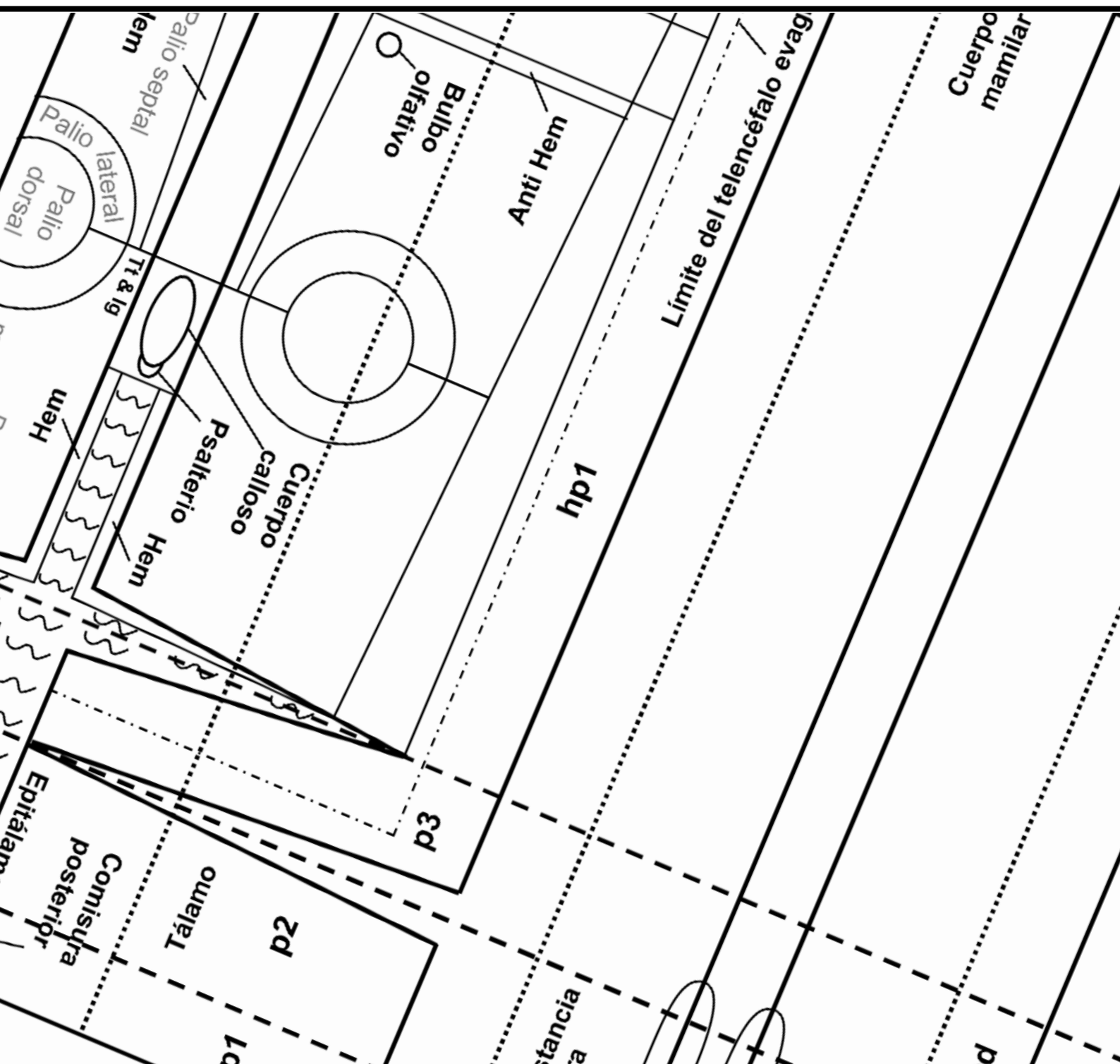


Recortables de Neuroembriología

(2ª edición, 2025)

Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana | Universidad Autónoma de Madrid



Ediciones Universidad Autónoma de Madrid

Campus de Cantoblanco - C/Einstein 1, 28049 Madrid

Tel. 91 497 42 33 - www.uam.es/publicaciones - servicio.publicaciones@uam.es

Recortables de Neuroembriología (2ª edición, 2025) está licenciada bajo
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Autor: **Miguel Ángel García Cabezas**

<https://doi.org/10.15366/garciacabezas.2025.002>

Recortables de Neuroembriología **(2ª edición, 2025)**

Miguel Ángel García-Cabezas
Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia
Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid

1- Recortable del tubo neural temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

