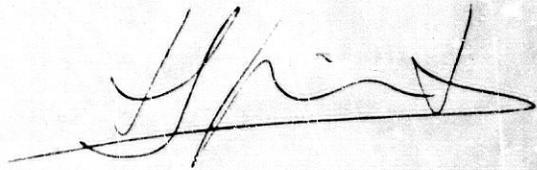
Terminada la lectura y contestadas la objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, este calificó de APTO "CUM LAUDE"

Granada 6 de Junio de 19 89

EL PRESIDENTE,

El Secretario del Tribunal,





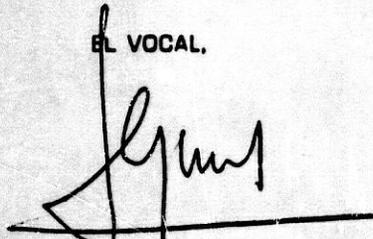
Fdo.: Antonio López Rodríguez

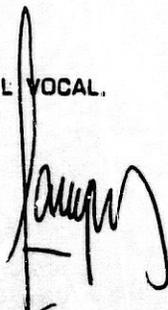
Fdo.: Indalecio Sánchez-Montesinos Cordero

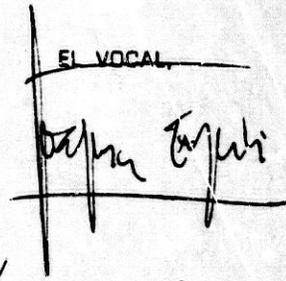
EL VOCAL,

EL VOCAL,

EL VOCAL,







Fdo.: Juan Antº Grano Abad

Fdo.: Antonio Campo Muñoz

Fdo.: Joaquín Espín Ferraz

FIRMA DEL GRADUANDO,





UNIVERSIDAD DE GRANADA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS  
MORFOLOGICAS

Teléf. 20 04 62

18012 - GRANADA

Don JUAN DE DIOS GARCIA GARCIA Catedrático de  
Universidad (AC1EC1442) del Area de CIENCIAS MORFOLOGICAS  
(Anatomía Humana), adscrito al Departamento de Ciencias  
Morfológicas de la Universidad de Granada:

**C E R T I F I C A:** Que todos los trabajos realizados  
en la presente Tesis Doctoral de D. JUAN MAS GUERRERO con el  
título "MORFOGENESIS Y HORARIO MORFOGENICO DE LAS ARTICULACIONES  
CRANEO-VERTEBRALES DURANTE LOS PERIODOS EMBRIONARIO Y FETAL  
TEMPRANO", han sido efectuados bajo mi dirección en el  
Departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de  
Granada.

Con la debida antelación se ha puesto en conocimiento  
del Ilustrísimo señor Decano de la Facultad de Medicina, que  
dichos trabajos se destinaban al fin señalado.

Y para que conste firmo la presente certificación en  
Granada a catorce de Abril de mil novecientos ochenta y nueve.

Fdo. Prof. Juan de Dios García García





UNIVERSIDAD DE GRANADA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS  
MORFOLOGICAS

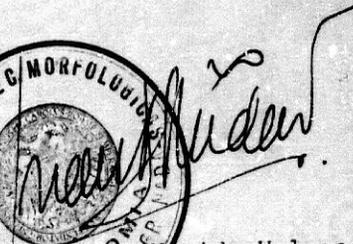
Teléf. 20 04 62  
18012 - GRANADA

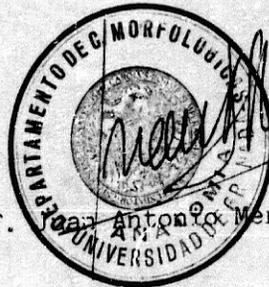
Don JUAN ANTONIO MERIDA VELASCO Profesor Titular de Universidad (A44EC4678) del Área de CIENCIAS MORFOLOGICAS (Anatomía Humana), adscrito al Departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Granada:

**C E R T I F I C A:** Que todos los trabajos realizados en la presente Tesis Doctoral de D. JUAN MAS GUERRERO con el título "MORFOGENESIS Y HORARIO MORFOGENICO DE LAS ARTICULACIONES CRANEO-VERTEBRALES DURANTE LOS PERIODOS EMBRIONARIO Y FETAL TEMPRANO", han sido efectuados bajo mi dirección en el Departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Granada.

Con la debida antelación se ha puesto en conocimiento del Ilustrísimo señor Decano de la Facultad de Medicina, que dichos trabajos se destinaban al fin señalado.

Y para que conste firmo la presente certificación en Granada a catorce de Abril de mil novecientos ochenta y nueve.

Fdo. Prof.  Juan Antonio Merida Velasco



I N D I C E

## INDICE

	Página
<b>INTRODUCCION Y JUSTIFICACION .....</b>	<b>1</b>
<b>MATERIAL Y METODOS .....</b>	<b>50</b>
<b>DESCRIPCION DE FIGURAS .....</b>	<b>65</b>
Protocolo 1 .....	66
Protocolo 2 .....	75
Protocolo 3 .....	82
Protocolo 4 .....	139
Protocolo 5 .....	191
Protocolo 6 .....	219
Protocolo 7 .....	241
Protocolo 8 .....	270
Protocolo 9 .....	291
Protocolo 10 .....	323
Protocolo 11 .....	345
<b>OBSERVACIONES Y RESULTADOS .....</b>	<b>360</b>
<b>PROTOCOLO 1:</b>	
Observaciones .....	361
Resultados .....	368

**PROTOCOLO 2:**

Observaciones .....	371
Resultados .....	376

**PROTOCOLO 3:**

Observaciones .....	377
Resultados .....	407

**PROTOCOLO 4:**

Observaciones .....	409
Resultados .....	439

**PROTOCOLO 5:**

Observaciones .....	440
Resultados .....	452

**PROTOCOLO 6:**

Observaciones .....	457
Resultados .....	470

**PROTOCOLO 7:**

Observaciones .....	474
Resultados .....	488

**PROTOCOLO 8:**

Observaciones .....	492
Resultados .....	506

**PROTOCOLO 9:**

Observaciones .....	511
Resultados .....	523

**PROTOCOLO 10:**

Observaciones .....	526
Resultados .....	532

**PROTOCOLO 11:**

Observaciones .....	534
Resultados .....	538

<b>DISCUSION</b> .....	540
------------------------	-----

<b>CONCLUSIONES</b> .....	567
---------------------------	-----

<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	571
---------------------------	-----

**AGRADECIMIENTOS**

Como de bien nacidos es ser agradecidos, quiero expresar en estas líneas mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado a realizar esta Tesis Doctoral. A todas ellas va dirigido mi reconocimiento y gratitud.

En primer lugar a D. Juan de Dios García García, Catedrático del Area de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Granada, por su inestimable dirección y su constante aliento.

A D. Juan Antonio Mérida Velasco, Profesor Titular del Area de Ciencias Morfológicas, por su entusiasta dedicación y continuo estímulo en la realización de este estudio.

A D. Miguel Guirao Perez, Catedrático de Area de Ciencias Morfológicas y Director del Instituto Federico Olóriz, por la cesión desinteresada de su valiosísima embrioteca.

A todo el personal del Departamento de Ciencias Morfológicas, especialmente a Sensi, por su buen hacer fotográfico.

A mis amigos y compañeros José Luis Guerrero Herrero y Juan Luis Sampedro Villasan, por su inestimable asesoramiento y colaboración en las tareas informáticas y en el tratamiento de textos.

A Merche y Juan, mis segundos padres. Ambos me han enseñado que con dedicación, trabajo y empeño no hay nada imposible.

A mis padres, pues les debo el ser y todo lo que ello representa.

Finalmente a M<sup>a</sup> Angeles, y a mis hijos Jose Juan y Carlos, por todas esas tardes que no les dediqué, por lo mucho que tuvieron que soportar en mis momentos de irritación, y sobre todo por su constante apoyo en mis momentos de desánimo.

*«No se termina nunca de escribir muchos  
libros; y el estudiar mucho  
es un aburrimiento de la carne.»  
Eclesiastés, 12, 12*

---

**INTRODUCCION**

**Y**

**JUSTIFICACION**

### INTRODUCCION Y JUSTIFICACION

El análisis de la morfogénesis de la columna vertebral en general y de la región craneovertebral en particular, ha sido objeto de estudio de los embriólogos clásicos. Si bien en general el tema fué abordado por ellos con unas grandes dosis de empirismo e imaginación. El estudio profundo de la morfogénesis de la columna vertebral se ha iniciado, sin lugar a dudas, en los últimos treinta años, al amparo sobre todo de la Embriología Causal y Experimental, analizándose la intimidad de la organización de los distintos elementos esqueléticos y articulares. En cualquier caso, y refiriéndonos a la columna vertebral, quizás la región craneovertebral ha sido punto de atención preferente de los distintos investigadores, posiblemente dado su carácter de encrucijada, por confluir (precisamente no por azar) en ella dos vértebras tan características como el atlas y el axis con el occipital. De todos modos, al analizar y contrastar los datos bibliográficos de que disponemos sobre este particular, nos llama la atención el que no exista unanimidad de criterios a la hora de establecer el origen y desarrollo de los distintos elementos que participan en la organización de esta región. Tampoco existe, además, ningún estudio completo que establezca en especímenes humanos durante los periodos embrionario y fetal temprano, el correspondiente horario morfogénico articular.

Esta situación es la que nos ha dado pie para abordar el

estudio y análisis morfogénico del citado conjunto articular en especímenes humanos, para contribuir al conocimiento de su organización y desarrollo a la vez que establecer su horario morfogénico no solo durante el periodo embrionario, sino también durante el periodo fetal temprano, lo que sería novedoso, para justificar así el presente trabajo de investigación para optar al grado de Doctor.

Para facilitar al lector el análisis bibliográfico cronológico sobre la problemática antes citada, es por lo que dividimos este primer capítulo de Introducción y Justificación en una serie de apartados, de modo que se nos permita un análisis bibliográfico más profundo sobre los distintos y complejos elementos que intervienen en el sistema articular de la región craneovertebral.

#### 1.- FILOGENIA DE LAS ARTICULACIONES CRANEOVERTEBRALES.-

El estudio durante el periodo embrionario de las diferentes estructuras que forman las articulaciones craneovertebrales, desde los vertebrados inferiores hasta los embriones humanos, así como su significado ó equivalencia entre aquéllos y éstos ha sido ampliamente estudiado y discutido por toda una pléyade de autores desde comienzos del siglo pasado hasta nuestros días. Todos ellos han aportado toda una serie de indicaciones y hallazgos acerca de la configuración general de la región craneovertebral, considerada como conjunto ó individualmente, en relación con sus múltiples componentes.

El establecimiento de esta importante encrucijada del esqueleto axial de los vertebrados viene explicitado a partir de la evolución de los peces por DE BERR (1937) para el cual determinados especímenes tales como Selacios, Acipenséridos, Dipnoos y Teleósteos presentan una transición suave y progresiva entre el cráneo y la columna cervical, no habiendo, según él, un límite claro y preciso que separe estas dos regiones en estos órdenes de peces. Quien sí encontró este límite ó frontera fué LUDWIG (1957), quien propuso que el atlas debía ser considerado un hueso craneal aislado y que el límite ontogenético craneovertebral estaba entre el atlas y el axis, así como que la asimilación del atlas por el occipital no era más que una manifestación más de ese límite craneovertebral.

Sin embargo quien mejor justificó la necesidad de un grupo articular especializado en el movimiento de rotación fué quizás JENKINS (1969), quien afirmó que "... en el linaje evolutivo de los mamíferos, las dos primeras vértebras cervicales se especializan para permitir una mayor cantidad de movilidad craneal. El movimiento a nivel de la articulación atloaxoidea está virtualmente restringido a la rotación del atlas (y cráneo) sobre el axis. Al efecto de conseguir la rotación atloaxoidea, los procesos articulares que unen el atlas y el axis deben perderse enteramente, debido a que su contacto solo serviría para impedir dicha rotación. Sin embargo, la pérdida de los procesos articulares atloaxoideos también entraña la pérdida de un mecanismo primordial resistente a la tensión a nivel de esta articulación. La odontoides y sus ligamentos asociados sustituyen en efecto a los procesos articulares perdidos. Estas

estructuras son pues la respuesta que, a través de la evolución, da la naturaleza a unas necesidades mayores de rotación sin que ello vaya en detrimento de la estabilidad".

Los estudios filogenéticos de la totalidad de la región craneovertebral son bastante escasos, quizás ello sea debido a que la filogenia de esta región viene determinada sobre todo por los procesos evolutivos de dos estructuras de esta región de suma importancia como son: el proatlas y la apófisis odontoides.

La apófisis odontoides está presente en todos los miembros de los distintos órdenes de mamíferos excepto cetáceos (ballenas y delfines). La pérdida de la odontoides en la mayoría de los modernos cetáceos es secundaria, pues está claramente identificada en fósiles representativos de este orden que vivieron a primeros del periodo Terciario (KELLOG, 1936). Sólo unos pocos cetáceos actuales poseen una odontoides rudimentaria.

El origen de la odontoides, tanto evolutiva como filogenéticamente, es a menudo expresado en términos de homología con el cuerpo del atlas de tetrápodos primitivos. Los libros de texto de Anatomía Humana, habitualmente mencionan, simplemente, que la odontoides representa "...el cuerpo desplazado del atlas" (TROTTER y PETERSON, 1966) ó "...el cuerpo perdido del atlas" (LOCKHART, HAMILTON y FYFE, 1965). Otros autores, implícita ó explícitamente, declaran que la evidencia embriológica establece que la odontoides es el homólogo del cuerpo del atlas (EISSON y GROSSMAN, 1953; YOUNG,

1957; ROMER, 1962; CROUCH, 1965). Sin embargo, fué probablemente CUVIER (1835) el primero que expresó la idea general, pero él empleó el término "análogo" (no homólogo). Es dudoso que CUVIER reconociera el concepto de homología como más tarde fué propuesto por OWEN (1854), pues homología en su sentido estricto implica continuidad evolutiva, y CUVIER no lo consideró evolutivamente. La afirmación de RATHKE (1839): "*Der Körper des Atlas aber verschmilzt mit dem Epistropheus, und macht dann den Processus odontoideus desselben aus*"; es quizás la primera declaración positiva de la equivalencia de la odontoides y el cuerpo del atlas. Esta declaración fué hecha específicamente respecto del axis de una culebra (*Coluber natrix*), y no se cuestionó la condición de mamífero; pero es obvio que para RATHKE, al menos, el término: proceso odontoideo, significaría el cuerpo del atlas de los reptiles así como la odontoides de los mamíferos (a partir de la cual presumiblemente derivó su nombre). Intencional ó no, estos términos fueron ya sinónimos.

BERGMANN (1845) continuó en esta línea de investigación al comparar el atlas y el axis de mamíferos, reptiles y pájaros, y fué probablemente el primero en hacer una afirmación inequívoca de que el así llamado *os odontoideum* de los mamíferos representa el cuerpo del atlas de los tetrápodos inferiores. El concepto fué completamente aceptado por OWEN (1854), ROBIN (1864) y otros anatomistas que inmediatamente emprendieron un estudio comparativo del complejo atlas-axis de diferentes especies, llegando a conclusiones similares. Así, MACALISTER (1894) declaró que "...la odontoides cartilaginosa se forma a partir del «cuerpo pericondral»

del atlas.", si bien, no hizo en ningun momento una afirmación positiva de que la odontoides es la homóloga del cuerpo del atlas. Quien sí hizo dicha afirmación fué JENKINS (1969), el cual afirmó que "... superficialmente, al menos, los procesos evolutivos de la odontoides mamífera y el centrum del atlas de los reptiles son lo suficientemente similares como para sugerir una homología estricta". Volveremos sobre la odontoides cuando hablemos del desarrollo de la segunda vértebra cervical (axis).

Otra estructura intimamente ligada a la evolución filogenética de la región craneovertebral es lo que se ha denominado con el término de "proatlas". Este término fué usado por primera vez por ALBRECHT (1880) y hablaremos más extensamente de él cuando entremos en la morfogénesis del atlas.

## 2.-EMBRIOGÉNESIS.-

Mada más polémico que la descripción de la embriogénesis de la región craneovertebral, y sobre todo la descripción del desarrollo temprano de este área. La descripción de dicho desarrollo temprano ha venido condicionada, fundamentalmente, por la determinación del número de somitos occipitales, para lo cual, a lo largo de la historia de la embriología, se han tomado en consideración diversos parámetros ó características claves tales como: los nictomos, ganglios y raíces del nervio hipogloso (O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER, 1983) y/o la situación respecto del miembro anterior (BARDEEN y LEWIS, 1901).

El número de miotomos occipitales de los vertebrados superiores generalmente no varía mucho. La escala habitualmente dada por la mayoría de los autores varía entre 2 y 4. En reptiles (lagarto) y pájaros (pollo, Martín) CHIARUGI (1890) consideró que el número era de cuatro, coincidiendo así con FRORIEP (1883), quien previamente había registrado la existencia de cuatro miotomos occipitales en el pollo. BONNET (1889) estudió embriones de oveja con 2-19 pares de somitos, observando que los miocelos de los primeros cuatro somitos comunicaban durante un tiempo con el celoma general, concluyendo que estos cuatro somitos deberían ser asignados a la región occipital. BONNET (1889), además, afirmó que los cuatro somitos desarrollan miotomos. Si bien previamente FRORIEP (1883) encontró sólo dos miotomos occipitales en un embrión de oveja de 8'5 mm., estaban en este estadio sufriendo una marcada involución; de aquí que esta observación no tenga ningún valor en la determinación del número original característico. Igualmente FRORIEP (1886) observó, en embriones de ternero de 8'7 mm. y mayores, tres miotomos occipitales bien desarrollados; pero como en la oveja, esto sólo registra el número que persiste en un estadio completamente avanzado. Sin embargo, el número observado coincidía con las observaciones más extensas de CHIARUGI (1890) y HUNTER (1935) en conejos y con BUTCHER (1929) en ratas.

En el Hombre, MALL (1891, 1897) describió tres miotomos en la región occipital de un embrión de 7 mm., sobre la base de su superposición con tres raíces hipoglosas ventrales exhibidas en este embrión, y asumió que debería existir el mismo número en un

especimen de 2 mm. (14 somitos) examinado por él. BARDEEN y LEVIS (1901) estuvieron de acuerdo con este número de miotomos después de estudiar la posición del esbozo del brazo en un espécimen de 4.5 mm. (35-36 somitos). Con todo LEVIS (1910) publicó un dibujo de un modelo de un embrión de 7 mm. que mostraba cuatro miotomos occipitales (el más alto muy pequeño), mientras que BARDEEN y LEVIS (1901) y GAGE (1905) coincidían en que un embrión de 4.5 mm. (28-29 somitos) estudiado por ellos tenía sólo dos miotomos que podían ser asignados a esta región; de nuevo la posición del esbozo del brazo fué el criterio usado por BARDEEN y LEVIS (1901), y presumiblemente también por GAGE (1905). En un espécimen algo más joven (24-25 somitos) VEST (1937) designó los tres somitos superiores como occipitales, esto lo hizo sobre la base de sus características comunes, pequeño tamaño y relación respecto del miembro delantero. Sin dar ninguna razón para hacerlo, THOMPSON (1907) consideró como occipitales los tres ó tres somitos y medio superiores de un embrión de 23 somitos. En un embrión de 4.9 mm. (35 somitos) INGALLS (1907) identificó los tres primeros miotomos como occipitales, usando como criterio la relación de los nervios espinales.

A partir de las observaciones de un embrión humano de 24 somitos, y otros embriones de mamíferos, JOHNSON (1917) confirmó la colocación de WATT (1915) del décimo neurómero frente al primer ganglio cervical. Usando esto como criterio, JOHNSON (1917) encontró solo dos miotomos occipitales en este espécimen. Sin comentarlo, DAVIS (1923) asignó los tres somitos superiores de su espécimen de

20 somitos a la cabeza; de estos sólo el segundo y el tercero tenían miotomos, mientras que el primero estaba en regresión. La razón para esta asignación es posible encontrarla en su figura 1, una reconstrucción gráfica que muestra los tres somitos superiores superponiéndose con los tres primordios del hipogloso.

Otra aproximación para localizar el nivel que separa las regiones occipital y cervical fué hecha por **VEN** (1928) quien trabajó con la cresta neural de un embrión de 17 somitos y encontró la mayor actividad de crecimiento a nivel del quinto somito. Esto, concluyó él, representaría el primer nervio cervical que se diferencia, mientras que los cuatro somitos y medio craneales a este nivel pertenecerían a la región occipital. **WEST** en 1937 intentó repetir la experiencia de **VEN** (1928) en un embrión de 24-25 somitos, pero no pudo encontrar ningún punto de máximo desarrollo de la cresta neural a nivel del quinto nervio cervical, como describió **VEN** (1928).

Una de las descripciones y seguimientos más exhaustivos del primer somito la realizó **AREY** en 1938 y si bien sus conclusiones se alejan del tema que aquí nos ocupa si realizó una que nos interesa en el sentido de que el somito más cefálico es el primero que se desarrolla, y que el desarrollo de los somitos continúa sólo en dirección caudal. Este hallazgo está de acuerdo con las conclusiones de **REITER** (1944) y con las de **SENSEWIG** (1957), y no apoya la identificación arbitraria de **LUDWIG** (1928) de un único par de somitos como occipitocervicales en su embrión, ni la conclusión de

STERNBERG (1927), quien, en desacuerdo con DANDY (1910), considera el pobremente desarrollado primer somito del embrión de DANDY (1910), como desarrollado después de los somitos siguientes. Tampoco concuerda con la afirmación de BRONAN (1911) de que el somito más temprano surge en el borde superior del cuello y que, durante la cuarta semana, surgen tres somitos cefálicos a este somito original.

Según SENSENIG (1957), hacia la cuarta semana los embriones humanos pasan de hecho del estadio somítico. Este autor realizó uno de los estudios recientes más exhaustivos acerca del desarrollo temprano de la región occipitocervical, utilizando para ello la abundante colección de embriones humanos de la Carnegie Institution, afirmando acerca del número real de somitos occipitales que "... en base a un cálculo miotómico, en un embrión de 29 somitos, la primera arteria cervical define el límite caudal del último segmento occipital. En una sección adyacente, la arteria hipoglosa primitiva forma el límite cefálico de este segmento. Rostral a la arteria hipoglosa hay presentes tres miotomos distintos, el más rostral de los cuales se acerca al ganglio del vago. Entre este ganglio y el primer miotomo hay una pequeña masa de tejido que es difícil de identificar, pero que puede representar un miotomo muy rudimentario. En un embrión de 4 mm. pueden identificarse cuatro miotomos occipitales, siendo el primero de ellos muy pequeño, el segundo algo más grande, y el tercero y el cuarto de tamaño normal. La primera arteria cervical y la arteria hipoglosa primitiva delimitan el segmento occipital más caudal. Rostral a la arteria hipoglosa primitiva, se pueden identificar, al menos, ocho filetes del nervio

hipogloso. Estos se unen en no menos de tres raíces principales e indican tres segmentos. En los embriones estudiados, los filamentos del nervio hipogloso habitualmente estaban unidos en haces de tres a cinco raíces, y sólo en dos embriones se observaron cinco raíces. Debería mencionarse que las fibras hipoglosas más rostrales son muy pequeñas y pueden pasar fácilmente desapercibidas". Estos hallazgos coinciden en parte con el informe de STREETER (1904) de tres ó cuatro raíces, y está completamente de acuerdo con las declaraciones de BECK (1896), MUGLIA (1931) y SCHNEIDEL (1932), todos los cuales demostraron la presencia de cuatro raíces.

Las observaciones de SENSENIG (1957) no apoyan los hallazgos de REITER (1944) de cinco segmentos. En favor de REITER (1944), sin embargo, debería mencionarse que en las investigaciones de SENSENIG (1957) se encontraron indicios de un quinto segmento. Además, el primer somito occipital de REITER no forma un miotomo, lo que está de acuerdo con la descripción de DE BRUIJ (1937) de un quinto somito que no forma miómero y termina por desaparecer.

Siguiendo con SENSENIG (1957), él termina con una serie de conclusiones que, en lo que concierne al componente occipital de la región craneovertebral, son las siguientes:

- El somito más cefálico es el primero que se desarrolla y después le continúan los demás somitos caudales a él.
- Se identifican cuatro miotomos occipitales, el primero muy pequeño y el segundo no tan grande como los otros dos.
- Habitualmente los filetes del nervio hipogloso se unen en

tres a cinco raíces, observándose sólo en dos embriones cinco raíces.

- El hueso occipital se forma de al menos cuatro somitos, existiendo indicios de que un quinto pueda estar involucrado.

Una vez examinados lo que se consideran son los límites ó el terreno en el que posteriormente se desarrollará la región craneovertebral, pasamos a examinar lo que es el desarrollo, propiamente dicho, de esta región.

Como en otros tantos aspectos de la Embriología de esta región, fué FRORIEP (1883) el que se adelantó a sus coetáneos, afirmando que "... En la región cervical superior, en el estadio membranoso, a partir de los márgenes ventrales de los discos primitivos, se diferencian bandas de tejido que unen las bases de los procesos neurales". A tales bandas, FRORIEP (1883) las denominó refuerzos hipocordales (*Hypochordal Spangen*). Añadiendo además que "... en la vaca aparece un centro medio de condricación en todos los refuerzos hipocordales, pero excepto en las dos primeras vértebras cervicales, el refuerzo desaparece antes de que el cartilago se haya realmente formado".

SCHAUMSLAND (1905) disiente de FRORIEP y afirma que "... En el tipo primitivo de desarrollo, la condricación tiene lugar a partir de dos centros colocados bilateralmente, cada uno de los cuales representa un hemiarco ventral". Y además añade que "... Los cartilagos neurales anteriores corresponden a las placas

interneurales, interdorsales ó intercalares de los tipos superiores de peces, y los cartílagos neurales posteriores a los arcos neurales ó placas basidorsales".

Uno de los estudios más meritorios, para su tiempo, fué el realizado por BARDEEN (1908) quien, refiriéndose a la columna cervical, refiere de ella que se forma por desdiferenciación, poco antes de la condricación, de la región torácica, por el mayor desarrollo en esta última de los procesos costales; y posteriormente continúa: "Como en las vértebras torácicas, hay dos centros de condricación colocados bilateralmente por cada uno de los cuerpos vertebrales. Estos pronto se unen uno con el otro ventral y dorsalmente a la notocorda. En las dos primeras vértebras cervicales, la fusión ventral tiene lugar antes que la fusión dorsal. Existen centros separados de condricación para los arcos neurales. En las vértebras cervicales más distales, estos centros son similares a los de las vértebras torácicas, mientras que en las vértebras cervicales más proximales, los centros de condricación aparecen como placas basales, laterales a la extremidad anterior de los cuerpos de las vértebras, con los cuales pronto se unen. A partir de tal placa base, la condricación se extiende rápidamente a la mayor parte del arco. A partir de los arcos neurales se desarrollan los procesos laminares, articulares y transversos. Los elementos costales, por su parte, tienen centros separados de condricación que pronto se unen proximalmente con los cuerpos de las vértebras y distalmente con las puntas de los procesos transversos de las vértebras". Por otro lado, para BARDEEN (1908):

"En reptiles y pájaros, los refuerzos hipocordales se convierten en cartilago y unen los arcos cartilaginosos de cada lado unos con otros y finalmente se unen con la porción ventral del extremo proximal del cuerpo vertebral".

Para GLADSTONE y WAKELEY (1925), el primer indicio de la formación de los arcos neurales lo constituyen las placas neurales ó arcualia, extendiéndose sobre la cara dorsal de la notocorda hasta el cráneo. Estos mismos autores continúan al respecto que "... En los estadios tempranos del desarrollo, el tejido esquelético de la columna vertebral y cráneo son continuos uno con el otro y una distinción entre esclerómeros hipoglosos y cervicales no es clara hasta un estadio posterior cuando la condricación y osificación ha tenido lugar. Además no hay presentes signos de las articulaciones entre los cóndilos del hueso occipital y el atlas, y no es, hasta un periodo comparativamente más tardío que la posición en la que esta articulación se va a formar, pueda ser distinguida. Los esclerómeros hipoglosos se unen juntos para formar las placas occipitales ó «pilares». Esta fusión varía por completo según que el último esclerotomo hipogloso se una a los esclerómeros más anteriores, y por tanto, la aparición ocasional, como una anomalía, de lo que se llama una vertebra occipital. Así, sería evidente que una manifestación de una vertebra occipital se debe a una asimilación incompleta del último esclerotomo hipogloso en el cráneo".

Para DAVES (1930), el espacio craneovertebral es interesclerotómico, opinión que comparte también FRANK (1960) quien,

en su artículo titulado "Some observations on the development of the cranio-vertebral region", afirma que "...En el extremo superior de la columna vertebral, la resegmentación da lugar a la formación de los cuerpos de la primera y segunda vértebras cervicales por fusión de las partes apropiadas del primero, segundo y tercer esclerotomos cervicales. Como el intervalo craneovertebral es interesclerotómico y como la resegmentación no ocurre en el hueso occipital, resulta que existirá medio esclerotomo sobrante entre el occipucio y el primer cuerpo cervical definitivo: el proatlas. La región entre el proatlas y el primer cuerpo vertebral cervical representa el primer disco pericardal y es a partir de la porción ventral de este tejido de la que posteriormente se desarrolla el arco hipocordal de la primera vértebra cervical. El arco hipocordal, cuando se corta sagitalmente, aparece como un área circular de mesénquima, ventral a la parte craneal del cuerpo de la primera vértebra cervical. Este arco se extiende lateralmente sobre ambas caras, continuándose con la cara anterior del proceso transversal del atlas".

Hablaremos más extensamente de la morfogénesis de esta región al ir describiendo una por una todas las estructuras que la componen.

### 3.- CRANEO Y OCCIPITAL.-

La embriogénesis de la región craneovertebral, concretamente de su componente más cefálico, es una de las cuestiones más debatidas y estudiadas desde finales del siglo XIX y comienzos del XX.

Así, OKEN (1807) y toda una serie de autores (SPIX, 1815; BOJANUS, 1819-1821; MECKEL, 1820; CARUS, 1828), encuadrados todos ellos en la llamada escuela de los "Natur-Philosophen", postularon que el cráneo estaba constituido por una serie de anillos óseos, en número de tres a siete, cada uno de los cuales representaba una vértebra. GOETHE (1820) basándose en los postulados de la escuela de los "Natur-Philosophen" enunció la teoría vertebral del origen del cráneo ya esbozada en su carta desde Venecia en 1790.

Desde entonces muchos han sido los autores que se han pronunciado a favor ó en contra de dicha teoría. Entre los primeros tenemos a todos los "Filosofos Naturales" anteriormente citados, así como a BAER (1828), REICHERT (1838), RATHER (1839) y OWEN (1846). Todos ellos aceptaron sin ninguna objeción ó reparo la teoría de GOETHE.

Entre los segundos, figuran VOGT (1842), que fué el primero en cuestionar a la escuela de los "Natur-Philosophen", y afirmó que "...el cráneo consta de una porción cardal y de una porción precordal"; señalando que solo la parte del cráneo que se forma alrededor de la notocorda puede, de alguna manera, ser considerada de origen vertebral. REMAK (1855) al respecto manifestó que "... al menos la porción postótica del cráneo se desarrolla de primordios segmentados reconocibles".

Pero el primer verdadero ataque a la teoría vertebral de GOETHE vino de la mano de HUXLEY quien en 1858 manifestó que "...el

cráneo óseo de todos los grupos de vertebrados tiene un común plano de estructura que no tiene nada en común con el de la vértebra".

