

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO.
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA CELULAR Y
TISULAR
BIOLOGÍA CELULAR E HISTOLOGÍA MÉDICA

SISTEMA TEGUMENTARIO: PIEL Y
ANEXOS (FANERAS)

CÉSAR EDUARDO MONTALVO ARENAS M.V.; Ms. C. B.
Asesoría técnica:
Técnico Académico: Francisco Pasos Nájera.
Laboratorista: Ricardo Hernández Trujillo.

Todo ser vivo, unicelular o pluricelular, posee una cubierta externa que, a la vez que lo protege del medio que lo rodea, le permite relacionarse con el medio para interactuar entre sí. En los seres unicelulares la cubierta está representada por la membrana celular. En los seres pluricelulares y de manera específica en los vertebrados, la cubierta o envoltorio está representada por la **piel**.

En los mamíferos y en la especie humana la piel está considerada como el órgano de mayor extensión y de mayor peso. La piel representa el 15 por ciento del peso total del cuerpo humano.

La piel es el órgano sensorial primario encargado de registrar el dolor, la temperatura y la presión ejercida en la superficie corporal. Es el embalaje más perfecto conocido; protege a los tejidos y órganos situados debajo de ella para no ser expuestos al aire o al agua u otros agentes como las radiaciones solares.

Actúa como una armadura impidiendo el contacto directo de esos tejidos y órganos con microorganismos patógenos (parásitos, bacterias y virus), sustancias tóxicas y otros agentes que, sin la piel, ocasionarían lesiones sumamente graves exponiendo con peligro la salud o la vida del individuo.

La importancia de la piel puede entenderse mediante el siguiente ejemplo: si una persona sufre quemaduras que destruyan la piel en más del 40 por ciento del total de la misma, es casi seguro que no sobrevivirá a pesar de un tratamiento médico muy cuidadoso. La pérdida de líquidos corporales y las infecciones bacterianas lesionarían de tal manera a los tejidos expuestos que le producirían la muerte en corto tiempo.

Los **dermatólogos**, médicos especializados en el estudio y tratamiento para conservar la salud de la piel, definen a éste órgano de la siguiente manera:

“La piel humana proporciona al organismo protección mecánica frente a los agentes externos, por la resistencia de su estrato córneo y por el conjunto de fibras colágenas y elásticas que la integran. Lo defiende frente a agentes físicos, químicos, radiaciones, bacterias, hongos y virus. Está encargada de regular la absorción de sustancias; interviene como barrera a nivel epidérmico, y regula el medio interno, manteniendo constante la temperatura y la composición fisico-química del cuerpo humano.”

ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DE LA PIEL Y DE LOS ANEXOS (FANERAS).

El sistema tegumentario está integrado por la piel y por los anexos o faneras, conjunto de estructuras derivadas de los mismos esbozos embriológicos que originan la piel.

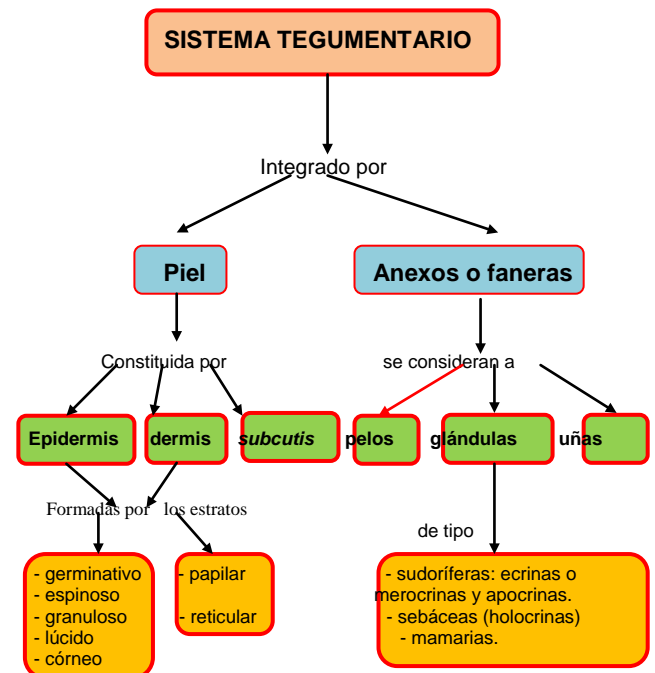


Figura Teg.1. Mapa conceptual con la representación de los componentes de la piel y anexos (faneras).

La piel está constituida por tejidos de origen embriológico y estructura tisular diferentes: la **epidermis** y la **dermis** (cutis). Algunos autores afirman que la **hipodermis** o tejido subcutáneo (subcutis) también debe ser considerada como integrante de este órgano (Figura Teg. 1).

La **epidermis** es la cubierta más externa; se origina embriológicamente del ectodermo superficial del embrión (fig. Teg.2). Está constituida por epitelio plano estratificado queratinizado (con capa córnea). Carece de irrigación sanguínea y de inervación propia.

La **dermis** es la capa situada debajo de la epidermis. Deriva del mesodermo superficial (de la región del dermatomo somítico, se originan la dermis axial dorsal y la dermis de las extremidades y, de la hoja parietal o somática del mesodermo lateral se diferencia la dermis y la hipodermis del resto de la superficie corporal. La dermis está integrada por tejido conectivo denso donde predominan haces de fibras colágenas y fibras elásticas. Esta capa alberga abundantes vasos sanguíneos y linfáticos. Se encuentra innervada de forma profusa. Consta de dos estratos: papilar y reticular (**fig. Teg. 3**).

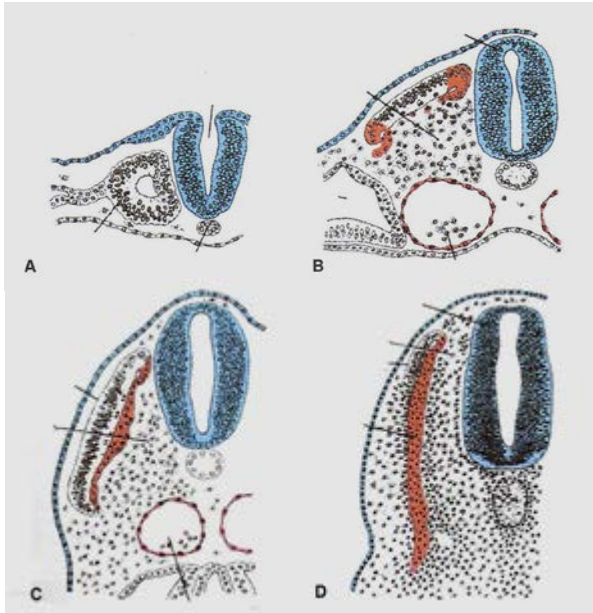


Figura Teg. 2. Secuencia esquemática del origen de los esbozos embrionarios dorsales de la piel. Se observa la relación existente entre el ectodermo superficial (futura epidermis) y el mesodermo somítico (dermatomo).

La **hipodermis** o tejido subcutáneo presenta características similares a la dermis, con la diferencia que, el tejido que la constituye tiene un predominio de tejido conjuntivo laxo y dependiendo del estado nutricional de la persona, posee mayor o menor cantidad de tejido adiposo (**fig.Teg. 3**). Relaciona a la piel con tejidos más profundos como las fascias de los músculos, el pericondrio o el periostio.

Los **anexos de la piel (faneras)** son estructuras que participan activamente en la fisiología de la piel. Se originan de esbozos epidérmicos embrionarios y fetales los cuales interactúan con el tejido mesodérmico para formar los siguientes órganos: pelos, uñas, glándulas sebáceas, glándulas sudoríferas (merocrinas y apocrinas) y glándulas mamarias. En otros mamíferos se desarrollan: garras, cuernos o astas, cascos o pezuñas.

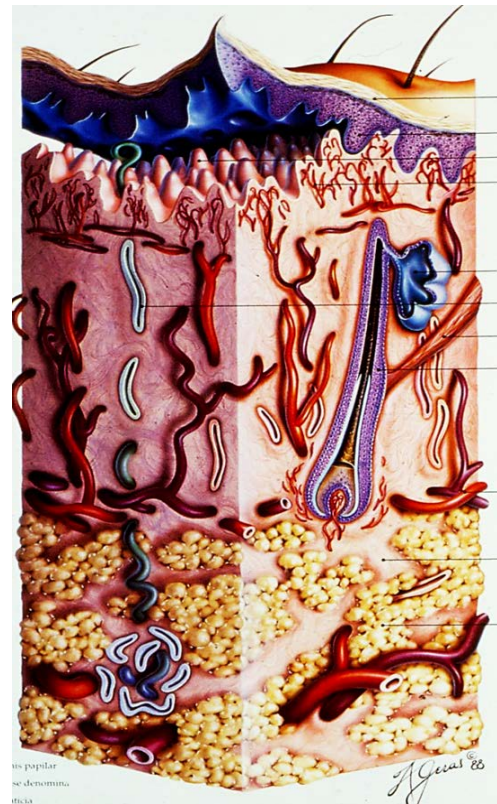


Figura Teg. 3. Representación esquemática tridimensional de los componentes de la piel y sus anexos.

Funciones generales de la piel. Los diversos integrantes de la piel desempeñan las siguientes funciones:

- Representa una barrera protectora contra la invasión de microorganismos y contra la acción de agentes mecánicos, químicos, térmicos y osmóticos.**
- Regula la temperatura corporal y colabora en mantener el equilibrio hídrico.**
- Posee un pigmento, la melanina, encargado de conferirle color a la epidermis y proteger de la radiación ultravioleta, a los tejidos subyacentes.**
- Mediante la innervación profusa de la dermis, el organismo capta sensaciones de tacto, calor, frío, presión, dolor, permitiéndole, así, interactuar con el medio ambiente y relacionarlo con el sistema nervioso central.**
- A través de los vasos linfáticos y sanguíneos dérmicos, se absorben sustancias que atraviesan la epidermis, como algunos medicamentos (lociones, cremas o pomadas).**
- En la dermis se sintetiza la vitamina "D" por acción de la radiación ultravioleta.**
- Ciertas células integrantes de la epidermis (de Langerhans) y linfocitos que arriban a ella, tienen la capacidad de captar antígenos y transferirlos a células efectoras de la respuesta inmunológica, por lo tanto la piel es considerada como un órgano integrante del sistema inmunológico (SALT).**

COMPONENTES DE LA PIEL.

Epidermis. Está formada por epitelio plano estratificado queratinizado o cornificado. Las células que lo integran se denominan “**queratinocitos**” (fig. Teg. 4 y 5) especializados en sintetizar abundantes filamentos intermedios de **queratina**, proteína sulfatada que le proporciona a las células cierta rigidez, dureza y semiimpermeabilidad.

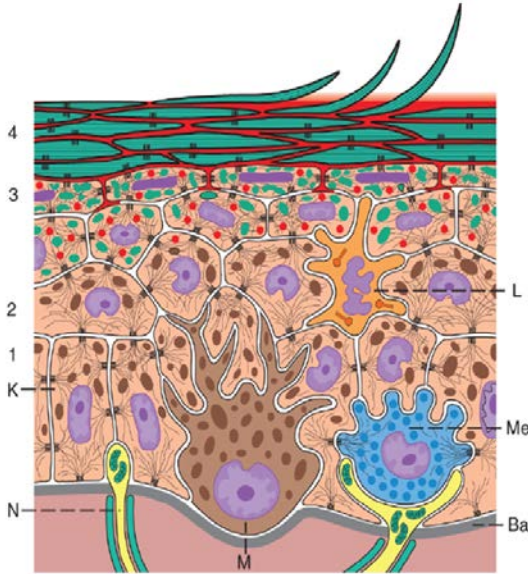


Figura Teg. 4. Representación esquemática de los componentes celulares de la epidermis y los estratos que la constituyen. Se distinguen los queratinocitos en varios estratos y las células colonizadoras: Melanocito (M), célula de Merkel (Me) y célula de Langerhans (L).

La diferenciación y especialización de la epidermis radica en el hecho de que sus células tienen como fin principal generar una población superficial de células muertas albergadoras de abundantes filamentos intermedios de queratina y entre ellas se deposita cierta cantidad de lípidos para formar un estrato denominado **estrato córneo**, membrana endurecida parcialmente capaz de actuar como una especie de coraza o escudo ante agentes agresores físicos y químicos.

Las células de este estrato se descaman continuamente por consiguiente, las células epidérmicas deben renovarse de manera continua.

Ciertos estudios han comprobado que los queratinocitos también sintetizan y secretan **interleucina 1** de acción quimiotáctica para los linfocitos cooperadores (T_H); inclusive estas células pueden expresar moléculas de histoincompatibilidad clase II (CMH clase II).

El 85% del total de células epidérmicas lo constituyen los queratinocitos. El otro 15% está constituido por células que arriban a la epidermis y la colonizan (Fig. Teg 4):

- Melanocitos**, provenientes de las crestas neurales.
- Células dendríticas de Langerhans**, originarias de la médula ósea hematopoyética.
- Células sensoriales de Merkel, en un principio se consideraron de origen** neuroectodermal (crestas neurales). Actualmente existen dudas con relación a su origen. Se les han detectado marcadores antigénicos de tipo epidérmico como nervioso.

También se encuentran **linfocitos** que arriban a la epidermis para intervenir en las etapas iniciales de la respuesta inmunológica del organismo.

Dependiendo del espesor de la epidermis la piel es **gruesa** o **delgada**. En la especie humana, La piel gruesa se localiza en la **palma de las manos** y en la **planta de los pies**. La piel delgada ocupa todo el resto de la cubierta corporal.

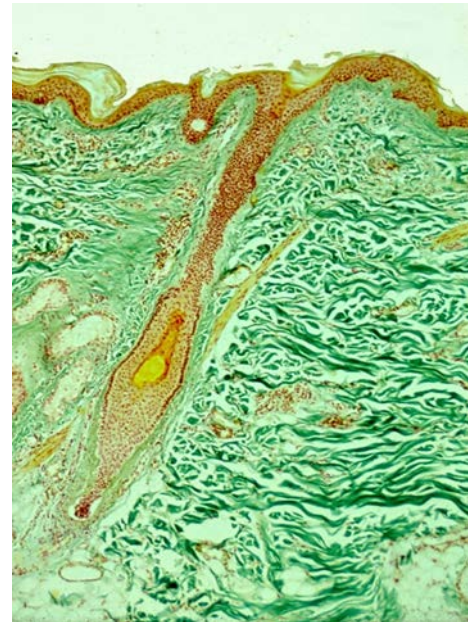
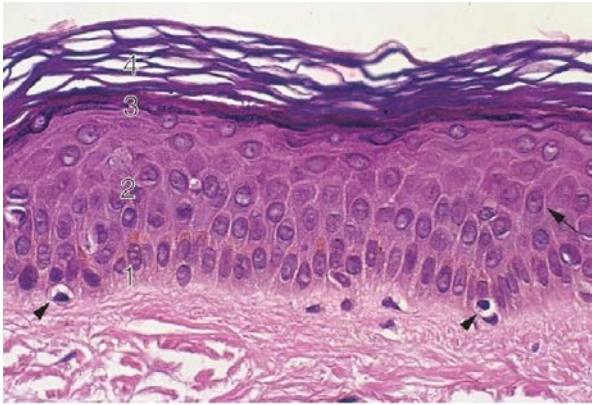
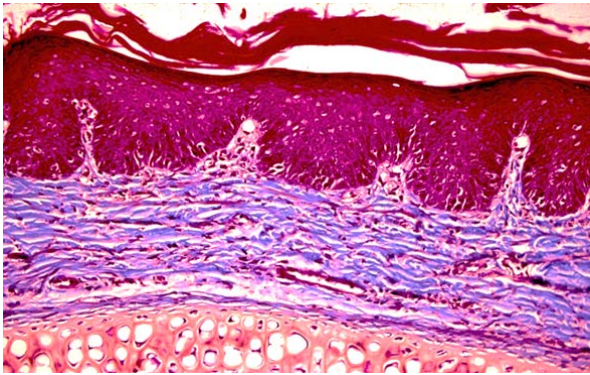


Figura Teg. 5. Fotomicrografía de piel delgada. Se visualizan los escasos estratos de la epidermis y los componentes conjuntivos de la dermis: estratos papilar y reticular; un folículo piloso y un haz de fibras musculares lisas del músculo erector del pelo.