2- Primer recortable del telencéfalo temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

3- Segundo recortable del telencéfalo temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

4- Recortable del desarrollo de la corteza cerebral de acuerdo con el Gradiente de complejidad laminar (1ª edición, 2025)

Esta serie de recortables está pensada para que los estudiantes del Grado en Medicina (u otros grados en los que se estudie el desarrollo del sistema nervioso) los coloreen, recorten y peguen como actividad complementaria a la asistencia a las clases magistrales y el estudio personal de libros de texto. La parcelación del tubo neural que se ilustra en cada recortable es la correspondiente a los modernos estudios de genoarquitectura que han dado lugar al Modelo Prosomérico y a la Teoría de los Anillos Corticales; esta última explica el desarrollo prenatal del gradiente de complejidad laminar que se observa en la corteza cerebral humana adulta.

Los libros de texto que mejor integran la neuroanatomía humana con las modernas ideas del desarrollo embriológico basadas en el Modelo Prosomérico y a la Teoría de los Anillos Corticales son:

Puelles L, Martínez S, Martínez de la Torre M (2008) *Neuroanatomía*. Panamericana

Nieuwenhuys R, Voogd J, van Huijzen C (2009) *El sistema nervioso central humano*, 4ª edición. Panamericana

Nieuwenhuys R, Puelles L (2016) *Towards a New Neuromorphology*. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-25693-1

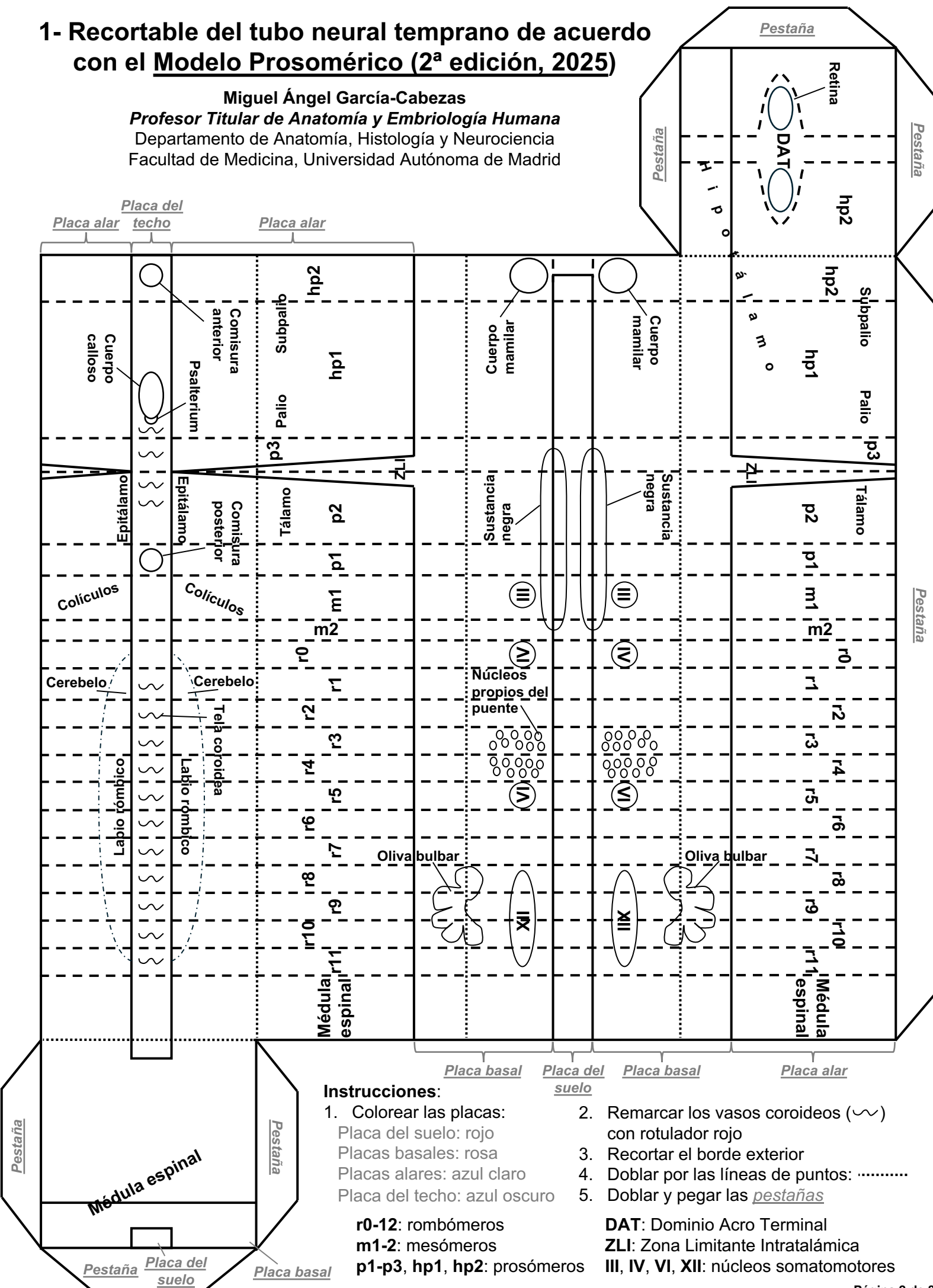
1- Recortable del tubo neural temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana

Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid



Instrucciones:

- Colorear las placas:
Placa del suelo: rojo
Placas basales: rosa
Placas alares: azul claro
Placa del techo: azul oscuro
- Remarcar los vasos corioideos (~~~~) con rotulador rojo
- Recortar el borde exterior
- Doblar por las líneas de puntos:
- Doblar y pegar las pestañas

r0-12: rombómeros

m1-2: mesómeros

p1-p3, hp1, hp2: prosómeros

DAT: Dominio Acro Terminal

ZLI: Zona Limitante Intratalámica

III, IV, VI, XII: núcleos somatomotores

1- Recortable del tubo neural temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana

Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid

El Modelo Prosomérico describe la regionalización del tubo neural temprano a partir de la especificación de placas longitudinales y neurómeros transversales. La intersección de unas y otros da lugar a un mosaico o damero de regiones histogenéticas en cada una de las cuales se originarán unas determinadas estructuras del sistema nervioso adulto.

Las relaciones de vecindad entre las distintas regiones histogenéticas se identifican de manera constante en embriones de todas las especies de vertebrados estudiadas hasta hoy. Por lo tanto, las regiones definidas por el Modelo Prosomérico guardan entre sí relaciones topológicas invariantes y forman parte de un plano maestro (un *bauplan*) que es común para todos los vertebrados.

Dibujar y montar este recortable le ayudará a visualizar en 3D las regiones histogenéticas definidas por el Modelo Prosomérico, pero no debe dejar de estudiar a fondo los artículos y libros en los que este modelo se describe y explica. Los más originales y relevantes, que hemos seguido para la elaboración del presente recortable, han sido escritos por el Profesor Luis Puelles y sus colaboradores.

Referencias:

Puelles L, Amat JA, Martínez de la Torre M (1987) Segment-related, mosaic neurogenetic pattern in the forebrain and mesencephalon of early chick embryos: I. Topography of AChE-positive neuroblasts up to stage HH18. *Journal of Comparative Neurology* 266: 247-268

Puelles L, Rubenstein JL (1993) Expression patterns of homeobox and other putative regulatory genes in the embryonic mouse forebrain suggest a neuromeric organization. *Trends in Neuroscience* 16: 472-479

Rubenstein JL, Martínez S, Shimamura K, Puelles L (1994) The embryonic vertebrate forebrain: the Prosomeric Model. *Science* 266: 578-580. doi: 10.1126/science.7939711

Puelles L, Rubenstein JL (2003) Forebrain gene expression domains and the evolving Prosomeric Model. *Trends in Neuroscience* 26: 469-476

Puelles L, Martínez S, Martínez de la Torre M (2008) *Neuroanatomía*. Panamericana

Puelles L, Rubenstein JL (2015) A new scenario of hypothalamic organization: rationale of new hypotheses introduced in the updated Prosomeric Model. *Frontiers in Neuroanatomy* 9: 27. doi: 10.3389/fnana.2015.00027

Nieuwenhuys R, Puelles L (2016) *Towards a New Neuromorphology*. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-25693-1

Puelles L (2018) Developmental studies of avian brain organization. *International Journal of Developmental Biology* 62: 207-224. doi: 10.1387/ijdb.170279LP

Watson C, Bartholomaeus C, Puelles L (2019) Time for radical changes in brain stem nomenclature-applying the lessons from developmental gene patterns. *Frontiers in Neuroanatomy* 13: 10. doi:10.3389/fnana.2019.00010

Puelles L (2021) Recollections on the origins and development of the Prosomeric Model. *Frontiers in Neuroanatomy* 15: 787913. doi: 10.3389/fnana.2021.787913