Posteriormente, GEGENBAUR (1872) hizo un estudio minucioso del cráneo de peces Selacios, manifestando que "... aunque la mayor parte del cráneo no tiene nada que ver con las vértebras, su parte más posterior contiene restos ó rudimentos de un número de vértebras, que una vez fueron independientes, pero, que posteriormente se unieron al extremo posterior del verdadero cráneo". Según él, la porción vertebral del cráneo, filogenéticamente, representa al menos nueve vértebras que se incorporan en el cráneo desde atrás.

BALFOUR en 1876 extendió el estudio de GEGENBAUR (1872) a los elasmobranquios y afirmó que "... en peces elasmobranquios, al menos la porción postótica del cráneo se desarrolla de primordios segmentados reconocibles"; afirmación que también compartió WILHELM (1882).

Por su parte, LEWIS (1920) apoyó la teoría vertebral de GOETHE, pero aplicada sólo a la parte posterior del cráneo ó "espondilocranium". Mientras que GLADSTONE y VAKHLEY (1925) afirmaron al respecto que "... la parte del cráneo que asienta por detrás de las vesículas óticas muestra, en los embriones de los vertebrados superiores, una estructura segmentada que es similar a la de la verdadera columna espinal. Esta parte ha sido llamada el «Neo-neuro-cranium» ó más brevemente Neocranium. Este incluye la parte occipital del cráneo y es habitualmente considerado como un

añadido al «Palaeo-neuro-cranium» (ó brevemente Paleocranium) por transformación de la parte anterior de la columna vertebral. Esta transformación afecta a los elementos esqueléticos y hay también una inclusión de algunos de los vasos y nervios espinales anteriores en el cranium. Por el contrario en los Ciclostomos el «Palaeo-neuro-cranium» no segmentado, es la única parte del cráneo que hay presente, y no hay ni una autentica columna vertebral, ni ninguna evidencia de un cráneo que se haya formado a partir de vértebras. Las placas neurales ó arcualias (dos de las cuales corresponden a cada nervio espinal completo) sin embargo, se extienden sobre la cara dorsal de la notocorda hasta el cráneo y son el primer indicio de la formación de los arcos neurales».

Posteriormente PEYER (1950), siguiendo a VOGT (1842), afirmó igualmente que "... sólo la parte del cráneo que se desarrolla alrededor de la notocorda es comparable a una ó más vértebras", mientras que ZAVISCH (1957) solo disienta de la teoría vertebral de GOETHE en algunas diferencias en el modo de osificación.

SINGH-ROY en 1967 realizó un estudio comparativo sobre diferentes especies de peces, anfibios, pájaros y mamíferos tales como Talpa y Cobayas, afirmando que "... en los especímenes estudiados, sólo la mitad posterior del cráneo, detras de la fosa pituitaria, tiene elementos vertebrales definidos en ella. La hipótesis de GOETHE sobre la teoría del origen vertebral del cráneo, es parcialmente correcta, exceptuando las porciones pre-hipofisaria, apendicular, ó capsular, así como los elementos del arco branquial;

el resto del cráneo parece estar formado de elementos vertebrales indiferenciados que constan de notocorda, tubo pericardal y arco neural homólogos".

Por su parte VERTHEIMER y DE LUWA (1972) afirmaron que "... en el Hombre, alrededor de la notocorda, se van a desarrollar la parte occipitoesfenoidal del cráneo y los elementos de la columna vertebral".

Finalmente MÜLLER y O'RAHILLY (1980) también aceptan la teoría de GOETHE, pero sólo en lo que respecta a la parte posterior del cráneo ó "espondilocranium". O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983) también coinciden con ZAVISCH (1957) en que deben tenerse en cuenta algunas diferencias en el modo de osificación (encondral ó pericondral).

Una vez expuestas las diversas opiniones acerca del origen del cráneo, pasaremos a exponer el desarrollo de la parte del mismo que más nos interesa, desde el punto de vista de la morfogénesis de la región craneovertebral, es decir, el hueso occipital.

El primer autor que hizo una descripción más detallada, que sus predecesores, del occipital fué MORIEP (1886) quien lo estudió en Ungulados afirmando que "... en el buey, la región occipital se desarrolla a partir de cuatro equivalentes vertebrales fusionados, el más posterior de los cuales, denominado vértebra occipital, sin embargo, se desarrolla como una vértebra independiente previa a la

fusión". Con FRORIEP (1886) también coincide SEISENIG (1957) al asignarle igualmente cuatro segmentos a la región occipital, si bien este último admite la posibilidad de un quinto segmento rudimentario, mientras que REITER (1944) le asigna cinco. En ese mismo estudio FRORIEP (1886) afirma que "... En ovejas, el rudimento del arco proatloideo se fusiona con el hueso occipital".

STRECKER (1887), por su parte, inició una polémica que ha llegado hasta nuestros días, al afirmar que "... el basioccipital y el exoccipital participan en el desarrollo de los cóndilos occipitales"; afirmación que compartieron otros autores tales como AUGIER (1931,1936), TÖNDURY (1968), y TILLMANN y LORENZ (1978); los últimos de los cuales afirmaron que "... el cóndilo occipital se origina a partir de dos partes del hueso occipital, el basioccipital y el exoccipital respectivamente. Ambas partes están divididas por la sincondrosis intraoccipital anterior. En recién nacidos y niños, la parte rostral perteneciente al basioccipital, ocupa aproximadamente de un quinto a un séptimo de la superficie ósea subcondral. En fetos, el área rostral del basioccipital es sustancialmente más pequeña". Por el contrario, otros autores (THEILER, 1963; ARBY, 1965; SINGH, 1965; y BATEMAN, 1972) afirmaron que el cóndilo occipital sólo se desarrolla a partir del exoccipital. Finalmente, las últimas declaraciones al respecto proceden de O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983) quienes afirmaron que "... los cóndilos occipitales proceden en su mayor parte de los exoccipitales, pero también en parte del basioccipital".

Respecto a la morfogénesis del occipital, ya GADOV (1896)

afirmaba que "... en amniotas, al menos dos neurómeros y esclerómeros se añaden al cráneo"; lo que él atribuiría como vertebras proatloideas, afirmación que no compartieron GANGULY y SINGH-ROY (1964) para los cuales: "... En el proatlas, es un elemento vertebral completamente diferente de las vertebras proatloideas el que forma el segmento occipital del cráneo".

Pero una de las descripciones más detalladas de la morfogénesis del occipital, así como de tantas otras regiones anatómicas, nos vino de la mano de BARDEEN (1908) quien afirmó que "... frente al último miotomo occipital, el mesénquima axial está diferenciado, como el de los esclerotomos espinales, en una mitad anterior clara y una mitad posterior densa ó esclerómero. En la región espinal, cada esclerómero se une con la mitad clara del esclerotomo inmediatamente posterior dando lugar al cuerpo y procesos arcuales de una vértebra espinal. En el Hombre, el esclerómero occipital no está, de esta forma, asociado con la mitad clara del primer esclerotomo espinal. Por el contrario, se asocia con el tejido más claro de su propio segmento y con el tejido con el cual éste se continúa anteriormente. Lateralmente el tejido diferenciado en el lado de la mitad anterior del primer esclerotomo espinal, la membrana interventral, se convierte temporalmente en una membrana precartilaginosa.

La condricación de la base del occipital comienza en dos centros situados bilateralmente en la porción posterior del anlage occipital. La unión de estos centros tiene lugar posteriormente ventral a la notocorda y anteriormente dorsal a la misma. Los

procesos neurales de la parte posterior del anlage occipital parecen tener centros separados de condricación, pero estos centros se unen casi inmediatamente con los centros de condricación del cuerpo".

Para GLADSTONE y WAKELBY (1925), al considerar la ontogénesis de los segmentos occipitales, es evidente que "... En los mamíferos, así como en vertebrados superiores, en la región occipital tuvo lugar la supresión de los segmentos muscular y nervioso".

HAYEK (1927), por su parte, afirmó que "... En el Hombre, el rudimento del arco proatloideo interviene en la formación de los cóndilos occipitales". En cambio, para AUGIER (1928): "... En el Hombre, el hipocentrum del proatlas se reduce, pero puede permanecer como vestigio en forma de condylus tertius". DAVES (1930) realizó un estudio en ratones y afirmó (en clara alusión a FROELICH, 1886) que "... en el ratón, donde la fusión tiene lugar más pronto que en el buey, la vértebra occipital está separada y diferenciada del Scheinbar ungliederte Abschnitt hasta que tiene lugar la condricación".

Otra descripción muy detallada del desarrollo del hueso occipital corresponde a INGELMARK (1947) quien afirmaba que "... En los embriones de 15 y 18'7 mm. de longitud VC, se ha podido constatar la presencia de un mesénquima rico en células alrededor de la notocorda, por encima del cuerpo vertebral del atlas. Se puede suponer que este mesénquima corresponde al cuerpo vertebral del

hueso occipital, es decir, que toma su origen en la mitad superior del primer segmento cervical.

En los embriones de 12'5-21 mm. de longitud VC, se ha podido constatar una unión mesenquimatosa que parte del borde frontal del agujero occipital, entre las extremidades anteriores de los cóndilos occipitales. La parte central enseguida se reduce de tal forma que esta unión se divide en dos. A medida que el embrión crece, estas dos ramificaciones se reducen también en sus extremos libres, desapareciendo por completo en la fase de 82 mm.. Esta unión mesenquimatosa corresponde, por su posición y su aspecto, a una formación ya descrita como la banda hipocordal de la vértebra occipital<sup>m</sup>. Y tras hablar de los esbozos de los ligamentos inter y supraespinosos entre el atlas y el occipital, continúa: "... En la fase de 21 a 82 mm., se ha observado, en la mayor parte de las preparaciones, una protuberancia que sigue el plano frontal a partir del borde lateral de los cóndilos occipitales. En el extremo lateral se dilata para formar un tubérculo que generalmente está unido al extremo de la apófisis transversa del atlas por una banda de tejido conjuntivo que, en algunos casos, es tan delgada y tan laxa, que no se la puede seguir de un corte a otro". Finalmente, INGELMARK (1947) termina diciendo que "... En un embrión de 70 mm. se ha notado una formación en parte cartilaginosa, que corresponde, por su posición, al pontículo posterior. Dado que su posición viene determinada en relación al primer nervio cervical, se puede suponer que el esbozo del pontículo posterior se ha formado a expensas de la mitad superior del primer segmento cervical<sup>m</sup>.

Otra descripción muy detallada sobre el desarrollo del hueso

occipital corresponde a la realizada por GANGULY y SINGH-ROY (1964), quienes realizaron un extenso estudio, afirmando que "... En Selacios, Anfibios y Amniotas (incluido el Hombre), la mitad anterior del arco neural del proatlas es transportado a la región occipital para servir como zigapófisis posterior (cóndilos occipitales) de la vértebra occipital, mientras que el hipocentrum (basiventrals unidos) forma el condylus tertius"; afirmación, esta última, que concuerda con la anteriormente mencionada por AUGIER (1928). Así pues, para estos autores, y ellos mismos lo afirman, en el Hombre, el centrum del proatlas no toma parte en la formación del cóndilo occipital, y terminan concluyendo que "... A partir de este estudio puede restablecerse la existencia del condylus tertius en el Hombre. Este condylus tertius ó hipocentrum del proatlas, transferido al occipital, conjuntamente con la zigapófisis posterior, toma parte en la formación del cóndilo occipital. Obviamente, en la región occipital del Hombre hay tres elementos condilares, dos cóndilos laterales prominentes desarrollados a partir de la porción arcual dorsal (zigapófisis posterior de la vértebra occipital) y el tenue y apenas visible semilunar condylus tertius continuo a través de la línea media de un cóndilo a otro. Estos están unidos para formar un unico cóndilo occipital con forma de U".

Otro aspecto muy debatido en cuanto al desarrollo del hueso occipital ha sido la existencia ó no de divisiones del canal hipogloso. Tales divisiones estarían llamadas a representar los procesos neurales de la vértebra occipital (O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER, 1963). Al respecto el primer autor que mencionó haberlas

encontrado fué AUGIER (1931), así como INGELMARK (1947), quien las encontró en embriones de 6 a 15 mm. y en recién nacidos y adultos. En cambio, O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983), en su minucioso estudio sobre la región craneovertebral en el Estadio 23, no las encuentran por más que las buscaron.

Respecto al desarrollo del foramen magnum, estos últimos autores afirman de él que "... El foramen magnum permanece aún incompleto en el estadio 20, de manera que hay una auténtica craneoraquisquisis, estando limitado hacia el estadio 23 por un anillo cartilaginoso completo, de modo que queda sólo la raquisquisis"; lo cual concuerda con la afirmación de BARSON (1970) de que "... La visión posterior de la columna en el estadio 23 muestra una sorprendente semejanza con una raquisquisis total".

#### 4.- ATLAS.-

El atlas es una vértebra atípica cuya morfogénesis sería harto difícil de comprender si no se describe previamente una estructura transitoria muy debatida dentro de la morfogénesis de la región craneovertebral, y desde que fué definida, frecuentemente mal entendida y a menudo confundida, como es el "proatlas".

El proatlas es un término que fué creado por ALBRECHT en 1880, quien lo utilizó para designar la mitad craneal del primer esclerotomo cervical. ALBRECHT (1880) lo describió en reptiles así como su vestigio interdorsal al que denominó "eparcuale proatlantis".

Desde entonces, muchos han sido los autores que apoyaron a

ALBRECHT (entre los que destaca HOFFMANN, 1890), y también muchos sus detractores (siendo de estos, GADOW, 1896; el más importante); siendo igualmente muy distintas y numerosas las aportaciones de dichos autores respecto al significado ontogénico y filogenético de esta estructura.

El propio FRORIEP (1886) lo describió en ovejas, donde este autor observa que "... el rudimento del arco proatloideo se fusiona con el hueso occipital". HOFFMANN (1890) dió apoyo a la descripción de ALBRECHT del vestigio interdorsal del proatlas. Por el contrario GADOW (1896) no coincide con la descripción de ALBRECHT (1880) del "eparcuale proatlantis" y justifica esta estructura como la espina neural del atlas. Para GADOW (1896) el proatlas es la porción axial de los "interbasilia" del primer segmento cervical, que iría a la cara anterior de la columna vertebral, tras la resegmentación, para formar la punta del proceso odontoideo.

En 1915, BARGE afirmó que "... en los mamíferos, durante la ontogénesis, sobra medio segmento entre la primera vértebra cervical y la región occipital". BARGE (1915) cuestionó el potencial de ese medio segmento, pero no dió ninguna explicación para el mismo, si bien este mismo autor posteriormente afirmó (BARGE, 1918) que "... el rudimento del arco proatloideo se fusiona con el arco atloideo".

HAYEK (1923) denominó proatlas al derivado de la mitad craneal del primer esclerotomo cervical, afirmando un año más tarde (HAYEK, 1924) que "... en reptiles, la mitad anterior del cuerpo del atlas

está también formada por un esclerotomito proatloideo, es decir, la mitad craneal del primer esclerotomo cervical<sup>m</sup>. Sin embargo, posteriormente afirmó (HAYEK, 1927) que en el Hombre, el rudimento del arco proatloideo intervendría en la formación de los cóndilos occipitales.

Para AUGIER (1928), en el Hombre, el hipocentrum del proatlas se reduciría, pero podría permanecer como un resto en forma de condylus tertius. DAVES (1930) por su parte, afirmó que el proatlas era evidente como una masa condensada de células mesenquimatosas y que este medio segmento que sobraba entre la primera vértebra cervical y la región occipital no tenía zigapófisis.

Para SENSENIG (1943,1957), el proatlas sería la primera mitad del esclerotomo cervical craneal que permanece como medio segmento entre los rudimentos occipital y atloideo; para este autor, en otras especies distintas del Hombre el rudimento del arco proatloideo se fusionaría con el arco atloideo para formar el borde craneal del anillo del atlas. INGELMARK (1947), igualmente, duda que, en embriones humanos, el rudimento del arco proatloideo esté incorporado en el arco atloideo.

FRANK (1960) describió el proatlas, en embriones humanos entre 15 y 18 mm. de longitud cráneo-caudal, como una masa condensada de células mesenquimatosas. Para este autor, el proatlas se superpone con la cara intracraneal del hueso occipital y esta situación la considera normal para este estadio. Esta consideración la basa en el

hecho de que no existe plegamiento de la mucosa faríngea, y también en que la relación que la notocorda guarda con el proatlas y el basi-occipucio está de acuerdo con el trayecto de la notocorda en este estadio (la notocorda es sinuosa y atraviesa el basi-occipucio en su cara intracraneal y no en el margen anterior del foramen magnum). Este mismo autor describe el proatlas como cartilaginoso en un espécimen de 40 mm., afirmando de él que no puede ser reconocido como una entidad independiente, en cuanto que está unido al proceso odontocideo para formar su apex.

Para GANGULY y SINGH-ROY (1964), la vértebra proatlas es simplemente la vértebra inmediatamente siguiente a la vértebra libre. Estos autores lo describen en un embrión humano de 30 mm., como una zona precartilaginosa más oscura, bien delimitada entre las porciones cervical y occipital. Finalmente O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983) consideran el proatlas como el medio segmento situado entre los rudimentos occipital y atloideo.

La importancia del atlas, y el hecho de que se haya dedicado a su estudio tanto tiempo y dedicación, viene determinada por ser una vértebra de origen filogenético ambiguo (como ya pudimos apreciar al hablar de la filogenia de la región craneovertebral), así como por una morfología atípica (debida fundamentalmente a la ausencia de un cuerpo vertebral y por el contrario existencia de sendas masas laterales), y por una morfogenesis anómala que viene determinada sobre todo por dos características importantes, cuales son: 1) el papel preponderante en esta vértebra de los refuerzos hipocordales,

que en las demás vértebras cervicales son muy transitorios y de escasa relevancia desde el punto de vista morfogénico; y 2) por su importante contribución, que ya hoy día nadie discute, al desarrollo de la apófisis odontoides como veremos más adelante al hablar de la morfogénesis del axis.

Así, ya HAGEN (1900) mencionaba que "... En el Hombre, las masas laterales del atlas definitivo surgen del resto, del anlage primario del cuerpo del atlas, que queda una vez que este ha contribuido a la formación del diente del epistrofeo".

BARDEEN (1908) en su sucinto, pero denso artículo titulado *Early development of the cervical vertebrae and the base of the occipital bone in man*, afirmaba que "... La base de cada hemi-arco neural del atlas se une temporalmente con el cuerpo (embrión de 14 mm.), pero esta unión es incompleta y pronto es seguida por el desarrollo de tejido fibroso denso entre el arco y el cuerpo. Al mismo tiempo, el refuerzo hipocordal se hace cartilaginoso y une los arcos del atlas delante del cuerpo. Cada proceso costal se une medialmente al proceso basal, lateralmente al proceso transversal del correspondiente hemi-arco". Y terminaba diciendo que "... En la primera vértebra cervical, el refuerzo hipocordal forma la porción anterior del arco del atlas. Así pues, en el Hombre, un refuerzo hipocordal sólo se desarrolla en relación al atlas y se hace cartilaginoso después que el arco neural".

Al respecto, GLADSTONE y WAKLEY (1925) afirmaban que "... En

la región occipital, el atlas puede ser considerado como una vértebra transicional que ha sido modificada por la separación de su centrum (que se ha unido al cuerpo del axis para formar el proceso odontoideo), de manera que es el arco hipocordal, que es muy rudimentario en las demás vértebras cervicales posteriores a él, el que se desarrolla fuertemente en el atlas a fin de formar el segmento anterior del anillo que encierra el proceso odontoideo".

WGD-JONES (1946) coincide con los anteriores, al afirmar que "... El primer arco hipocordal se extiende sobre ambos lados de la primera vértebra cervical, donde se continúa con la cara anterior del proceso transversal del atlas, estando destinado a formar el arco anterior del atlas".

Por otro lado, INGELMARK (1947) no está de acuerdo con que en la formación del arco posterior del atlas tome parte más de la mitad del segmento cervical, pero admite la posibilidad de que una parte de la mitad superior de las masas laterales del atlas se forme a expensas de la mitad superior del primer segmento cervical.

Para SENSENIG (1957): "El arco dorsal del atlas sigue la misma secuencia de desarrollo que las otras vértebras cervicales, excepto en su cierre final que es algo más tardío. Por el contrario, el arco atloideo ventral, representado en los estadios más tempranos por una banda membranosa densamente celular (el arco hipocordal), pero relativamente delgada, se condrifica tarde y se separa gradualmente del centrum primitivo".

Respecto del origen del arco hipocordal del atlas, **FRANK (1960)** afirmaba que "... el arco hipocordal de la primera vértebra cervical se desarrolla a partir de la porción ventral del primer disco pericordal". Este autor concuerda con **WOOD-JONES (1946)** respecto de la afirmación de éste, anteriormente mencionada, y añade que "... El arco hipocordal, cuando se corta sagitalmente, aparece como un área circular de mesénquima ventral a la parte craneal del cuerpo de la primera vértebra cervical". Para terminar diciendo respecto del arco anterior del atlas que "... éste, en el estadio de 40 mm., es cartilaginoso y hacia el estadio de los 50 mm. inicia un desplazamiento caudal respecto del basi-occipucio que continúa a lo largo de la vida fetal".

Otro estudio muy completo, sobre la morfogénesis del atlas, es el de **GANGULY y SINGH-ROY (1964)**, quienes al respecto declararon que el atlas, parecido a un anillo, estaba formado por el arco neural y parte del centrum (porción ventral osificada del tubo pericordal externo) de la primera vértebra embrionaria. La mitad posterior del arco neural del proatlas así como el hipocentrum de la primera vértebra, según ellos, también tomaban parte en la formación del atlas. Y así mencionaban textualmente que "... En el embrión de 30 mm., el proatlas está dividido en dos por una hendidura (fisura interesclerotómica) de tal manera que la mitad craneal va a la masa cartilaginosa anterior que representa la región occipital, mientras que la mitad caudal se incorpora en la masa cartilaginosa posterior de la cual surge la vértebra atlas embrionaria. En los estadios humanos de 37, 38 y 45 mm., se encontró que la parte externa del

centrum ó tubo pericordal externo, junto con la última porción transportada del procatlas, no toma parte en la formación odontóidea, sino que persiste y toma parte en la formación del anillo del atlas que circunda el proceso odontóideo. La parte lateral y ventral, junto con la hipocordal, se osifican para formar la porción ósea del centrum del atlas".

Por su parte JEHKINS (1969) realizó un estudio de la zona que nos ocupa en Amniotas, afirmando que "... durante la resegmentación esclerotómica, el esclerotomito caudal del primer esclerotomo cervical se combina con el esclerotomito craneal del segundo esclerotomo cervical, formando así el anlage del cuerpo y arcos atloideos".

Cuatro años más tarde, WERTHEIMER y DE LUNA (1972) realizaron un interesante estudio sobre el desarrollo de la columna vertebral y sus malformaciones y declararon que "... El atlas posee tres centros de osificación, uno para cada masa lateral y otro para el arco posterior, que se unen a los cinco años de edad. La ausencia de fusión da lugar a un fallo en el arco posterior ó raquisquisis atloidea posterior. Centros complementarios de osificación del atlas, dos en el arco anterior y dos para las apófisis costales se funden a los cinco años de edad".

Finalmente, LAROCCA (1988) afirma del atlas que "... carece de un centro y presenta sólo un arco anterior que se une a dos masas condrales para formar el anillo típico".

### 5.- DESARROLLO DEL AXIS Y APOFISIS ODONTOIDES.-

Si algo caracteriza a la segunda vértebra cervical, no cabe duda que es la existencia en su arco anterior de la apofisis odontoides ó diente del epistrofeo. Por ello, procederemos a estudiar conjuntamente el desarrollo de estas dos estructuras, de modo similar a como ya lo hicimos al hablar del atlas y proatlas.

Y cuando se trata de hacer un análisis bibliográfico, siempre hay que iniciar éste con una referencia a PRORIEP (1883), quien afirmó que "... En la vaca, aparece un centro medial de condricación en todos los refuerzos hipocordales, pero excepto en las dos primeras vértebras cervicales, el refuerzo desaparece antes de que el cartilago se haya realmente formado. En el refuerzo hipocordal de la segunda vértebra cervical, el anlage es muy transitorio, a diferencia del refuerzo hipocordal del atlas".

FLOWER (1885) por su parte afirma que "... si se examina el axis de un mamífero de uno ó dos años despues de su nacimiento, su cuerpo parece estar compuesto de dos partes, una colocada enfrente de la otrz., incluyendo la primera el proceso odontoides y la parte anterior del cuerpo, y la segunda todo el resto del cuerpo". Este mismo autor considera que "... La extremidad posterior de la osificación odontoides representa la «habitual epifisis» con forma de disco de los cuerpos vertebrales".

Acerca del origen de la odontoides, ya MACALISTER (1894)

afirmaba que "... La odontoides cartilaginosa se forma a partir del cuerpo pericondral del atlas". Mientras que para GADOW (1896), la punta del proceso odontoides estaría formada por el proatlas. Por su parte HAGEN (1900) declaraba que "... En el Hombre, el diente del epistrofeo surge de la región del cuerpo del epistrofeo y de una porción del cuerpo del atlas". WEISS (1901) hizo un interesante estudio en ratas albinas afirmando que en estas "el centrum del proatlas toma parte en la formación de la estaca odontoides".

Por su parte BARDEEN (1908) afirma del desarrollo del axis que "... El modo general de desarrollo del epistrofeo es como el de las otras vértebras cervicales. Su diferencia marcada procede de su unión con el cuerpo de la primera vértebra cervical. Esta unión tiene lugar a través de la transformación del disco intervertebral en cartílago, primero lateral al plano medio sagital y después en este plano".

Al igual que BARDEEN (1908), HAYEK (1923) también trabaja con embriones humanos y afirma de la odontoides que "... se compone de dos centros vertebrales, la odontoides basal y el elemento odontoides apical, los cuales están atravesados por la notocorda". Para este autor, la vértebra occipital tendría un "hypochoordale Spange" bien desarrollado que contribuiría a la formación de la punta de la odontoides en algunos tipos de mamíferos. Y además añade que "... En especímenes de entre 25 y 35 mm., la odontoides al principio ocupa una posición alta en relación a la placa basal y puede incluso penetrar en el foramen magnum".

Para GLADSTONE y WAKELEY (1925), el proceso odontoideo estaría formado por el centrum del atlas que se separaría de la primera vértebra cervical embrionaria para unirse al cuerpo del axis. DAVES (1930) coincide con la anteriormente mencionada afirmación de HAYEK (1923) de que la odontoides basal y el elemento odontoideo apical están atravesados por la notocorda. Para aquel autor (DAVES, 1930), el centrum primitivo que se desarrolla en la mitad craneal del primer segmento cervical formaría la punta del proceso odontoideo del axis e insiste en que "... el proceso odontoideo se formaría a partir del tejido de los dos primeros discos pericordales junto con el centrum rudimentario del atlas y proatlas". Al respecto GOODRICH (1930) afirma que "... el esclerotomito craneal del primer esclerotomo cervical forma el centro de condricación anterior de la odontoides".

Por su parte, GADOW (1933a) se opone a FLOWER (1885), cuando éste afirma que la extremidad posterior de la osificación odontoidea representa la habitual epífisis con forma discal de los cuerpos vertebrales, en base a que FLOWER (1885) considera la odontoides como parte del centrum del axis, en lugar de como un centrum en sí misma. Para este autor (GADOW, 1933b): "... El centrum primitivo que se desarrolla en la mitad craneal del primer segmento cervical forma la punta del proceso odontoideo". DE BEER (1937) añade que "... la vértebra proatlas se fusiona con la estaca odontoidea y el límite posterior de la placa basal".

Para CAVE (1938): "... La odontoides se compone de dos centros

vertebrales distintos, 1) la odontoides basal más grande , y 2) el elemento odontoides apical más pequeño (también llamado epífisis apical); ambos están atravesados por la notocorda y ambos están mutuamente relacionados con el primer elemento hipocordal, con el cual se articulan permanentemente". Para este autor la odontoides apical no es otro que el proatlas, "... un centrum vertebral que se fusiona con el occipital en los reptiles, pero que lo hace con el centrum atloideo (=odontoides basal) en los mamíferos. Este centrum apical (proatloideo) posee un arco neural degenerado y su propio nervio espinal segmentario (el suboccipital). Su arco neural está representado por la porción del arco neural atloideo que es craneal al plano de salida del primer nervio espinal". Según CAVE (1938), la aceptación de la naturaleza del centrum verdadero de la odontoides apical establece la correcta correlación de los nervios espinales respecto de las vertebrales, esto es, el suboccipital estaría relacionado con el centrum apical, el segundo nervio cervical con la odontoides basal y el tercero con el propio centrum del axis, una disposición que armonizaría con la secuencia vertebro-espinal a lo largo del resto del esqueleto axial. Así pues para este autor (CAVE, 1938), morfológicamente, el complejo atlo-axoideo comprendería no dos, sino tres elementos vertebrales sucesivos.

SEESHIG (1943) en su estudio sobre roedores (*Peromyscus maniculatus rufinus*) también comulga con la idea de que "... el así llamado esclerotomito proatloideo contribuye a la formación de la punta de la odontoides, ya que el centrum primitivo que se desarrolla de esa mitad craneal del primer segmento cervical forma

la punta del proceso odontoideo del axis". Consideración con la que también concuerda REITER (1944).

Para **SENSEWIG** (1957), el axis se forma a partir del segundo segmento vertebral definitivo "... de forma parecida a las vértebras cervicales típicas, excepto que su cuerpo no está separado del atlas y proatlas. Su proceso odontoideo consta de dos segmentos y medio en los cuales se ha perdido todo indicio temprano de segmentación, no observándose rastros de los discos intervertebrales en la odontoides; por tanto, el primero de éstos en desarrollarse es el que asienta entre el axis y la tercera vértebra cervical". Es evidente pues que para este autor el centrum primitivo proatloideo forma la punta de la odontoides y que el proceso odontoideo representa los centros primitivos del atlas y del medio segmento proatloideo.

**FRANK** (1960) por su parte, afirma que el cuerpo del axis se forma por la fusión de la parte caudal del segundo y la parte craneal del tercer esclerotomo cervical; y continúa que "... En el espécimen de 40 mm., el disco pericardal entre la odontoides y el cuerpo del axis ha desaparecido, siendo en este estadio el grado de superposición de la odontoides con el basi-occipucio mucho menor que en el estadio de 18 mm, reduciéndose aún más la superposición en el estadio de 50 mm., momento en que a este descenso de la odontoides se asocia además un descenso del arco anterior del atlas. Ambos descensos se continúan a lo largo de la vida fetal hasta desaparecer por completo toda superposición en el momento del nacimiento".

Para ROMER (1962), la odontoides también incluye el intercentrum del atlas, mientras que GANGULY y SINGH-ROY (1964) afirman que "... El proceso odontoides del axis, que encaja dentro del núcleo interior del centrum del atlas, es actualmente la parte del atlas transportada al centrum del axis. El centrum del proatlas no toma parte, en el Hombre, ni en la formación del cóndilo occipital, ni en la formación de la estaca odontoides. Sin embargo, en el estadio embrionario forma la porción apical de la odontoides que posteriormente se metamorfosea en el ligamentum apicis dentis". Por su parte, LESSERTISSEUR y SABAN (1967) admiten la posibilidad de que el intercentrum del axis pueda haberse perdido por completo. Mientras que FISCHER, NEIDHARDT, GERENTES, SPAY y GIRAUD (1969) encuentran que "... Restos de un disco interaxo-odontoides son detectables a cualquier edad".

JENKINS (1969) por su parte, al hablar de la necesidad funcional de la apófisis odontoides afirma que "... Algunos autores manifiestan que la apófisis odontoides actúa como un eje sobre el cual rota el atlas. Aunque esta analogía es conveniente para describir el mencionado movimiento, ella acarrea una connotación funcional errónea. El atlas puede rotar sobre el axis, y de hecho lo hace, en los casos en los que la apófisis odontoides está congenitamente ausente ó está separada del axis". De hecho, FULLENLOVE (1954) describió varios casos de ausencia congénita de la apófisis odontoides en el Hombre, y la anomalía no dió síntomas hasta que, a causa de un accidente ó en el curso de un ejercicio normal, la cabeza y el cuello fueron sometidos a un stress mayor de

lo habitual. El resultado común en estos casos fué la subluxación del atlas, acompañada a veces de síntomas neurológicos.