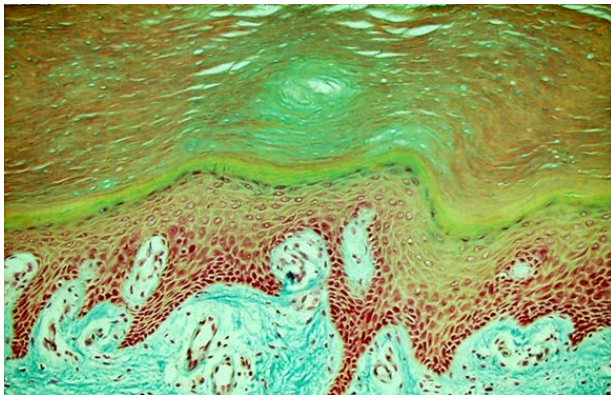
El estrato más profundo se apoya en una membrana basal que está en contacto directo con la dermis. Esta transición conocida como **línea** o **superficie dermoepidérmica** se distingue como una línea ondulada irregular, producto de la emisión, por parte de la epidermis, de **crestas epiteliales** hacia la dermis subyacente, la cual, a su vez, proyecta elevaciones conjuntivas muy inervadas y vascularizadas (denominadas **papilas dérmicas**) que se intercalan entre ellas (Fig. Teg. 5 y 6).



a) Piel delgada del dorso. La línea limitante dermoepidérmica muestra una ondulación poco notoria. El estrato córneo posee pocas capas queratinizadas.



b) Piel delgada del pabellón de la oreja: La unión dermoepidérmica exhibe crestas epidérmicas gruesas y notorias intercalándose con papilas conjuntivas cónicas.



c) Piel gruesa de la yema de los dedos. Obsérvese la profundidad de las crestas o clavos epidérmicos y las papilas conjuntivas más pronunciadas.

Figura Sist. Teg. 6. Secuencia de fotomicrografías de piel: a) y b): piel delgada y c) Piel gruesa. Para mostrar la interacción de las crestas epidérmicas y las papilas conjuntivas.

Generalmente la superficie dermoepidérmica es poco ondulada en la piel delgada y muestra mayor ondulación e irregularidad en la piel gruesa. Ver las Fig.Teg 5 y 6.

La disposición de las crestas y papilas del límite epidérmico-dérmico se refleja en la superficie de la piel en forma de pliegues y arrugas finas que se interceptan entre sí para formar pequeñas áreas romboidales o poligonales.



Figura Sist. Teg.7. Representación de las características morfológicas de células epidérmicas, al microscopio electrónico.

Los estratos de la epidermis (fig.Teg.7), desde la parte interna hacia el exterior son:

- a) **Basal o germinativo.** Se sustenta en la membrana basal y se une a ella mediante hemidesmosomas. Es el estrato que permite, mediante mitosis, la regeneración continua de la epidermis. Está constituido por células cilíndricas o cúbicas (fig. Teg. 6a, 7 y 8); la proliferación celular se realiza durante la noche.

La dificultad de observar mitosis en las preparaciones histológicas habituales de piel de humanos, mamíferos o de animales de experimentación, se debe a que las muestras de piel se obtienen preferentemente durante el día.

Las células del estrato germinativo muestran un citoplasma ligeramente basófilo, constituido por polirribosomas y algunas cisternas de R.E.R; también se observan algunos haces de tonofibrillas (estos filamentos intermedios contienen dos proteínas de queratina denominadas K_5 y K_{14}).

Poseen un núcleo redondeado u ovalado, de posición basal. Cuando se forman nuevas células algunas de ellas son empujadas hacia la superficie para transformarse en integrantes del estrato inmediato superior.

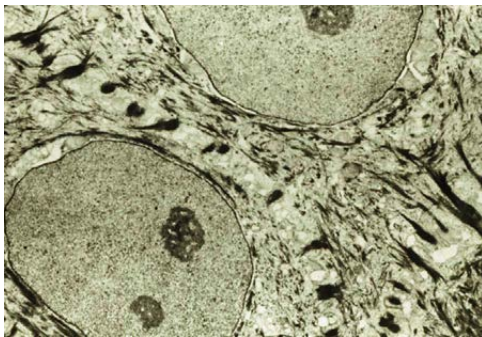
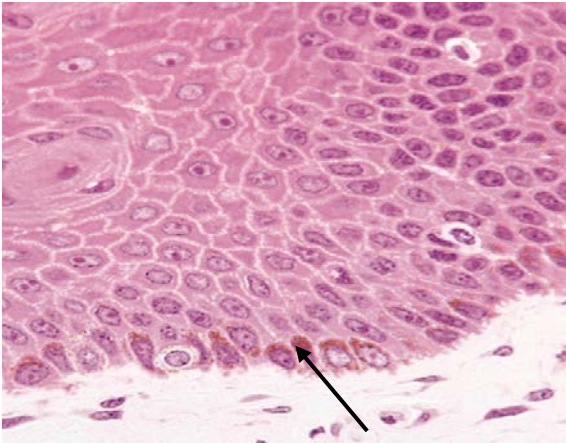


Figura Teg. 8. Imágenes fotónica y electrónica del estrato basal o germinativo. En la fotónica (H-E) se visualizan las células de este estrato conteniendo gránulos de melanina y en la electrónica se observan los núcleos y nucleolos de células germinativas 10,000 x.

b) **Espinoso.** Está formado por células poliédricas o romboidales. Dependiendo del grosor de la epidermis, piel gruesa o delgada, el estrato está integrado por más de 4 ó 6 capas de células o solamente por 2 ó 3 capas, respectivamente. Los núcleos, redondeados u ovalados se disponen en sentido horizontal.

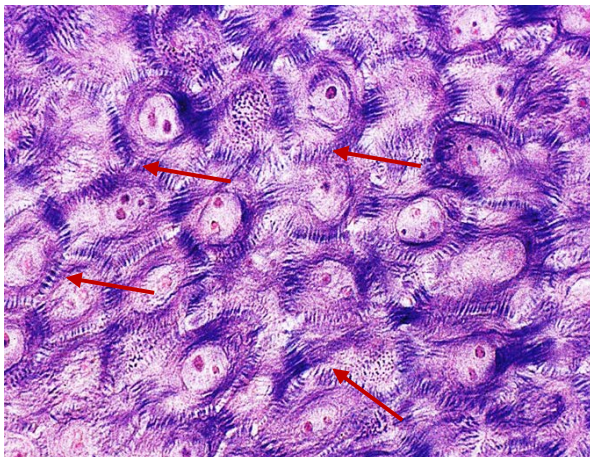


Figura Sist. Teg.9. Fotomicrografía de epidermis gruesa mostrando el estrato espinoso. Las “espinitas o puentes intercelulares” se distinguen de manera excelente con la tinción de Hematoxilina Fosfotúngstica 600x.

El citoplasma de los queratinocitos de este estrato posee abundantes filamentos intermedios de una proteína denominada **citoqueratina** (constituidas por las queratinas K_1 y K_{10}) que, en pequeños haces, se

proyectan de forma radial hacia prolongaciones citoplasmáticas interdigitadas con prolongaciones similares de células vecinas, allí se conectan con desmosomas, estructuras encargadas de relacionar a los queratinocitos adyacentes.

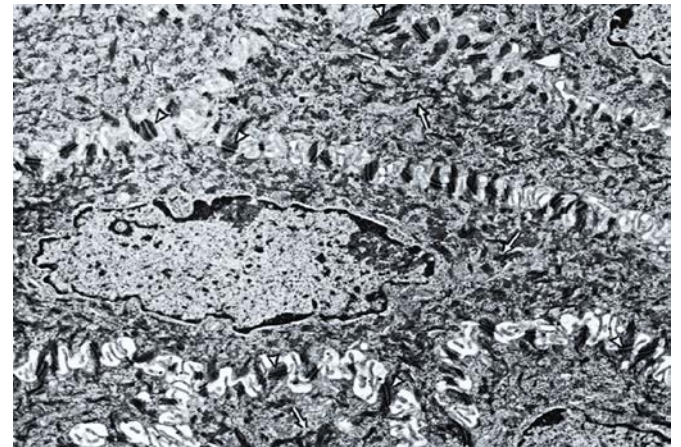


Figura Sist. Teg. 10. Fotomicrografía electrónica de algunas células del estrato espinoso. Los puentes intercelulares electrondensos se observan nítidamente. 12,000x.

La presencia de los desmosomas y los haces de citoqueratina se hacen evidentes en forma de “**puentes intercelulares**” cuando la epidermis se observa al microscopio; el estrato muestra a las células levemente separadas por una fina hendidura de aspecto claro (producto de la deshidratación de los queratinocitos durante la aplicación de la técnica histológica) pero unidas cada cierto trecho por diminutas “**espinas**” (fig. Teg.9 y 10).

En el citoplasma de las células “espinosas” también se visualizan, con el M.E. unos gránulos membranosos ovalados que miden de 0.1 a 0.4 μm de diámetro, denominados “**gránulos laminares o laminados**” (Fig. Teg. 11) cuyas láminas transversales electrónlúcidas y electrondensas contienen abundantes lípidos. Estas células también sintetizan una proteína, la **involucrina**, “proteína empaquetadora” que después de sintetizada se dispone en la superficie interna del plasmalema.



Figura Sist. Teg. 11. Imagen electrónica de un gránulo laminar del estrato espinoso. 60,000x

c) **Granuloso.** Lo forman dos o tres capas de células alargadas, ligeramente aplanadas con núcleos alargados dispuestos en el sentido del eje mayor de la

célula, y de cromatina condensada. En el citoplasma se localizan abundantes **gránulos basófilos** (no membranosos), de bordes irregulares, que se tiñen de color azul oscuro con la hematoxilina u otros colorantes básicos, proporcionándole ese aspecto al estrato (fig. Teg. 7 y 12). Los gránulos están constituidos por una sustancia precursora de la queratina llamada **queratohialina**, que contiene una →

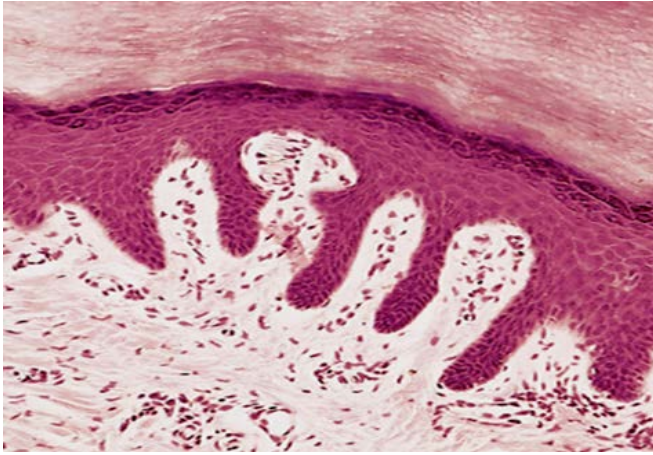


Figura Sist. Teg. 12. Fotomicrografía de piel gruesa. Se observan tres hileras de queratinocitos conteniendo gránulos basófilos: Tinción H.E. 250x.

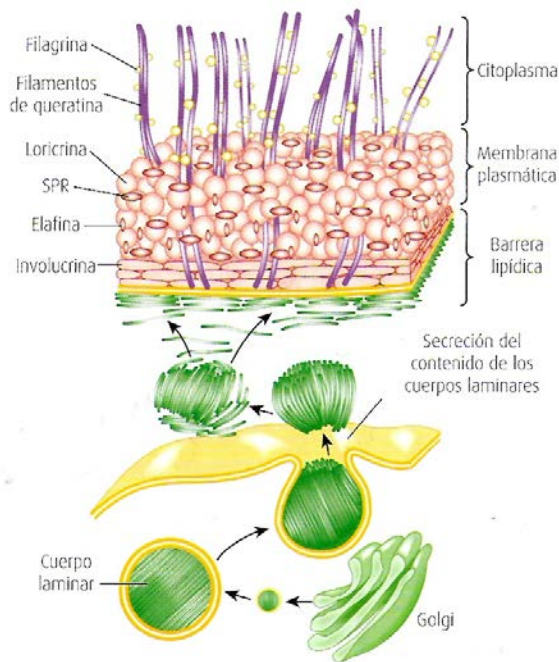


Figura Sist. Teg. 13 Representación esquemática mostrando los componentes de la porción basal de un queratinocito del estrato córneo y la manera como los cuerpos laminares liberan las láminas de fosfolípidos, glucoesfingomiélin y ceramida.

Texto Atlas de Histología. Ross y Pawlina , 6ª edición 2012. Editorial médica Panamericana.

→ proteína rica en azufre denominada **profilagrina** que, en el estrato córneo, se transforma en la **filagrina** para integrar en ese estrato una matriz interfilamentosa que condensará los filamentos de queratina en haces densos y gruesos (Fig. Teg. 13).

Los gránulos laminados, heredados del estrato espinoso, se sitúan en la periferia de las células y mediante exocitosis vierten su contenido lipídico al espacio intercelular para adherirse a la membrana y conferir la impermeabilidad propia de la epidermis (Fig. Teg. 14); además de esta propiedad, la presencia de los lípidos dificulta el pasaje de sustancias nutritivas provenientes de los capilares sanguíneos del estrato papilar que, por difusión deberían llegar a los estratos más superficiales (lúcido y córneo). Este impedimento nutricional de los queratinocitos acelera la muerte de estas células.

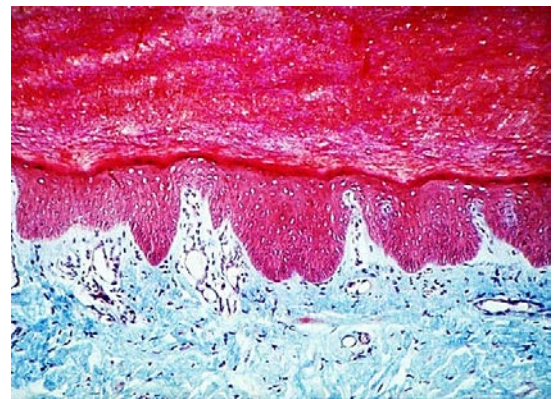
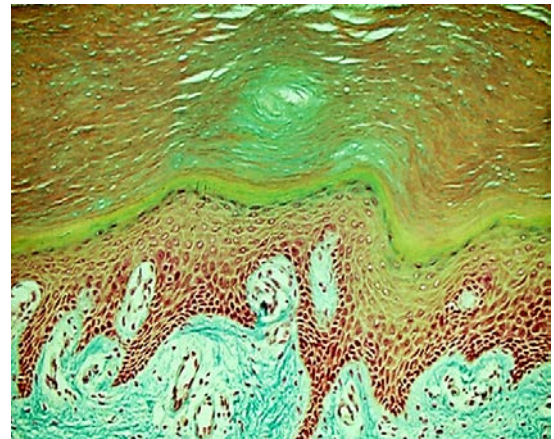


Figura Sist. Teg.14. Fotomicrografías de piel gruesa mostrando el estrato lúcido de color verde amarillento (tricromico de Gomory) y de color rojo intenso (Tricromico de Masson). Obsérvense las papilas conjuntivas dérmicas y los clavos o crestas epidérmicas.

d) **Lúcido**. Este estrato existe únicamente en la epidermis de la piel gruesa. Está constituido por dos o tres capas de células planas, carentes de núcleos y si aún los poseen están en proceso de cariólisis. El citoplasma claro y transparente tiene afinidad por los colorantes ácidos. Las células carecen de la mayoría de los organelos sólo poseen en su interior una proteína impregnada de colesterol denominada **eleidina** (fig. Teg. 7 y 14) producto de transformación de los gránulos de queratohialina.