Ruiz-Cabrera S, Pérez-Santos I, Zaldívar-Díez J, García-Cabezas MÁ (2023) Expansion modes of primate nervous system structures in the light of the Prosomeric Model. *Frontiers in Mammal Science* 2: 1241573. doi: 10.3389/fmamm.2023.1241573

Puelles L (2024) An illustrated summary of the Prosomeric Model. *Frontiers in Mammal Science* 3: 1456996. doi: 10.3389/fmamm.2024.1456996

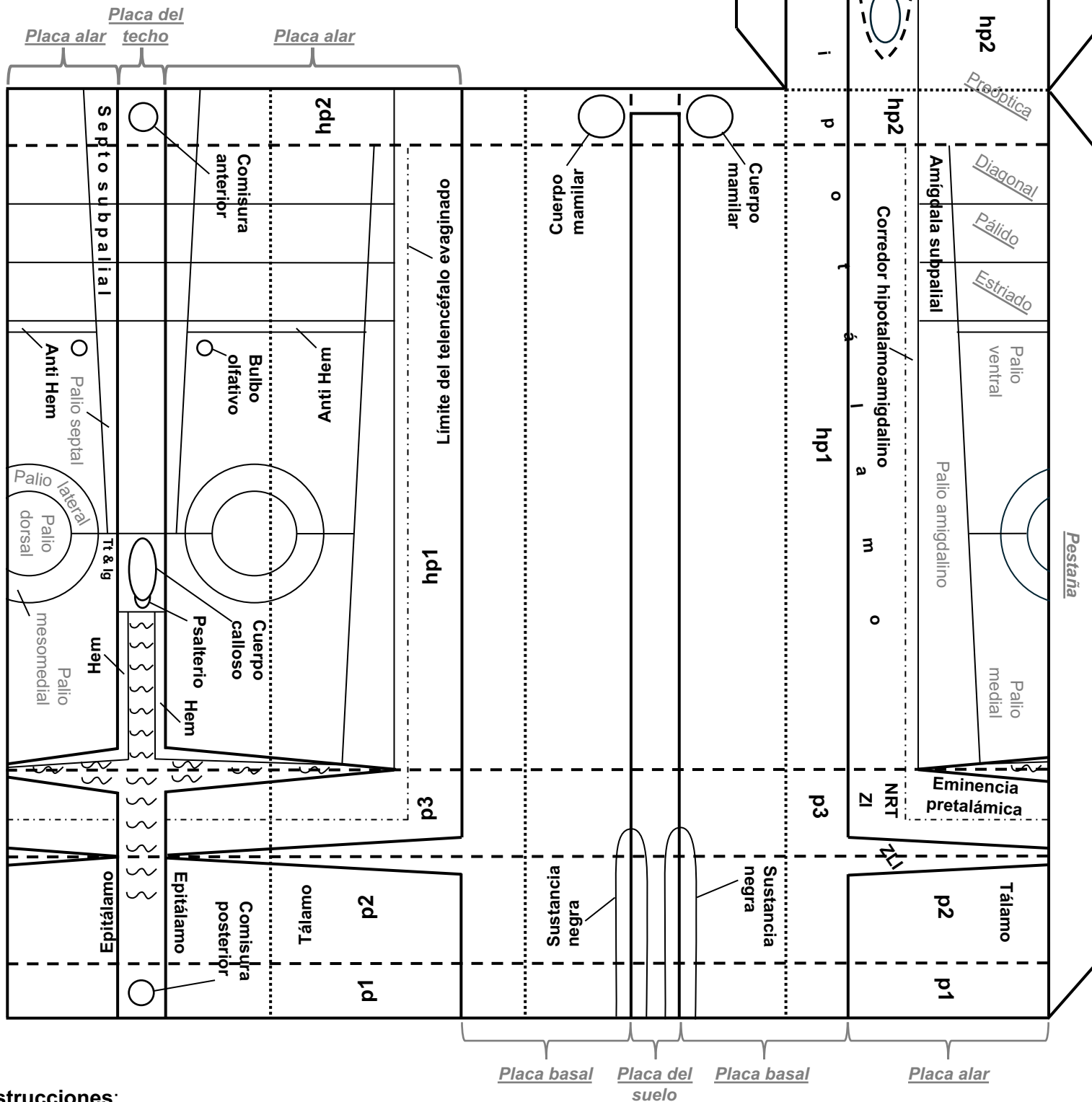
2- Primer recortable del telencéfalo temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana

Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid



Instrucciones:

1. Colorear las placas:
Placa del suelo: rojo
Placas basales: rosa
Placas alares: azul claro
Placa del techo: azul oscuro
2. Remarcar los vasos coroides (w) con rotulador rojo
3. Remarcar los dominios paliales con rotulador verde
4. Remarcar los dominios subpaliales con rotulador naranja
5. Recortar el borde exterior
6. Doblar por las líneas de puntos:.....
7. Doblar y pegar las pestañas

p1-p3, hp1, hp2: prosómeros

DAT: Dominio Acro Terminal

NRT: Núcleo Reticular del Tálamo

Tt & Ig: tenia tecta e indusium griseum

ZI: Zona Incerta

ZLI: Zona Limitante Intratalámica

3- Segundo recortable del telencéfalo temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

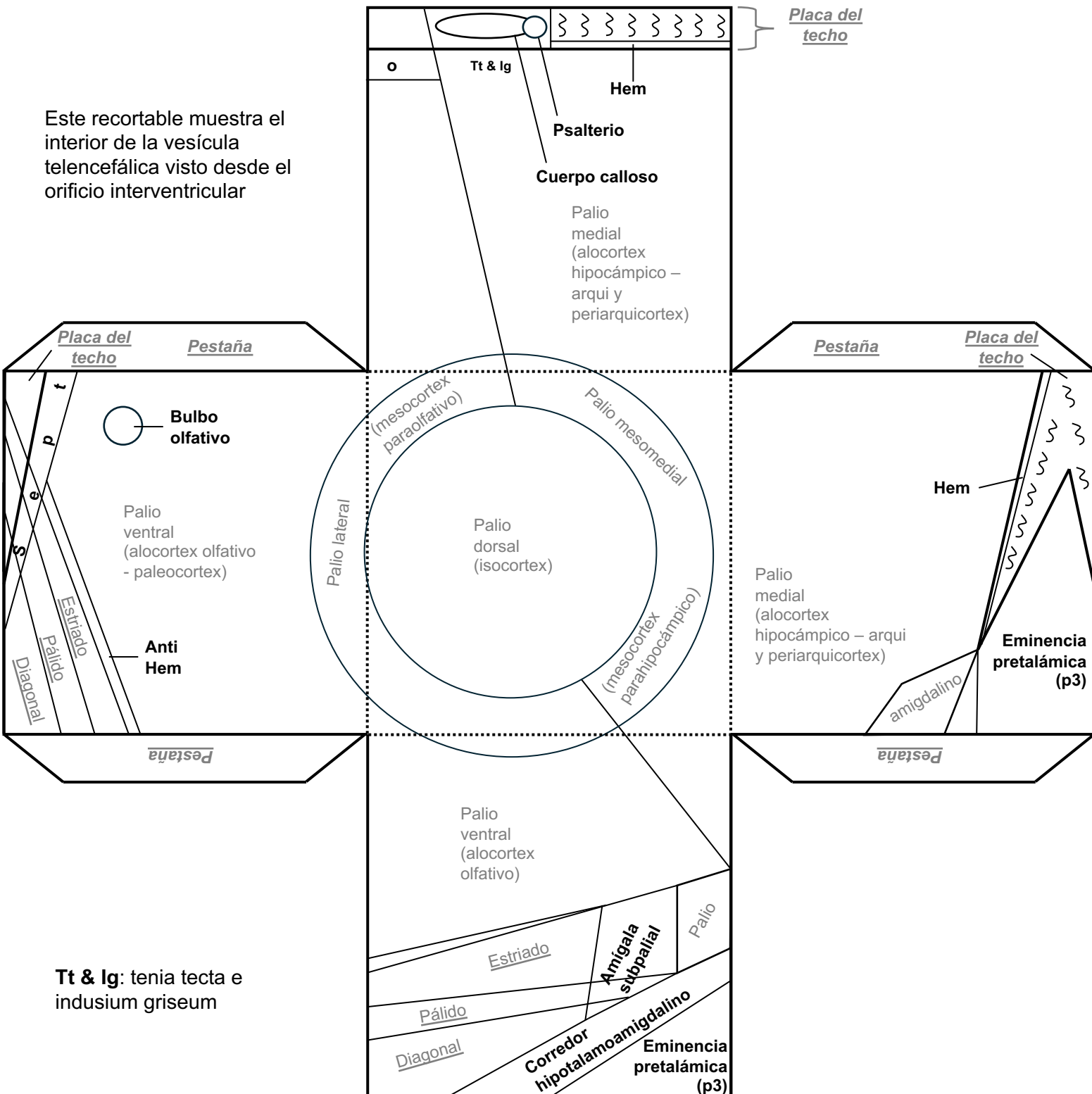
Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana

Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid

Este recortable muestra el interior de la vesícula telencefálica visto desde el orificio interventricular



Tt & Ig: tenia tecta e indusium griseum

Instrucciones:

- Colorear la Placa del techo en azul oscuro
- Colorear todo lo demás en azul claro, excepto el palio amigdalino que se colorea de amarillo
- Remarcar los vasos coroideos (~~~~) con rotulador rojo
- Remarcar los dominios paliales con rotulador verde
- Remarcar los dominios subpaliales con rotulador naranja
- Recortar el borde exterior
- Doblar **hacia adentro** por las líneas de puntos:
- Doblar y pegar **por fuera** las pestañas

2 y 3- Primer y segundo recortables del telencéfalo temprano de acuerdo con el Modelo Prosomérico (2ª edición, 2025)

Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana

Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid

El telencéfalo es, según el Modelo Prosomérico, una vesícula que se forma por la expansión de la porción más dorsal de la placa alar del prosómero hp1 junto con una pequeña contribución de la placa alar de p3, que es la eminencia pretalámica. Una estrecha banda de placa alar del hipotálamo en hp1, el corredor hipotalamoamigdalino, también se evagina hacia el telencéfalo. El dominio preóptico de hp2 también es telencefálico, pero no se evagina. Dentro del telencéfalo se distinguen unos dominios paliales (palios medial, dorsal, ventral, lateral, mesomedial, amigdalino y septal) y otros subpaliales (estriado, pálido, diagonal y preóptica). La amígdala y el septo se originan de dominios paliales y subpaliales.

Dibujar y montar este recortable le ayudará a visualizar en 3D las regiones histogenéticas definidas por el Modelo Prosomérico en el telencéfalo, pero no debe dejar de estudiar a fondo los artículos y libros en los que esta regionalización se describe y explica. Los más originales y relevantes, que hemos seguido para la elaboración de los presentes recortables, han sido escritos por el Profesor Luis Puelles y sus colaboradores.

Referencias sobre el Modelo Prosomérico:

- Puelles L, Amat JA, Martínez de la Torre M (1987) Segment-related, mosaic neurogenetic pattern in the forebrain and mesencephalon of early chick embryos: I. Topography of AChE-positive neuroblasts up to stage HH18. *Journal of Comparative Neurology* 266: 247-268
- Puelles L, Rubenstein JL (1993) Expression patterns of homeobox and other putative regulatory genes in the embryonic mouse forebrain suggest a neuromeric organization. *Trends in Neuroscience* 16: 472-479
- Rubenstein JL, Martínez S, Shimamura K, Puelles L (1994) The embryonic vertebrate forebrain: the Prosomeric Model. *Science* 266: 578-580. doi: 10.1126/science.7939711
- Puelles L, Martínez S, Martínez de la Torre M (2008) *Neuroanatomía*. Panamericana
- Puelles L, Rubenstein JL (2015) A new scenario of hypothalamic organization: rationale of new hypotheses introduced in the updated Prosomeric Model. *Frontiers in Neuroanatomy* 9: 27. doi: 10.3389/fnana.2015.00027
- Nieuwenhuys R, Puelles L (2016) *Towards a New Neuromorphology*. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-25693-1
- Ruiz-Cabrera S, Pérez-Santos I, Zaldívar-Díez J, García-Cabezas MÁ (2023) Expansion modes of primate nervous system structures in the light of the Prosomeric Model. *Frontiers in Mammal Science* 2: 1 241573. doi: 10.3389/fmamm.2023.1241573
- Puelles L (2024) An illustrated summary of the Prosomeric Model. *Frontiers in Mammal Science* 3: 1456996. doi: 10.3389/fmamm.2024.1456996

Referencias sobre la regionalización del telencéfalo:

- Puelles L, Morales-Delgado N, Merchán P, Castro-Robles B, Martínez de la Torre M, Díaz C, Ferrán JL (2016) Radial and tangential migration of telencephalic somatostatin neurons originated from the mouse diagonal area. *Brain Structure & Function* 221: 3027-3065. doi: 10.1007/s00429-015-1086-8
- Puelles L, Alonso A, García-Calero E, Martínez de la Torre M (2019) Concentric ring topology of mammalian cortical sectors and relevance for patterning studies. *Journal of Comparative Neurology* 527: 1731-1752. doi: 10.1002/cne.24650
- García-Calero E, López-González L, Martínez de la Torre M, Fan C-M, Puelles L (2021) Sim1-expressing cells illuminate the origin and course of migration of the nucleus of the lateral olfactory tract in the mouse amygdala. *Brain Structure & Function* 226: 519-562. doi: 10.1007/s00429-020-02197-1
- Medina L, Abellán A, Morales L, Pross A, Metwalli AH, González-Alonso A, Freixes J, Desfilis E (2023) Evolution and Development of Amygdala Subdivisions: Pallial, Subpallial, and Beyond. *Brain, Behaviour & Evolution* 98: 1-21. doi: 10.1159/000527512