Por otra parte, **NOBACK y ROBERTSON (1951)** afirman que se produce calcificación en el centrum de la segunda vértebra cervical en los embriones de entre 69 y 120 mm., y aparecen centros bilaterales de osificación en la odontoides basal entre los 135 y 161 mm., mientras que para **TÖNDURY (1958)** esta secuencia es algo más tardía (120 y 200 mm., respectivamente). Por su parte **KÖHLER y ZIMMER (1968)** afirman que "... Aunque la mayor parte del cuerpo postnatal se osifica a partir del centrum del axis, la porción más superior de la odontoides lo hace del centrum del atlas, de manera que al principio la odontoides aparece hundida en el cuerpo". Para este autor "un centro de osificación constante para la punta de la odontoides aparece por primera vez durante el segundo año (postnatal) y se fusiona con el macizo principal a la edad de diez ó doce años". Afirmación, esta última, con la que también coinciden **TORKLUS y GEHLE (1972)**.

Por su parte **WERTHEIMER y DE LUNA (1972)**, en su trabajo titulado *Embriología e desenvolvimento da coluna vertebral e suas malformações*, afirman que "... El axis presenta cinco núcleos primitivos de osificación, dos para la apófisis odontoides, correspondientes al cuerpo destacado del atlas, uno de su propio cuerpo vertebral (que aparece en el cuarto mes de vida intrauterina) y dos núcleos correspondientes a los arcos vertebrales. En el axis aparecen cuatro puntos complementarios ó secundarios de osificación,

uno en el apex de la apófisis odontoides (*ossiculum de Bergman*), uno correspondiente al anillo epifisario inferior y dos núcleos costales, uno para cada lado, que formarán los tubérculos de las apófisis transversas. La apófisis odontoides se suelda al cuerpo del axis en el cuarto año de vida, y los procesos neurales del axis se reúnen posteriormente en el octavo mes, y se sueldan al cuerpo entre el quinto y el séptimo año". Mientras que O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983) coinciden con el patrón de osificación dado por TÖNDURY (1958) y además afirman que "... A veces (no es constante) aparece un centro de osificación para la punta de la odontoides y cuando lo hace aparece durante el segundo año postnatal (ó incluso antes) y se fusiona con el macizo principal a la edad de diez ó doce años"; a diferencia de KÖHLER y ZIMMER (1968) y TORKLUS y GEHLE (1972), para los cuales este centro de osificación era constante.

Estos autores (O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER, 1983) denominaron a la odontoides, la columna media del axis, y afirmaban de ella que en su estadio cartilaginoso constaba de tres elementos que llamaron X, Y y Z, a los que identificaron con los centros de proatlas, atlas y axis, respectivamente; y continúan que "... Estas tres partes son aún visibles en el feto como se observa en quince especímenes de entre 32 y 79 mm."

LARocca (1988) afirma del axis que sigue el patrón general de osificación en lo que respecta al centro y a los dos componentes posteriores del arco neural, pero con la particularidad de que a esto se agrega la proyección superior de la odontoides. Para este autor,

la osificación en la apófisis odontoides "... ocurre en dos masas paracentrales y en una masa apical. Aproximadamente en el momento del nacimiento, las masas paracentrales se fusionan, pero la masa apical no se une a la apófisis odontoides propiamente dicha hasta la adolescencia".

#### 6.- DESARROLLO ARTICULAR.-

El modo de formación de las diversas articulaciones que conforman la encrucijada craneovertebral, es un claro exponente de cómo esta región ha sido frecuentemente estudiada, pero salvo honrosas excepciones, escasamente profundizada como lo denota el que todos los estudios realizados al respecto sean estudios muy parcelarios sobre determinados aspectos ó articulaciones en concreto, si exceptuamos la formación del cóndilo occipital sobre el cual ya hemos hablado cuando tratamos de la morfogénesis del occipital.

Así, observamos como un autor de la categoría de LE DOUBLE (1903) sólo afirma que "... En el adulto rara vez se encuentra una carilla medial en el borde anterior del agujero magno para articularse con la odontoides del axis". Sin embargo, BARDEEN (1908) sí realizó una descripción algo más detallada, afirmando que "... La articulación entre la masa lateral del atlas y la superficie articular superior del epistrofeo parece estar formada más bien en la membrana intervertebral, al contrario que en otras diartrosis intervertebrales que lo están en las membranas interdorsales. Esto

también es verdad para la diartrosis occipito-atloidea".

HAYEK (1923), por su parte, afirma que "... En la articulación occipito-axoidea encontramos una cavidad articular temporal entre la placa basal y el diente del axis en especímenes de 43 mm. y fetos mayores". Mientras que dos años más tarde GLADSTONE y WAKKLEY (1925) manifiestan que "... En los estadios tempranos del desarrollo no hay presentes signos de las articulaciones entre los cóndilos del hueso occipital y el atlas y no es hasta un periodo comparativamente más tardío que la posición en la que esta articulación se va a formar pueda ser distinguida".

Por su parte HESSER (1926) describió, en una reconstrucción de 26 mm., el cóndilo occipital como elipseide y encuentra que la superficie articular del atlas sería una magnífica cavidad articular receptora. Para DE BEER (1937), existe una marcada diferencia entre la faceta articular del occipital de los mamíferos primitivos (que según él es continua a través de la línea media de un cóndilo a otro) y las facetas del Hombre que según él son discontinuas.

RÜEGER en 1938 examinó modelos articulares del axis de diversos mamíferos, observando que en todos los casos, al menos parte si no todas las carillas articulares craneales del axis, surgen del cuerpo del atlas. Por su parte INGELMARK (1947) afirmó acerca del desarrollo articular de la región que "... Hasta la fase de 30 mm., los cóndilos del occipital están unidos a las masas laterales del atlas por tejidos ligeros. En ese momento, la articulación del atlas con el occipital comienza a desarrollarse, formándose en la

parte dorsal de dicho tejido un surco que se agranda rápidamente, de manera que toda la cavidad glenoidea está abierta cuando el embrión alcanza los 70 mm."

Un año más tarde KNESE (1948) sugirió una conexión directa entre la sincondrosis intraoccipital anterior y la zona libre de cartilago del cóndilo occipital.

Una de las descripciones más detalladas del desarrollo articular fué realizada por ANGULY y SINGH-ROY (1964) quienes declararon que "... En el feto, la articulación craneovertebral es una articulación primaria (primitiva) entre las facetas del atlas y las áreas condilares occipitales laterales. Estas dos áreas prominentes están formadas por la mitad anterior del arco neural del proatlas, y están conectadas entre sí por el semilunar e indiscernible condylus tertius ó elemento basiventral del proatlas transportado a la región occipital. Las facetas articulares anteriores del atlas destinadas a articularse con las áreas condilares occipitales laterales son la parte posterior del arco neural del proatlas transportado al atlas". Y continúan que "... La articulación craneovertebral está, por lo tanto, principalmente formada como una articulación arcualiar, por la división del arco neural del proatlas en una mitad anterior y otra posterior. Su mitad anterior forma las dos alas laterales de los cóndilos occipitales, mientras que la mitad posterior va al atlas a formar sus prezigapófisis ó carillas articulares anteriores para los así llamados cóndilos occipitales".

Por su parte, JENKINS (1969) insistió en que sólo unos pocos autores han reconocido la importancia de la articulación transversa del axis en la delimitación de los cuerpos del atlas y axis.

PRESLEY y HALLMAN (1980) coinciden parcialmente con las afirmaciones anteriormente mencionadas de GANGULY y SINGH-ROY (1964) cuando afirman que "... El arco proatloideo se incorpora en el atlas como la porción dorsal de la carilla articular superior destinada al cóndilo occipital". Afirmación con la que también están de acuerdo O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983). Estos últimos al referirse a la articulación occipito-atloidea, afirman que "... No se observó una cavidad occipito-atloidea en los embriones estudiados, pero sí un inicio de cavitación periférica en el feto; estando el canal hipogloso claramente a la altura del cóndilo en el estadio 23".

Estos mismos autores (O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983), afirman de la articulación occipito-axoidea que "... En el adulto, raramente se encuentra una carilla medial en el margen anterior del foramen magnum para articularse con la apófisis odontoides del axis. Por otra parte, una proyección del occipital (el tercer cóndilo) puede (ó no) articularse con uno de los dos ápices de la apófisis odontoides ó con el borde superior del arco anterior del atlas". Para estos autores el hallazgo de tal carilla articular sobre el borde anterior del foramen magnum sería una anomalía, ya que manifiestan que "... La apófisis odontoides, al principio ocupa una alta posición en relación con la placa basal y puede incluso penetrar en el foramen magnum"; lo cual coincide con los hallazgos de HAYEK (1923)

y continúan: "... Estas relaciones nos hacen recordar las observadas después del parto y así llamadas impresión basilar, la cual es una hipoplasia occipital. La apófisis odontoides desciende respecto del basi-occipital durante el periodo fetal. El fracaso ó fallo en esta migración de la extremidad craneal de la columna vertebral puede ser responsable de ciertas anomalías en la región craneovertebral, por ejemplo: una carilla articular sobre el borde anterior del agujero magno". y concluyen que "... Los procesos articulares emigran de una situación sagital a otra coronal más tarde, y esta alteración parece estar asociada con el correspondiente cambio en la situación de los ganglios espinales".

#### 7.- FORMACIONES LIGAMENTOSAS .-

El análisis bibliográfico del desarrollo de las formaciones ligamentosas de la región craneovertebral demuestra lo someramente que se ha estudiado determinados aspectos de esta región. Y así el que un autor de la categoría de BARDEEN (1908) tras afirmar que "...A partir del tejido derivado del primer y segundo esclerotonos y no utilizado en la formación del atlas y epistrofeo se derivan los diversos ligamentos que unen estos huesos"; manifieste que "... Los detalles de la formación de estos ligamentos son demasiado complejos para describirlos aquí"; sin que posteriormente haga un estudio al respecto (al menos así nos consta a nosotros), no indica otra cosa que la exactitud de nuestra aseveración.

Desde entonces muchos han sido los autores de primera línea que han tocado el tema de las formaciones ligamentosas, pero

decimos bien cuando afirmamos que han tocado el tema, pues la mayoría han pasado sobre estas estructuras como sobre ascuas.

Así, DAVES en 1930 sólo afirmaba al respecto que "... La parte más dorsal del proatlas, junto con el tejido derivado de la parte más dorsal del disco pericardal, forma el *ligamentum transversum atlantis*". Mientras que JOHNSTON y WHILLIS (1945) únicamente manifiestan que "... El *ligamentum apicis dentis* puede contener restos de *notocorda* en su sustancia", y lo consideran como un disco intervertebral rudimentario.

Por su parte, un autor de la talla de INGELMARK (1947) sólo manifiesta que "... En la mayor parte de los embriones con menos de 50 mm. de longitud VC, existe una unión fibrosa entre las extremidades de los pilares occipitales y las extremidades dorsales de los dos esbozos del arco posterior del atlas. Se puede ver en esta unión fibrosa un estazo de los ligamentos inter y supraespinosos entre el atlas y el esbozo del hueso occipital".

SENSENIG (1949) coincide también con los anteriormente mencionados JOHNSTON y WHILLIS (1945) cuando afirma que "... El ligamento apical de la apófisis odontoides es un vestigio funcional de la *notocorda*". Por otra parte, LUDWIG (1953) reconoce el anlage de los ligamentos transversos, alar y apical en especímenes tan tempranos como el embrión de 20 mm.

Volviendo a SENSENIG (1957), este autor manifiesta que "... El

rudimento del arco proatloideo, se observa, participa en la formación de los ligamentos alares, así como en la formación de otros ligamentos de la articulación occipito-atloidea". Manifestación que muestra por si misma la vaguedad de sus observaciones acerca de las estructuras ligamentosas.

Quizás uno de los estudios más extensos correspondan a GANGULY y SINGH-ROY (1964) quienes manifiestan que "... El núcleo del centrum del proatlas se metamorfosea en un ligamento que contiene restos de notocorda. Es el llamado ligamentum apicis dentis, mientras que las masas dorsales y laterales, tras la formación de este ligamento apical de la apófisis odontoides forman conjuntamente los ligamentos «check» ó alares". Y coinciden con DAVES (1930) al manifestar que "... El vestigio del tubo pericardal externo de la cara dorsal permanece sin osificar y finalmente se convierte en el ligamentum transversum atlantis"; para terminar afirmando que "... El centrum del proatlas no toma parte, en el Hombre, ni en la formación del cóndilo occipital, ni de la extremidad de la estaca odontoidea. Sin embargo, en la condición embrionaria forma la porción apical de la odontoides que después se metamorfosea en el ligamentum apicis dentis".

Por último, O'RAHILLY, MÜLLER y MEYER (1983) en su estupendo estudio de la zona en el estadio 23 describen estas estructuras de la siguiente forma: "... La odontoides estaba anclada a los cóndilos occipitales por los ligamentos alares, que eran muy densos. Sus fibras se extienden principalmente a la parte lateral de la

odontoides, aunque algunas se dirigen anterior y posteriormente para rodear la odontoides. Las fibras del ligamento transversal se unían a las fibras posteriores más inferiores de los ligamentos alares. En la zona donde la notocorda abandona la odontoides, algunas células mesenquimales estaban dispuestas en dirección paralela (y también cubriéndola) a la notocorda. Sin embargo, no había fibras colágenas en el lugar correspondiente al ligamento apical de la odontoides".

\*\*\*\*\*

---

**MATERIAL**

**Y**

**METODOS**

El material utilizado para la realización de la presente Tesis Doctoral pertenece a las Embriotecas del Instituto F. Olóriz y al Departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Granada.

Dicho material, según estadios y procedencia, es el que sigue:

1.- Embrioteca del Departamento de Ciencias Morfológicas:

- Estadio 20 de O'Rahilly:

- Embrión humano: J.D.-7, de 19 mm.
- Embrión humano: J.D.-19, de 19 mm.
- Embrión humano: J.D.-2, de 20 mm.

2.- Embrioteca del Instituto F. Olóriz:

- Estadio 18 de O'Rahilly:

- Embrión humano: B.E.-1, de 16'5 mm.

- Estadio 19 de O'Rahilly:

- Embrión humano: G.G.-1, de 17 mm.
- Embrión humano: X.-12, de 18 mm.

- Estadio 20 de O'Rahilly:

- Embrión humano: E.H.-19, de 19 mm.
- Embrión humano: H.A.-2, de 19 mm.
- Embrión humano: B.B.-5, de 20 mm.
- Embrión humano: P.T.-9, de 20 mm.

- **Estadio 21 de O'Rahilly:**

- Embrión humano: M.A.-7, de 22 mm.
- Embrión humano: X.-6, de 22'5 mm.
- Embrión humano: P.E.-8, de 23 mm.
- Embrión humano: C.H.-1, de 24 mm.
- Embrión humano: X.-14, de 24 mm.

- **Estadio 22 de O'Rahilly:**

- Embrión humano: E.A.-3, de 24'5 mm.
- Embrión humano: B.B.-4, de 26 mm.
- Embrión humano: G.V.-4, de 27 mm.
- Embrión humano: N.A.-2, de 27'5 mm.
- Embrión humano: H.E.-1, de 28 mm.
- Embrión humano: F.A.-5, de 28 mm.

- **Estadio 23 de O'Rahilly:**

- Embrión humano: N.A.-1, de 29 mm.
- Embrión humano: R.I.-4, de 29 mm.
- Embrión humano: B.B.-2, de 30 mm.
- Embrión humano: X.-18, de 30 mm.
- Embrión humano: H.-23, de 31 mm.
- Embrión humano: X.-4, de 31 mm.

- **Periodo Fetal, novena semana del desarrollo:**

- Feto humano: H.-23, de 33 mm.
- Feto humano: M.A.-4, de 35 mm.
- Feto humano: X.-12, de 35 mm.

- Feto humano: C.A.-1, de 35 mm.
- Feto humano: R.I.-1, de 38 mm.
- Feto humano: B.B.-1, de 39 mm.
- Feto humano: H.-19, de 39 mm.
- Feto humano: G.V.-3, de 41 mm.
- Feto humano: A.M.-1, de 41 mm.

**- Periodo Fetal, décima semana del desarrollo:**

- Feto humano: P.E.-7, de 41 mm.
- Feto humano: Z.O.-1, de 42 mm.
- Feto humano: S.A.-1, de 44 mm.
- Feto humano: G.V.-1, de 45 mm.
- Feto humano: M.A.-3, de 46 mm.
- Feto humano: S.A.-3, de 48 mm.
- Feto humano: X.-8, de 50 mm.

**- Periodo Fetal, décimo primera semana del desarrollo:**

- Feto humano: M.A.-2, de 50 mm.
- Feto humano: M.A.-1, de 52 mm.
- Feto humano: B.B.-3, de 53 mm.
- Feto humano: X.-11, de 53 mm.

**- Periodo Fetal, décimo segunda semana del desarrollo:**

- Feto humano: H.-4, de 62 mm.
- Feto humano: S.A.-4, de 65 mm.
- Feto humano: P.E.-3, de 70'5 mm.
- Feto humano: J.M.-1, de 80 mm.

- Feto humano: O.L.-1, de 83 mm.

- Período Fetal, décimo tercera semana del desarrollo:

- Feto humano: Z.O.-2, de 102 mm.

Este material fué estudiado en forma seriada, analizando el origen y desarrollo embriológico y fetal de los elementos constitutivos del complejo articular de la región craneovertebral humana.

De todos los embriones y fetos humanos estudiados, y para evitar repeticiones innecesarias en las descripciones, seleccionamos, por representar los momentos culminantes en la cronología evolutiva de la región craneovertebral, una serie de ellos, cuyo estudio nos va a permitir hacer un seguimiento desde la fase de anlage hasta su desarrollo final. Los ejemplares seleccionados y sus respectivas características pueden encontrarse al final de este capítulo.

Los embriones y fetos estudiados tienen un tamaño que oscila entre los 16'5 y los 102 mm. de longitud.

En su día, y por los respectivos servicios de las citadas embriotecas, siguiendo las técnicas habituales de laboratorio, fueron fijados en formol neutro al 10% durante 24-72 horas, seguidamente se deshidrataron con etanol a concentraciones crecientes, aclarando con benzoato de metilo y benzol, para más tarde hacer su inclusión en parafina de P.F. a 58-60°; con posterioridad se cortaron los bloques

en series transversales, todos los especímenes excepto los E.A.-3, A.M.-1, X.-8 y Z.O.-2, que lo fueron sagitalmente, con un grosor de corte aproximado de 10-15 micras. La tinción de los citados cortes se hizo a base de Hematoxilina de Harris y Eosina.

Hemos hecho un estudio morfodescriptivo, con un microscopio óptico convencional Orthoplan, con cámara fotográfica modelo Vario-Orthomat 2, de una serie de planos de sección de los diferentes embriones y fetos.

Elegimos de la seriación completa aquellos planos que consideramos de mayor utilidad, para cumplir el objetivo de nuestro trabajo de investigación.

Los embriones y fetos humanos que presentamos tienen las siguientes características:

PROTOCOLO -1-

- Embrión humano: B.E.-1.
- Estadio: 18 de O'Rahilly.
- Longitud: 16'5 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

PROTOCOLO -2-

- Embrión humano: G.G.-1.
- Estadío: 19 de O'Rahilly.
- Longitud: 17 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

PROTOCOLO -3-

- Embrión humano: E.H.-19.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Longitud: 19 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Embrión humano: H.A.-2.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Longitud: 19 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Embrión humano: J.D.-7.

- Estadío: 20 de O'Rahilly.

- Longitud: 19 mm.

- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Departamento de Ciencias Morfológicas.

Universidad de Granada

- Embrión humano: J.D.-2.

- Estadío: 20 de O'Rahilly.

- Longitud: 20 mm.

- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Departamento de Ciencias Morfológicas.

Universidad de Granada.

- Embrión humano: P.T.-9.

- Estadío: 20 de O'Rahilly.

- Longitud: 20 mm.

- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de

Granada.

---

PROTOCOLO -4-

- Embrión humano: M.A.-7.
- Estadio: 21 de O'Rahilly.
- Longitud: 22 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Embrión humano: P.E.-8.
- Estadio: 21 de O'Rahilly.
- Longitud: 23 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Embrión humano: C.H.-1.
- Estadio: 21 de O'Rahilly.
- Longitud: 24 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Embrión humano: X.-14.
- Estadío: 21 de O'Rahilly.
- Longitud: 24 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

PROTOCOLO -5-

- Embrión humano: E.A.-3.
- Estadío: 22 de O'Rahilly.
- Longitud: 24'5 mm.
- Cortes: Sagitales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Embrión humano: H.E.-1.
- Estadío: 22 de O'Rahilly.
- Longitud: 28 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

---

PROTOCOLO -6-

- Embrión humano: N.A.-1.
- Estadio: 23 de O'Rahilly.
- Longitud: 29 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Embrión humano: X.-4.
- Estadio: 23 de O'Rahilly.
- Longitud: 31 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

PROTOCOLO -7-

- Feto Humano: R.I.-1.
- Periodo fetal: Novena semana del desarrollo.
- Longitud: 38 mm.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Feto humano: G.V.-3.

- Periodo fetal: Novena semana del desarrollo.

- Longitud: 41 mm.

- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Feto humano: A.M.-1.

- Periodo fetal: Novena semana del desarrollo.

- Longitud: 41 mm.

- Cortes: Sagitales de 10 micras de espesor.

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

PROTOCOLO -8-

- Feto humano: G.V.-1.

- Periodo fetal: Décima semana del desarrollo.

- Longitud: 45 mm.

- Cortes: Transversales de 12 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Feto humano: M.A.-3.
- Periodo fetal: Décima semana del desarrollo.
- Longitud: 46 mm.
- Cortes: Transversales de 12 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Feto humano: X.-8.
- Periodo fetal: Décima semana del desarrollo.
- Longitud: 50 mm.
- Cortes: Sagitales de 12 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

---

PROTOCOLO -9-

- Feto humano: M.A.-1.
- Periodo fetal: Undécima semana del desarrollo.
- Longitud: 52 mm.
- Cortes: Transversales de 12 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Feto humano: B.B.-3
- Periodo fetal: Undécima semana del desarrollo.
- Longitud: 53 mm.
- Cortes: Transversales de 12 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

PROTOCOLO -10-

- Feto humano: S.A.-4.
- Periodo fetal: Duodécima semana del desarrollo.
- Longitud: 65 mm.
- Cortes: Transversales de 15 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

---

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

- Feto humano: P.E.-3.

- Periodo fetal: Duodécima semana del desarrollo.

- Longitud: 70'5 mm.

- Cort.:s: Transversales de 15 micras de espesor.

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

PROTOCOLO -11-

- Feto humano: Z.O.-2.

- Periodo fetal: Décimo tercera semana del desarrollo.

- Longitud: 102 mm.

- Cortes: Sagitales de 15 micras de espesor.

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.

- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

\*\*\*\*\*

---

DESCRIPCION

DE

FIGURAS

PROTOCOLO -1-

- Embrión humano: B.E.-1.
- Longitud: 16'5 mm.
- Estadío: 18 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad  
de Granada.
- Figuras: 12.

Descripción de figuras

---

Fig. 1-1

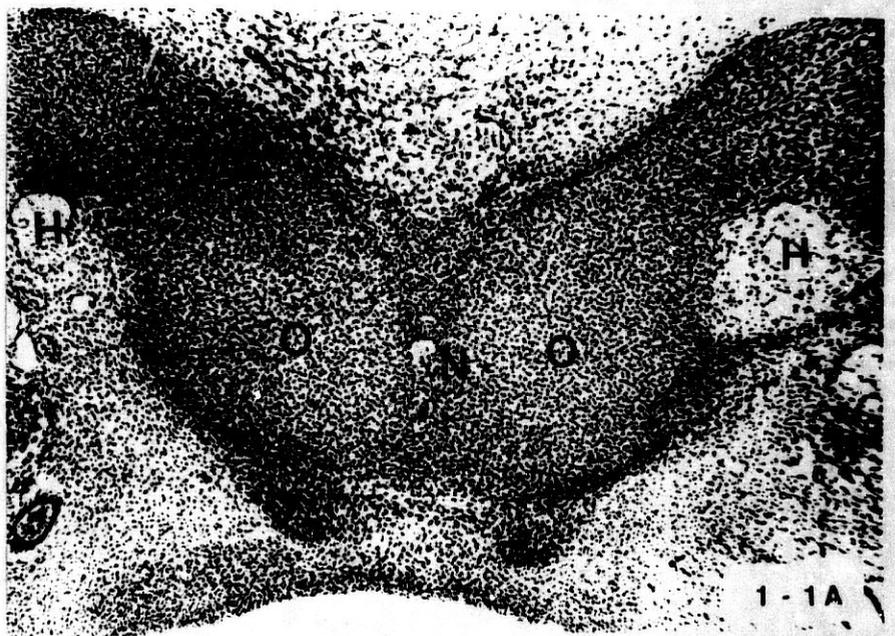
- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 15-II-2 (4x).
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.

Fig. 1-1A

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 15-II-2 (10x).
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.

Fig. 1-2

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 15-II-5 (4x).
- H :Nervio hipogloso.
- O :Basioccipital.



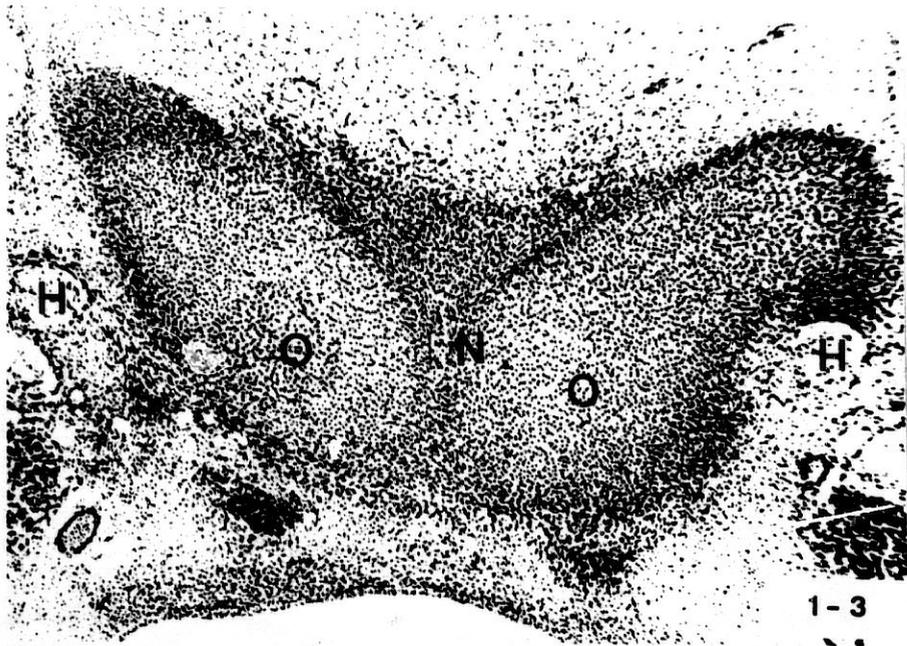


Fig. 1-3

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 15-III-3 (10x).
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.

Fig. 1-4

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 15-IV-2 (4x).
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- 4 :Futura interlínea occipito-atloidea.

Fig. 1-5

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 15-V-3 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 4 :Futura interlínea occipito-atloidea.

Descripción de figuras

---

Fig. 1-6

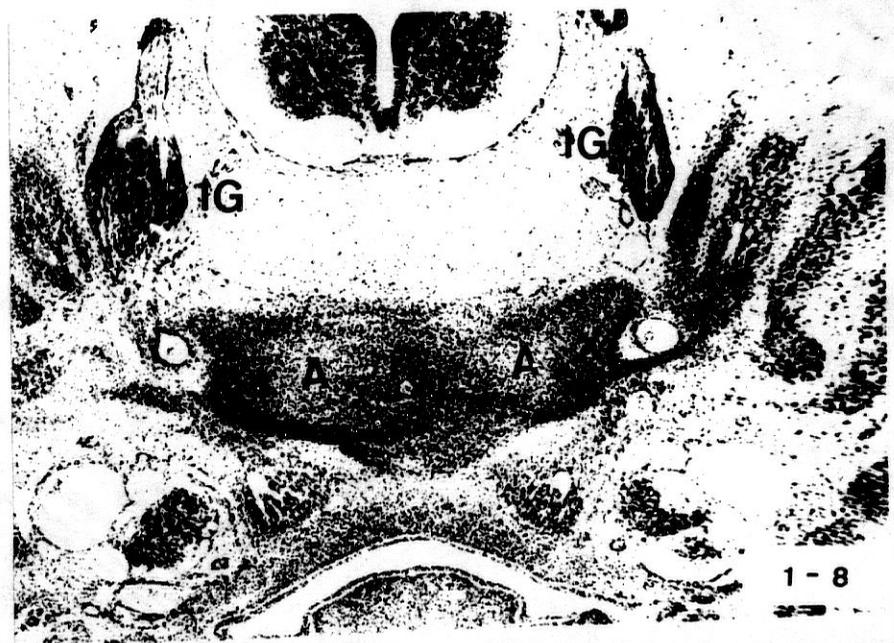
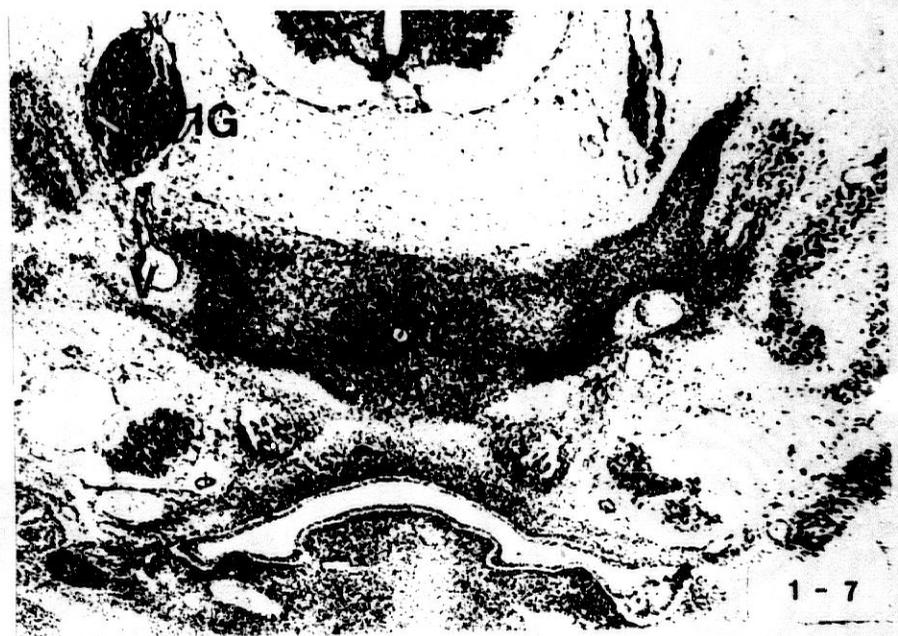
- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 16-I-3 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 4 :Futura interlínea occipito-atloidea.

Fig. 1-7

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 16-II-2 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.

Fig. 1-8

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 16-II-5 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- X :Axis.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.