Mediante exocitosis, los lípidos contenidos en los gránulos laminados se vierten hacia el espacio intercelular del estrato córneo y la disposición submembranal de la involucrina le proporcionan a las

células del estrato córneo una capa impermeable y resistente (de aproximadamente de 20 nm de espesor). La capa lipídica intercelular facilita la difusión de sustancias oleosas.

e) **córneo**. Es el estrato más superficial. Lo constituyen un conjunto de células anucleadas y carentes de organelos con excepción de abundantes **filamentos de queratina**. La queratina le proporciona a las células del estrato cierta rigidez, dureza e impermeabilidad. Son células aplanadas y semejan pequeñas escamas. Las más superficiales se desprenden con cierta facilidad y regularidad. El estrato tiene 3 o 4 capas de células en la piel delgada; en cambio, en la piel gruesa pueden existir 40 o 50 capas (**fig. Teg. 6a, b y c; 7, 12 y 14**).

Los lisosomas restantes liberan enzimas que degradan los pocos organelos existentes e inclusive actúan, en las capas más superficiales, sobre los tonofilamentos de los desmosomas para facilitar la descamación de las células. En estas condiciones las células sumamente queratinizadas intervienen como pequeños escudos ligeramente endurecidos e impermeables ante agentes mecánicos, líquidos y microbianos. La descripción anterior de las células epidérmicas corresponde a los queratinocitos de la epidermis gruesa (piel gruesa) situada en la palma de las manos y la planta de los pies. La piel delgada que cubre el resto de la superficie corporal carece del estrato lúcido.

Renovación de las células epiteliales de la epidermis.

Los queratinocitos se renuevan totalmente cada cuatro semanas, es decir la célula del estrato germinativo que inicia su proceso de diferenciación después de la mitosis que la originó, tarda aproximadamente 28 a 30 días para separarse de la piel como célula escamosa totalmente queratinizada.

El epitelio estratificado plano de la epidermis está constituido por una población celular renovable. Cada 28 - 30 días la epidermis se renueva totalmente; las fases de este proceso se resumen en: neoformación, diferenciación y descamación de células epidérmicas.

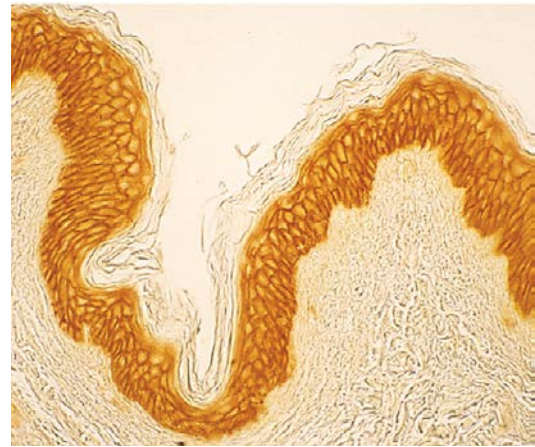


Figura Sist. Teg. 15. Fotomicrografía de piel delgada humana en la cual mediante técnica inmunohistoquímica se demostró la presencia de receptores del factor de crecimiento epidérmico (EGFR-P). Las células del estrato córneo carecen de esos receptores por lo tanto mueren. 50x Sobotta y Welsch 2009

Las células del estrato germinativo o basal poseen una gran capacidad mitótica. Se considera a esta población como células madre de las otras que integran la epidermis. Frecuentemente se reproducen especialmente en las primeras horas de cada día. Una célula madre origina dos células hijas que se disponen una al lado de la otra, una de ellas inicia un proceso de diferenciación para lo cual se dispone encima del estrato que la originó para iniciar el proceso de síntesis de diversas proteínas de queratina. Conforme se diferencian van ascendiendo hasta que mueren para transformarse en células del estrato córneo (**fig. Teg. 15**). Los queratinocitos permanecen unidos entre sí mediante abundantes desmosomas. Al llegar al estrato córneo los componentes proteínicos de los desmosomas experimentan debilitamiento y destrucción, ocasionando el desprendimiento de los queratinocitos en la superficie de la epidermis, lo hacen en forma de escamas celulares totalmente queratinizadas.

Células no epiteliales que forman parte de la epidermis. Junto con los queratinocitos, integran la epidermis un conjunto de células que durante el desarrollo embriológico del individuo migran de otros esbozos u órganos embrionarios y colonizan la epidermis. Se consideran así a los **melanocitos**, las células de **Merkel** y las células de **Langerhans**.

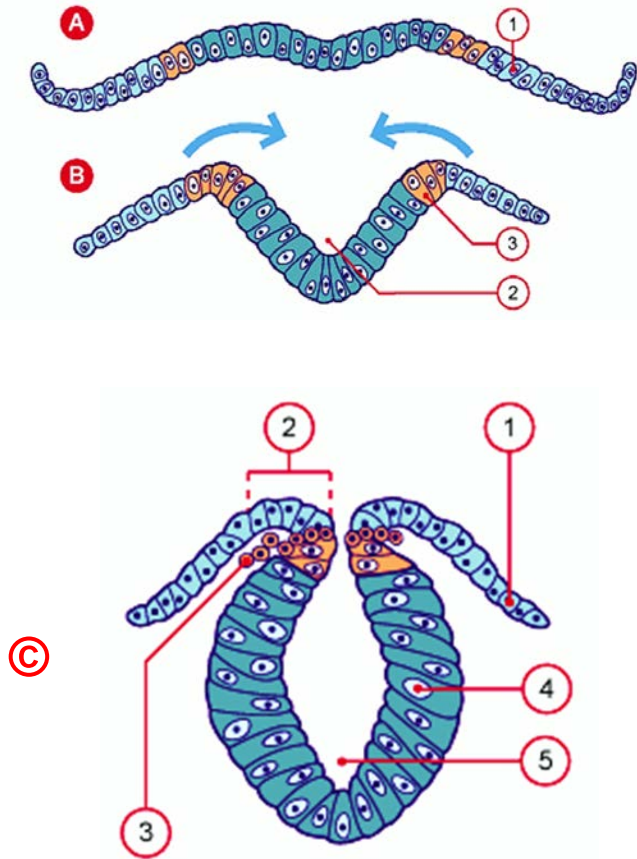
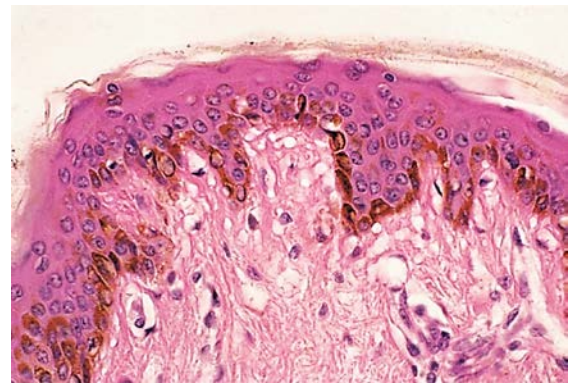
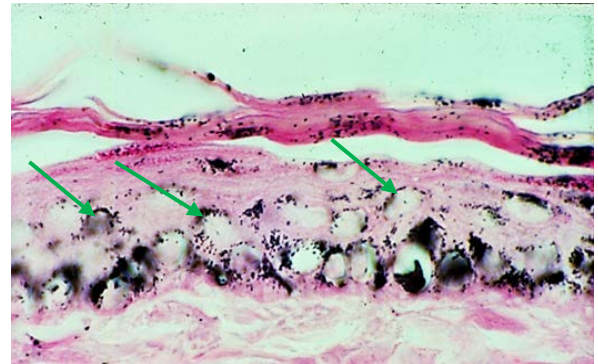


Figura Teg. 16. Representación esquemática mostrando la diferenciación del neuroepitelio dorsal embrionario en A) placa, B) surco y C) tubo neural y el origen de las crestas neurales. 1. Ectodermo no neural. En los tres esquemas las futuras células de las crestas neurales exhiben un color naranja y las células neuroepiteliales de la placa, surco y tubo neural de color un verde.

Melanocitos. Son células dendríticas de origen neuroectodermal (células migrantes de las crestas neurales). Se caracterizan porque están localizados en contacto con el estrato germinativo o basal y la porción más superficial de la dermis. Del cuerpo celular del melanocito se extienden prolongaciones citoplasmáticas que se insinúan entre los queratinocitos estableciendo contactos estrechos entre el plasmalema de ambas células. Sintetizan, producen y transfieren **gránulos de melanina (melanosomas)** a los queratinocitos a través de un proceso de secreción denominado **citocrino** (fig. Teg. 17, 18 y 19). De esta forma se produce la pigmentación de la piel.



(A)



(B)

Figura Teg. 17. Fotomicrografías de piel delgada humana mostrando A) la presencia de melanosomas (gránulos de melanina) en el citoplasma del estrato basal o germinativo y B) Melanosomas agrupados encima de los núcleos y la descamación de queratinocitos del estrato córneo. H-E, 400x

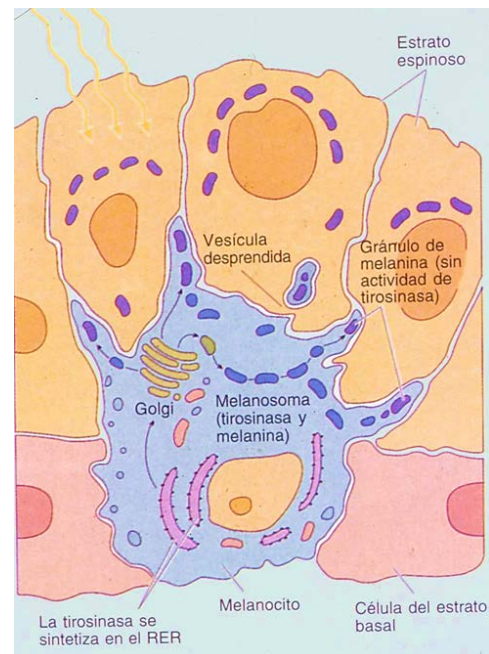


Figura Teg. 18. Representación esquemática de un melanocito en el proceso de síntesis y transferencia de gránulos de melanina (melanosomas) a los queratinocitos.



Figura Teg. 19. Representación esquemática de un melanocito (color azul) mostrando sus prolongaciones y de varios queratinocitos recibiendo los gránulos de queratina mediante secreción citocrina.

La síntesis de la melanina comprende varios pasos que se describen a continuación:

- a) Síntesis en el retículo endoplásmico rugoso de la enzima **tirosinasa**.
- b) Transferencia de la tirosinasa a las cisternas del complejo de Golgi.
- c) La tirosinasa emerge de la cara trans del complejo de Golgi rodeada por una membrana en la forma de unas vesículas membranosas denominadas **premelanosomas**.
- d) En el interior de las vesículas también existen moléculas de **tirosina**.
- e) La enzima tirosinasa actúa sobre la tirosina transformándola en **3,4-dihidroxifenilalanina (dopa)** y posteriormente en **dopaquinona** generándose un pigmento pardo oscuro llamado **melanina**. Así, las vesículas se transforman en melanosomas o gránulos de melanina. Estos gránulos de forma ovoide, miden de 0.5 a 0.7 μm de longitud. Al microscopio electrónico los melanosomas muestran una estructura interna en forma de rejilla que, conforme se sintetiza la melanina va siendo oscurecida por ella (Figura Teg. 18).
- f) Los melanosomas son transportados a los extremos apicales de las prolongaciones dendríticas de los melanocitos y mediante la denominada secreción **citocrina**, son transferidos, en una especie de fagocitosis, al interior de los queratinocitos.

Mediante sus prolongaciones dendríticas un melanocito provee de melanosomas a un grupo de queratinocitos vecinos, integrándose una **unidad epidérmica de melanina**.

Los gránulos de melanina se desplazan en el citoplasma de los queratinocitos y dependiendo de la raza humana, se distribuyen uniformemente en todo el citoplasma, como en la raza negra oscureciendo toda la epidermis (en individuos de raza negra los melanosomas alcanzan tamaños más grandes) o se concentran encima o alrededor del núcleo como en la raza blanca o en las mestizas (fig.Teg. 17 a, b y 18). En este caso forman una especie de pequeño casquete que actúa como una barrera que impide el pasaje hacia el núcleo de las radiaciones ultravioleta.

La cantidad de melanocitos que tiene la piel humana es similar para todas las razas. Una mayor (raza negra) o menor pigmentación (raza blanca) de la epidermis de las personas que pertenecen a estos grupos humanos, se debe exclusivamente a la mayor o menor cantidad de melanina que sintetizan, liberan y transfieren los melanocitos. La falta de pigmentación de la piel por ausencia de melanosomas se denomina **Albinismo**, observar las figuras del Teg. 20.

El número de melanocitos varía entre 800 a 2000 por milímetro cuadrado. Existen en mayor proporción en la cara, brazos y piernas; en cambio en las superficies mediales de brazos y muslos el número de ellos es mucho menor y existen aún en menor cantidad en las palmas y plantas de manos y pies, respectivamente.

Los melanocitos aumentan su producción de melanina cuando la piel es expuesta a una mayor cantidad de radiación ultravioleta. Por lo tanto, exposiciones prolongadas a la luz solar ocasionarán que la piel se pigmente más, produciendo el "bronceado de la piel".

Una mayor exposición a la radiación solar (UV) también propicia que una mayor cantidad de melanosomas se agrupen, como un casquete protector, por encima del núcleo (fig. Teg. 17b y 18)

En individuos donde el color de la piel no es demasiado pigmentado, existe una mayor población de melanocitos, por unidad de superficie, en determinadas regiones como en la piel de los genitales, región perianal, la areola de los pezones y en la región coccígea de ciertos niños constituyendo la "mancha mongólica".

Los melanocitos se originan de células neuroectodérmicas que migran de las crestas neurales para situarse en la dermis diferenciándose en **melanoblastos**. A partir de la decimoprimer semana del desarrollo embriológico los melanoblastos se transforman en melanocitos y se localizan en la epidermis donde inician su producción de melanina. Aproximadamente al quinto mes de la gestación la población de melanocitos alcanza la cantidad estable por unidad de superficie.



Figura Teg.20. Fotografías de una familia africana en la cual dos de sus integrantes son albinos y una pareja de ciervos, uno de los individuos es albino.

Se ha demostrado que después de cierta edad (20 a 30 años) los melanocitos, especialmente aquellos relacionados con los folículos pilosos, empiezan a disminuir en un 10% a 15% de su población total en un lapso aproximado en cada década; proceso que resulta en la disminución de la pigmentación del pelo haciendo que aparezca el **pelo canoso**.

Existen dos tipos de melanina: la eumelanina de color pardo claro a pardo oscuro y la feomelanina de color amarillo a rojo oscuro.

La piel también adquiere pigmentación mediante la presencia de vasos sanguíneos subepidérmicos (capilares del estrato papilar) que por la presencia de la hemoglobina cargada de oxígeno, le confieren un color rosa; o los carotenos ingeridos a través de los alimentos pueden proporcionarle un color amarillento.

b) **Células de Merkel.** Inicialmente se pensó que derivaban neuroectodermo de las crestas neurales. Arriban a la epidermis en etapas tempranas del desarrollo y se localizan entre la capa germinativa y la espinosa. Estudios recientes consideran que se originan de células ectodermales epidérmicas; esta aseveración se sustenta en la presencia de desmosomas que permiten una unión más estrecha

con los queratinocitos y en la existencia de filamentos de queratina en el citoplasma.