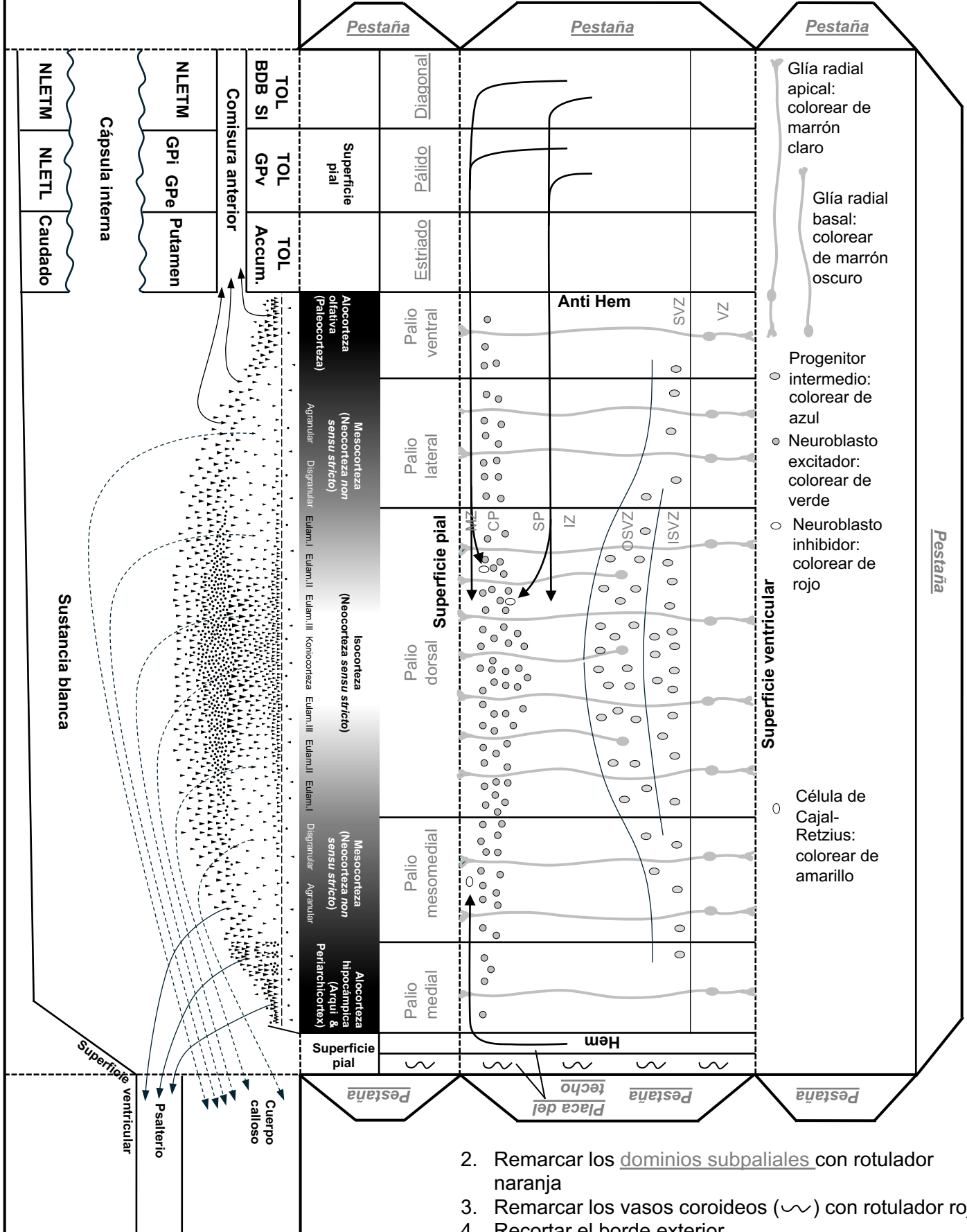
4- Recortable del desarrollo de la corteza cerebral de acuerdo con el Gradiente de complejidad laminar (1ª edición, 2025)

Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana

Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid



Instrucciones:

1. Remarcar los dominios paliales con rotulador verde

2. Remarcar los dominios subpaliales con rotulador naranja
3. Remarcar los vasos coroideos (w) con rotulador rojo
4. Recortar el borde exterior
5. Doblar por las líneas de puntos:
6. Doblar y pegar las pestañas

4- Recortable del desarrollo de la corteza cerebral de acuerdo con el Gradiente de complejidad laminar (1ª edición, 2025)

Miguel Ángel García-Cabezas

Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana

Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid

Todos los sectores de la corteza cerebral adulta se especifican en varios sectores paliales del telencéfalo que se disponen en anillos concéntricos. El anillo más externo lo forman los palios medial y ventral, que darán lugar a las alocoezas. El siguiente anillo lo forman los palios lateral y mesomedial, que darán lugar a las mesocortezas. Finalmente, el palio dorsal forma una isla central rodeada de los otros dos anillos y dará lugar a la isocorteza. Alo-, meso- e isocortezas se suceden una detrás de otra a lo largo de un doble gradiente de complejidad laminar que se origina en la arqui- (palio medial) y en la paleocorteza (palio ventral) hasta alcanzar las koniocortezas (parte más central del palio dorsal).

El recortable muestra la relación entre los tipos corticales adultos y los palios embrionarios, así como los tipos de neurogénesis que predomina en cada uno de ellos. También se muestran las migraciones tangenciales de neuronas inhibitoras desde el subpalio.

Por último, el recortable muestra la topografía de las proyecciones cortico-corticales contralaterales a través de las tres comisuras telencefálicas según se han descrito en estudios de trazado sináptico en primates no humanos.

Referencias sobre la regionalización del palio:

Puelles L, Alonso A, García-Calero E, Martínez de la Torre M (2019) Concentric ring topology of mammalian cortical sectors and relevance for patterning studies. *Journal of Comparative Neurology* 527: 1731-1752. doi: 10.1002/cne.24650

Puelles L, Alonso A, García-Calero E (2024) Genoarchitectural Definition of the Adult Mouse Mesocortical Ring: A Contribution to Cortical Ring Theory. *Journal of Comparative Neurology* 532: e25647. doi: 10.1002/cne.25647

Referencias sobre el gradiente de complejidad laminar de la corteza cerebral adulta:

García-Cabezas MÁ, Hacker JL, Zikopoulos B (2020) A Protocol for Cortical Type Analysis of the Human Neocortex Applied on Histological Samples, the Atlas of Von Economo and Koskinas, and Magnetic Resonance Imaging. *Frontiers in Neuroanatomy*; 14: 576015. doi: 10.3389/fnana.2020.576015. eCollection 2020

García-Cabezas MÁ, Hacker JL, Zikopoulos B (2020) Homology of neocortical areas in rats and primates based on cortical type analysis: an update of the Hypothesis on the Dual Origin of the Neocortex. *Brain Structure and Function*; 228: 1069-1093. doi: 10.1007/s00429-022-02548-0

Referencias sobre la neurogénesis cortical:

García-Cabezas MÁ, Zikopoulos B, Barbas H (2019) The Structural Model: a theory linking connections, plasticity, pathology, development and evolution of the cerebral cortex. *Brain Structure and Function*; 224: 985-1008. doi: 10.1007/s00429-019-01841-9

del Valle-Antón L, Borrell V (2022) Folding brains: From development to disease modeling. *Physiological Reviews*; 102: 511–550. doi:10.1152/physrev.00016.2021

Referencias sobre las conexiones cortico-corticales contralaterales:

Demeter S, Rosene DL, van Hoesen GW (1990) Fields of origin and pathways of the interhemispheric commissures in the temporal lobe of macaques. *Journal of Comparative Neurology*; 302: 29-53. doi: 10.1002/cne.903020104

Barbas H, Pandya DN (1984) Topography of commissural fibers of the prefrontal cortex in the rhesus monkey. *Experimental Brain Research*; 55: 187-91. doi: 10.1007/BF00240516

MZ: zona marginal	ISVZ: zona subventricular interna	GPe: globo pálido externo	BDB: banda diagonal de Broca
CP: placa cortical	SVZ: zona subventricular	GPI: globo pálido interno	Accum.: núcleo accumbens
SP: subplaca	VZ: zona ventricular	GPv: globo pálido ventral	SI: sustancia innominada
IZ: zona intermedia	TOL: tubérculo olfativo	NLETL: núcleo del lecho de la estría terminal lateral	
OSVZ: zona subventricular externa		NLETM: núcleo del lecho de la estría terminal medial	