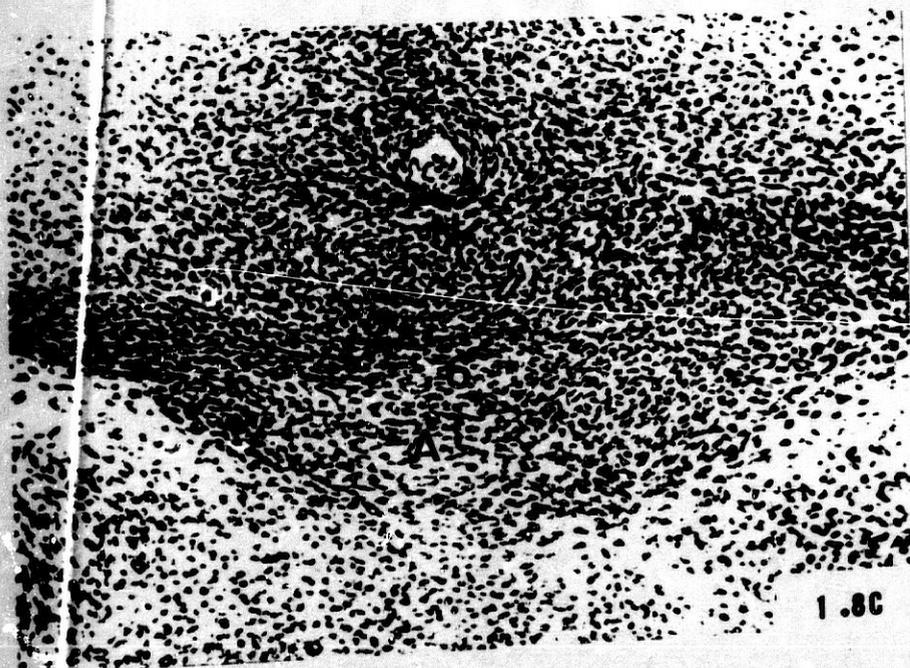
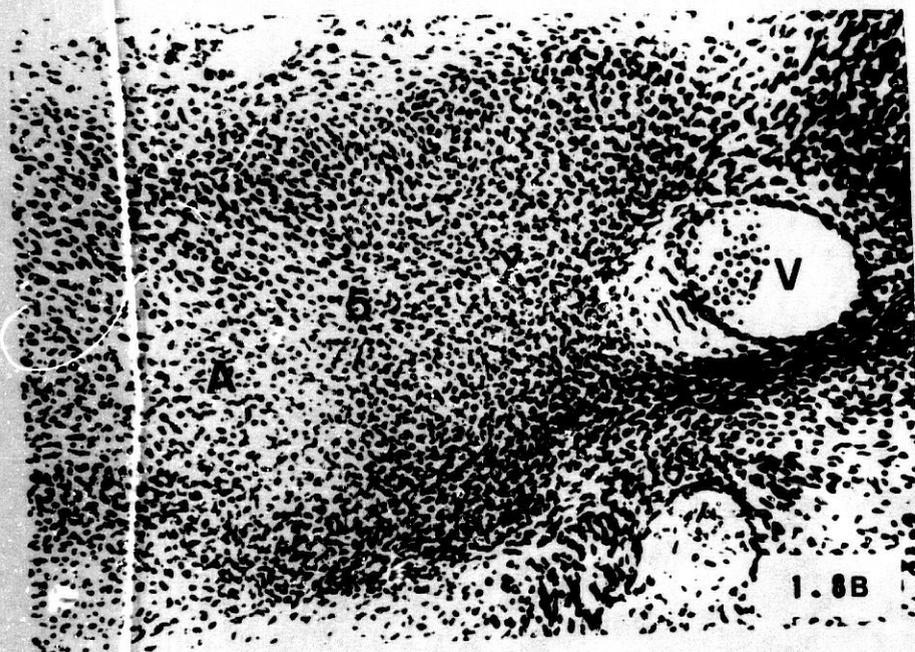
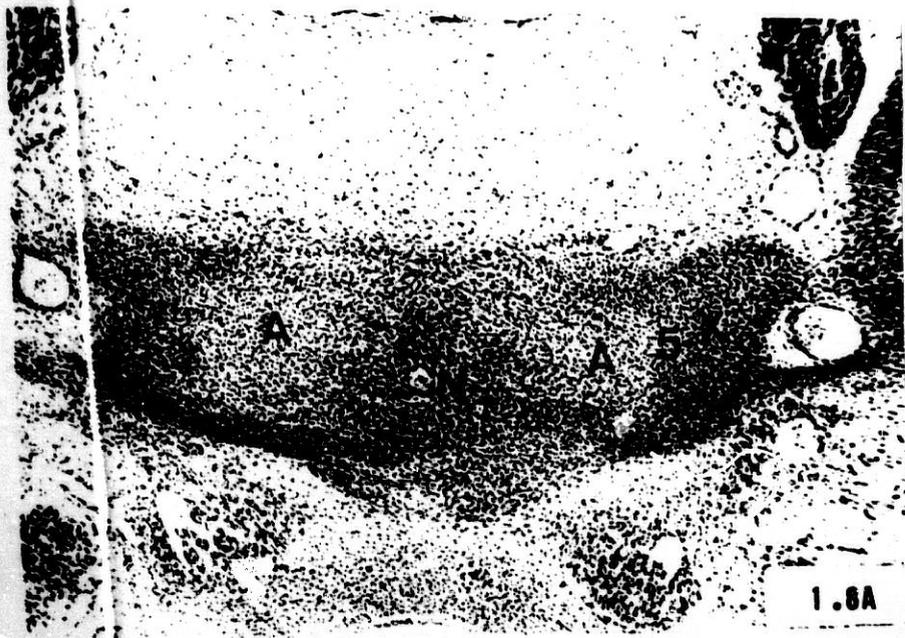


Fig. 1-8A

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 16-II-5 (10x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- X :Axis.
- 5 :Futura interlínea atlo-axoidea lateral

Fig. 1-8B

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 16-II-5 (25x).
- A :Atlas.
- V ;Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Futura interlínea atlo-axoidea lateral.

Fig. 1-8C

- Embrión humano: B.E.-1 (16'5 mm.).
- Corte: 16-II-5 (25x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- 6 :Futura interlínea atlanto-odontoidea.

PROTOCOLO -2-

- Embrión humano: G.G.-1.
- Longitud: 17 mm.
- Estadío: 19 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.
- Figuras: 7.

Descripción de figuras

---

Fig. 2-1

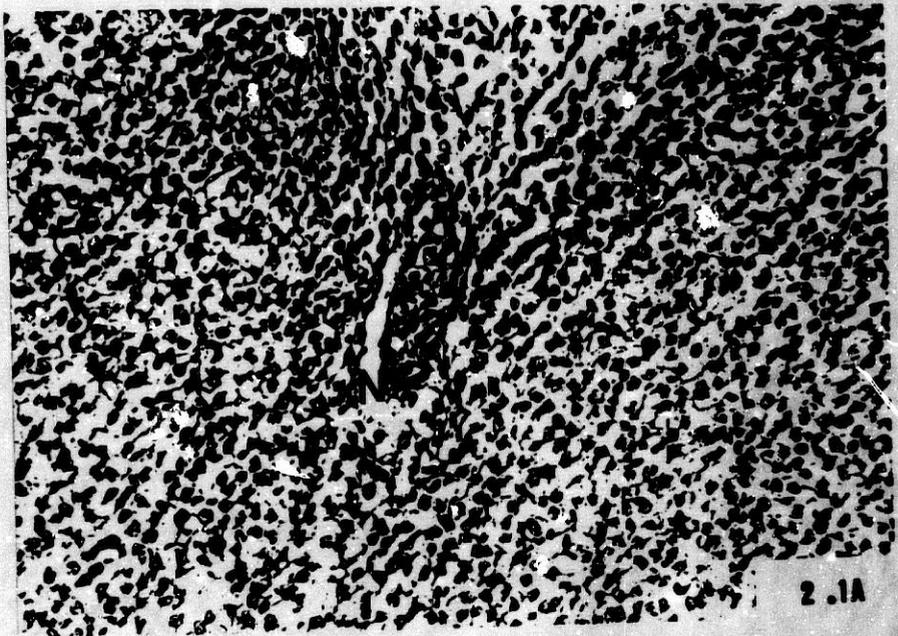
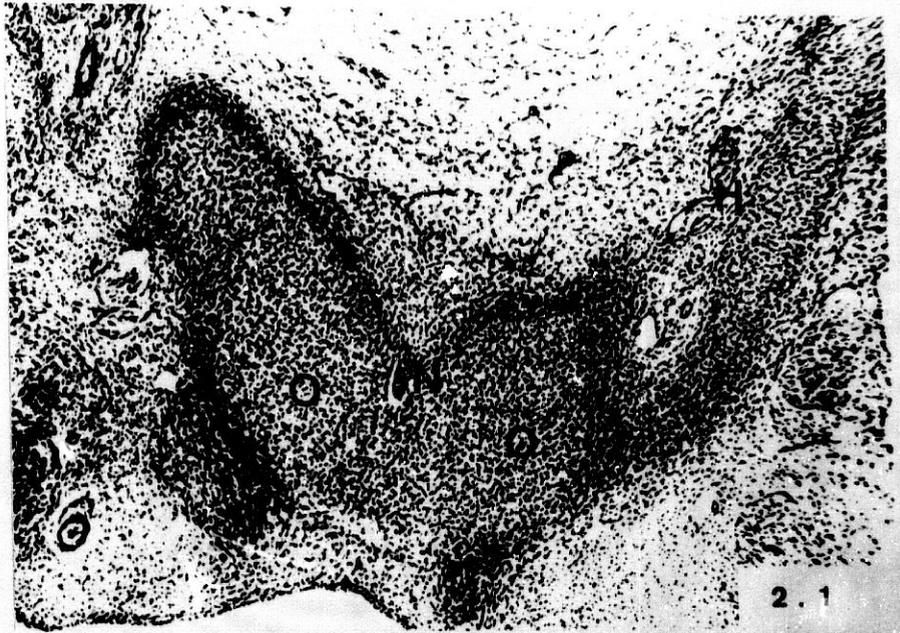
- Embrión humano: G.G.-1 (17 mm.).
- Corte: 14A-I-2 (10x).
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.

Fig. 2-1A

- Embrión humano: G.G.-1 (17 mm.).
- Corte: 14A-I-2 (40x).
- N :Notocorda.

Fig. 2-2

- Embrión humano: G.G.-1 (17 mm.).
- Corte: 14A-I-5 (4x).
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.



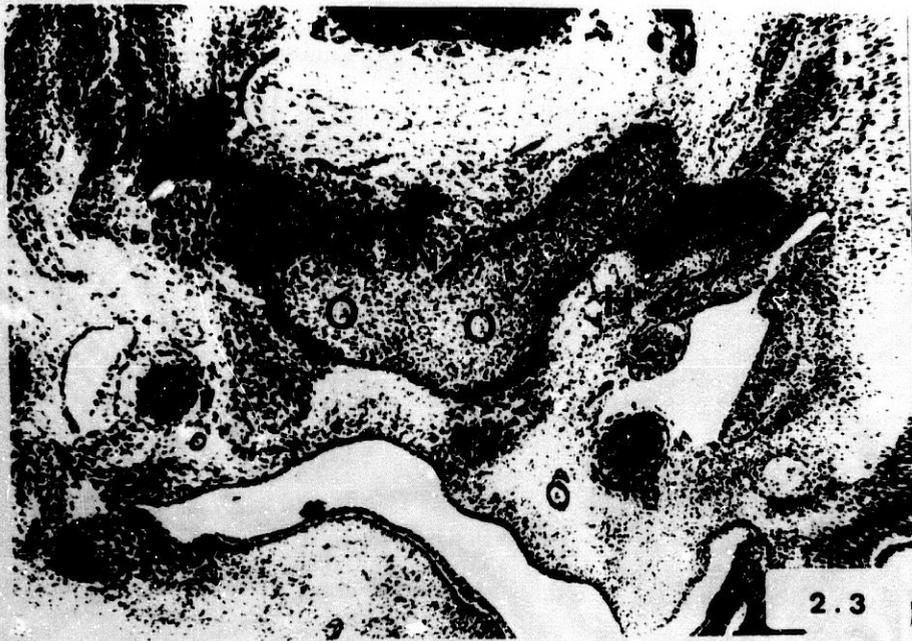


Fig. 2-3

- Embrión humano: G.G.-1 (17 mm.).
- Corte: 14A-II-5 (4x).
- A :Atlas.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 4 :Futura interlínea articular occipito-atloidea.

Fig. 2-4

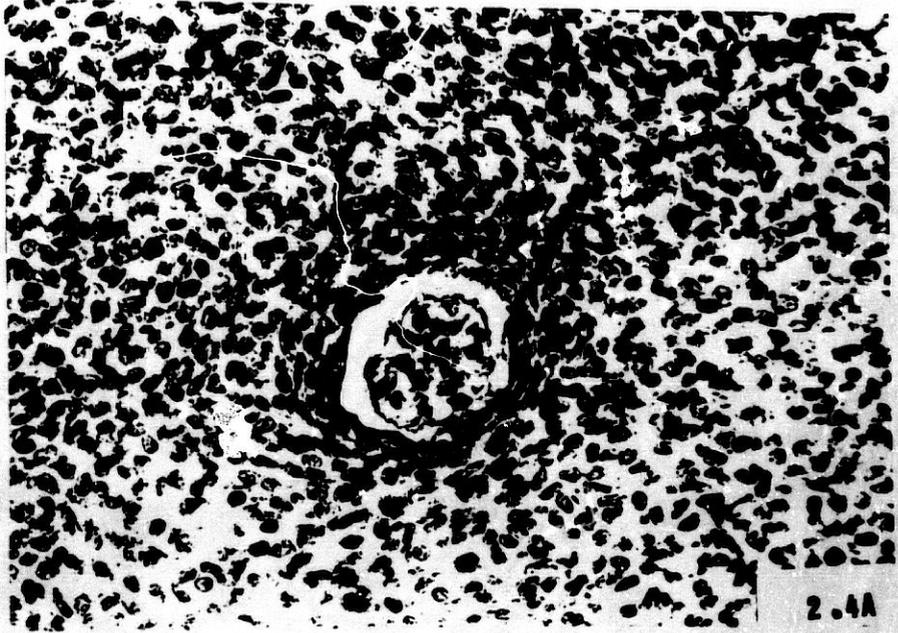
- Embrión humano: G.G.-1 (17 mm.).
- Corte: 15A-I-6 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 4 :Futura interlínea articular occipito-atloidea.

Fig. 2-4A

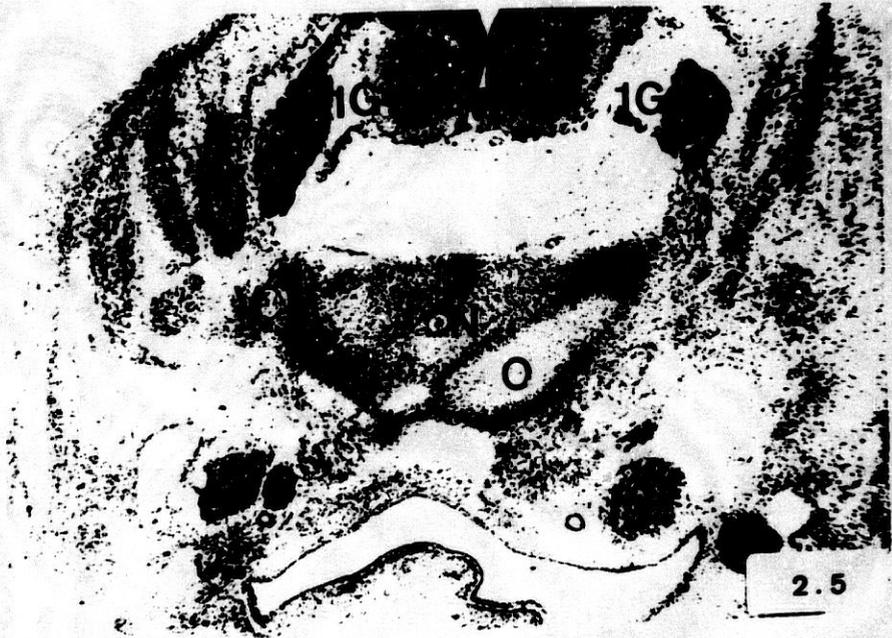
- Embrión humano: G.G.-1 (17 mm.).
- Corte: 15A-I-6 (40x).
- N :Notocorda.

Fig. 2-5

- Embrión humano: G.G.-1 (17 mm.).
- Corte: 15B-I-5 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 4 :Futura interlínea articular occipito-atloidea.



2.4A



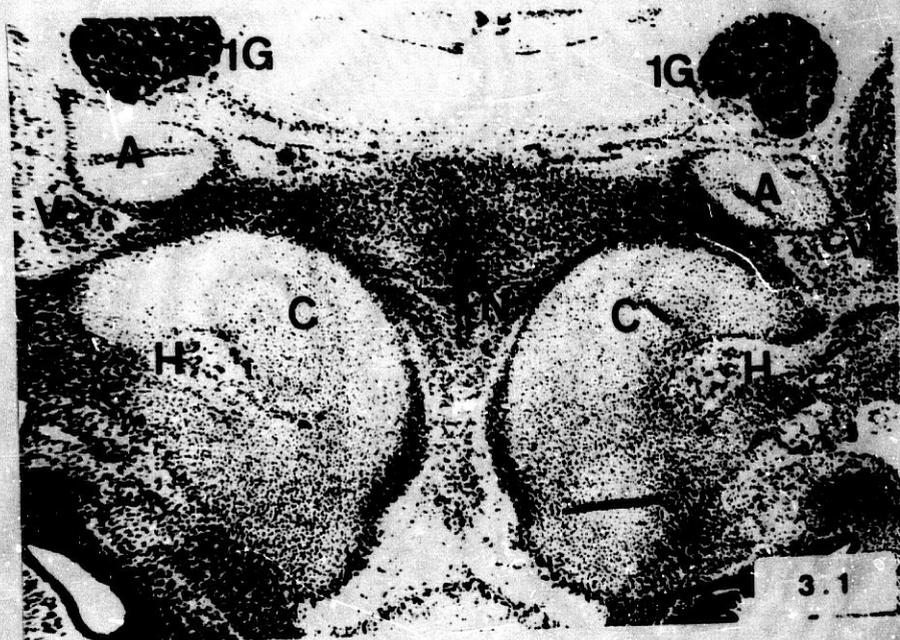
2.5

PROTOCOLO -3-

- Embrión humano: E.H.-19.
- Longitud: 19 mm.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad  
de Granada.
- Figuras: 9.

Fig. 3-1

- Embrión humano: E.H.-19 (19 mm.).
- Corte: 40-II-3 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Futura interlínea occipito-atloidea.



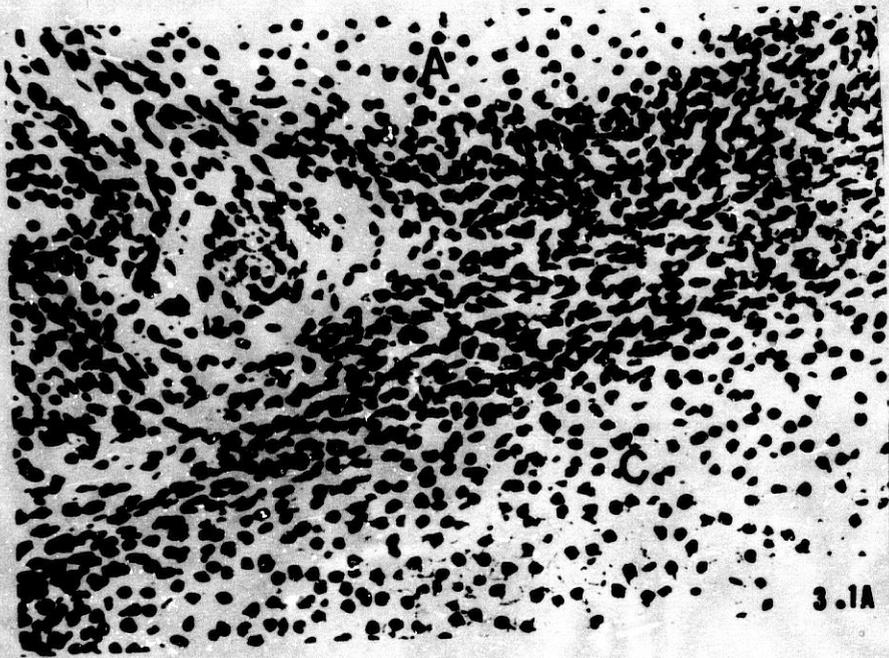


Fig. 3-1A

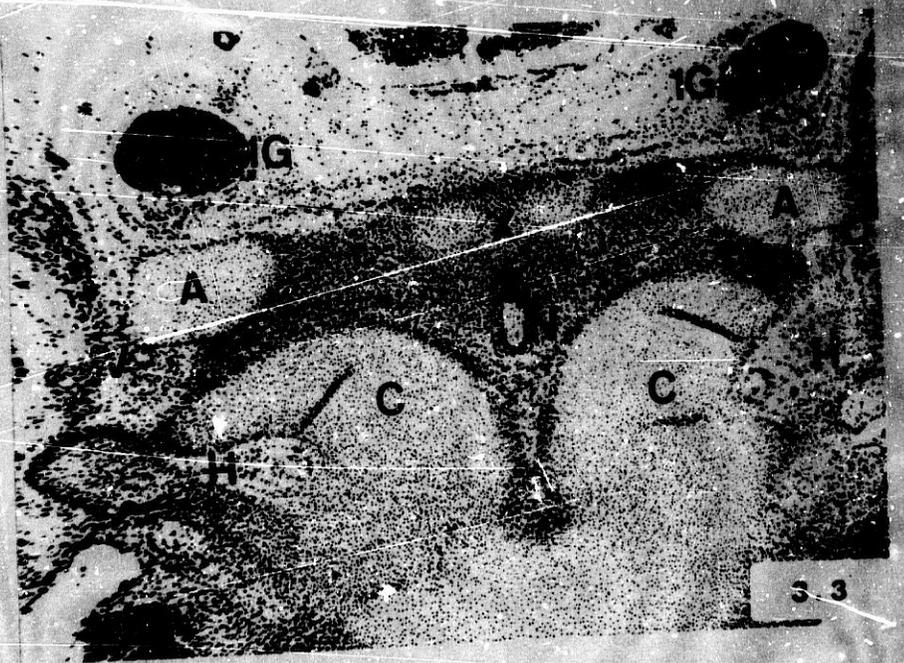
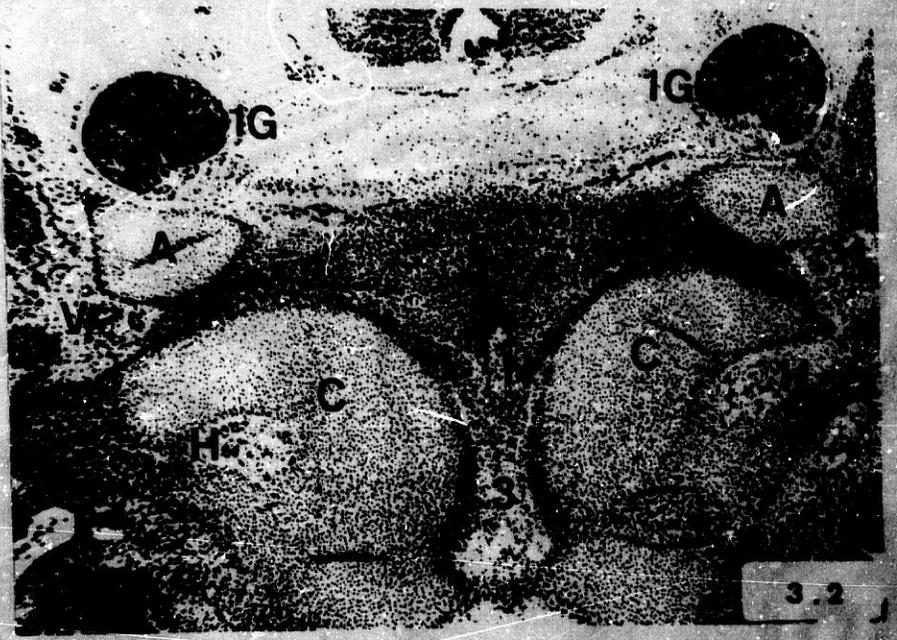
- Embrión humano: E.H.-19 (19 mm.).
- Corte: 40-II-3 (25x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- 4 :Futura interlínea occipito-atloidea.

Fig. 3-2

- Embrión humano: E.H.-19 (19 mm.).
- Corte: 40-II-5 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- B :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 2 :Ligamentos alares.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.
- 4 :Futura interlínea occipito-atloidea.

Fig. 3-3

- Embrión humano: E.H.-19 (19 mm.).
- Corte: 41-I-5 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 4 :Futura interlínea occipito-atloidea



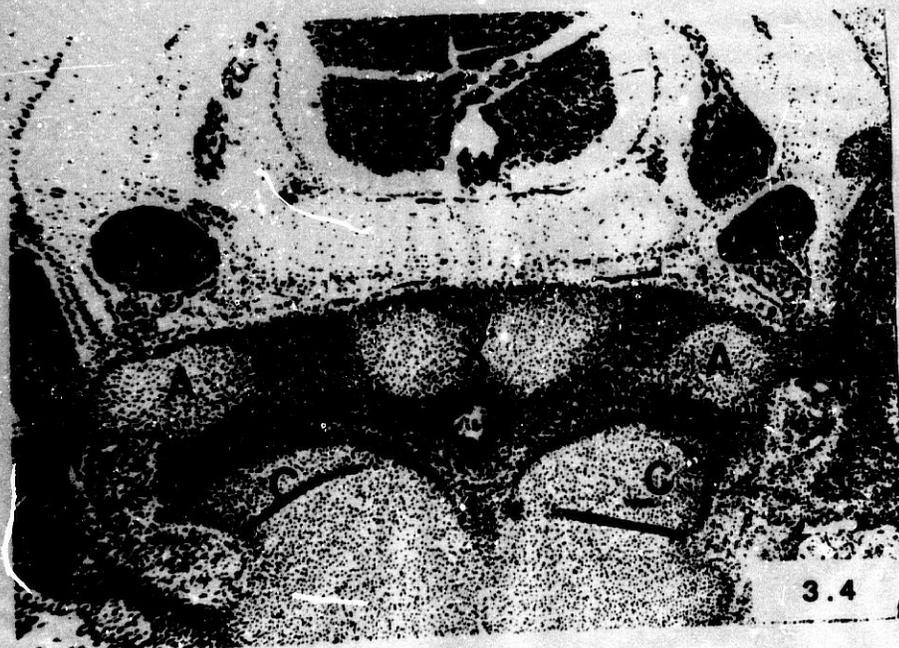


Fig. 3-3A

- Embrión humano: E.H.-19 (19mm.).
- Corte: 41-I-5 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- N :Notocorda.
- X :Axis.
- 4 :Futura interlínea articular occipito-atloidea.

Fig. 3-4

- Embrión humano: E.H.-19 (19 mm.).
- Corte: 41-II-4 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 3-4A

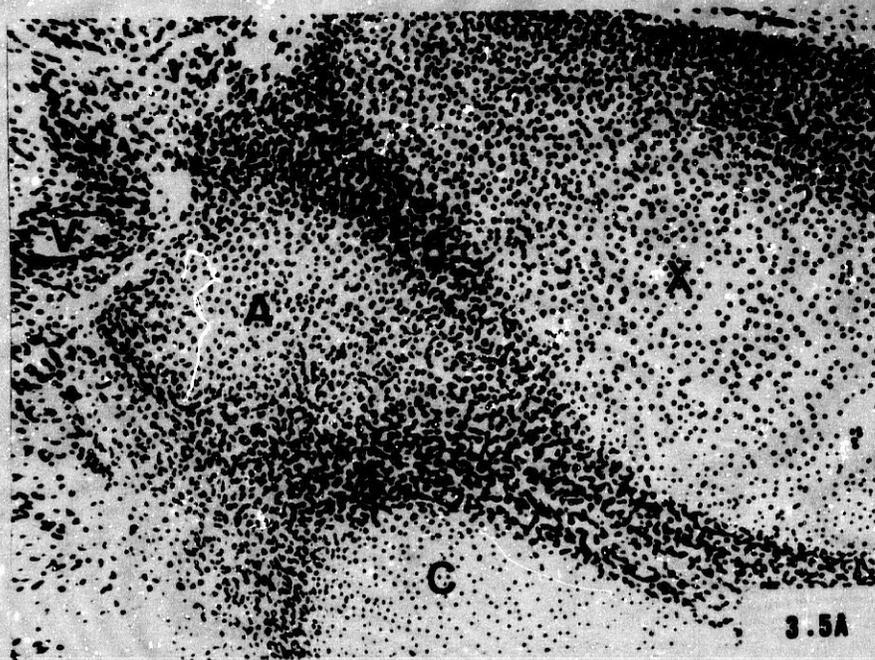
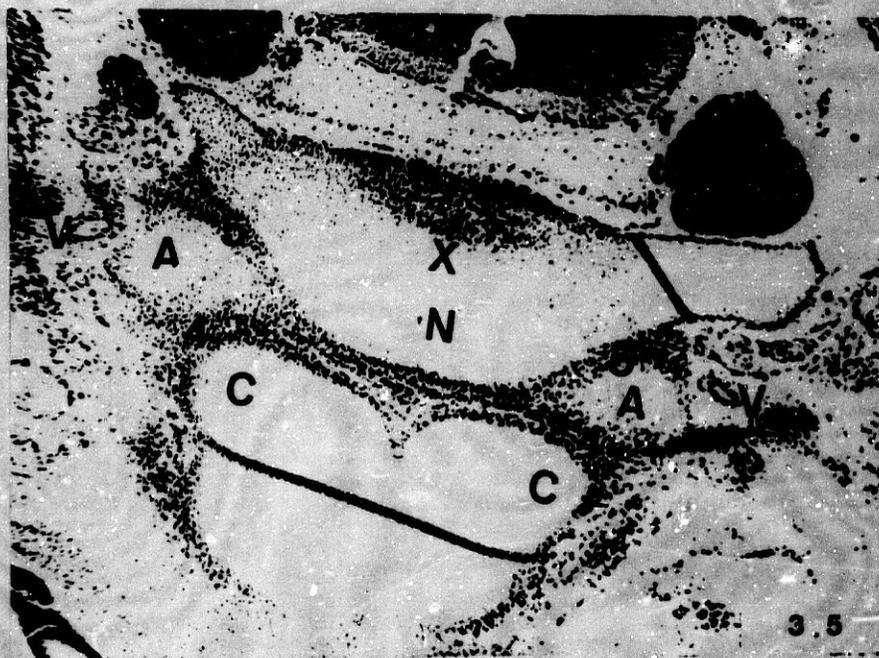
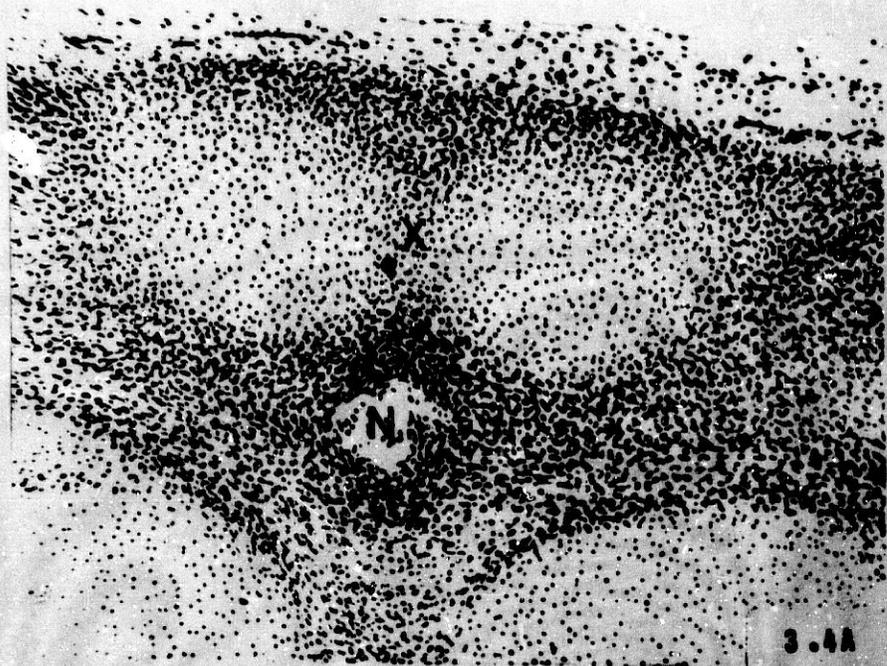
- Embrión humano: E.H.-19 (19mm.).
- Corte: 41-II-4 (10x).
- N :Notocorda.
- X :Axis.