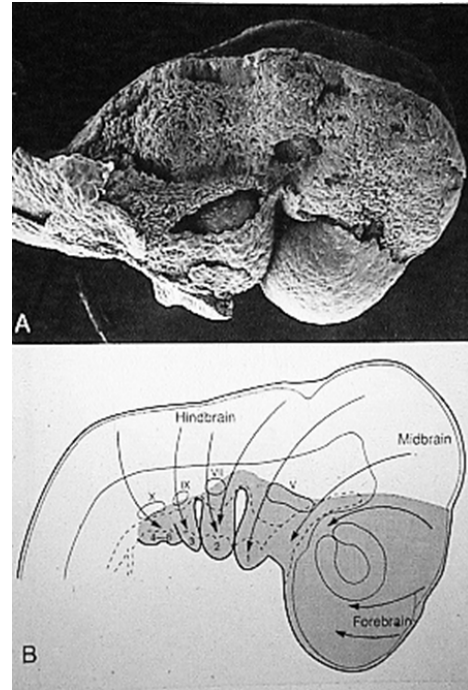


Figura Teg. 21. A) Fotomicrografía electrónica de barrido de la región cefálica de un embrión mostrando la migración de células neuroectodermales provenientes de las crestas neurales. B) esquema mostrando la migración y posición de las células neuroectodermales de las crestas neurales cefálicas y cervicales.

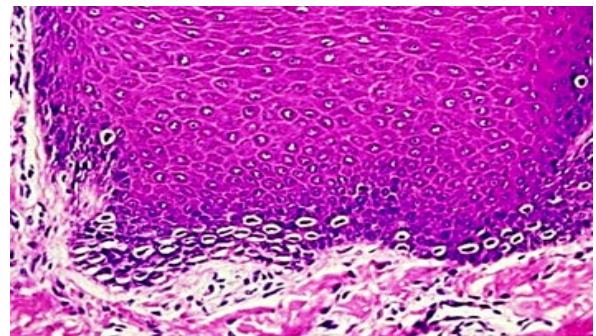


Figura Teg. 22. Fotomicrografía fotónica de la epidermis de fosas nasales de un cerdo. En el estrato basal se observa un conjunto de células o discos de Merkel. Tinción de H-E. 100x

Son células redondeadas, algo aplanadas, también se les conoce como **discos de Merkel**; (Fig. Teg. 22, 23 y 24) tienen citoplasma claro en cuyo interior existen mitocondrias, polirribosomas libres algunos haces de filamentos intermedios y gránulos electrodensos de 80 a 100nm de diámetro. De las superficies apicales y laterales se emiten pequeñas prolongaciones citoplasmáticas que atraviesan la membrana basal y penetran levemente entre los queratinocitos para establecer contactos muy estrechos con ellos, inclusive se ha demostrado que se unen mediante desmosomas.

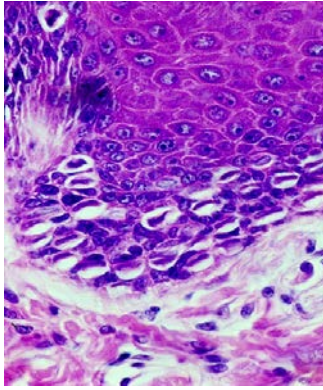


Figura Teg. 23. Fotomicrografía de células de Merkel en epidermis de hocico de cerdo. H-E 600x

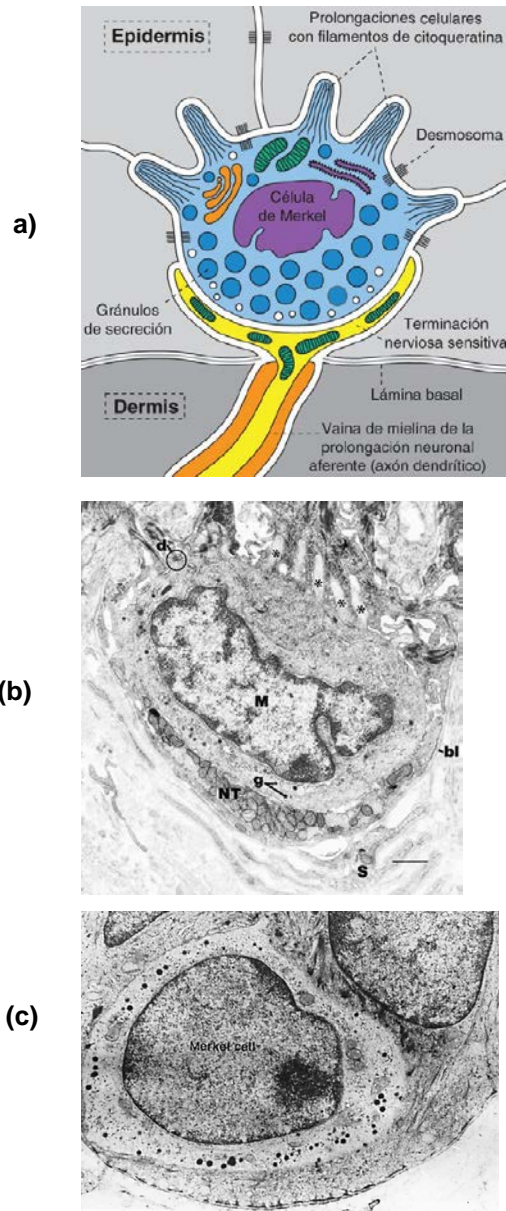


Figura Teg. 24. a) Representación esquemática de una célula de Merkel y sus relaciones tisulares. b) y c) Imágenes electrónicas de células de Merkel.

El plasmalema basal hace contacto con fibras nerviosas aferentes (fig.Teg. 24 a, b y c). Intervienen en la captación de estímulos mecánicos (son mecanorreceptoras) para percibir el tacto fino, por ejemplo el roce de una hebra de hilo o de un pelo. Son abundantes en la piel que recubre los labios y fosas nasales; también en las yemas y palma de las manos y en las yemas y planta de los pies.

c) **Células de Langerhans (CL).** Fueron descritas por primera vez en 1868, por Paul Langerhans, estudiante de medicina de la universidad de Berlín, en piel de cadáveres humanos impregnada con cloruro de oro. Langerhans las consideró como células dendríticas sensoriales conectadas a fibras nerviosas dérmicas que integraban un "**sistema nervioso sensorial epidérmico**".

En la actualidad se sabe que tienen origen mesodermal. Se originan en la médula ósea hematopoyética. Sus células antecesoras (que expresan la molécula CD₃₄) pueden originar:

- Directamente células dendríticas (CL) que migran a los epitelios estratificados planos.
- Diferenciarse en monocitos que al llegar al tejido conjuntivo subepitelial se transforman en células dendríticas (CL)
- Los monocitos se transforman en macrófagos y éstos posteriormente en células dendríticas (CL), Ver figuras 25, 26 y 27.

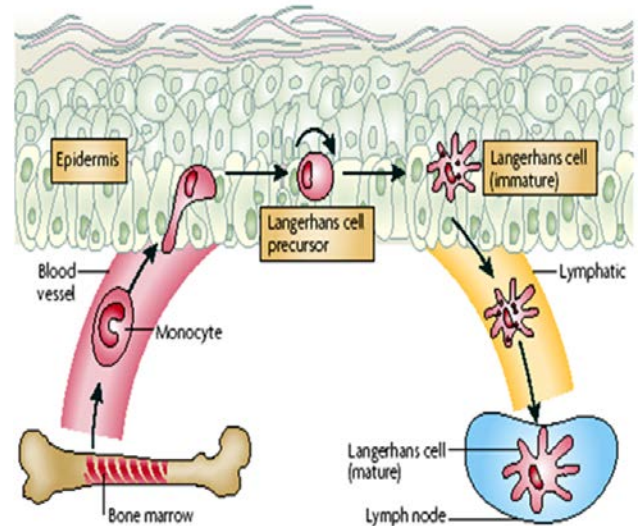


Figura Teg. 25. Representación esquemática del origen, migración y localización de las células de Langerhans.

En cualquiera de los tres casos las células de Langerhans diferenciadas migran y se sitúan entre las células de los estratos germinativo y espinoso de la epidermis y de los epitelios estratificados planos internos.

Son células dendríticas, de forma poliédrica con varias prolongaciones citoplasmáticas (fig. Teg. 25).

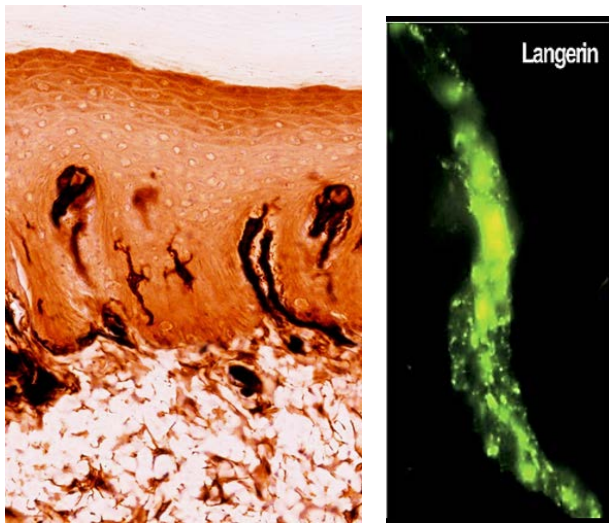
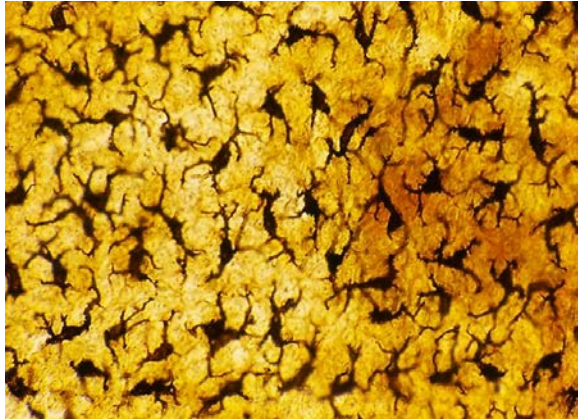


Figura Teg. 26. Fotomicrografías fotónicas de células de Langerhans: a) Lámina epidérmica sometida a la determinación histoquímica de la enzima ATPasa. 600x b) sección transversal de epidermis de almohadilla plantar de cobayo (*Cavia porcellus*) para demostrar la presencia de la enzima ATPasa en las células dendríticas de la piel.400x y c) Demostración de la proteína Langerina mediante la técnica inmunohistoquímica y la observación mediante el microscopio de radiación ultravioleta.



Figura Teg. 27. Fotomicrografía fotónica de un corte piel delgada en la cual se aplicó la técnica inmunohistoquímica para demostrar la proteína S-100. Comparar esta imagen con la figura Teg 25b.

Se sitúan entre los queratinocitos del estrato germinativo y el espinoso. El soma presenta forma poliédrica del que emergen varias prolongaciones citoplasmáticas ("dendritas"). Las prolongaciones se ramifican profusamente y sus extremos se unen con las ramificaciones de células vecinas integrando un retículo celular que, por los estudios realizados a partir de 1960, facilita el contacto imprescindible de cualquier molécula antigénica depositada e la superficie de los epitelios con alguna de las ramificaciones dendríticas de las CL.

En la especie humana existen entre 800 a 1000 células por mm² de epidermis. Se distribuyen de manera uniforme en toda la epidermis, pero también existen otras superficies tapizadas de epitelio plano estratificado como en la mucosa bucal, esófago, en el limbo esclerocorneal, el conducto auditivo externo, tímpano y la vagina.

La parte central y paracentral de la córnea carece de ellas o existen en escasa cantidad.

Cuando se aplica la técnica histoquímica para demostrar la actividad enzimática de la **adenosinatrifosfatasa (ATPasa)** dan reacción positiva de color pardo oscuro (Fig. Teg. 26 y 28). También se ha demostrado que tienen actividad de esterasa inespecífica. Constitutivamente expresan moléculas clase II del complejo principal de histocompatibilidad

Al microscopio electrónico presentan un núcleo escotado, un citoplasma finamente granuloso donde se observan unos corpúsculos membranosos denominados **gránulos de Birbeck**, éstos adoptan la forma de una raqueta de tenis o de bastones que semejan un cierre de cremallera, (Fig. Sist Teg.29). Carecen de desmosomas, gránulos de melanina y

haces de queratina. Características morfológicas que garantizan su origen no epitelial epidérmico.

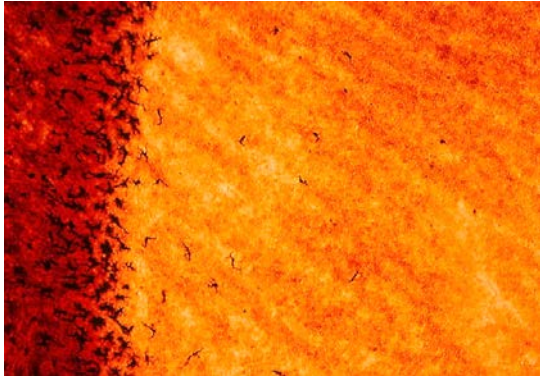


Figura Sist. Teg. 28. Lamina epitelial de la córnea; reacción Histoquímica para demostrar la enzima ATPasa. Se observa el limbo esclero-corneal con la presencia abundante de células de Langerhans, el paralimbo y el centro de la córnea casi carecen de estas células. 100x

Langerhans existentes en los epitelios planos estratificados.

Utilizando la técnica histoquímica mencionada se les han demostrado en la piel de varios mamíferos (ratones, cobayos, ovejas, ratas, monos) y en algunos de ellos en los epitelios estratificados planos de las superficies internas mencionadas.

También integran la epidermis de aves (pollos y palomas) reptiles (tortugas) y anfibios (ranas).

La observación de los gránulos de Birbeck en el interior de células dendríticas epiteliales también sirve como marcador específico de identificación de estas células cuando se examinan las imágenes obtenidas a través del microscopio electrónico.

Mediante numerosos estudios respecto a sus características morfológicas y funcionales se ha demostrado que

Captan antígenos depositados en las superficies epiteliales, los procesan en vesículas endocíticas y exteriorizan nuevamente a la membrana celular para presentarlos (célula presentadora de antígenos) a linfocitos "T" colaboradores para intraepiteliales o intradérmicos, los cuales son activados adicionalmente por la liberación de citoquinas sintetizadas y liberadas por los queratinocitos e iniciar así, una respuesta inmunológica.

Otra teoría afirma que las células de Langerhans migran a los vasos linfáticos, en la forma de **células veladas** y de allí a los ganglios linfáticos regionales para que, transformadas en **células interdigitantes**, se instalen en la paracorteza (zona dependiente del timo) y presentar los antígenos a linfocitos cooperadores.

Por lo expuesto anteriormente se ha establecido que integran, de manera importante, el sistema inmunológico de la piel (**SIS**, por las siglas en inglés) y constituyen el eje celular indispensable para establecer el concepto de tejido linfóide asociado a la piel (**SALT**, por las siglas en inglés)

El SALT es definido como un sistema celular que permite a la piel reaccionar con autonomía frente a retos antigénicos, en analogía con otros sistemas similares localizados en el aparato digestivo y el aparato respiratorio.

Los componentes principales que integran el SALT son:

1. Las células de Langerhans, presentadoras de antígenos de la epidermis.
2. Los queratinocitos que sintetizan y secretan citoquinas, moduladoras de la respuesta inmunológica.
3. Los linfocitos T dendríticos epidérmicos.
4. Subpoblaciones de linfocitos T ($CD4^+$ o $CD8^+$) que poseen un alto receptor para la piel.