Fig. 3-5

- Embrión humano: E.H.-19 (19mm.).
- Corte: 42-II-5 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebralk.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 3-5A

- Embrión humano: E.H.-19 (19 mm.).
- Corte: 42-II-5 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.



PROTOCOLO -3- (Cont.)

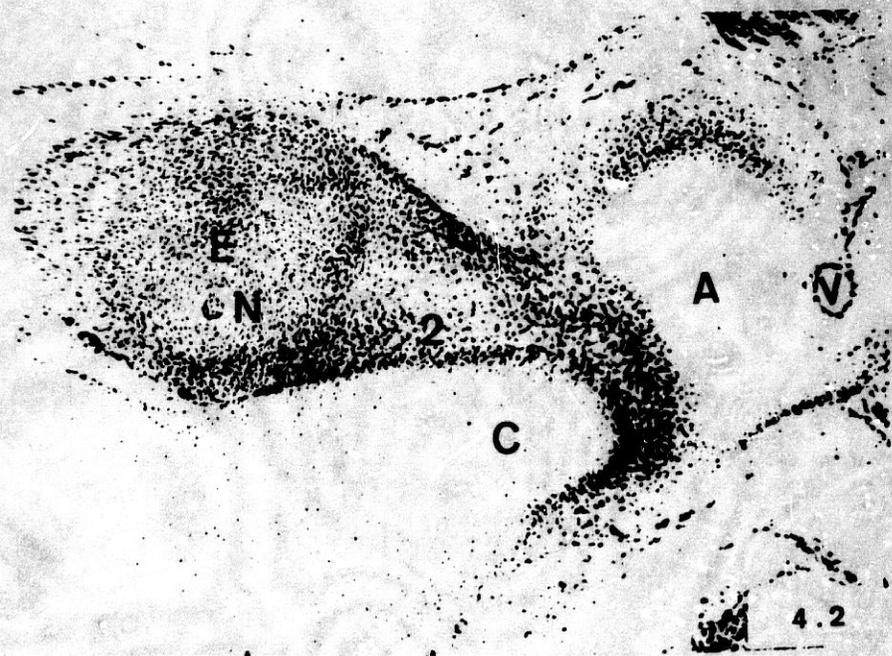
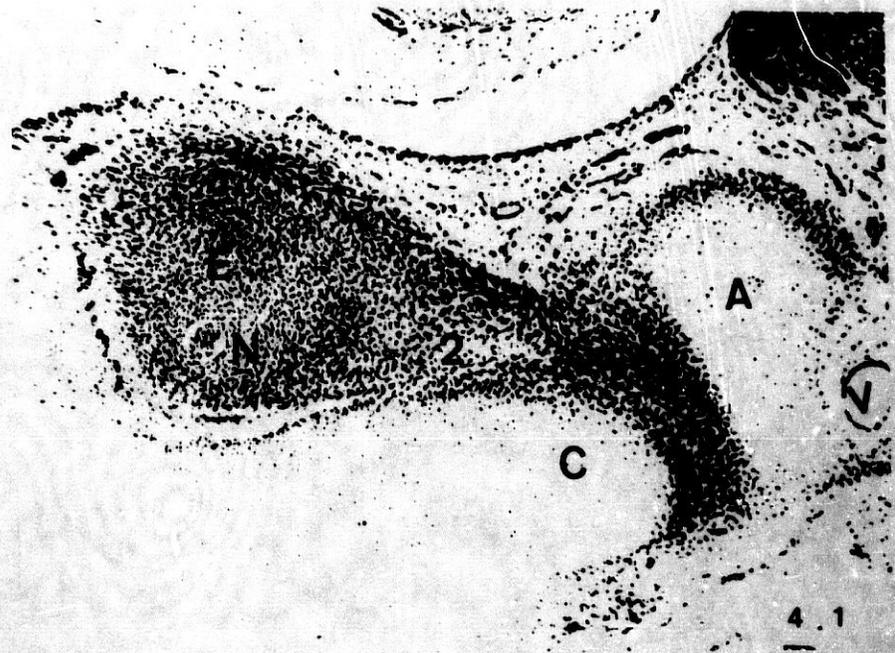
- Embrión humano: H.A.-2.
- Longitud: 19 mm.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.
- Figuras: 12.

Fig. 4-1

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 24-I-6 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 4-2

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 24-II-5 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.



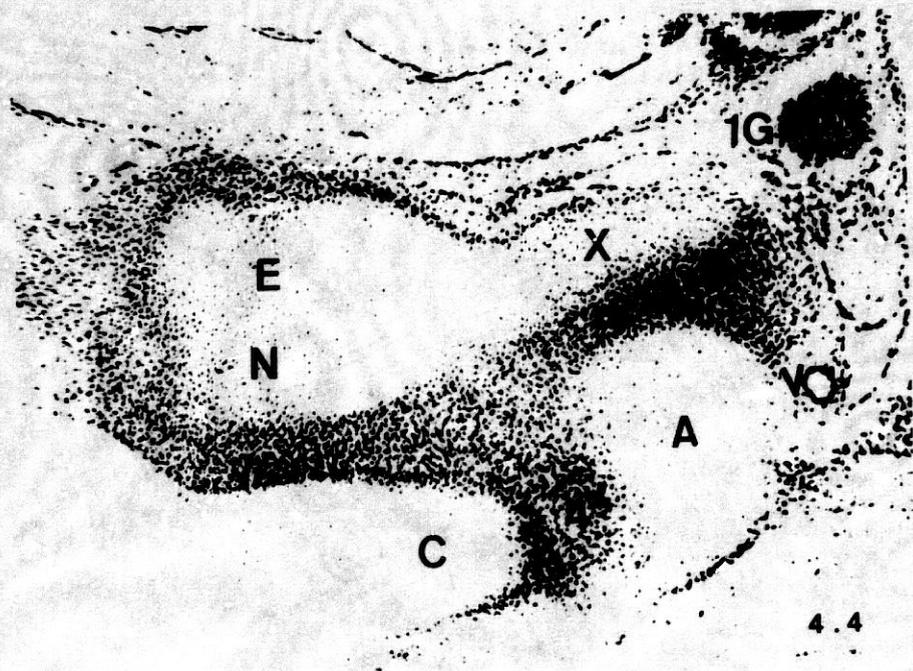


Fig. 4-3

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 24-II-5 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 4-4

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 24-III-6 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 4-5

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 25-I-5 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 4-5A

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 25-I-5 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- X :Axis.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

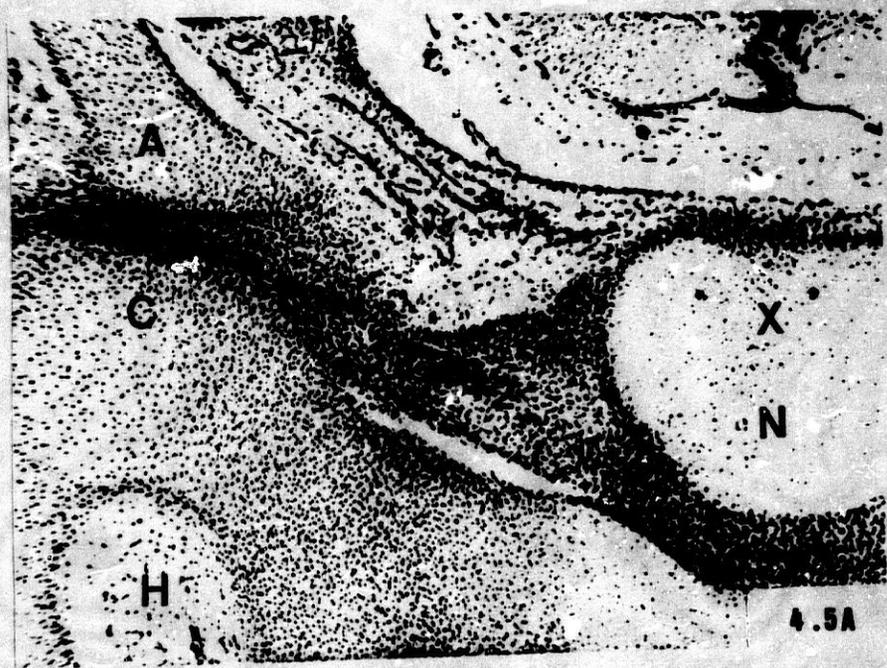




Fig. 4-6

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 26-I-2 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- X :Ax'is.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 4-6A

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 26-I-2 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 4-6B

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 26-I-2 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- N :Notocorda.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 4-6C

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 26-I-2 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

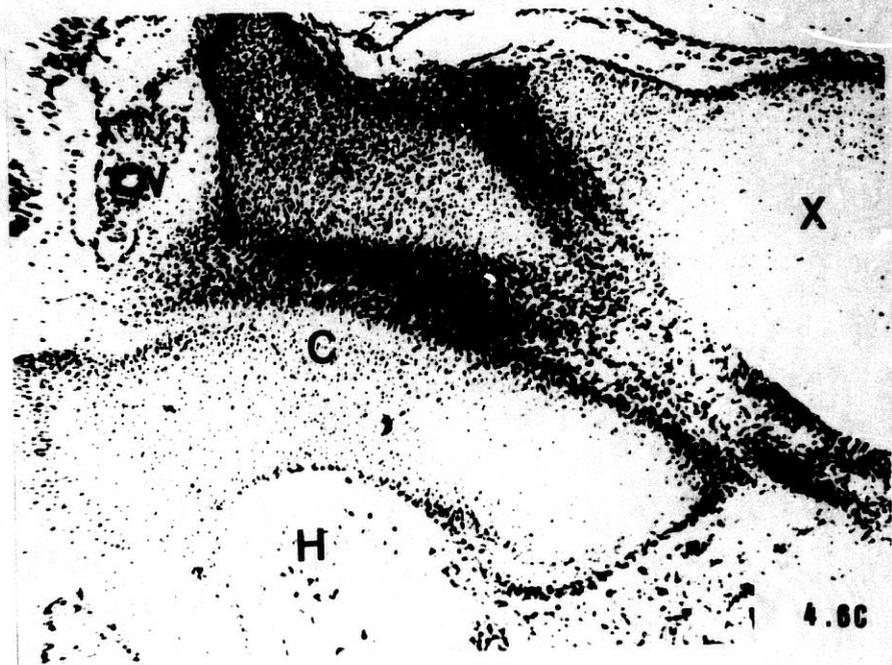
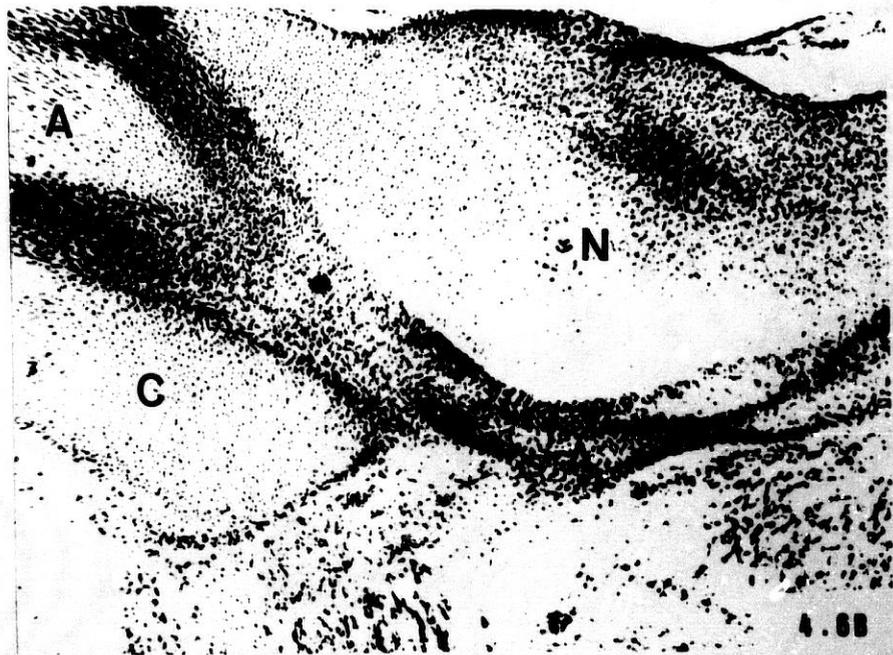




Fig. 4-7

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 26-III-5 (4x).
- A :Atlas.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 4-7A

- Embrión humano: H.A.-2 (19 mm.).
- Corte: 26-III-5 (10x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

PROTOCOLO -3- (Cont.)

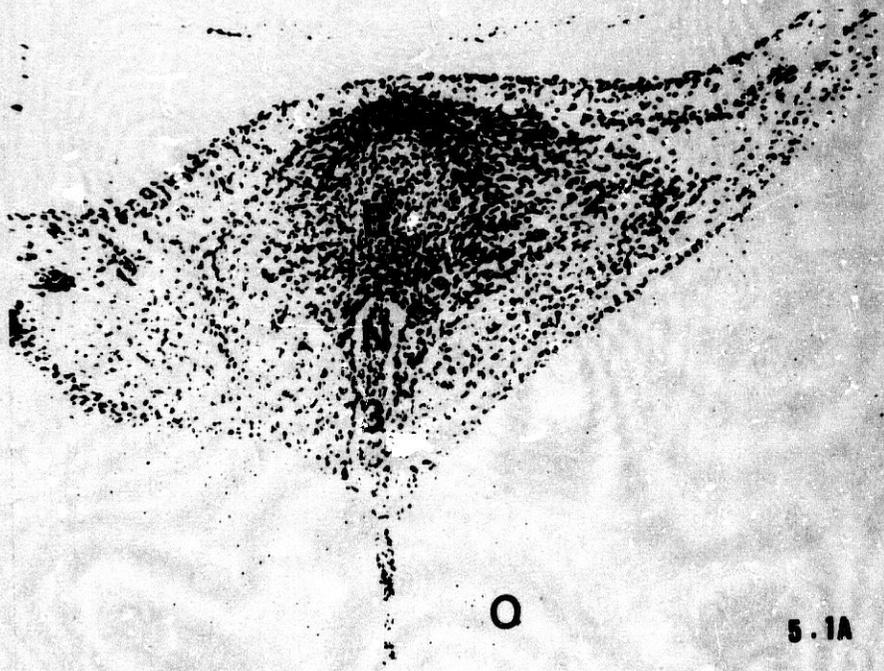
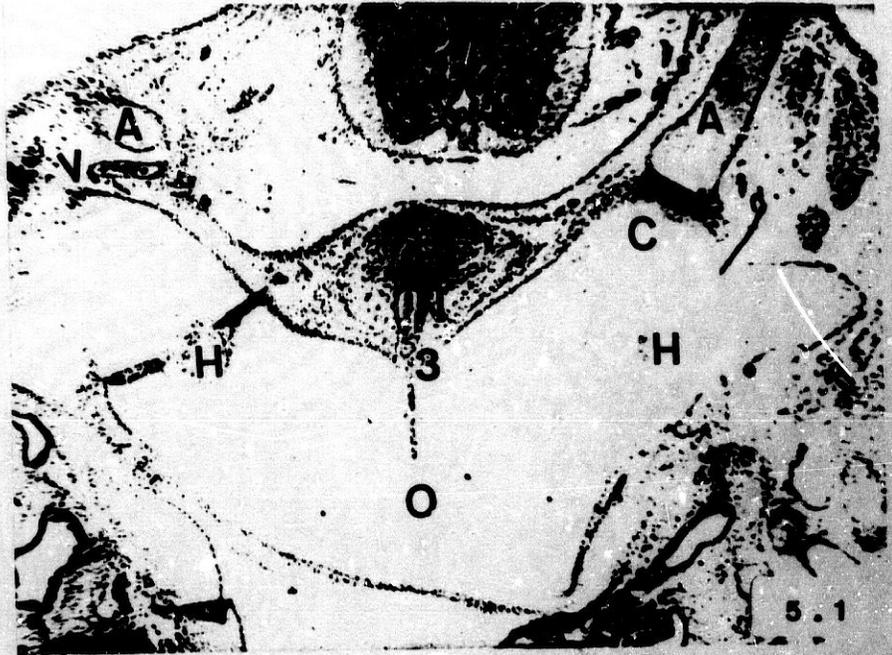
- Embrión humano: J.D.-7.
- Longitud: 19 mm.
- Estadio: 20 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Departamento de Ciencias  
Morfológicas de la Universidad de Granada.
- Figuras: 10.

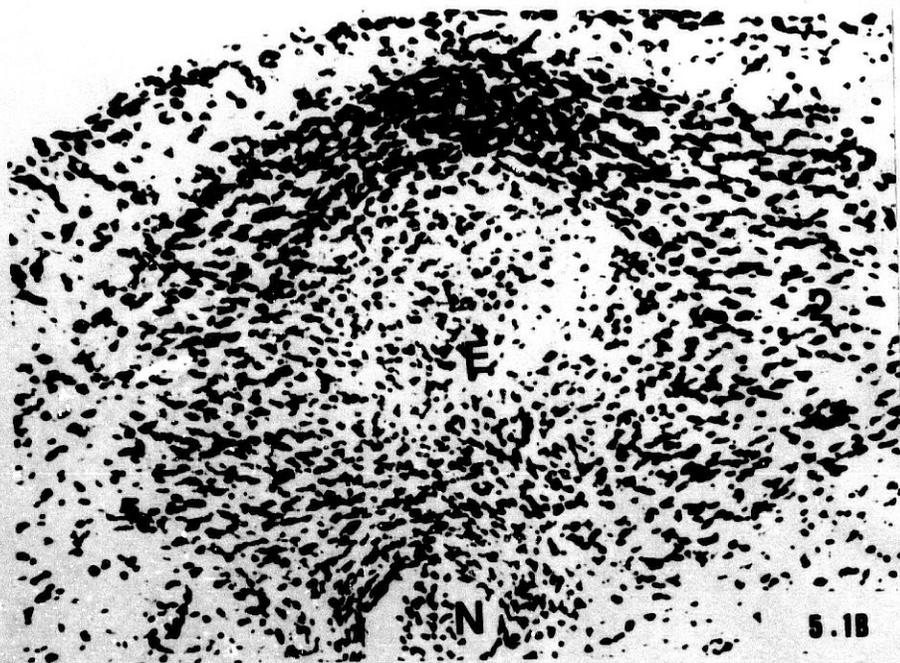
Fig. 5-1

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 23-II-4 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

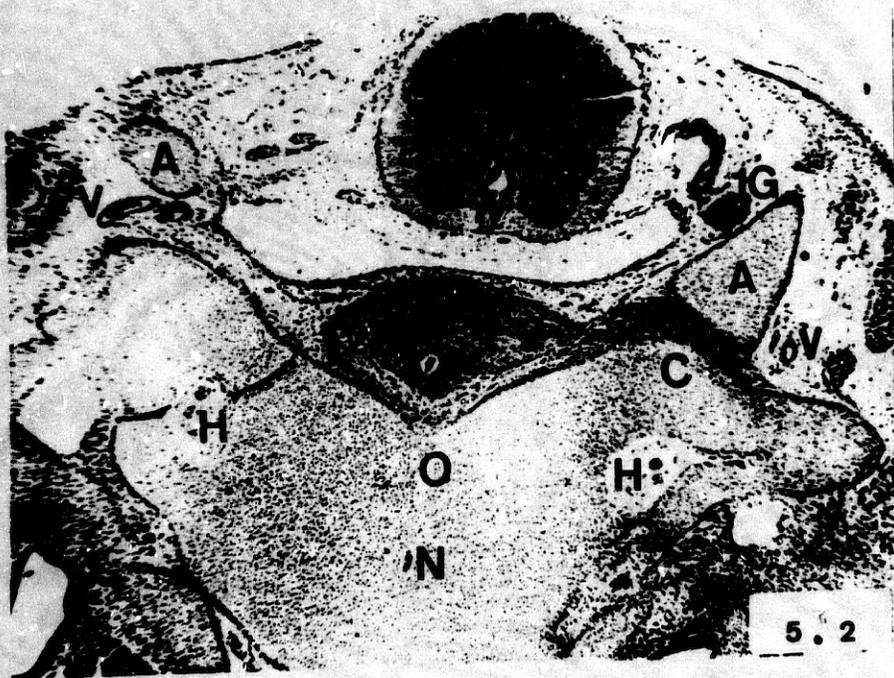
Fig. 5-1A

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 23-II-4. (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.





5.1B



5.2

Fig. 5-1B

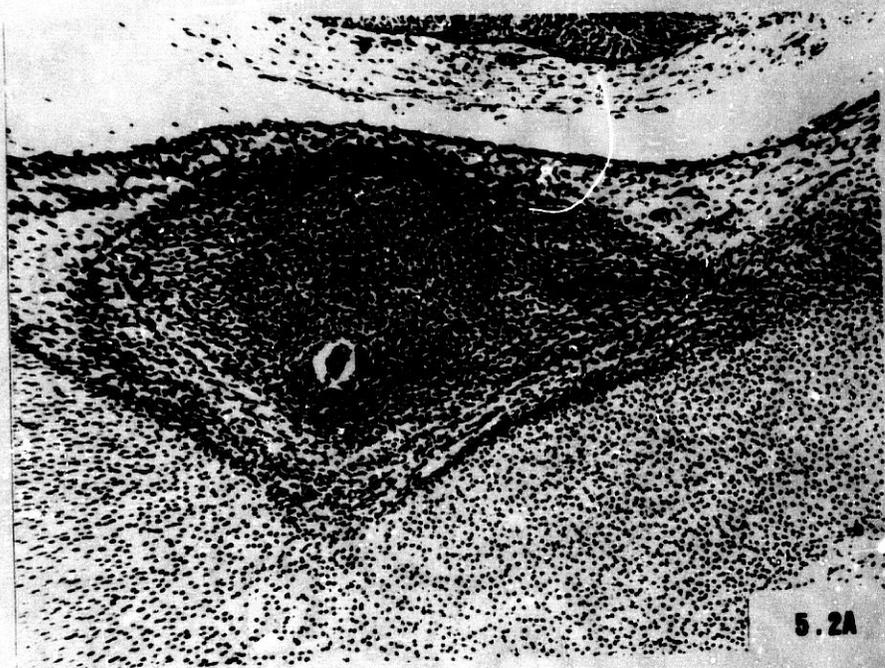
- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 23-II-4 (25x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.

Fig. 5-2

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 24-I-2 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

**Fig. 5-2A**

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 24-I-2 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.



5.2A

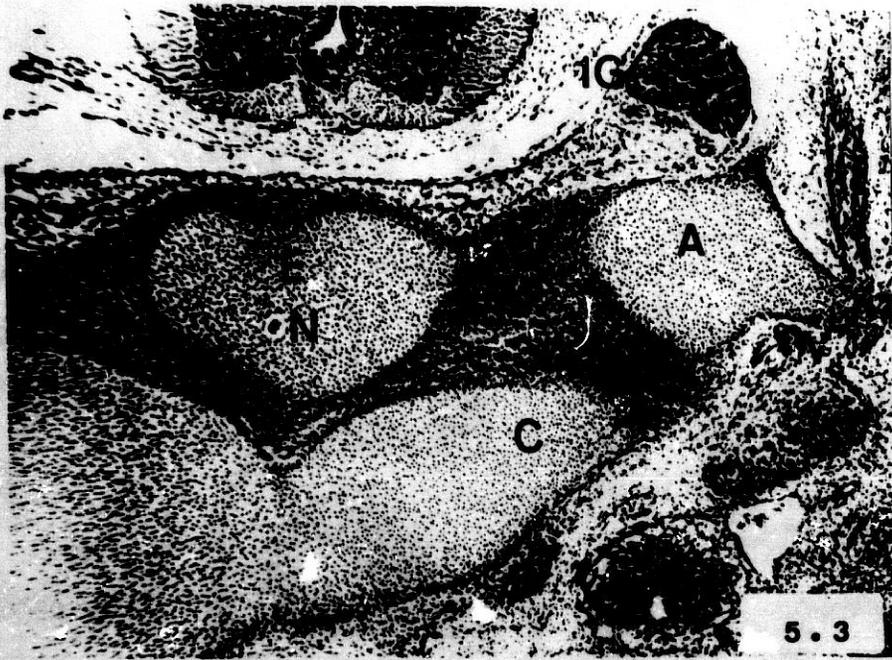


Fig. 5-3

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 24-II-8 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 5-3A

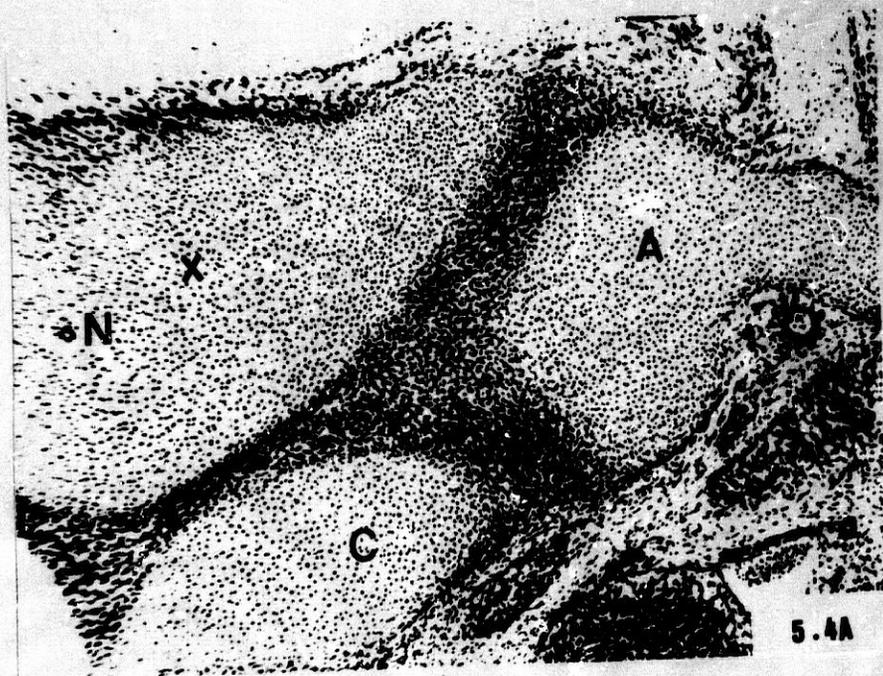
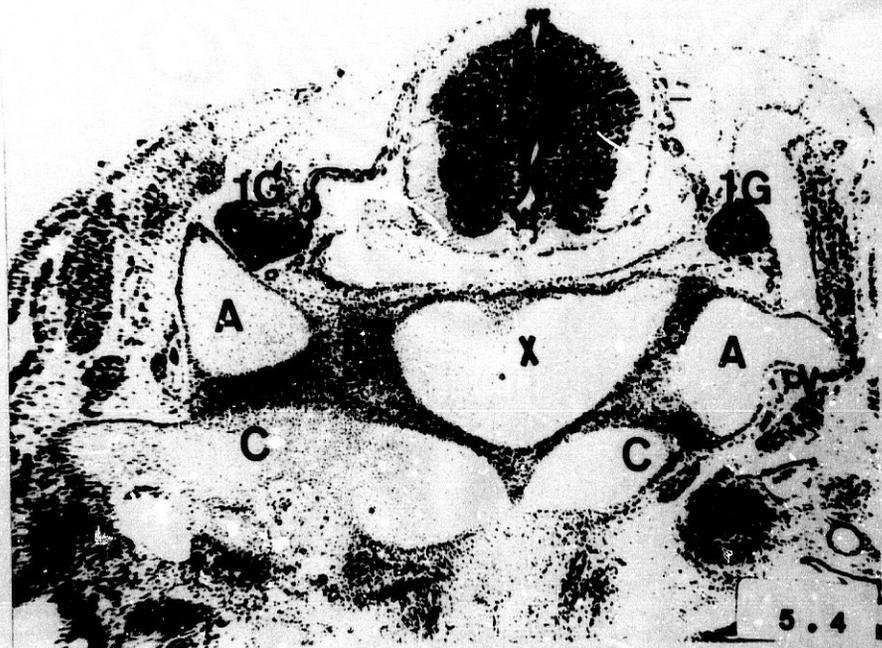
- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 24-II-8 (10x).
- A :Atlas (su masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 5-4

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 25-I-7 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- V ;Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 5-4A

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 25-I-7 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.



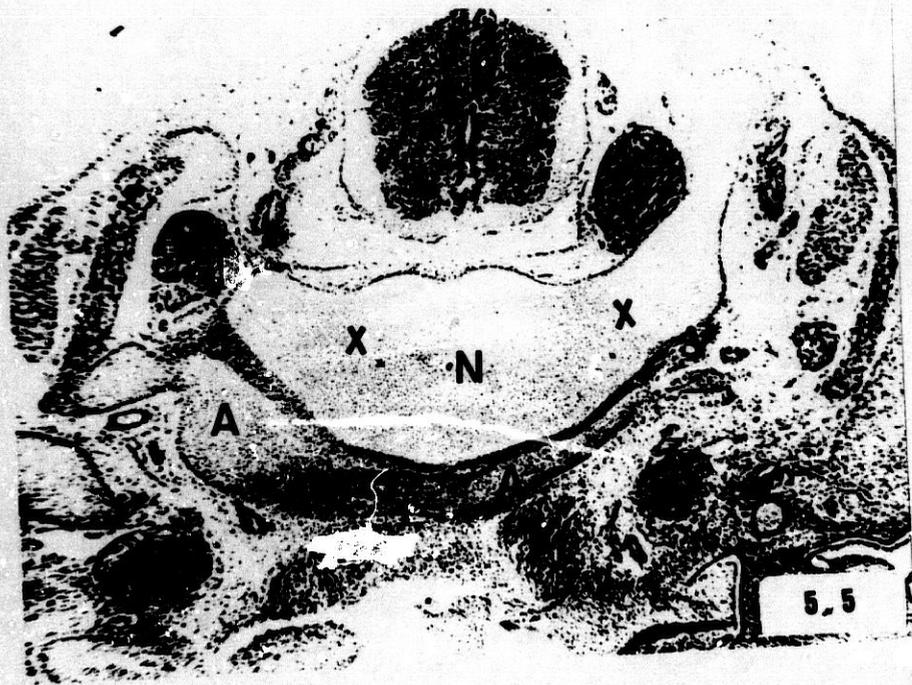


Fig. 5-5

- Embrión humano: J.D.-7 (19 mm.).
- Corte: 26-II-3 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

PROTOCOLO -3- (Cont.)

- Embrión humano: J.D.-2.
- Longitud: 20 mm.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Departamento de Ciencias  
Morfológicas de la Universidad de Granada.
- Figuras: 16.

Fig. 6-1

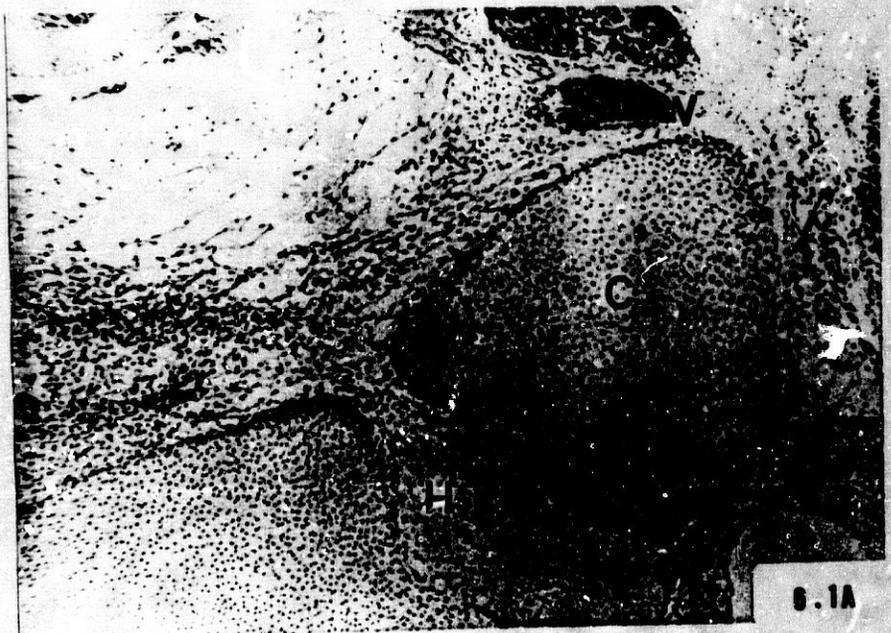
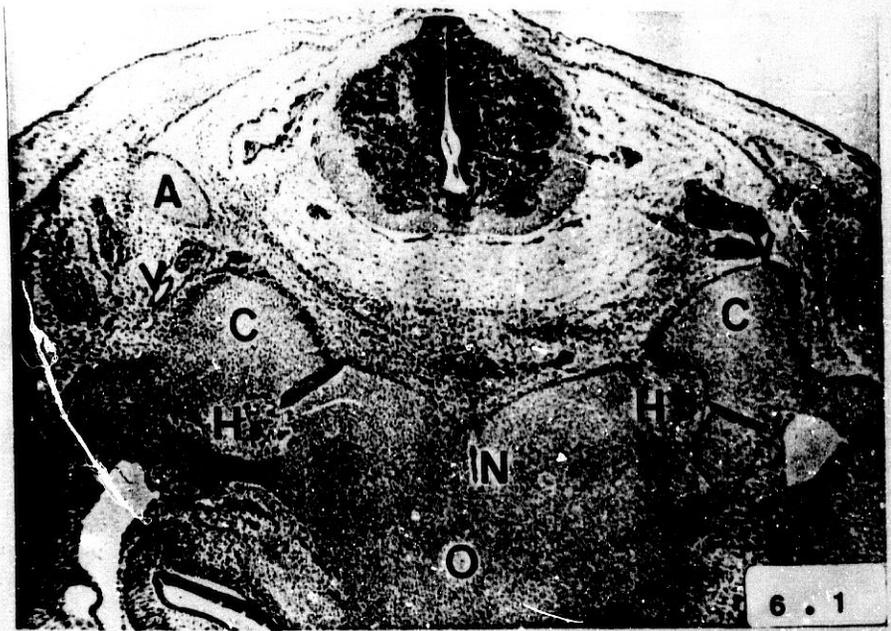
- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 28-II-4 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilos del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipitales.
- V :Arteria vertebral.

Fig. 6-1A

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 28-II-4 (10x).
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- V :Arteria vertebral.

Fig. 6-1B

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 28-II-4 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- V :Arteria vertebral.



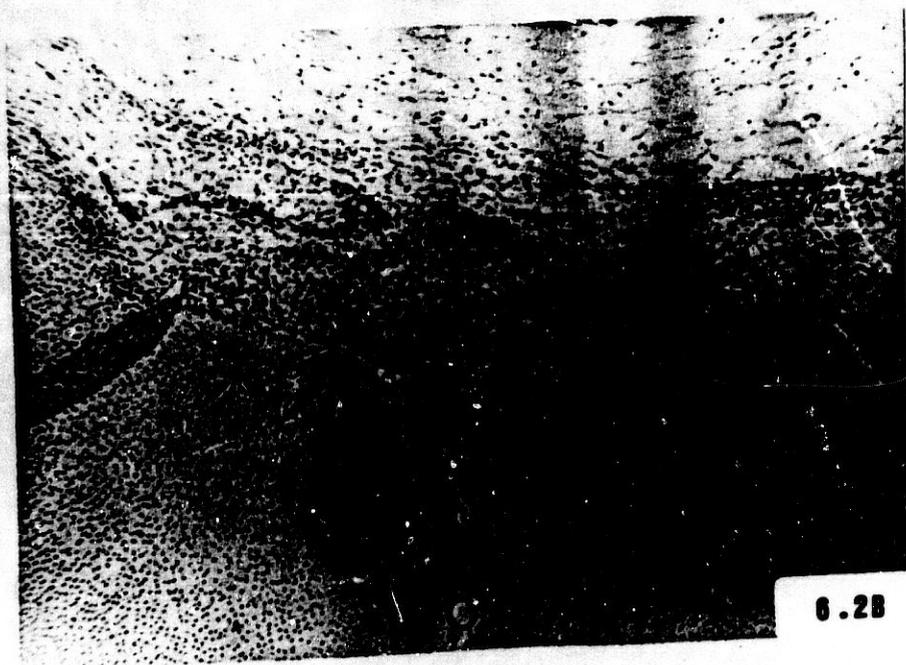
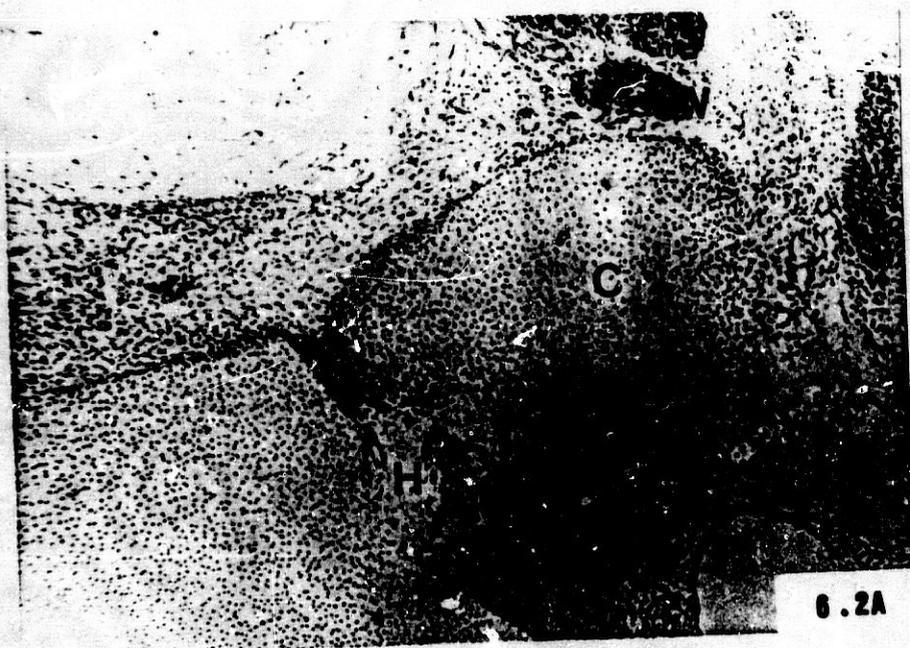


Fig. 6-2

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 28-II-7 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.

Fig. 6-2A

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 28-II-7 (10x).
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- V :Arteria vertebral.

Fig. 6-2B

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 28-II-7 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.

Fig. 6-3

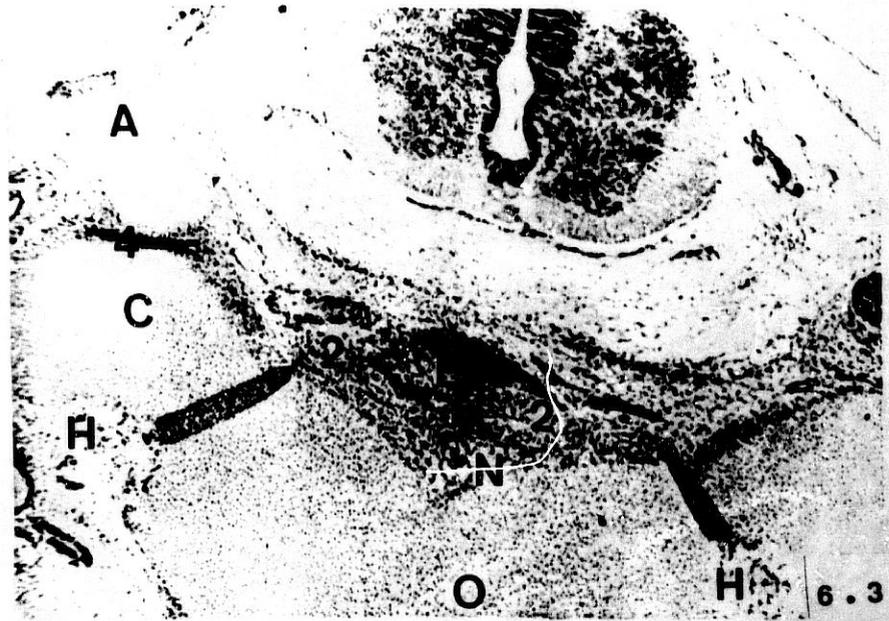
- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 29-I-1 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 6-3A

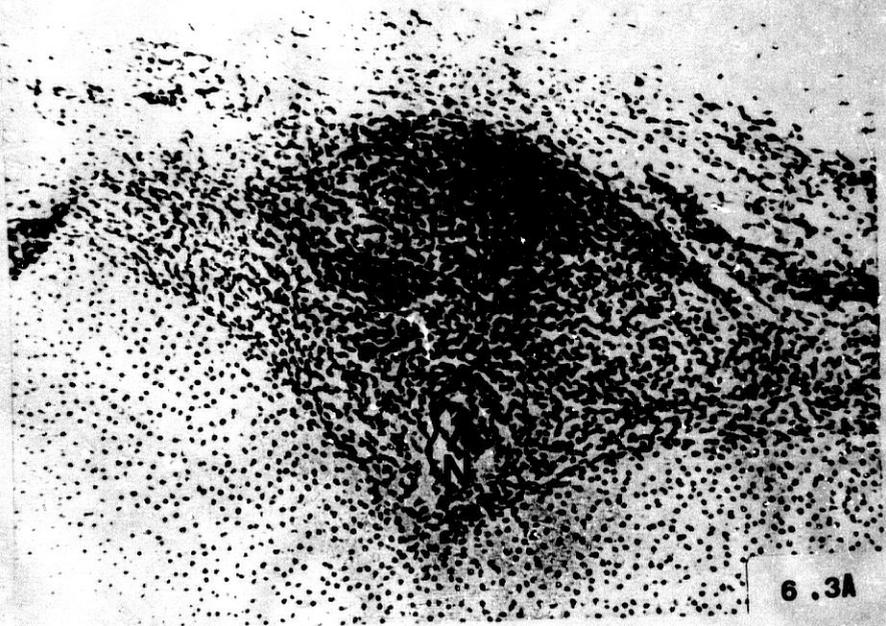
- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 29-I-1 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 2 :Ligamentos alares.

Fig. 6-3B

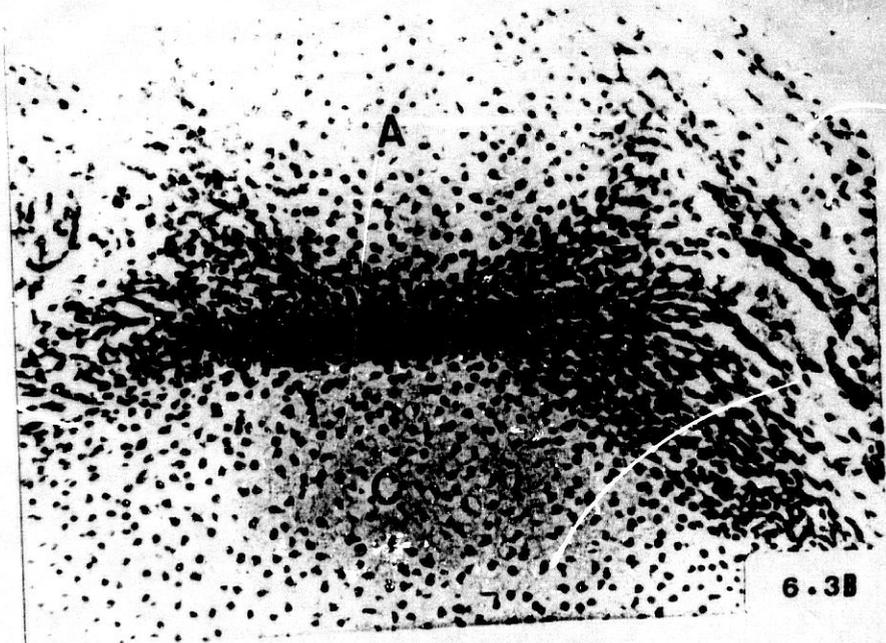
- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 29-I-1 (25x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.



6.3



6.3A



6.3B

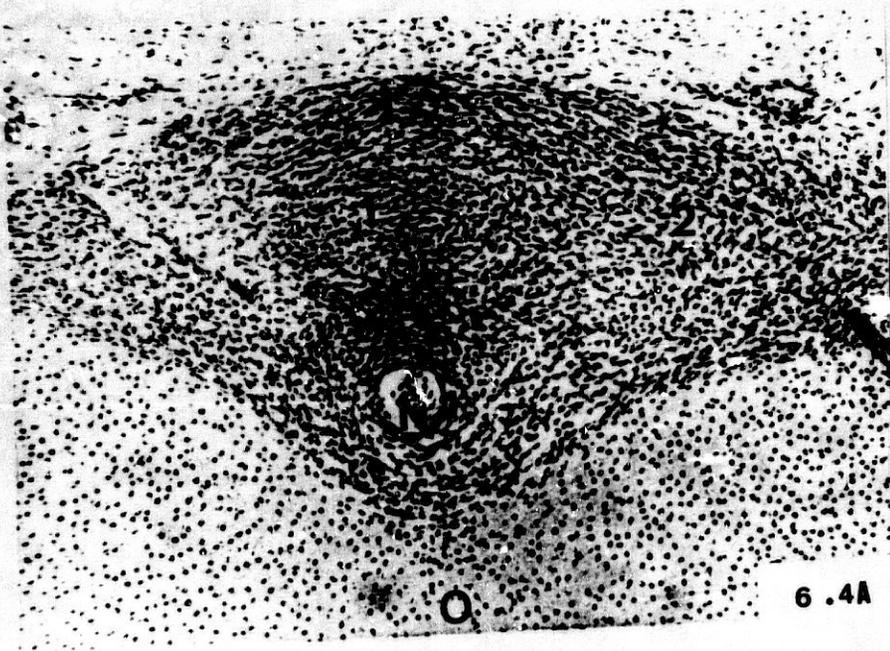
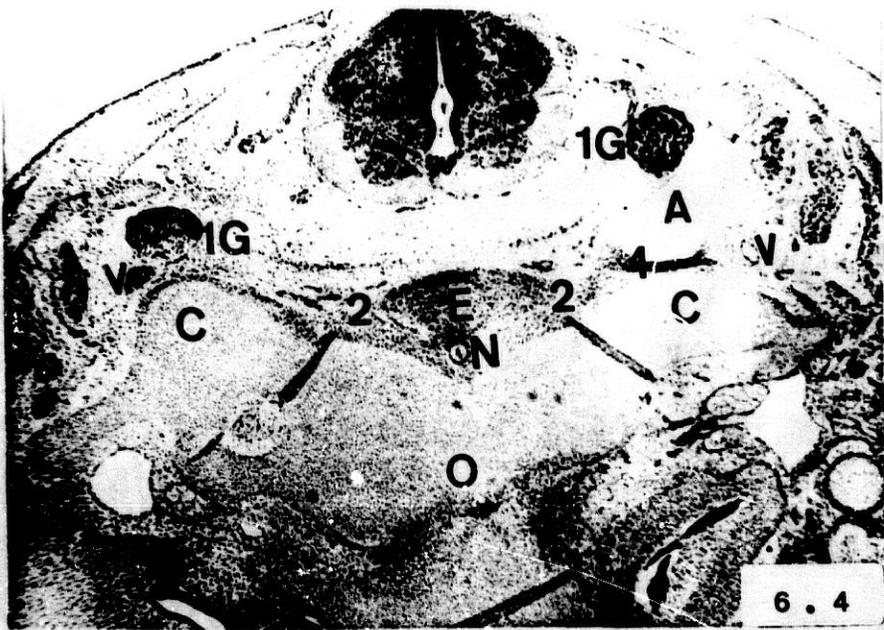


Fig. 6-4

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 29-I-7 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 6-4A

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 29-I-7 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.

Fig. 6-5

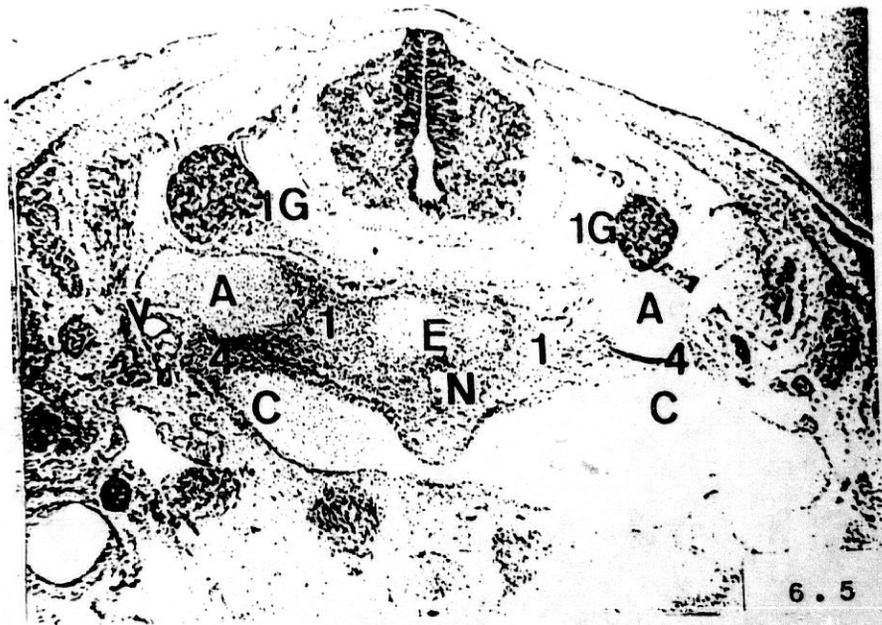
- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 30-I-5 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 6-5A

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 30-I-5 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 6-5B

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 30-I-5 (10x).
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.



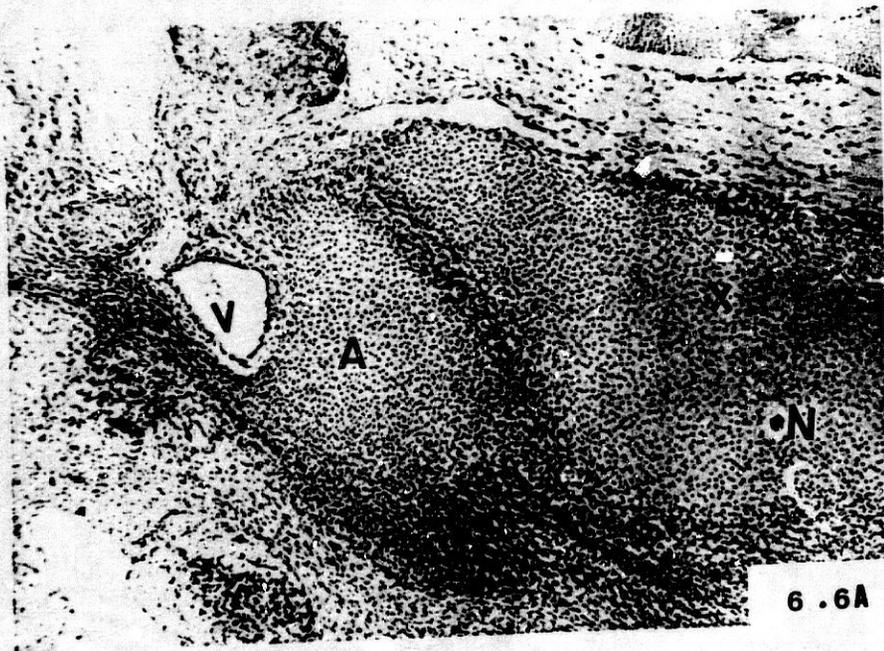
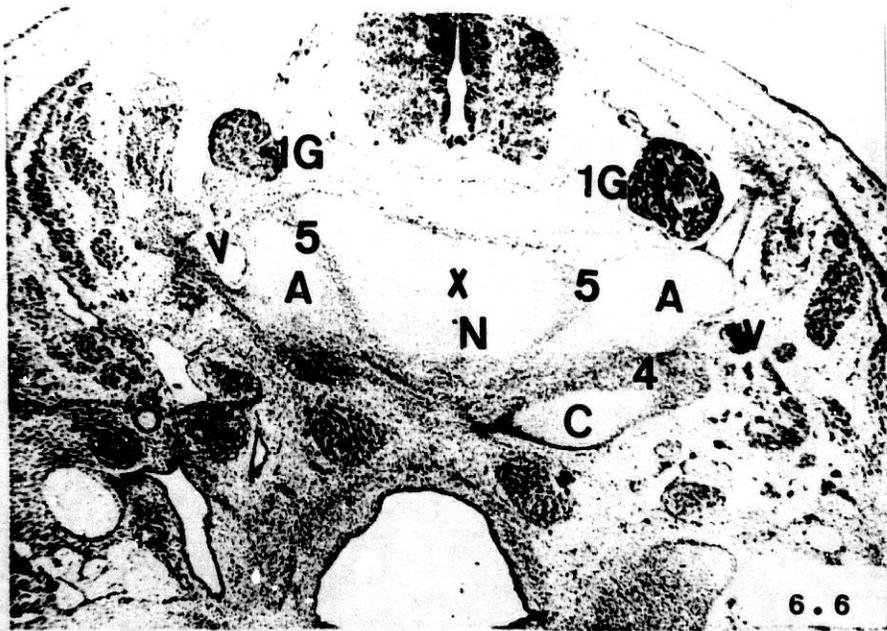


Fig. 6-6

- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 31-I-2 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilo del occipital.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 6-6A

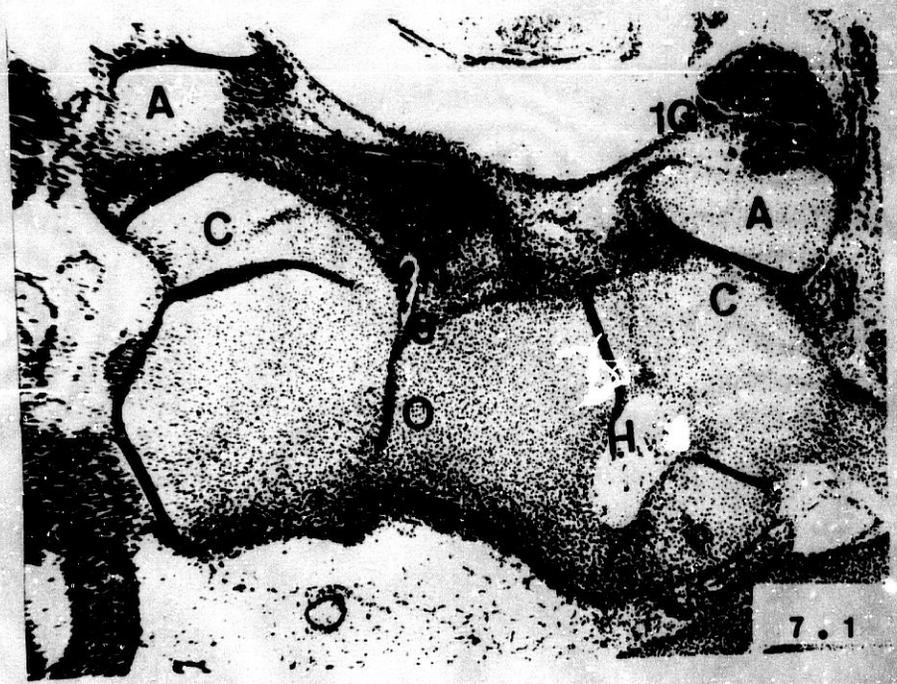
- Embrión humano: J.D.-2 (20 mm.).
- Corte: 31-I-2 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

PROTOCOLO -3- (Cont.)

- Embrión humano: P.T.-9.
- Longitud: 20 mm.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.
- Figuras: 5.

Fig. 7-1

- Embrión humano: P.T.-9 (20 mm.).
- Corte: 17-II-6 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 7 :Futura interlínea articular transverso-odontoidea.



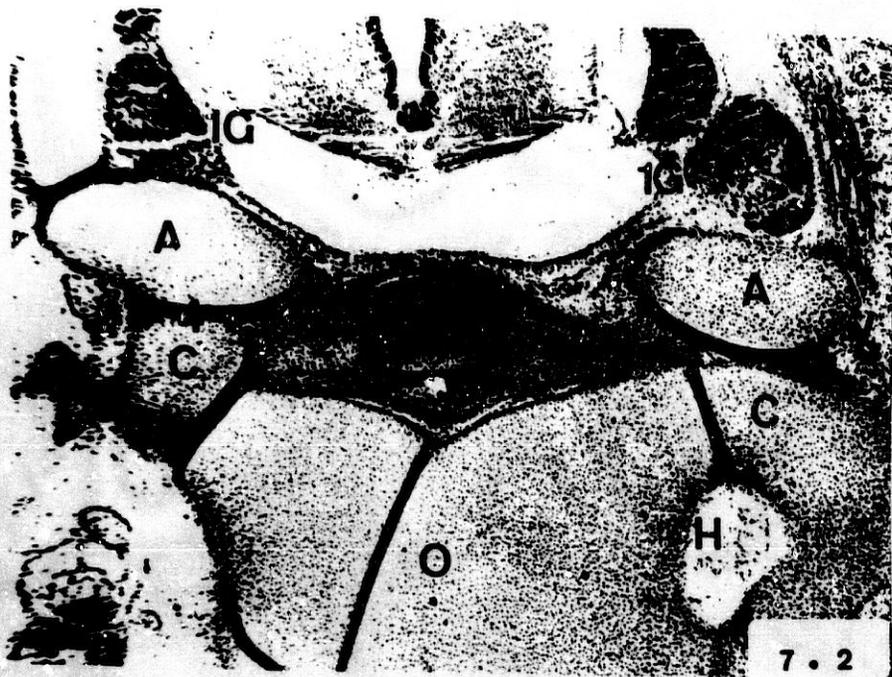


Fig. 7-2

- Embrión humano: P.T.-9 (20 mm.).
- Corte: 18-I-4 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 7 :Futura interlínea articular transverso-odontoidea.

Fig. 7-2A

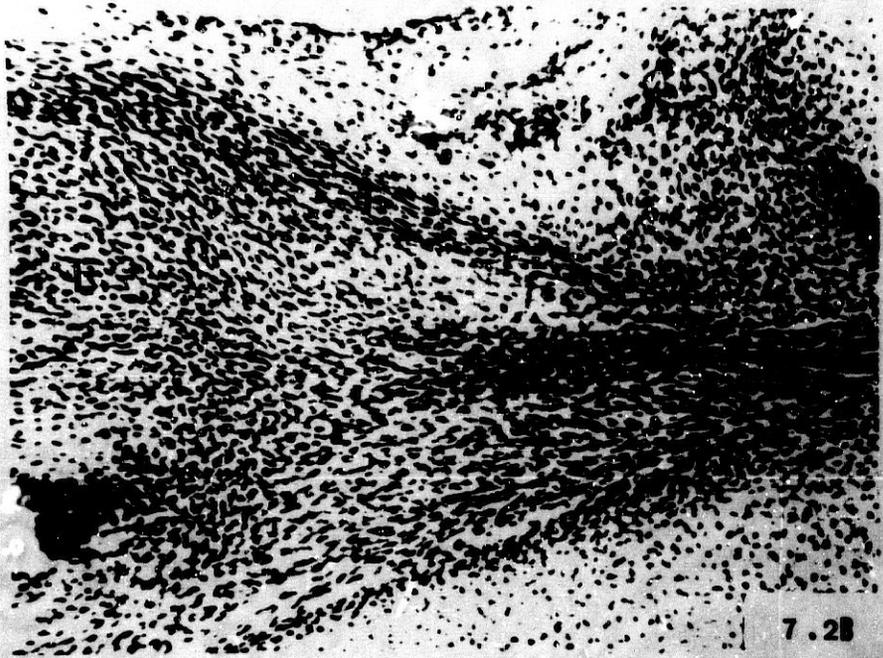
- Embrión humano: P.T.-9 (20 mm.).
- Corte: 18-I-4 (10x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipital.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 7 :Futura interlínea articular transverso-odontoidea.

Fig. 7-2B

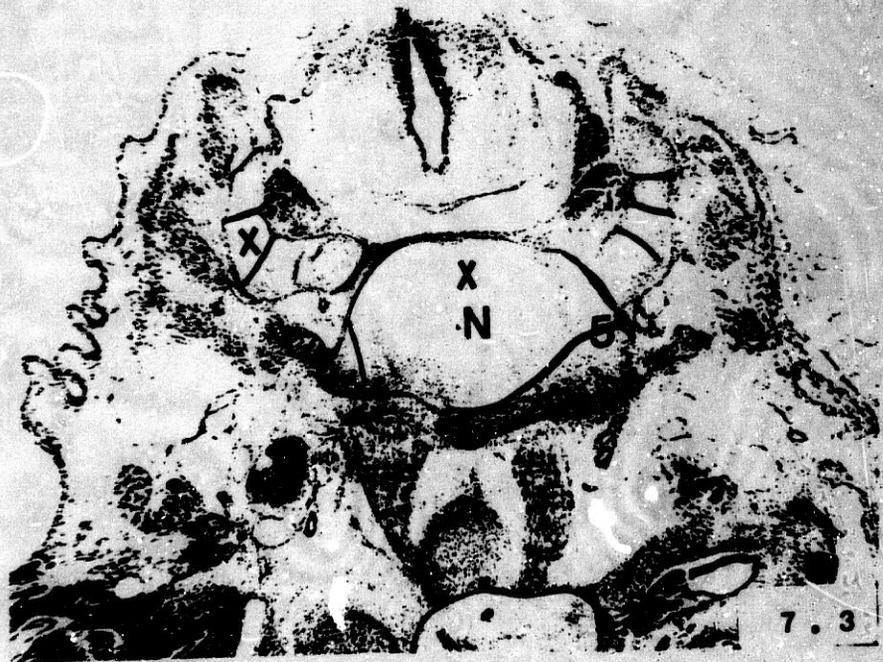
- Embrión humano: P.T.-9 (20 mm.).
- Corte: 18-I-4 (25x).
- E :Diente del axis.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.

Fig. 7-3

- Embrión humano: P.T.-9 (20 mm.).
- Corte: 19-I-3 (4x).
- A :Atlas.
- E :Notocorda.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.