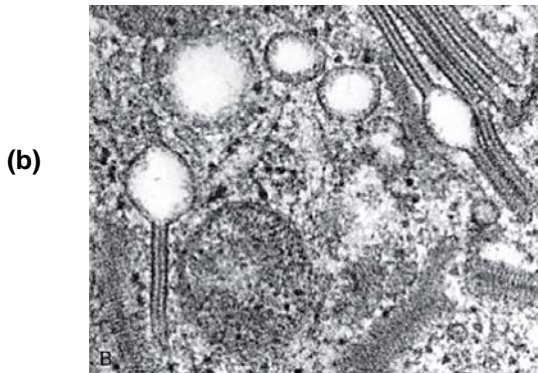
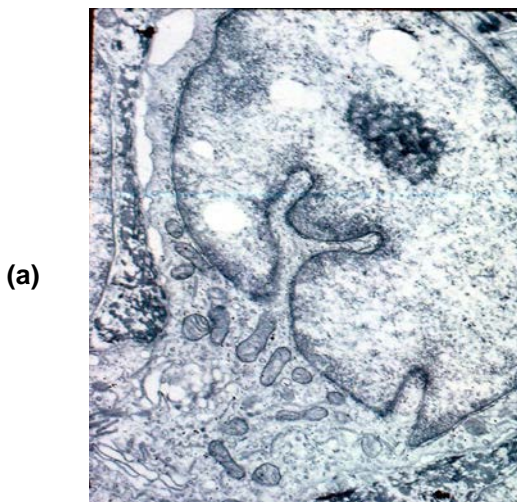


Figura Sist. Teg. 29. Fotomicrografías electrónicas de células de Langerhans. a) Se observan: porción del citoplasma conteniendo abundantes mitocondrias y un núcleo con ciertas escotaduras; b) Citoplasma de C.L. mostrando varios gránulos de Birbeck.

La reacción positiva para ATPasa se considera como un marcador específico que identifica a las células de

5. Vénulas postcapilares cutáneas de endotelio alto (similares a las localizadas en la paracorteza de los linfonodos) que expresan moléculas de adhesión cutáneo-específicas importantes para dirigir y orientar el transporte hacia la sangre de los linfocitos.

6. Los vasos y ganglios linfáticos regionales. Ver Fig. Sist. Teg. 30.

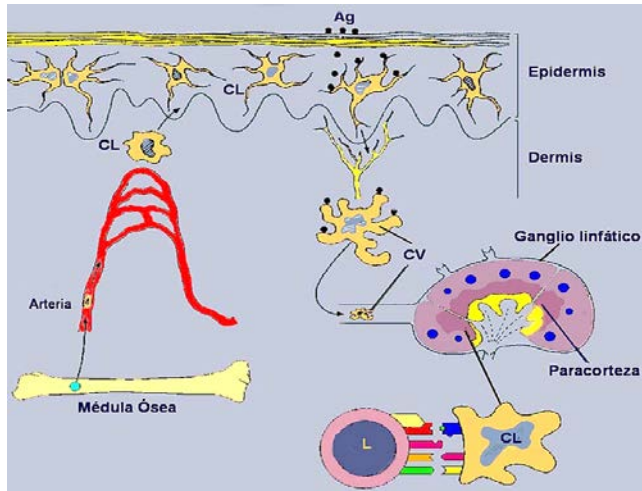


Figura Teg. 30. Representación esquemática del origen, migración, diferenciación y función de las células de Langerhans relacionados con el sistema inmune del organismo animal.

Correlación clínica:

Existen dos enfermedades que están relacionadas con una mayor o menor capacidad de renovación de las células epidérmicas, la **psoriasis** y la **ictiosis**, respectivamente.

La psoriasis es una enfermedad que se produce por la aceleración del proceso de recambio de la epidermis. Normalmente los queratinocitos se renuevan totalmente, desde el estrato germinativo hasta el estrato córneo, en un lapso de 28 a 30 días aproximadamente.

La persona afectada muestra manchas claras u oscuras de superficie ligeramente plateada y brillante, en la región del cuero cabelludo, codos y rodillas, aunque también pueden aparecer en otras regiones del cuerpo. Estas manchas se deben a la proliferación acelerada de las células epidérmicas (en ciertos casos desde 5 a 7 veces más que la renovación total) lo cual produce como resultado una descamación evidente de estas acumulaciones celulares.

La ictiosis es una enfermedad congénita que consiste en el engrosamiento de la epidermis, en forma de escamas gruesas y de aspecto agrietado ("piel de reptil") que hacen leve prominencia sobre la superficie de la epidermis. La descamación de estas acumulaciones del estrato córneo es sumamente lenta y se debe principalmente a la persistencia en los

estratos epidérmicos más superficiales de los desmosomas que unen a los queratinocitos.

Generalmente se presenta en las superficies laterales de las piernas y muslos y en las superficies dorsales de brazos y antebrazos. En casos graves puede afectar a toda la superficie corporal.

DERMIS. La dermis es el componente conjuntivo de la piel. Está constituida por dos estratos de tejido conjuntivo fibroso unidos entre si pero sin límites precisos.

El estrato más superficial se denomina **papilar** y el más profundo, **reticular** (fig. Sist. Teg. 31).

A) El estrato papilar. es un estrato delgado de tejido conjuntivo laxo, integrado por haces finos y entrecruzados de fibras colágenas (tipo I y tipo III) y algunas elásticas. Su nombre se debe a que forma una serie de elevaciones llamadas **papilas conjuntivas** que se introducen entre prolongaciones epiteliales de la epidermis - **crestas** o **clavos epiteliales** - confiriéndole un aspecto irregular a la línea de unión entre epidermis y dermis (fig. Teg. 32).

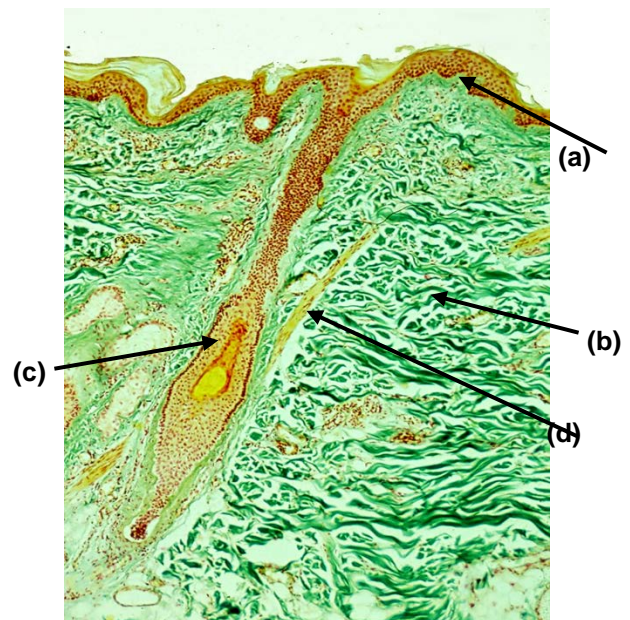


Figura Teg. 31. Fotomicrografía de piel de la superficie ventral humana. Se observa la dermis papilar (a) y la reticular (b), un folículo piloso (c) y algunas fibras musculares lisas del músculo erector o arreptor del pelo (d). Tricrómico de Reyes 100x

Las papilas conjuntivas proyectan, en la superficie externa de la epidermis, surcos o concavidades que, en ciertos casos, se hacen muy evidentes como en las yemas de los dedos y constituir las **huellas dactilares o dermatoglifos**, ver figura Teg. 32.

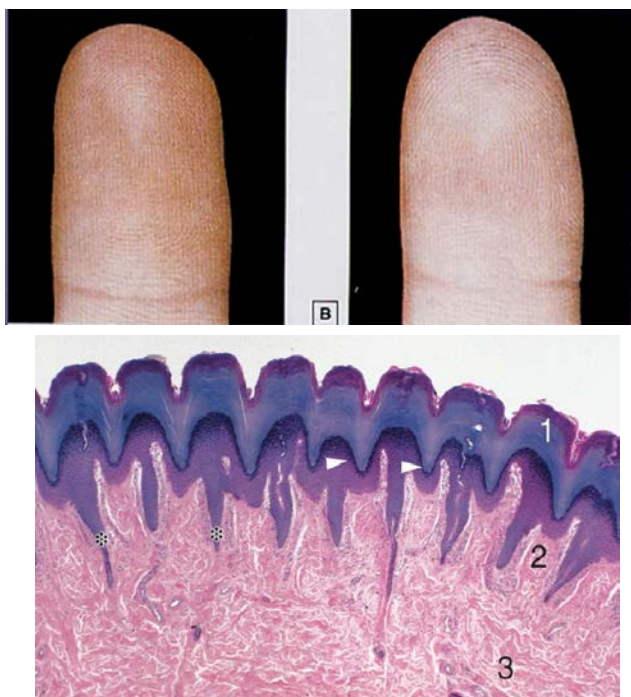


Figura Teg. 32. Fotografías de yema de dedos mostrando los dermatoglifos o huellas dactilares. Fotomicrografía de una sección sagital de yema de dedos. Se observan: la epidermis (1), los clavos o crestas epiteliales epidérmicos (cabeceras de flechas blancas) y entre ellos las papilas conjuntivas (2) y la dermis reticular (3). Tinción H-E, 150x

En este estrato existen vasos sanguíneos y linfáticos. El tejido conjuntivo está muy vascularizado por asas capilares e innervado con terminaciones nerviosas desnudas: nocirreceptoras y mecanorreceptoras; por ejemplo los discos de Merkel y los corpúsculos de Meissner.

A) Estrato reticular. Es el estrato más profundo y el de mayor grosor. Lo integra tejido conjuntivo denso irregular formando así una malla densa y resistente. También existen fibras elásticas más gruesas que en el estrato papilar y en mayor cantidad, **ver la figura Teg.33.**

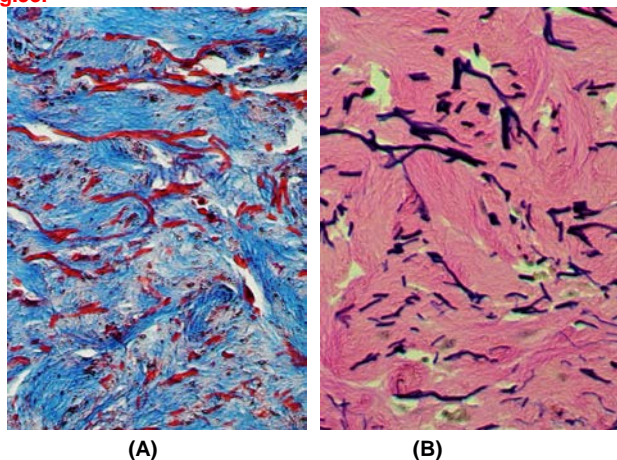


Figura Teg. 33. Dermis profunda. A) fibras colágenas azules, fibras elásticas rojas. B) Fibras colágenas rojas, fibras elásticas negras. Tricrómico de Masson y H-E. 250 y 400x.

En ambos estratos conjuntivos se localizan células propias de este tejido como fibroblastos y fibrocitos, macrófagos, células cebadas, plasmáticas y linfocitos. Entre los haces de fibras colágenas se disponen arteriolas y vénulas y en ciertos casos se observan anastomosis arteriovenosas (glomus arteriales).

Los haces de fibras colágenas de la dermis de una gran cantidad de animales, son utilizados por la industria del cuero, para fabricar zapatos, chamarras, guantes etc. Mediante un procedimiento químico las fibras se hacen casi indestructibles cuando se ponen en contacto con ciertas sustancias como los taninos para curtirlas, así adquieren mayor resistencia a la tracción y eso permite fabricar cierto tipo de vestimenta de gran duración.

La dermis está intensamente vascularizada e innervada. El color sonrosado que se observa en personas de raza blanca se debe a la transparencia de la epidermis que deja translucir el lecho vascular.

En el estrato papilar existen capilares, arteriolas y vénulas de diámetro pequeño y en mayor cantidad que en el estrato reticular, en donde los vasos son de mayor calibre. Los capilares sanguíneos penetran, a través de las papilas conjuntivas, hasta el límite dérmico-epidérmico, allí liberan sustancias nutritivas necesarias para el metabolismo de las capas más profundas de la epidermis.

Tanto en el estrato papilar como en el reticular se sitúan terminaciones nerviosas que captan sensaciones de dolor o perciben grados de temperatura: calor o frío (terminaciones desnudas), de tacto fino (discos de Merkel y los corpúsculos de Meissner), de tacto profundo o de presión (corpúsculos de Vater Paccini) A través de las terminaciones sensoriales, la piel establece una relación muy estrecha con el sistema nervioso central.

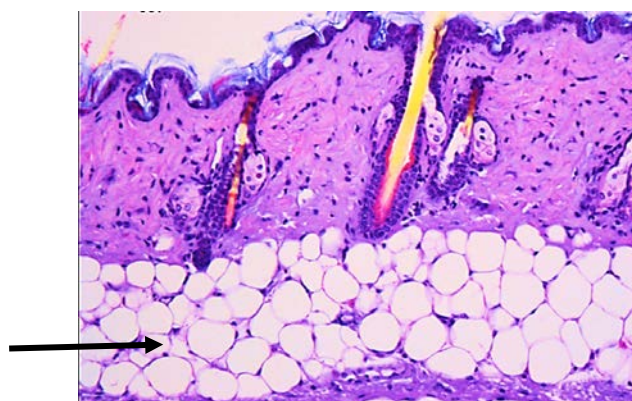


Figura Teg. 34. Fotomicrografía de la pared abdominal de rata. Sección longitudinal de región pélvica (pezón). La flecha indica la hipodermis o subcutis. Tinción H-E 100x.

Parte de la vida de relación de nuestro organismo se integra mediante la capacidad receptora de estímulos de la piel.

c) **Hipodermis.** Se le conoce también como **subcutis o tejido subcutáneo.** Está constituida por tejido conjuntivo laxo que sirve de unión flexible de la piel con los tejidos subyacentes. Entre el tejido conjuntivo se sitúa, tejido adiposo en cantidades variables (fig. Sist. Teg. 34) y abundantes vasos sanguíneos de calibre mayor que en las dos capas anteriores (fig. Teg. 37). En ciertos casos es posible observar en ella las partes más profunda de los folículos pilosos y de algunas glándulas sudoríparas.

ANEXOS DE LA PIEL (FANERAS)

Los anexos de la piel o faneras derivan de esbozos epiteliales de la epidermis embrionaria que al interactuar con el tejido mesenquimatoso se diferencian en estructuras de protección (pelos y uñas) o de secreción (glándulas sebáceas, sudoríparas y mamarias) (fig. Teg. 34, 35 A y B, fig. 36)

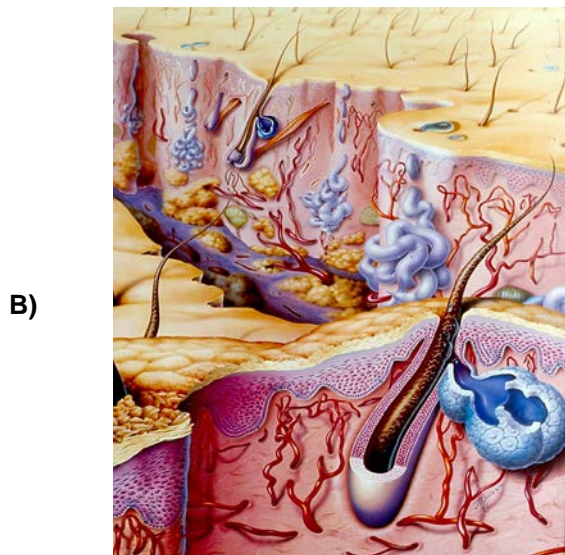
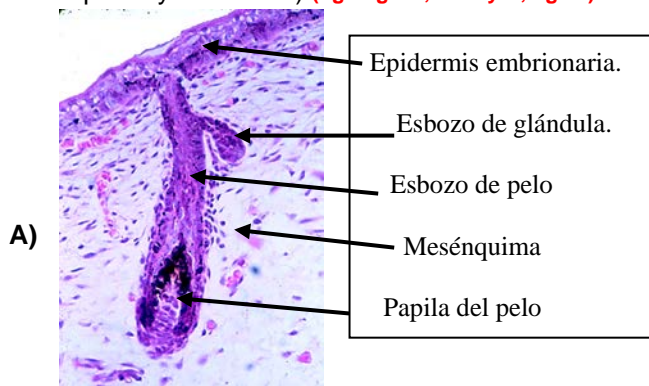


Figura Teg. 35. Dibujo de la piel y sus anexos o faneras. Se observan los siguientes componentes (de arriba hacia abajo):

- Epidermis y pelos propiamente dichos.
- Dermis e irrigación sanguínea de esta región.
- Folículo piloso y glándulas sebáceas adjuntas.
- Glándulas sudoríparas ecrinas o atricas (porciones secretoras: glomérulos, y porciones conductoras).
- Hipodermis o subcutis con lobulillos adiposos.