7.2B



7.3



PROTOCOLO -4-

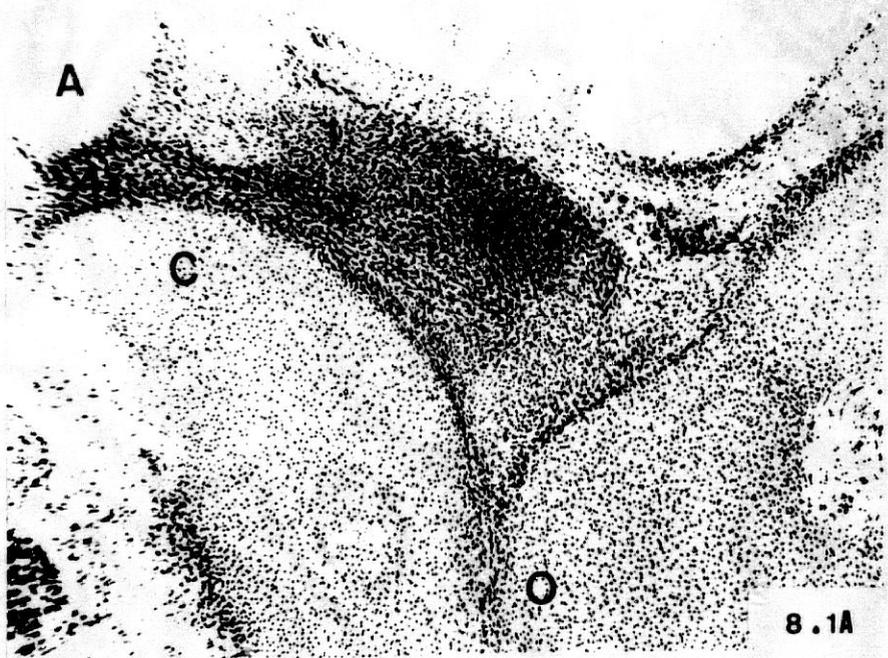
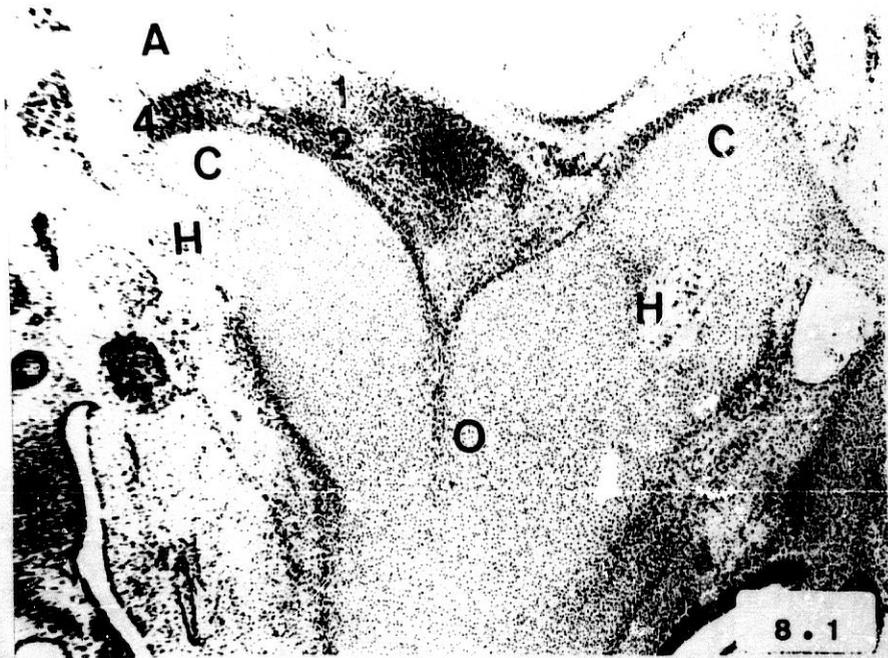
- Embrión humano: M.A.-7.
- Longitud: 22 mm.
- Estadío: 21 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.
- Figuras: 9.

Fig. 8-1

- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 31-I-2 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- O :Basioccipitales.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 8-1A

- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 31-II-2 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- O :Basioccipitales.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.



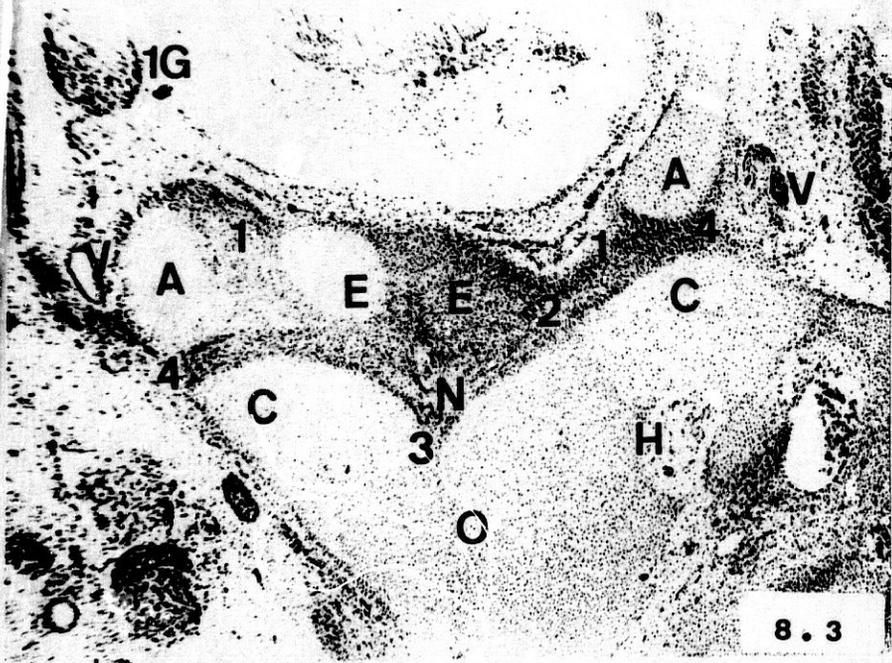


Fig. 8-2

- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 31-II-7 (10x).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipitales.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.

Fig. 8-3

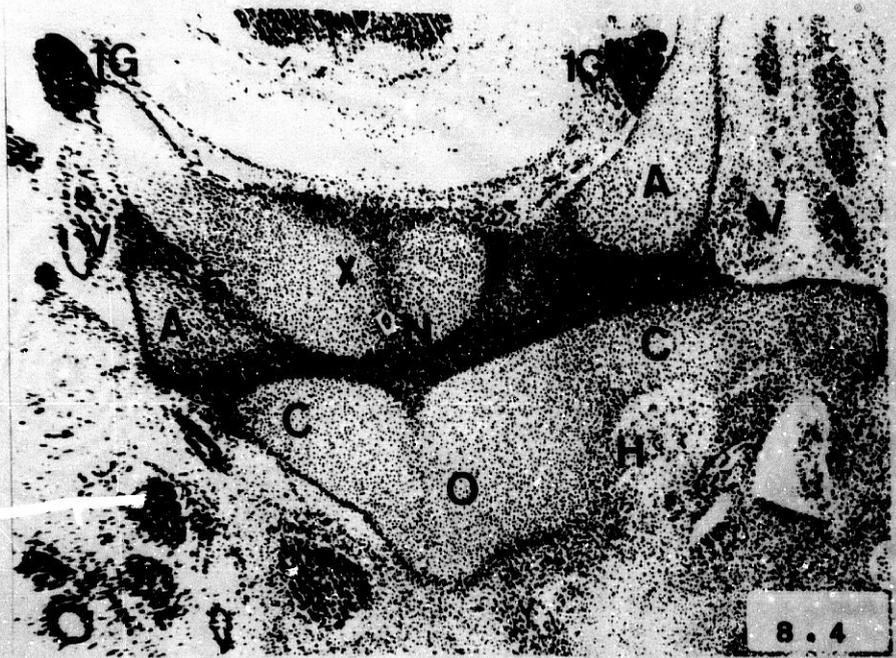
- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 32-I-6 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipitales.
- V :Arteria vertebral.
- iG :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 8-4

- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 33-I-2 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipitales.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 8-4A

- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 33-I-2 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipitales.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.





85

Fig. 8-4B

- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 33-I-2 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Basioccipitales.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 8-5

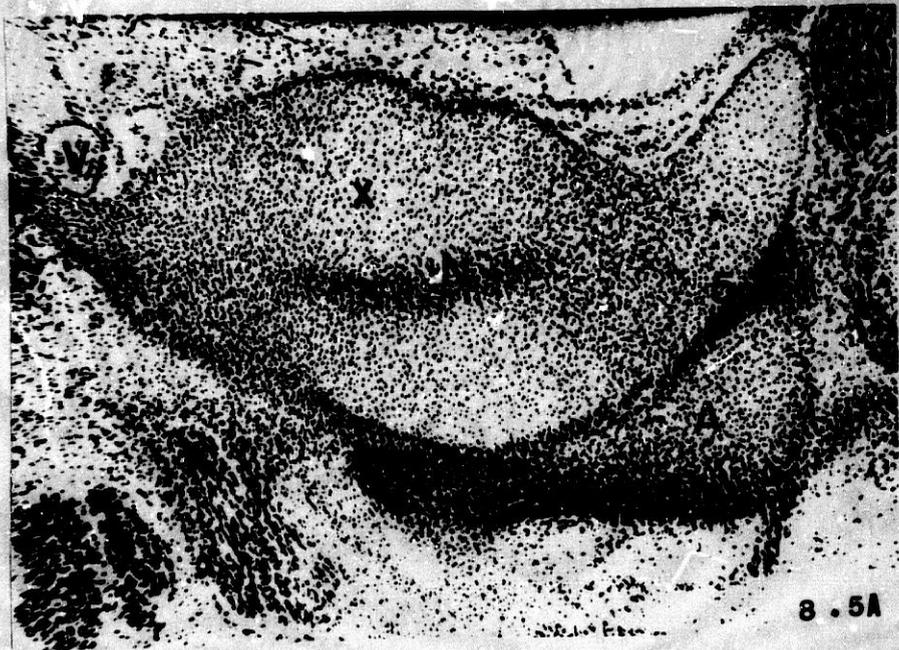
- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 34-I-2 (4x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 8-5A

- Embrión humano: M.A.-7 (22 mm.).
- Corte: 34-I-2 (10x).
- A :Atlas.
- N :Notocorda.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.



8.5



8.5A

PROTOCOLO -4- (Cont.)

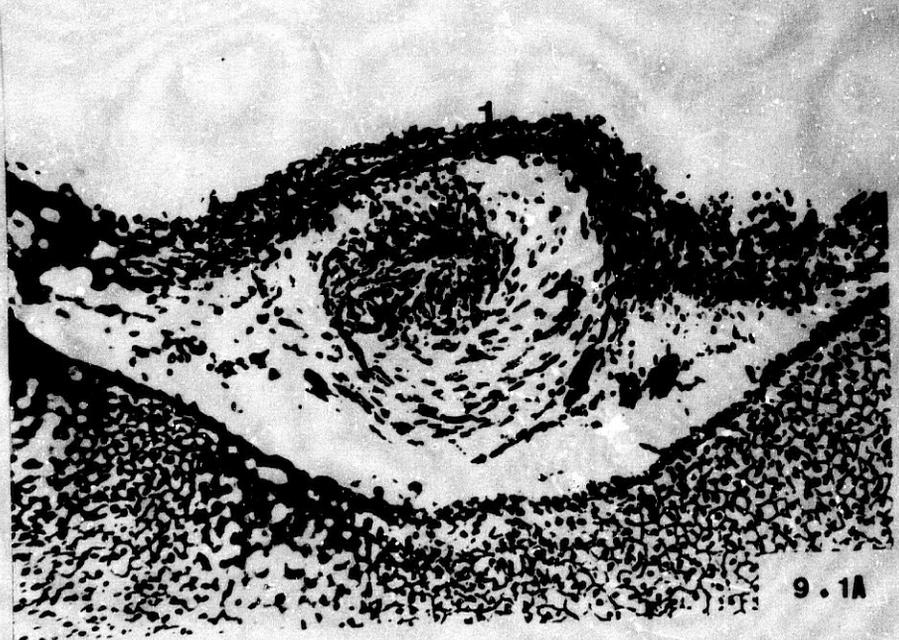
- Embrión humano: P.E.-8.
- Longitud: 23 mm.
- Estadío: 21 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad  
de Granada.
- Figuras: 14.

Fig. 9-1

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 46-II-7 (4x).
- H :Nervio hipogloso.
- O :Porción basilar del occipital.
- 1 :Ligamento cruciforme.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.

Fig. 9-1A

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 46-II-7 (25x).
- 1 :Ligamento cruciforme.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.



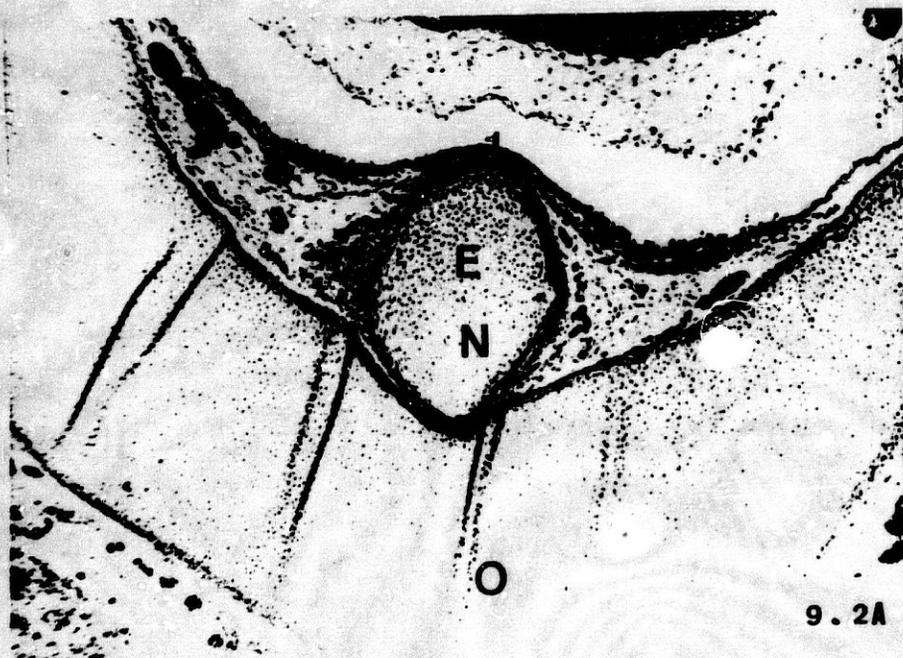
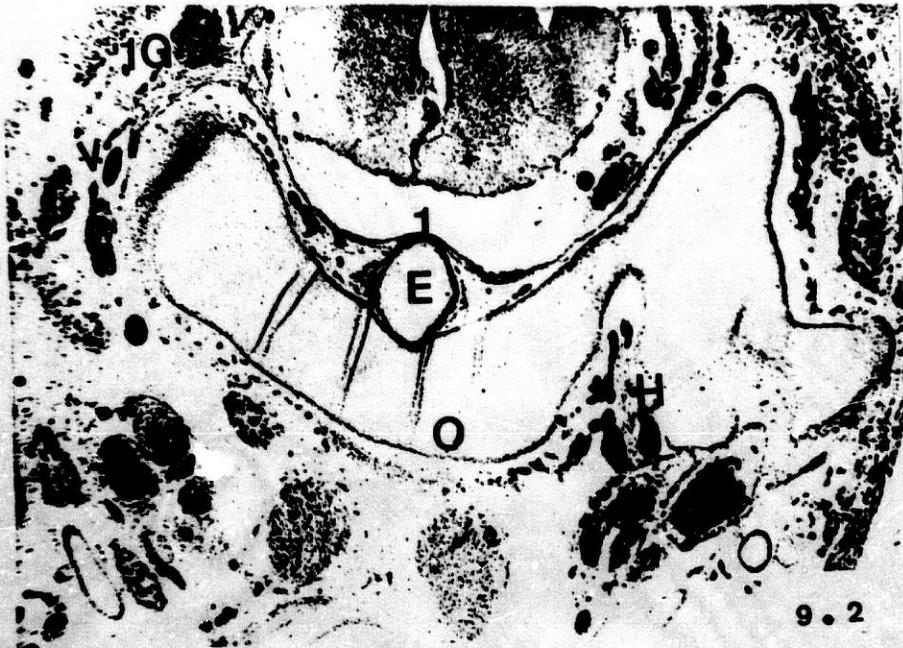


Fig. 9-2

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 47-II-7 (4x).
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.

Fig. 9-2A

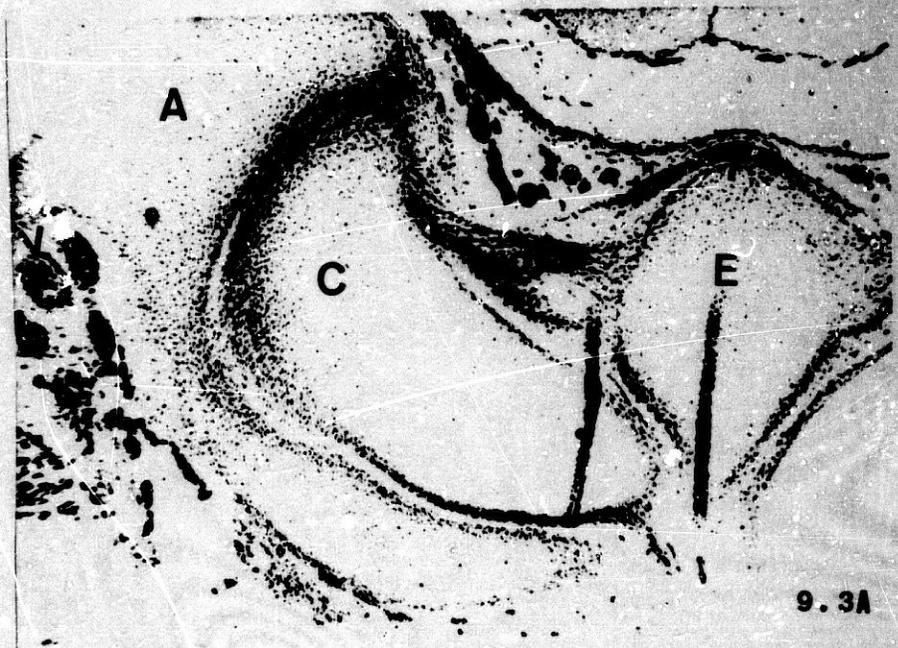
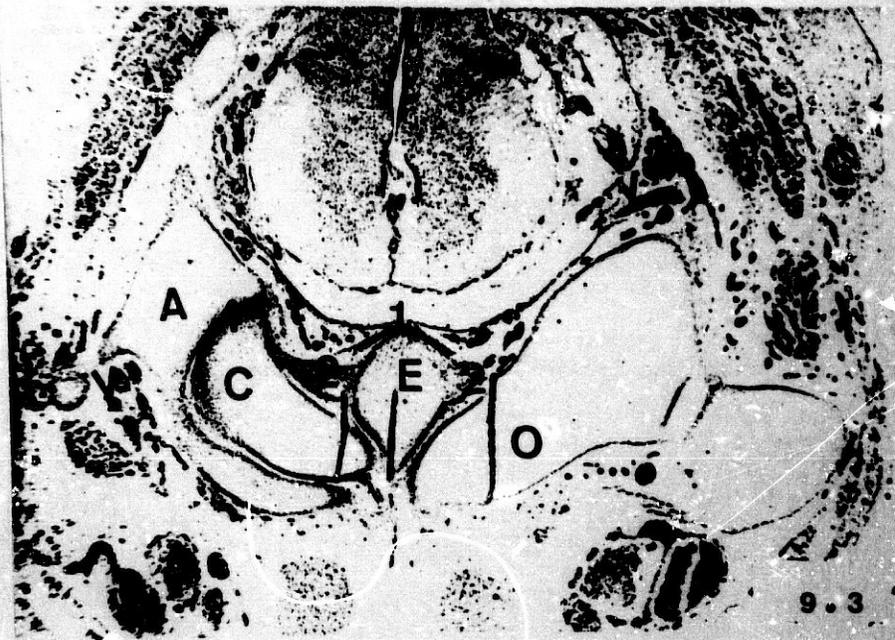
- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 47-II-7 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Porción basilar del occipital.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.

Fig. 9-3

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 48-II-7 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 9-3A

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 48-II-7 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.



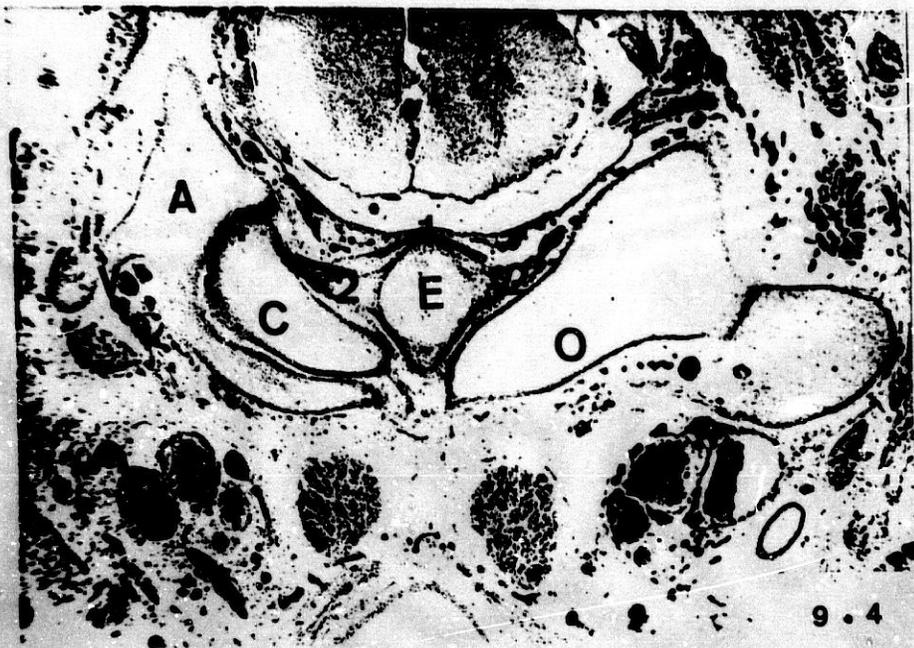


Fig. 9-4

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 49-I-1 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 9-4A

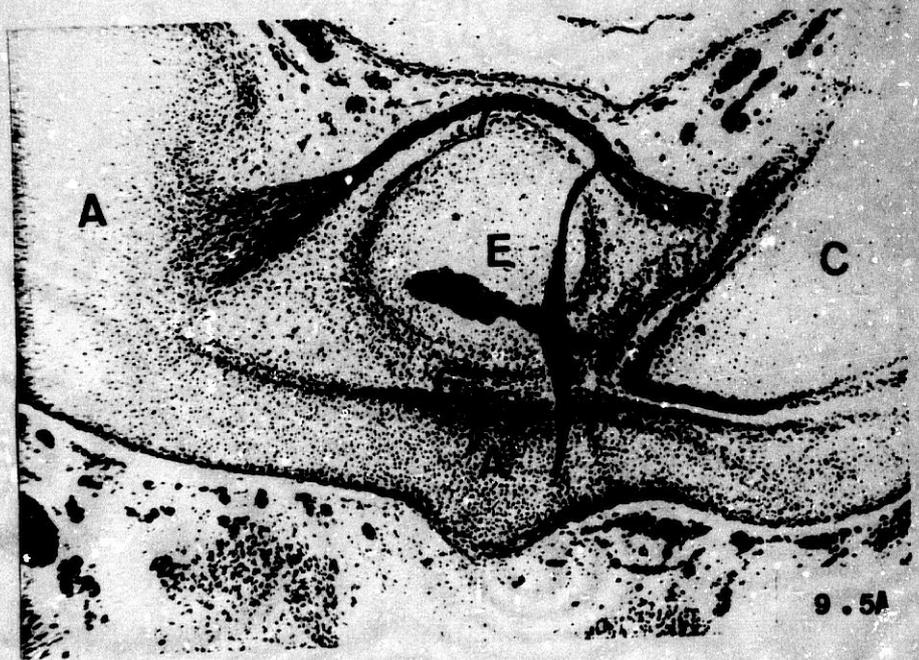
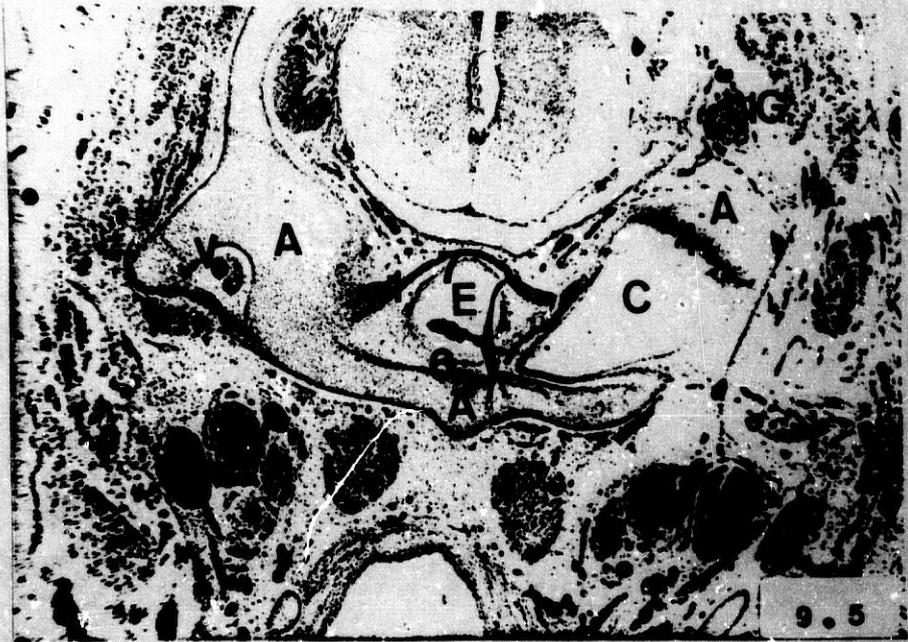
- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 49-I-1 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.

Fig. 9-5

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 50-I-2 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 6 :Futura articulación atlanto-odontoidea.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.

Fig. 9-5A

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 50-I-2 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 6 :Futura articulación atlanto-odontoidea.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.



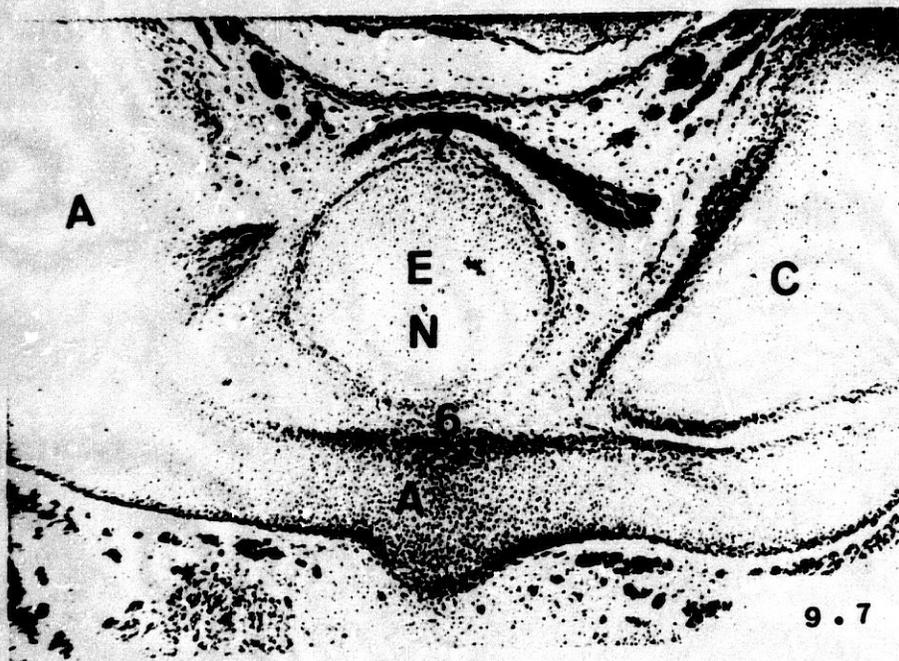
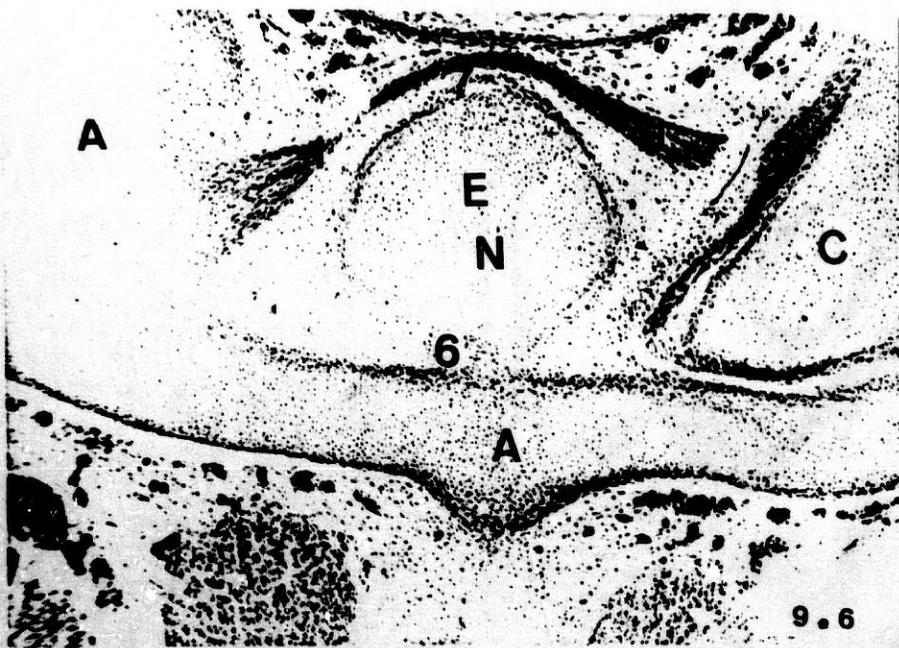


Fig. 9-6

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 50-I-3 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 6 :Futura articulación atlanto-odontoidea.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.

Fig. 9-7

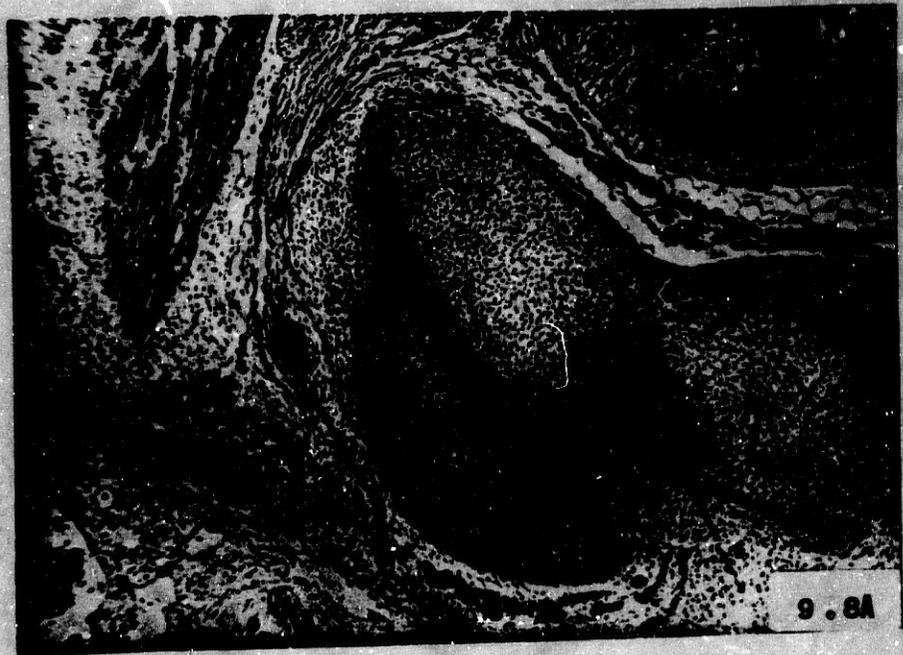
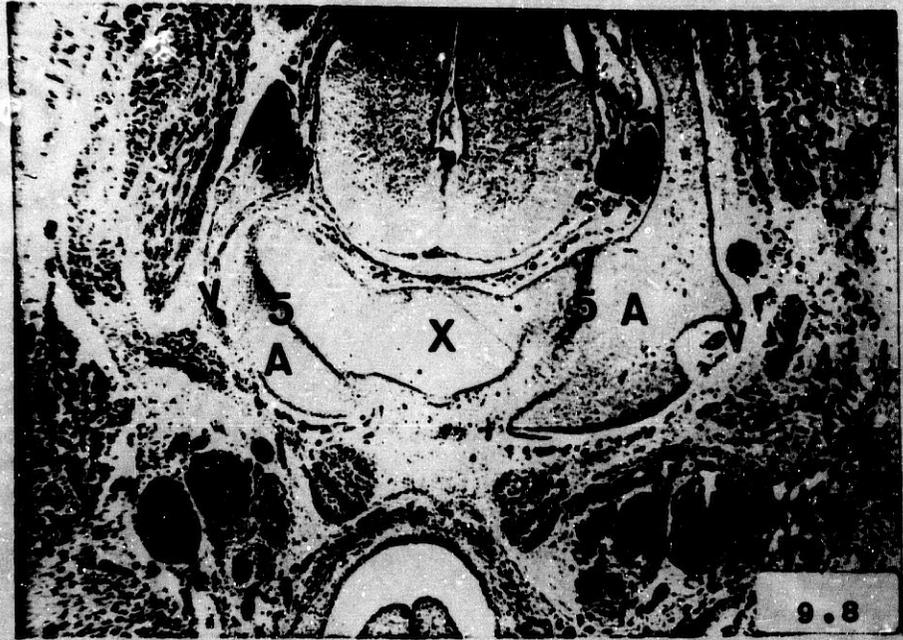
- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 50-I-4 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilo del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 6 :Futura articulación atlanto-odontoidea.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.