Pelos. Son filamentos duros, formados por células altamente queratinizadas. En la especie humana pueden medir desde algunos milímetros hasta varios centímetros, a veces más de un metro; especialmente la cubierta pilosa del cuero cabelludo. En cambio, existen otros pelos como las pestañas o aquellos que recubren la superficie del cuerpo, con excepción de la cara, que tienen un crecimiento restringido.

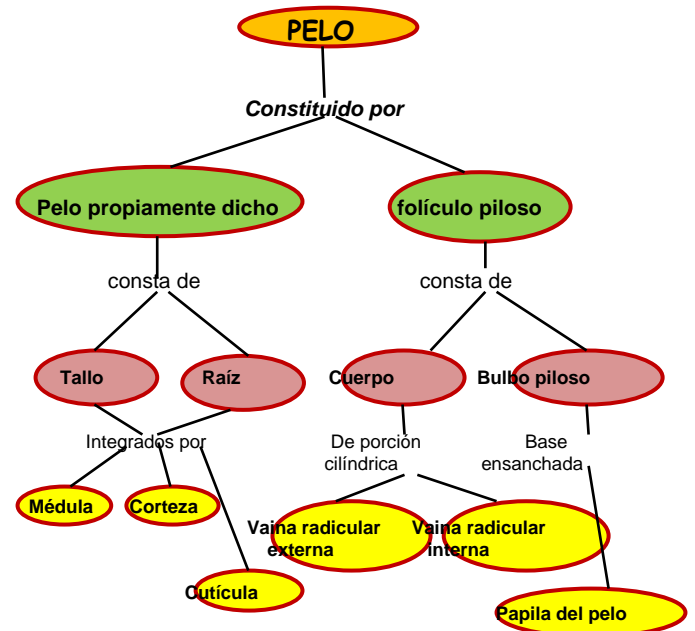


Figura. Teg. 36. Mapa conceptual de la estructura del pelo.

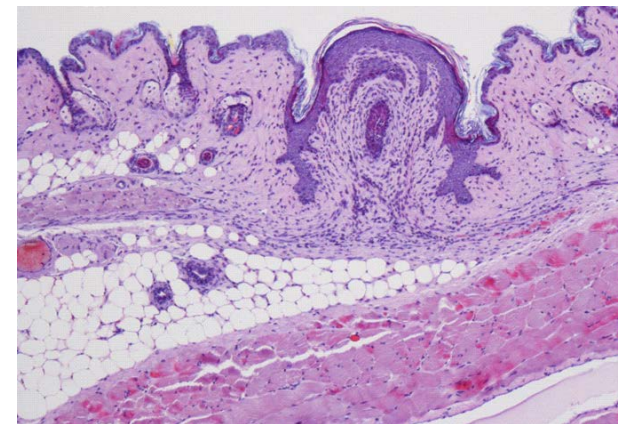


Figura Teg. 37. Fotomicrografía de piel mostrando sus componentes tisulares y algunos anexos o faneras. Tinción H-E, 100x

Cada pelo está incluido en una invaginación de la epidermis llamado **folículo piloso** que se introduce en la dermis y en ciertos casos llega hasta la hipodermis.

El folículo piloso, estructura epitelial se rodea de una capa de dermis denominada **vaina conjuntiva del pelo**. El pelo y el folículo piloso tienen una orientación oblicua. La salida del pelo a través de epidermis sigue la misma dirección (fig. Teg. 34, 35 y 38). La parte más profunda del folículo piloso se ensancha para formar el **bulbo piloso** que, en su extremo libre, posee una concavidad ocupada por tejido conectivo laxo,

vascularizado e innervado denominada **papila del pelo**. Los componentes tisulares de la papila del pelo le proporcionan nutrición y sensibilidad al pelo.

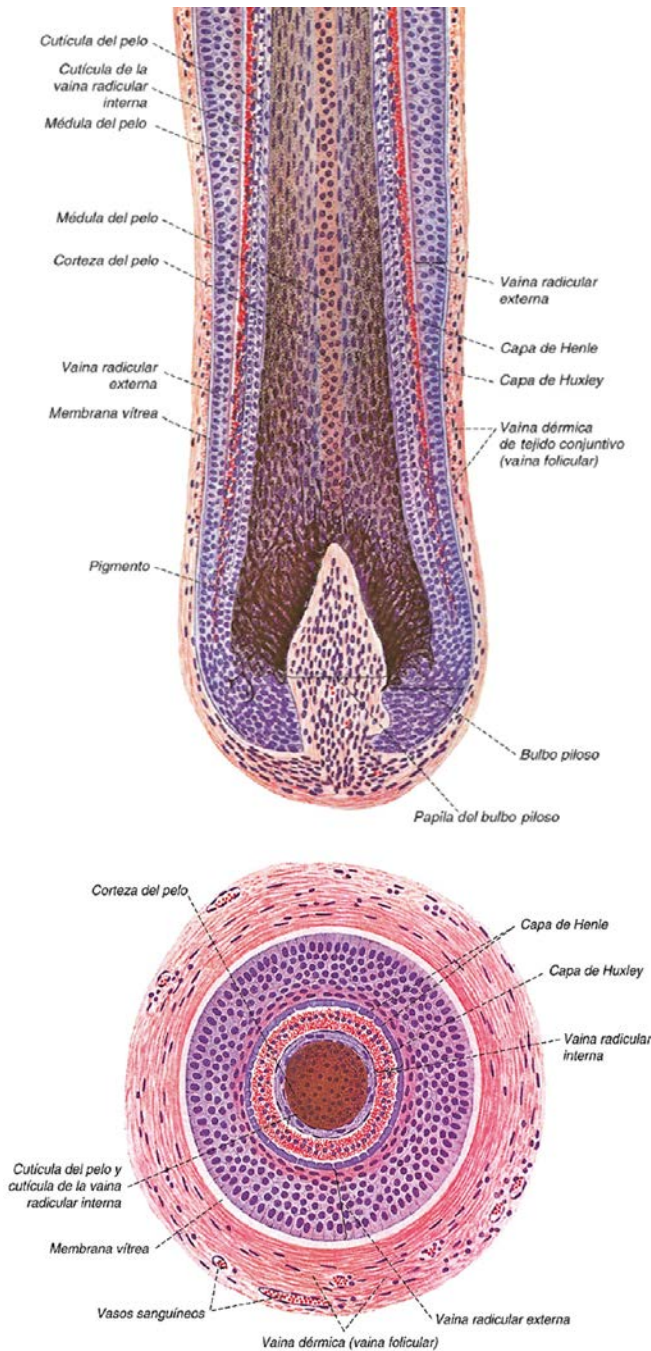


Figura Teg. 38. Representación esquemática de un folículo piloso en sección longitudinal y transversal. En ambos dibujos se muestran los componentes epiteliales y conjuntivos. Sobotta y Welsch, 2009

Los pelos poseen una parte libre que emerge sobre la superficie de la epidermis denominada **tallo del pelo** y una parte enclavada en el folículo piloso, la **raíz del pelo**.

El crecimiento del pelo es continuo en el cuero cabelludo y la cara, se inicia en la raíz del pelo gracias al aporte sanguíneo de la papila del pelo

La estructura microscópica del pelo esta integrada en tres capas: la **médula**, la **corteza** y la **cutícula**; cada una de ellas formada por células en diferentes etapas de queratinización (fig. Teg. 38).

La corteza y la cutícula son las más queratinizadas. Los bordes de las células que forman la cutícula poseen bordes aserrados característicos para diversas especies de mamíferos (fig.Teg.39)

En el citoplasma de estas células existen abundantes gránulos de melanina que le dan color al pelo; la melanina es transferida a las células epiteliales por melanocitos localizados en la raíz.

Existen dos tipos de melanina, la **eumelanina** de color pardo negruzco y la **feomelanina** de un color amarillento rojizo.

Dependiendo de la presencia o mezcla de ellas y la cantidad de las mismas, será el color del pelo.

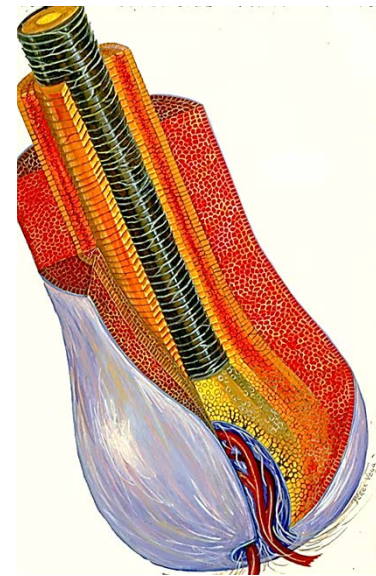


Figura Teg. 39. Representación esquemática (imagen tridimensional) y fotomicrografía de folículo piloso (sección transversal). Mediante flechas designe los diversos componentes tisulares de esta estructura, señalados en las imágenes de la figura 38.

El folículo piloso está constituido por los mismos estratos epiteliales de la epidermis dispuestos en dos capas: la **vaina radicular interna** en contacto con el pelo y la **vaina radicular externa**, en estrecha relación con la vaina conjuntiva que rodea al folículo.

Cada una de ellas posee estratos celulares específicos tal como se observa en la **figura Teg. 38 y 39**.

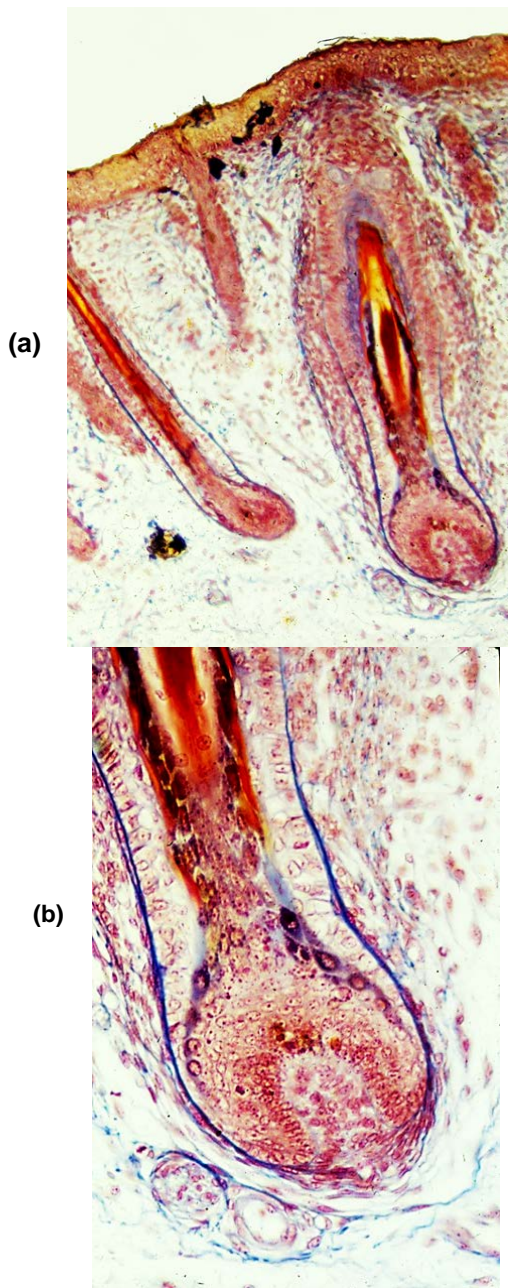


Figura Teg. 40. Fotomicrografías obtenidas de una sección longitudinal de piel de labio de un feto de mamífero. Tricrómico de Mallory. a) La imagen muestra: a la izquierda un folículo piloso de un pelo de cubierta cutánea; a la derecha se muestra a un folículo de un pelo sensorial. 100x. b) Imagen del folículo de pelo sensorial a600x. Compare estas imágenes con las imágenes de las **figuras 38 y 39**. Designe los componentes tisulares del folículo.

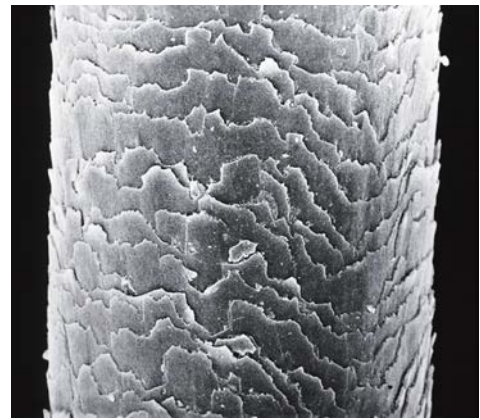


Figura Teg. 41 . Fotomicrografía electrónica de barrido de la superficie de un pelo. Se observan las células de la cutícula del pelo mostrando el arreglo característico de los bordes aserrados de estas células. Sobotta y Welsch, 2009.

En la vaina conjuntiva se inserta un haz de fibras musculares lisas que forman el **músculo erector o arreptor del pelo** (**fig. Teg. 42**), el cual bajo la influencia del sistema nervioso o de un estímulo hormonal (por ejemplo, la adrenalina) se contrae produciéndose la erección del pelo y en los lugares de escasa cubierta pilosa origina lo que se conoce con el nombre de "*piel de gallina*" (pequeñas elevaciones redondeadas de la piel producidas por la contracción de los músculos arreptores).

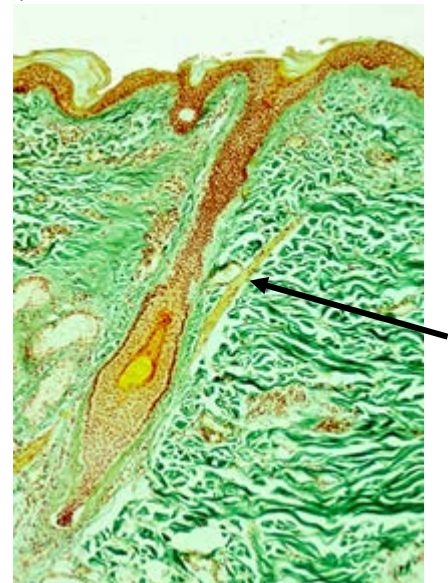


Figura Teg. 42. Imagen de piel delgada. La flecha señala el músculo arreptor del pelo. Tric. de Reyes. 100x

El pelo emerge oblicuamente través de la epidermis mediante un conducto que recibe el nombre de **poro piloso**, el cual sirve también como conducto salida de la secreción de las glándulas sebáceas y sudoríparas apocrinas que acompañan al pelo en los lugares donde se presentan juntos (**fig. Teg. 35 y 42**)

Fases del crecimiento y renovación del pelo.

En la especie humana el crecimiento del pelo es continuo especialmente las regiones del cráneo y la cara. El pelo crece a partir de las mitosis que se producen en la matriz apical del bulbo piloso (constituida por las células del estrato germinativo de la vaina radicular externa. La proliferación de estas células empuja hacia arriba a las células suprayacentes que, dependiendo de su posición en la matriz se diferencian en las células de la médula, corteza y cutícula del pelo con la consiguiente queratinización y pigmentación (transferencia de melanosomas a las células de la raíz del pelo por los melanocitos localizados en esa región). El tallo del pelo continúa creciendo y arrastra en su recorrido a la vaina radicular interna que lo envuelve. En la cercanía del conducto de la glándula sebácea, la vaina radicular interna se descama y sólo el tallo del pelo emerge a la superficie epidérmica. A esta fase de crecimiento constante se le denomina **fase anágena**. En cierto momento este crecimiento se detiene porque las células de la matriz no proliferan y únicamente terminan de queratinizarse, por lo tanto el deja de crecer y se establece la fase de reposo o **catágena**. Posteriormente el bulbo piloso es recubierto por la proliferación de una capa de células correspondientes a la vaina radicular externa, la cual poco a poco lo rodea y lo aísla de la papila del pelo, adoptando, en este estadio, la forma de una pequeña maza. En estas condiciones a este pelo se le conoce como "**pelo en maza**". Esto ocasiona que la irrigación del bulbo piloso disminuya y se debilite (este extremo guarda cierta relación con la vaina radicular externa a través de un delgado cordón epitelial. El pelo continúa su ascenso y posteriormente se desprende en la llamada **fase telógena**. Posteriormente el cordón epitelial de la vaina radicular externa reinicia la formación de un nuevo germen del pelo para generar el pelo de remplazo.