Fig. 9-8

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 51-I-2 (4x).
- A :Atlas.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- E :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 9-8A

- Embrión humano: P.E.-8 (23 mm.).
- Corte: 51-I-2 (10x).
- A :Atlas.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.



**PROTOCOLO -4- (Cont.)**

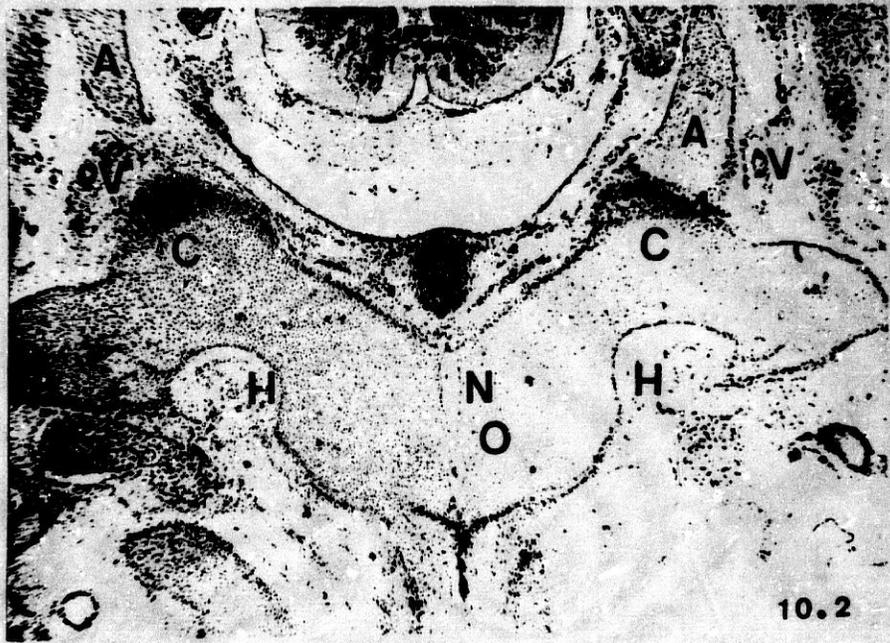
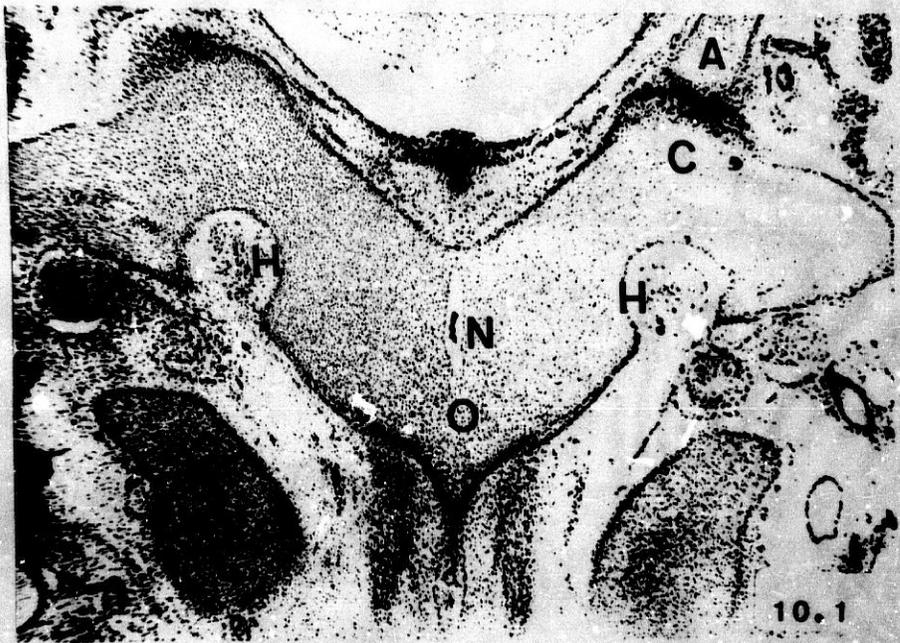
- Embrión humano: C.H.-1.
- Longitud: 24 mm.
- Estadío: 21 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.
- Figuras: 15.

Fig. 10-1

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 28-IV-1 (4x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Porción basilar del occipital.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 10-2

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 28-IV-5 (4x).
- A :Atlas (masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.



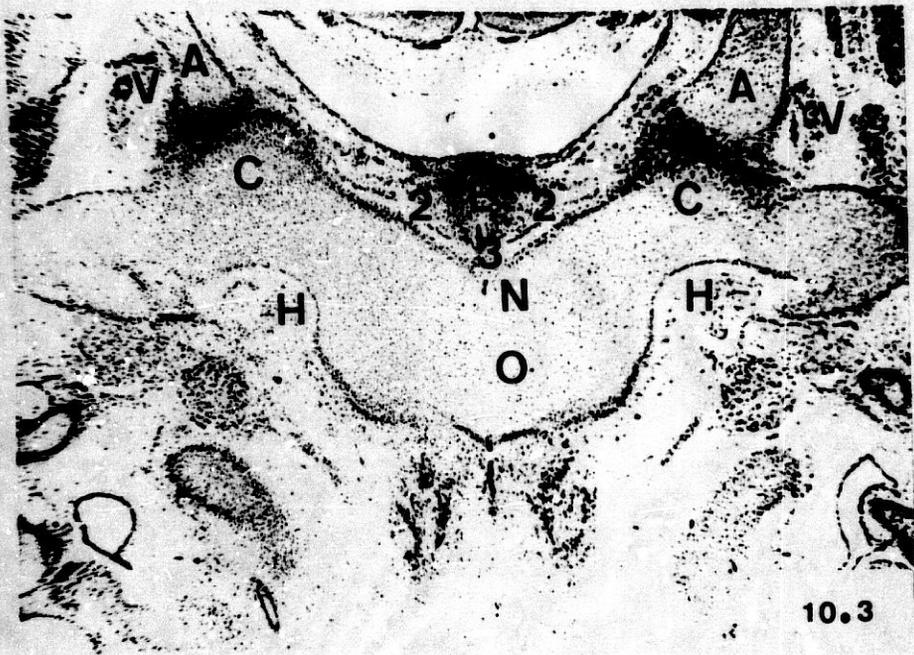


Fig. 10-3

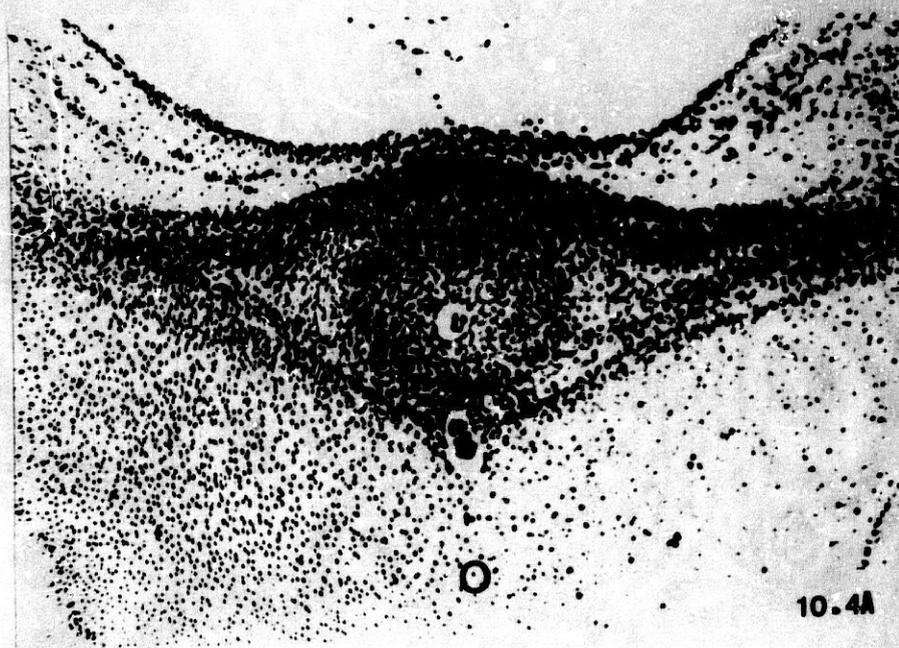
- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 29-I-3 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- H :Nervio hipogloso.
- N :Notocorda.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 2 :Ligamentos alares.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 10-4

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 29-II-5 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 10-4A

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 29-II-5 (10x).
- E :Diente del axis.
- O :Porción basilar del occipital.
- 2 :Ligamentos alares.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.



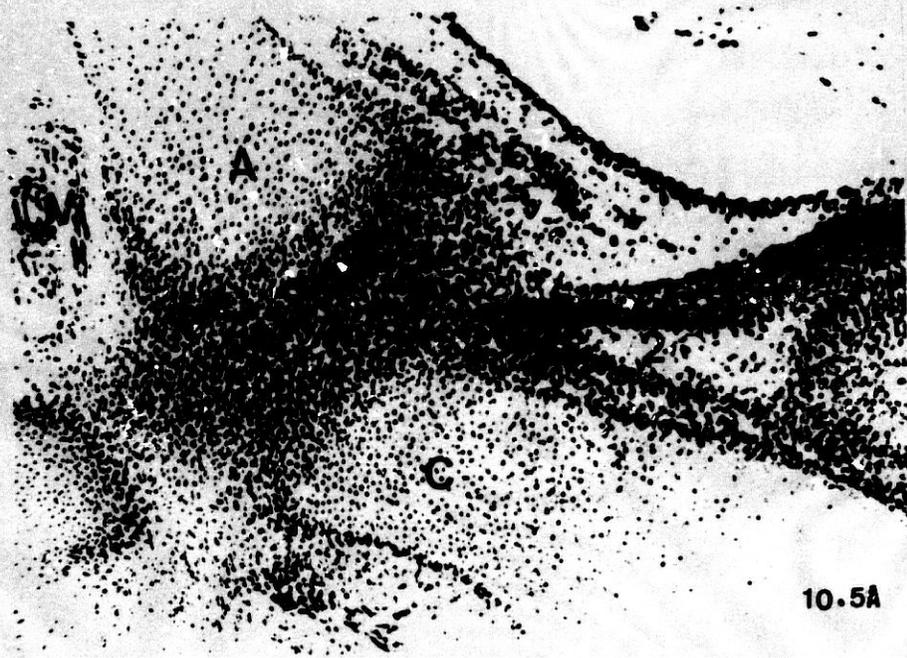
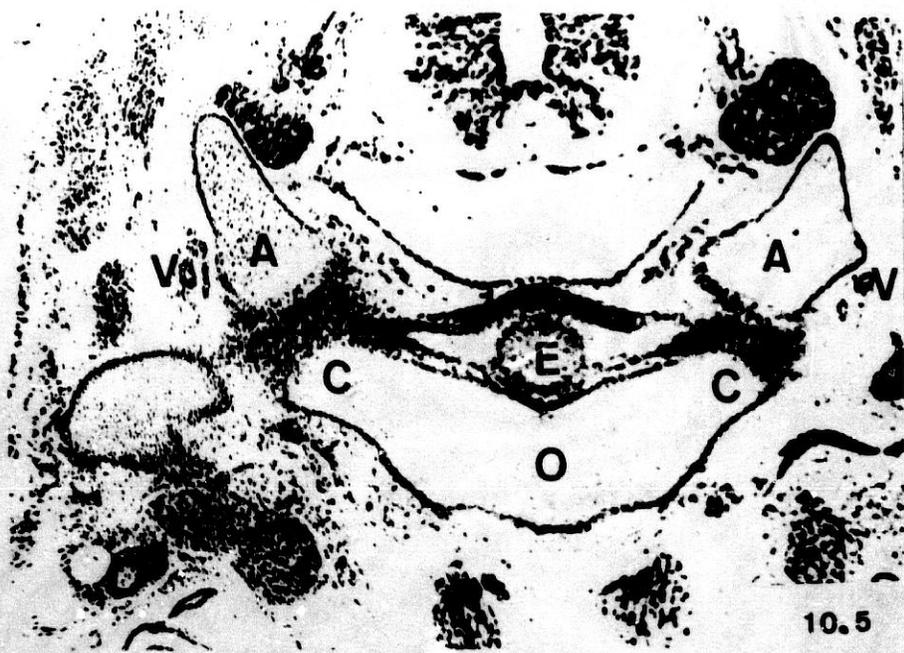


Fig. 10-5

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 29-III-4 (4x).
- A :Atlas (sus masas laterales).
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 10-5A

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 29-III-4 (10x).
- A :Atlas (masa lateral).
- C :Cóndilo del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 10-6

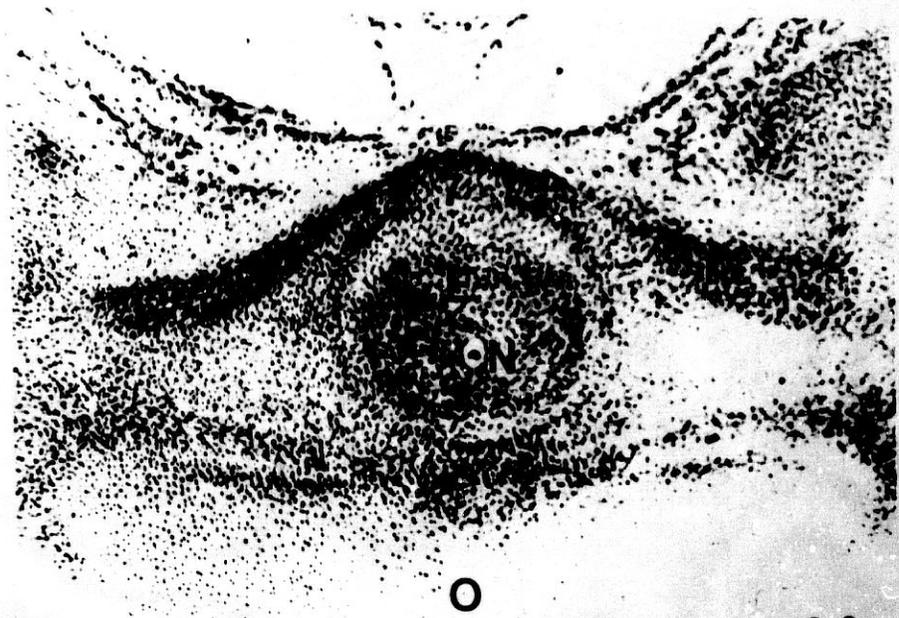
- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 30-II-3 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Porción basilar del occipital.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 7 :Futura articulación transverso-odontoidea.

Fig. 10-7

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 30-IV-3 (4x).
- A :Atlas.
- E :Diente del axis.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.
- 6 :Futura articulación atlanto-odontoidea.

Fig. 10-7A

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 30-IV-3 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 6 :Futura articulación atlanto-odontoidea.



O

10.6



10.7



10.7A



10.8



10.8A



10.8B

Fig. 10-8

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 31-I-2 (4x).
- A :Atlas.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 10-8A

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 31-I-2 (10x).
- A :Atlas (su arco anterior).
- N :Notocorda.
- X :Axis.

Fig. 10-8B

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 31-I-2 (10x).
- A :Atlas.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 10-9

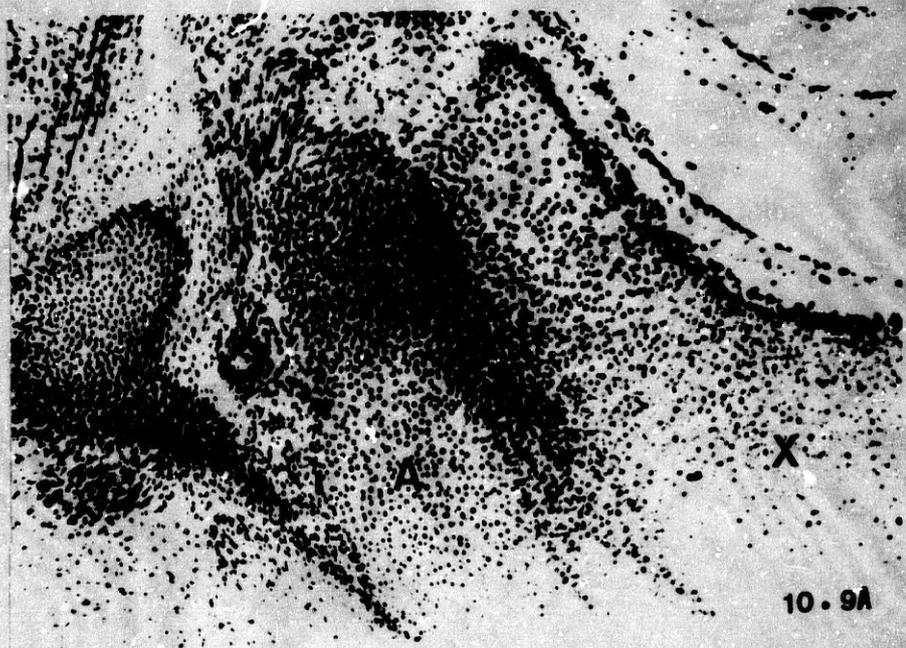
- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 31-II-3 (4x).
- A :Atlas.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.

Fig. 10-9A

- Embrión humano: C.H.-1 (24 mm.).
- Corte: 31-II-3 (10x).
- A :Atlas.
- V :Arteria vertebral.
- X :Axis.
- 5 :Interzona articular atlo-axoidea lateral.



10.9



10.9A



PROTOCOLO -4- (Cont.)

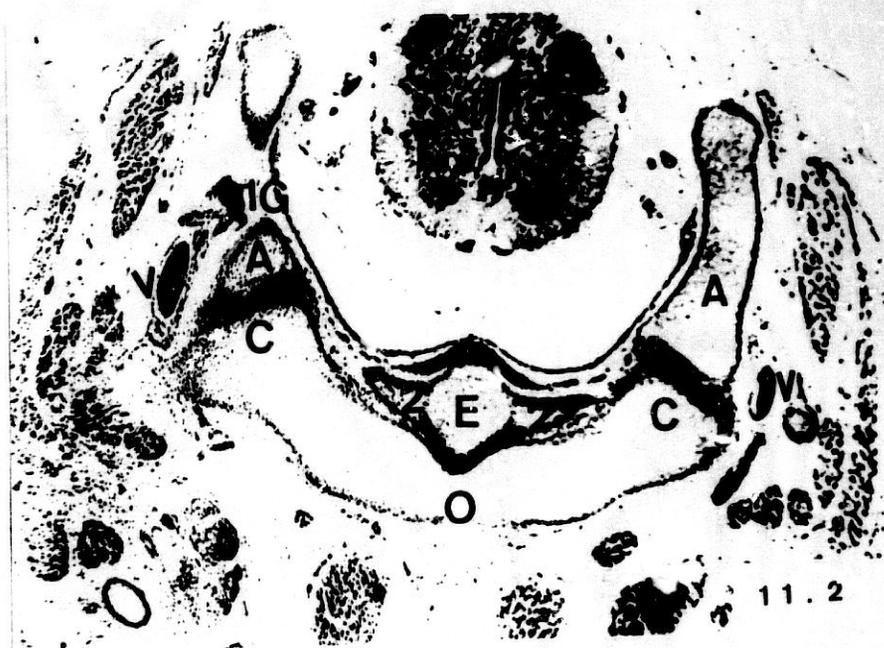
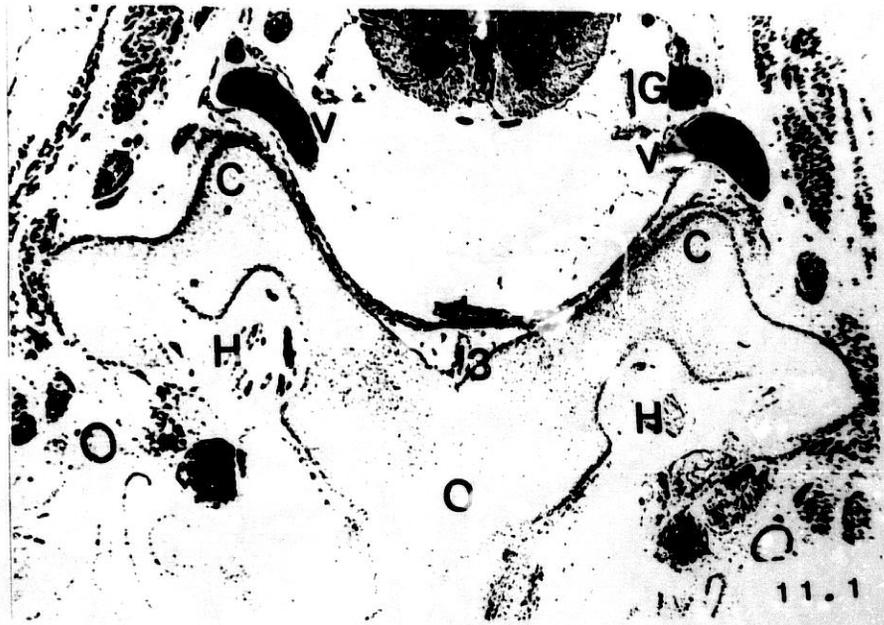
- Embrión humano: X.-14.
- Longitud: 24 mm.
- Estadio: 21 de O'Rahilly.
- Cortes: Transversales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca del Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.
- Figuras: 10.

Fig. 11-1

- Embrión humano: X.-14 (24 mm.).
- Corte: 41-III-1 (4x).
- C :Cóndilos del occipital.
- H :Nervio hipogloso.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento cruciforme.
- 3 :Ligamentum apicis dentis.

Fig. 11-2

- Embrión humano: X.-14 (24 mm.).
- Corte: 41-I-5 (4x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilos del occipital.
- B :Diente del axis.
- O :Porción basilar del occipital.
- V :Arteria vertebral.
- 1G :Primer ganglio raquídeo.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.



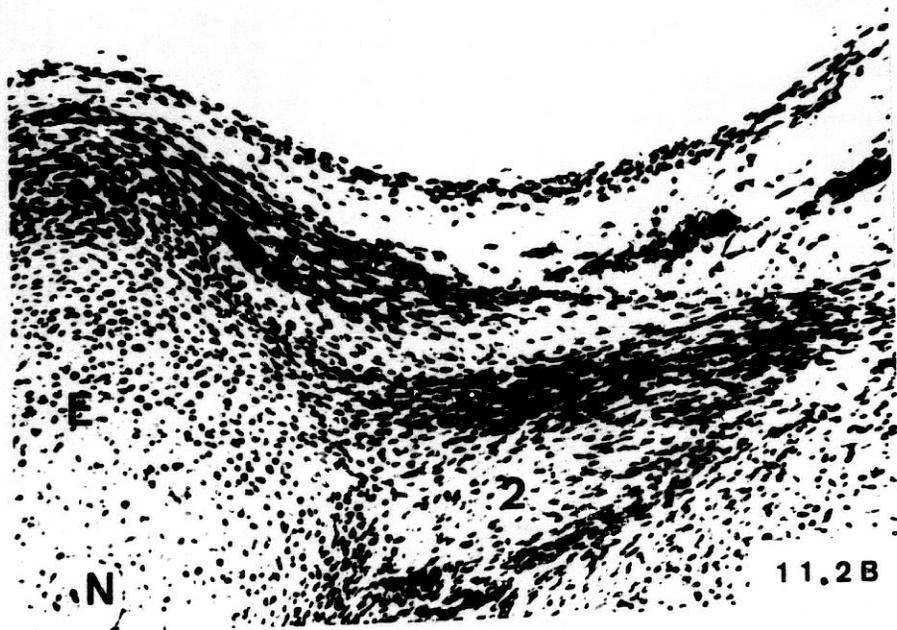
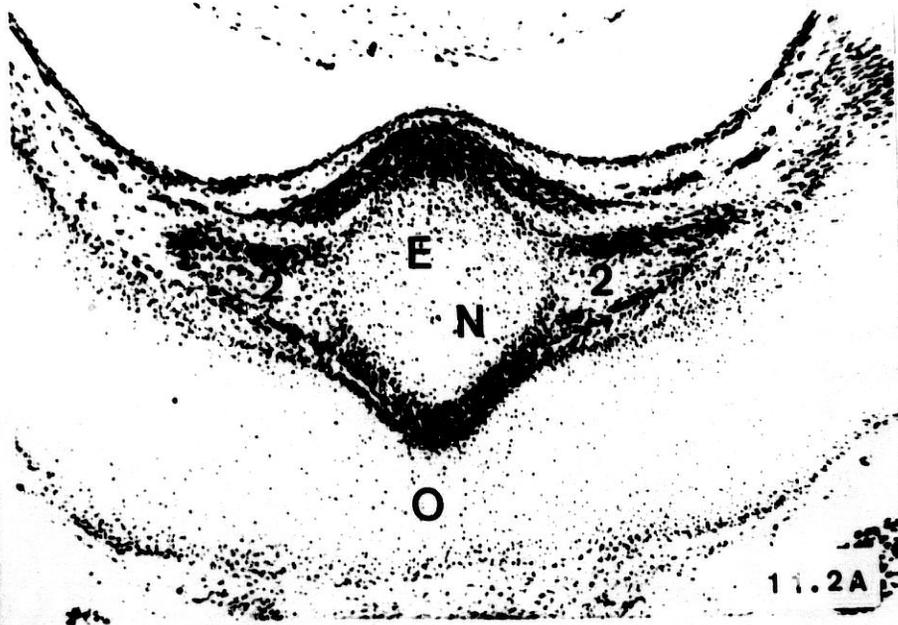


Fig. 11-2A

- Embrión humano: X.-14 (24 mm.).
- Corte: 41-I-5 (10x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- O :Porción basilar del occipital.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 7 :Interzona articular transverso-odontoidea.

Fig. 11-2B

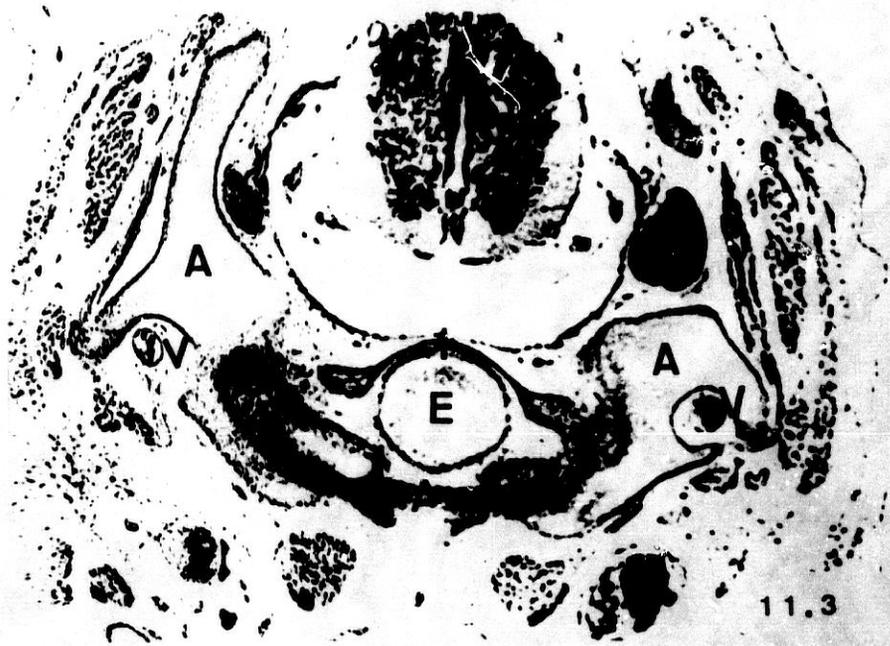
- Embrión humano: X.-14 (24 mm.).
- Corte: 41-I-5 (25x).
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 2 :Ligamentos alares.
- 7 :Interzona articular transverso-odontoidea.

Fig. 11-3

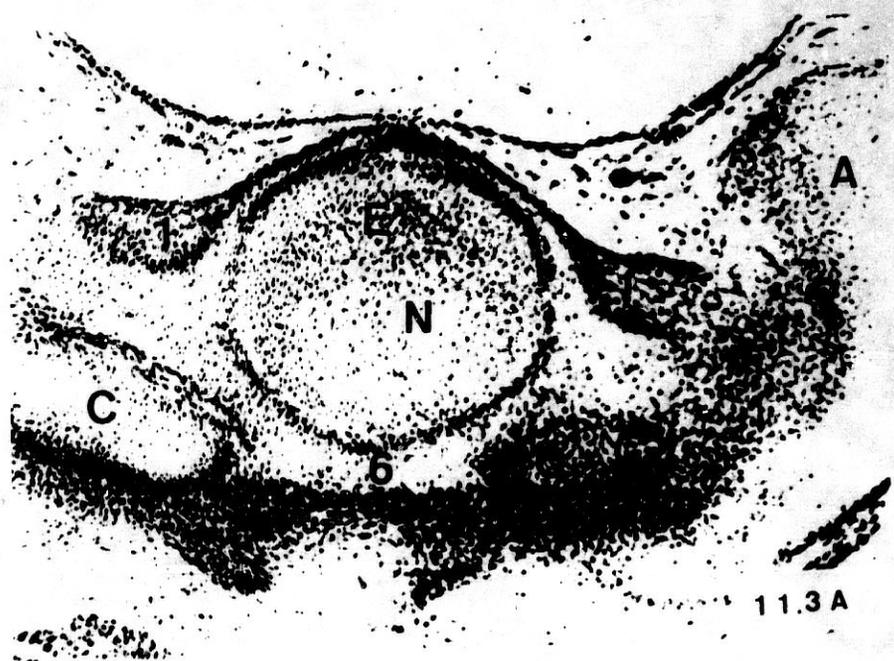
- Embrión humano: X.-14 (24 mm.).
- Corte: 40-II-8 (4x).
- A :Atlas.
- E :Diente del axis.
- V :Arteria vertebral.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.

Fig. 11-3A

- Embrión humano: X.-14 (24 mm.).
- Corte: 40-II-8 (10x).
- A :Atlas.
- C :Cóndilos del occipital.
- E :Diente del axis.
- N :Notocorda.
- 1 :Ligamento transverso del atlas.
- 4 :Interzona articular occipito-atloidea.
- 6 :Futura articulación atlanto-odontoidea.
- 7 :Interzona articular transverso-odontoidea.



11.3



11.3A