Glándulas de la piel. Durante el desarrollo embriológico se forman en la piel cuatro tipos de glándulas. Algunas de ellas, experimentan modificaciones con relación al lugar del cuerpo humano en donde se localizan (por ejemplo las glándulas ceruminosas del oído externo o las glándulas anales).

-Glándulas sebáceas. Se desarrollan y crecen en estrecha relación con los folículos pilosos. Tienen la forma de un pequeño saco con un corto conducto de salida que se incorpora al conducto del pelo (**fig.Teg. 35 A y B; fig. 43, 44 y 45**).

Es una glándula del tipo **holocrina**, por lo tanto, su producto de secreción, el **sebo**, resulta de la síntesis de gotitas de grasa que efectúan las células y los restos celulares de la destrucción de ellas mismas; esto implica que la glándula debe tener una población

celular de renovación constante. La secreción de la glándula lubrica la superficie de la epidermis y forma una fina capa impermeable al agua.

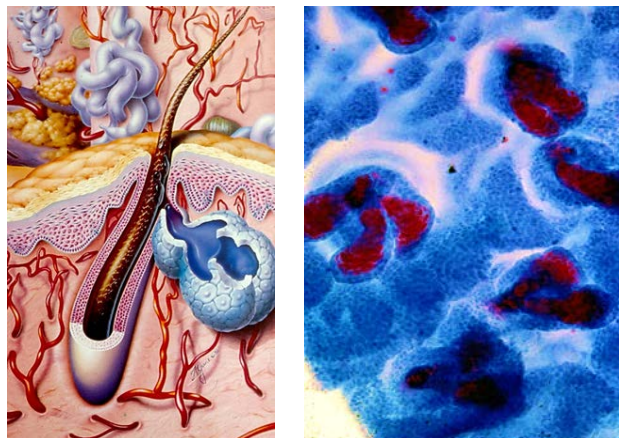


Figura Teg. 43. Representación esquemática y fotomicrografía de glándulas sebáceas. La imagen de la derecha proviene de una lámina epidérmica coloreada con Sudan IV y Hematoxilina. 250X

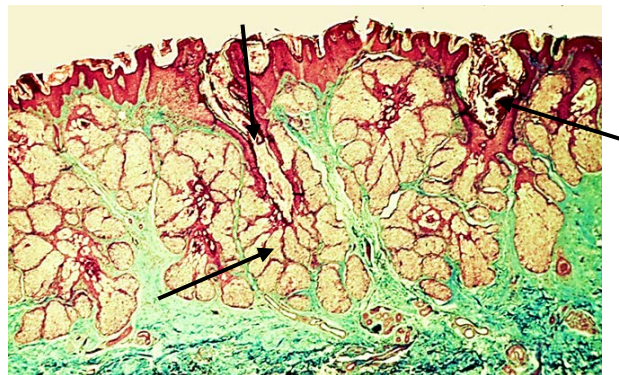
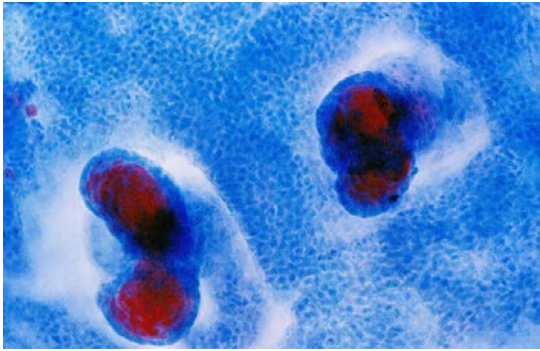
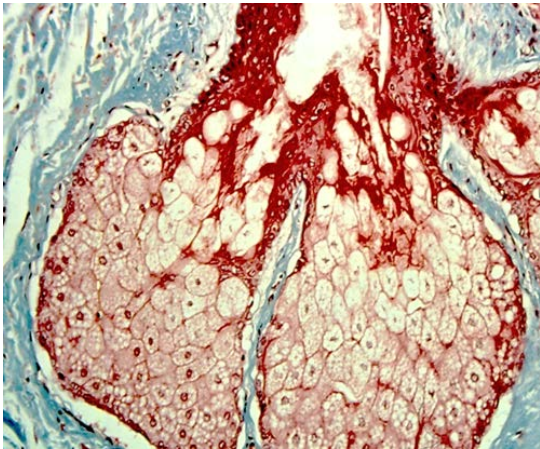


Figura Teg. 44. Fotomicrografía de piel de axila. Se observan folículos pilosos (flecha) relacionados estrechamente con sáculos de glándulas sebáceas. Tinción de Masson 100x

Existen glándulas sebáceas que se desarrollan independientemente de un folículo piloso. Están localizadas en la superficie interna de los labios mayores y en las dos superficies de los labios menores de la vulva y en el surco balánico del pene.



(A)



(B)

Figura Teg. 45 . Fotomicrografías de glándulas sebáceas. A) Lámina epidérmica coloreada con Sudan IV y Hematoxilina. 250x. B) Sáculos y conductos excretores de glándulas sebáceas. Tricrómico de Masson, 400X.

-Glándulas sudoríparas merocrinas o de "sudor".

Se les denomina así porque son las glándulas productoras de una secreción acuosa copiosa y abundante, transparente y fluida y con alto contenido de cloruro de sodio. También se les denominan glándulas sudoríferas "**atricas**" porque no guardan relación con los folículos pilosos. Adoptan la forma de glándulas tubulares contorneadas glomerulares.

Se caracterizan porque la parte secretora forma un ovillo o glomérulo generalmente situado en la parte más profunda de la dermis y en la hipodermis, en tanto que la porción conductora, atraviesa la dermis y la epidermis siguiendo un curso sinuoso, espiralado (fig. Teg. 46, 47 y 48). Son unidades glandulares no relacionadas con los pelos, pues tienen su propio conducto de salida. Se localizan en toda la superficie corporal.

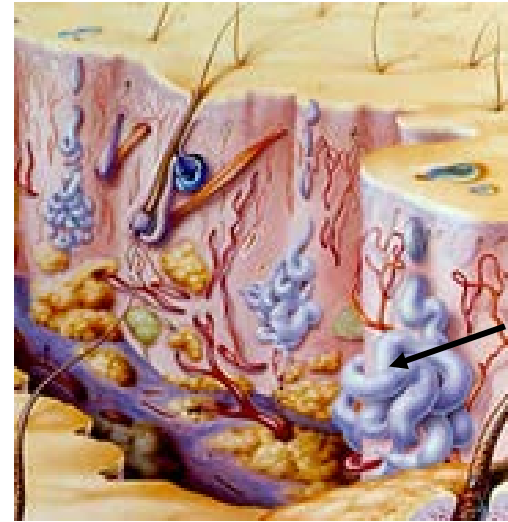


Figura Teg 46. Representación esquemática (flecha) y fotomicrografía de los componentes de una glándula sudorífera merocrina. 1) Tejido conjuntivo, 2) tejido adiposo, 3) Secciones oblicuas y transversales de porciones secretoras y 4) secciones del conducto. Azán; 250x Sobotta y Welsch 2009

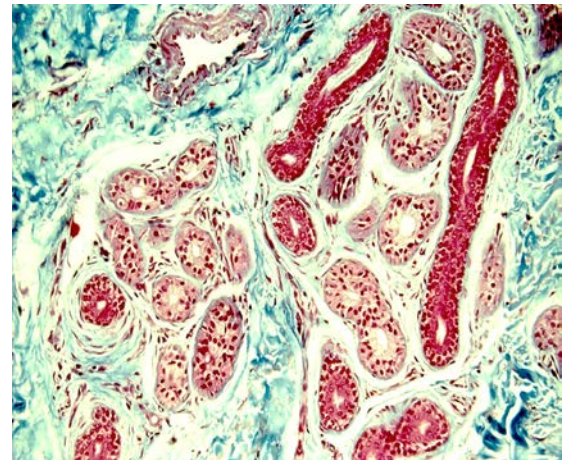


Figura Teg. 47. Fotomicrografía de una glándula sudorífera merocrina. Las secciones de color rosa pálido corresponden a la porción secretora; las porciones de un color rojo pertenecen al conducto. Tinción tricrómico de Masson; 100x

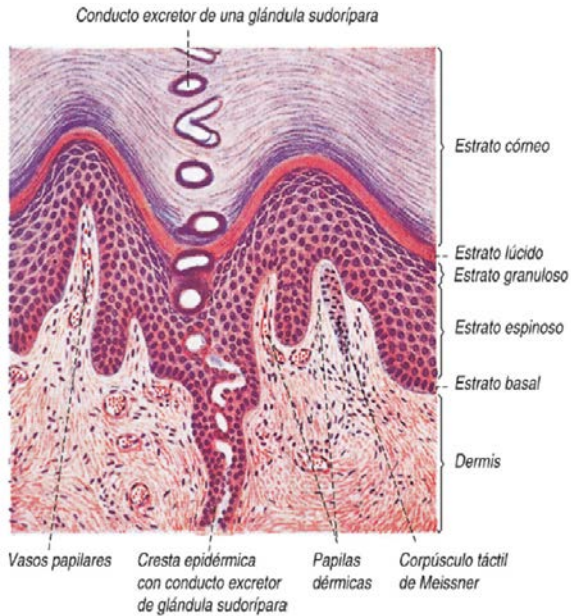


Figura Teg. 48. Representación esquemática de una sección de piel gruesa (yema de los dedos). Se muestran los estratos de la epidermis y la trayectoria espiralada del conducto de una glándula sudorípara ecrina. Tinción H-E; 200x. Sobotta y Welsch 2009

La porción secretora está formada por dos tipos celulares: a) **células oscuras** y b) **células claras**.

Las **células oscuras** tienen forma cónica con el ápice hacia el interior del epitelio y la base orientada hacia la luz glandular.

Las **células claras** se caracterizan porque adoptan una forma cúbica piramidal, la base muestra abundantes repliegues similares a los de las células que participan en el transporte a través del epitelio. Ésta se pone en contacto con la membrana basal o con células mioepiteliales. El citoplasma carece de gránulos de secreción, pero tiene abundantes acúmulos de glucógeno.

La secreción de estas glándulas se incrementa cuando la temperatura del cuerpo o del medio ambiente también se eleva (ejercicios, fiebre o un clima cálido). Es una glándula cuya secreción regula la temperatura corporal y el equilibrio hídrico.

-Glándula sudorípara apocrina, aromática o de "olor". Reciben ese nombre porque secretan un sudor denso y escaso, levemente opaco que contiene sustancias aromáticas las cuales en contacto con el oxígeno del aire y la actividad de ciertas bacterias de la superficie epidérmica, le confieren un olor característico a la zona donde están situadas. (La secreción contiene amonio, glicoproteínas, lípidos y agua). En la piel de los mamíferos no humanos, estas glándulas recubren la casi totalidad de la superficie corporal; confieren el olor característico de cada especie (fig. Sist. 49, 50 y 52).

También se les conoce como glándulas "**epitricas**" porque su conducto de secreción desemboca en el conducto por el cual emerge el pelo y las glándulas sebáceas. Son glándulas tubulares glomerulares.

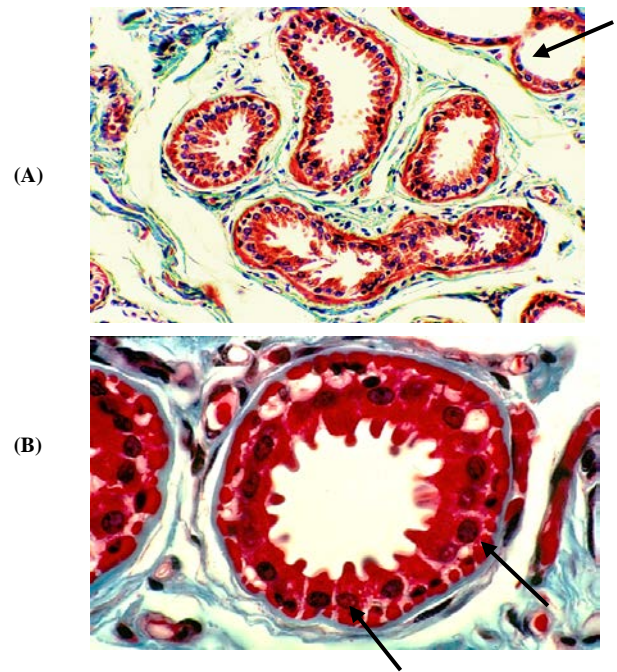


Figura Teg. 49. Fotomicrografías de los componentes glandulares secretores y conductores de una glándula apocrina. A) Obsérvese las pequeñas elevaciones cupuliformes que se exhiben en el borde apical de las células secretoras. La flecha indica un conducto. 200x. B) Las evaginaciones secretorias apicales son más evidentes. Las flechas indican a secciones transversales de células mioepiteliales. Tricrómico de Masson. 800x

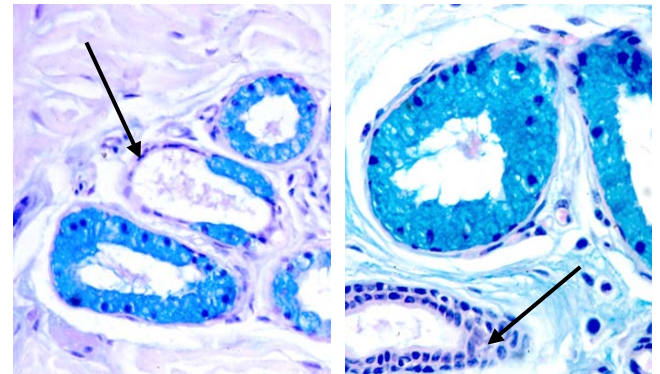


Figura Teg. 50. Fotomicrografías de glándulas apocrinas de la piel de alpaca teñidas con azul alciano y H-E. 200x y 400x, respectivamente. Las flechas señalan a conductos.

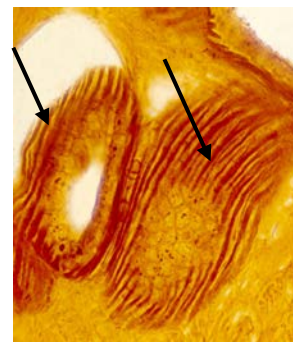


Figura Teg. 51. Secciones oblicuas y tangenciales de glándulas sudoríparas apocrinas de canino mostrando la disposición espiralada de las células mioepiteliales. Impregnación argéntica, 400x

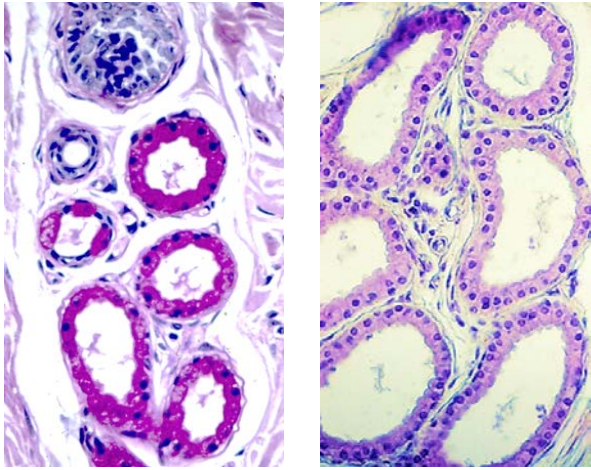


Figura Sist. Teg. 52. Fotomicrografías de glándulas apocrinas o “epitricas” de la piel de alpaca teñidas con la reacción histoquímica de P.A.S + H-E 200x y con azul de toluidina (demostración de metacromasia). 400x

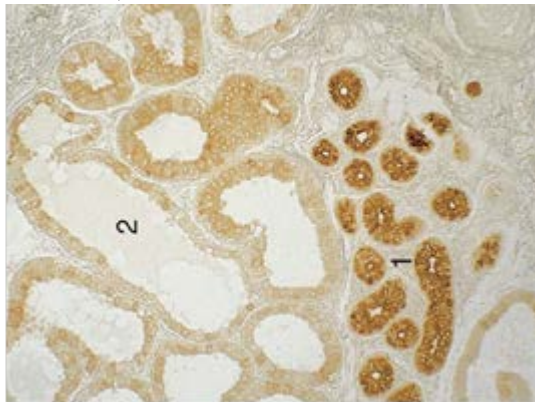


Figura Sist. Teg. 53. Fotomicrografía de piel de axila para demostrar la presencia de citoqueratina (CK19) en las porciones secretoras (2) y conductoras (1) de una glándula apocrina. En las tinciones con colorantes ácidos, los conductos ofrecen un color más intenso. 200x Sobotta y Welsch 2009.

Presentan una porción secretora de mayor calibre que las merocrinas. El conducto de salida drena en el poro piloso al igual que el de la glándula sebácea. Junto con el pelo integran la “unidad pilosebácea”. Las células del conducto presentan mayor cantidad de queratina que las células secretoras (fig. Teg. 53). En la especie humana se localizan alrededor de los pezones, en las axilas, en el ano y en los genitales externos. Se consideran glándulas apocrinas porque en el momento de la secreción se desprende la porción apical de la célula junto con el producto elaborado (fig. teg. 49, 50 y 52).

Cierto tipo de glándulas, como las ceruminosas del conducto auditivo externo, las de Moll en los párpados son glándulas apocrinas modificadas. En cambio en la piel de los mamíferos la gran mayoría de la superficie corporal posee este tipo de glándulas sudoríferas apocrinas.

Glándulas mamarias. Resultan de las interacciones inductoras establecidas entre la epidermis y el tejido mesenquimatoso subyacente (semejantes a las que

originan los folículos pilosos, las glándulas sudoríferas, las glándulas sebáceas y los dientes).

En todos los mamíferos el primer esbozo de las glándulas mamarias se establece como un engrosamiento epidérmico denominado **cresta mamaria o línea láctea** que se forma desde la región axilar hasta la zona inguinal del embrión. Estos esbozos se forman en los individuos de ambos sexos, pero en la pubertad y durante el proceso de gestación, la glándula mamaria de los individuos de sexo femenino experimenta cambios notables en cuanto a su crecimiento, desarrollo tisular y funcional.

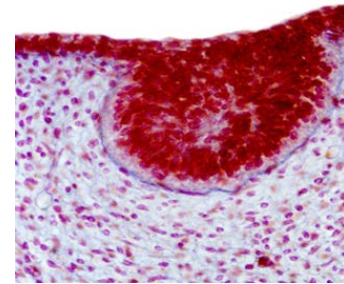


Figura Sist. Teg. 54. Esbozo de una yema o botón mamario. Se observan: la epidermis embrionaria proyectando hacia el mesénquima dérmico una yema epitelial epidérmica que, al interactuar con el tejido conjuntivo forman el esbozo de una glándula mamaria.

Se originan mediante crecimientos epidérmicos denominados **yemas o botones mamarios** (fig. Teg. 54), éstos se proyectan hacia el mesénquima subyacente; allí las células conjuntivas ejercen una interacción inductiva sobre las células epidérmicas de la cresta mamaria propiciando la proliferación, el crecimiento y el desarrollo de cordones epiteliales al interior del mesénquima (fig. Teg. 54, 55 y 56).

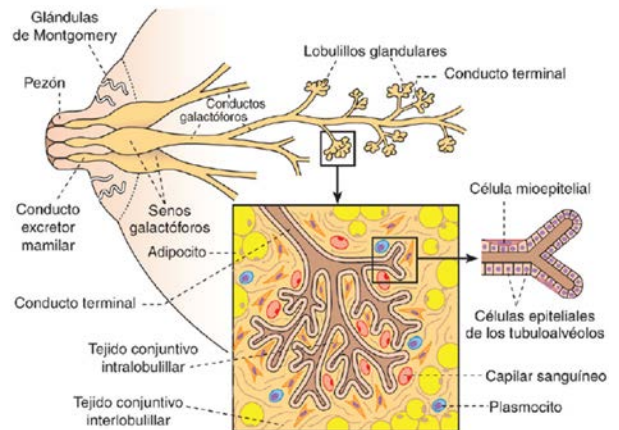


Figura Sist. Teg. 55. Representación esquemática de la sección Sagital de una glándula mamaria humana, en proceso de crecimiento y desarrollo. Sobotta y Welsch 2009.

La disposición anatómica, el crecimiento, desarrollo y la funcionalidad de las glándulas mamarias están influenciados por factores genéticos (diversas especies de mamíferos), estímulos hormonales y la actividad matriz extracelular, mediadora del mensaje inductor y hormonal.

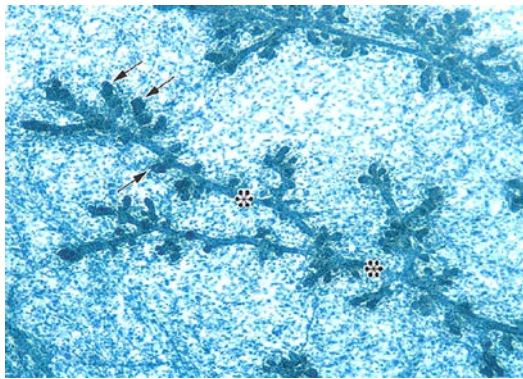
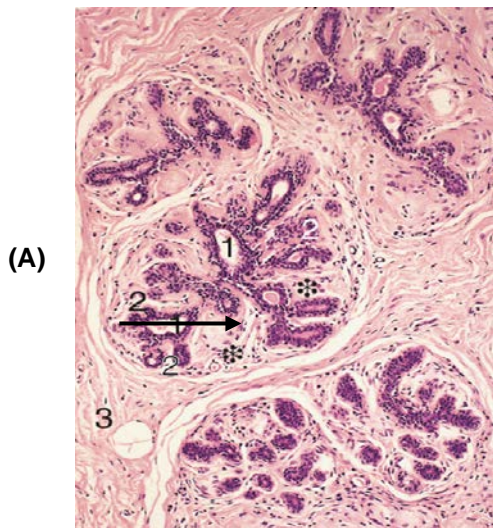


Figura Teg.56. Fotomicrografías de glándula mamaria no lactante o inactiva. En ambas se observan los esbozos de alvéolos y de conductos mamarios. A) Los números (1) señalan a los conductos; los números (2) a los esbozos de alvéolos mamarios, el (3) al tejido conjuntivo. Tinción de H-E. 100x; B) Montaje de una sección de tejido glandular mamario, obtenido por aplastamiento de la sección y coloreada con Hematoxilina, 100x. Los asteriscos indican a los conductillos y las flechas a los esbozos de los alvéolos mamarios. Sobotta y Welsch, 2009.

Las glándulas mamarias son glándulas alveolares compuestas ramificadas (fig. Teg. 55, 56, 57 y 58). En los humanos se localiza en la región pectoral. Se hacen funcionales al final de la gestación y durante el tiempo que dura el amamantamiento del recién nacido. La secreción que producen es la **leche**, rica en contenido de proteínas (caseína), hidratos de carbono (lactosa) y lípidos (triacilgliceroles como el ácido linolenico). También contiene calcio, fósforo, inmunoglobulinas (Ig A) .Las unidades secretoras (alvéolos mamarios) y el sistema de conductos se activan, proliferan y desarrollan bajo la influencia hormonal de los ovarios (**estrógenos y progesterona**), ver figura Teg. 59; de la placenta a través del lactógeno placentario y de la hipófisis (**hormona lactogénica o mamotrófica y la oxitocina**). Estas dos últimas estimulan y mantienen la secreción y eyección de la leche después del parto.

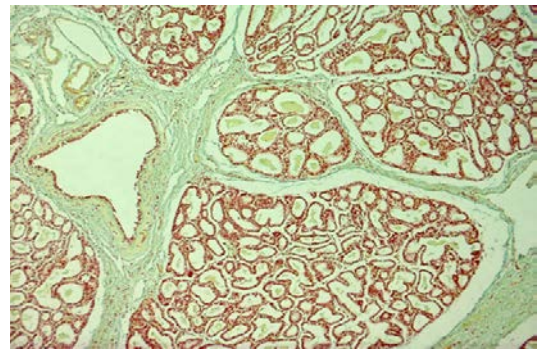


Figura Teg. 57. Fotomicrografía de una glándula mamaria lactante o activa. Se observan varios lobulillos, muchos alvéolos conteniendo secreción láctea, tejido conjuntivo interlobulillar; la flecha señala a un conducto interlobulillar. . Tricrómico Gomory. 100x

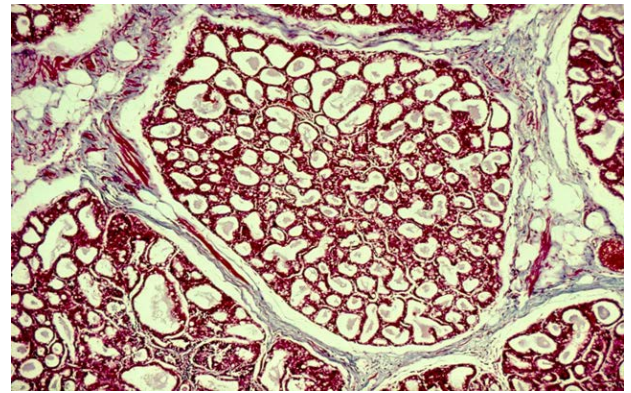


Figura Sist. Teg. 58. Fotomicrografía de una glándula mamaria lactante o activa. Se observa un lobulillo glandular mamario, muchos alvéolos mamarios, conteniendo secreción láctea y el tejido conjuntivo interlobulillar. Tricrómico de Masson, 100x

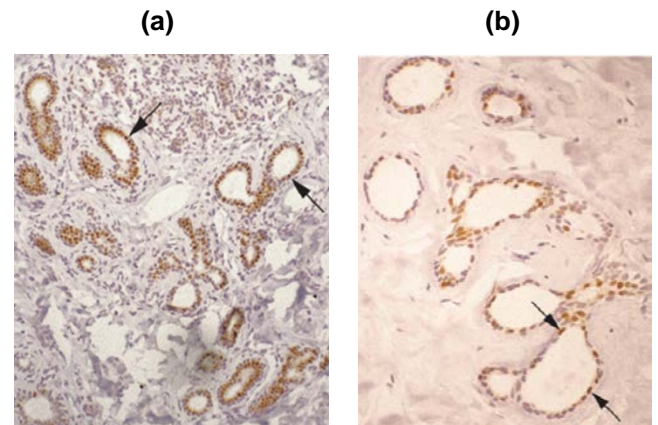


Figura Sist. Teg. 59. Fotomicrografías de parénquima mamario en reposo mostrando, mediante determinación inmunohistoquímica, la presencia de receptores nucleares de a) estrógenos, 150x y b) progesterona, en las unidades glandulares, 250x. Sobotta y Welsch 2009.

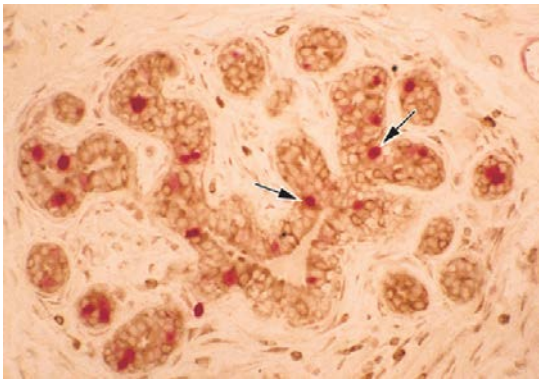


Figura Sist. Teg. 60. Lobulillo mamario no lactante en el cual se demuestra: en color pardo, la presencia de la proteína antiapoptótica (bcl-2); de color rojo la presencia de células en proceso de proliferación demostradas con el anticuerpo anti-Ki-67. 240x. Sobotta y Welsch 2009.

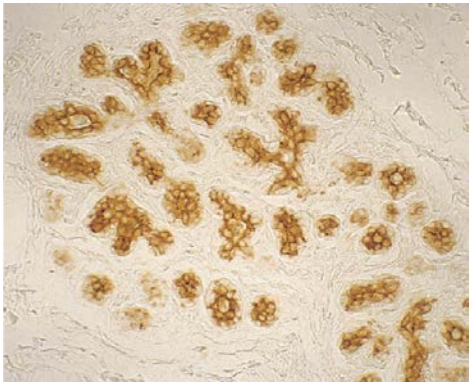


Figura Sist. Teg. 61. Glándula mamaria no lactante (en reposo) Determinación inmunohistoquímica de la citoqueratina 19 (CK19) demostrando su origen epidérmico. Sobotta y Welsch 2009.

La glándula mamaria está integrada por el parénquima mamario (alvéolos, lobulillos y un sistema de conductos laticíferos) y por un estroma constituido por tejido conjuntivo denso y lobulillos adiposos, especialmente en la etapa de glándula no lactante o en reposo (inactiva); en la glándula lactante el tejido adiposo reduce su presencia y es remplazado por parénquima glandular funcional o activo.

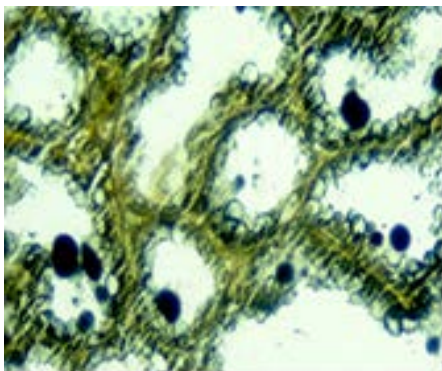


Figura Sist. Teg. 62. Alvéolos mamarios mostrando gotitas de lípidos (secreción apocrina). Impregnación ósmica. 400x

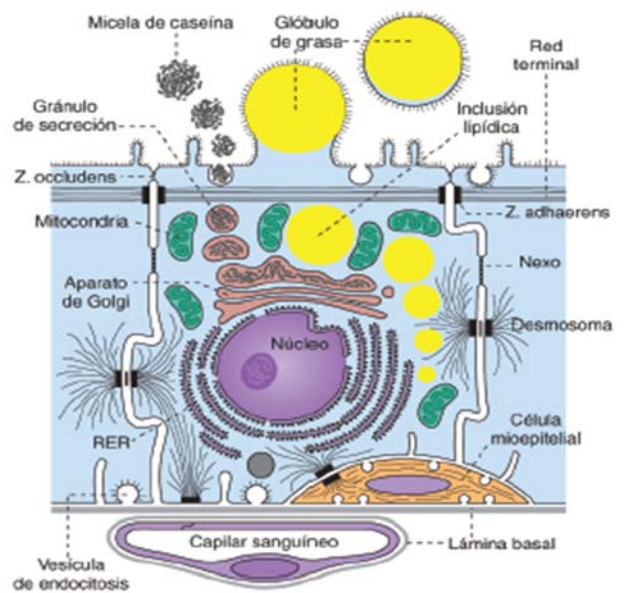


Figura Sist. Teg. 63. Representación esquemática de tres células glandulares mamarias. En el dibujo central I se observan algunos organelos celulares que intervienen en la síntesis y secreción de la leche y los dos procedimientos de secreción de sus componentes químicos. Sobotta y Welsch.

En embriones y fetos de seres del sexo femenino el desarrollo de la glándula mamaria en sus componentes glandulares y conductores está influenciado por la actividad hormonal de estrógenos, y progesterona de la madre y la progesterona placentaria (lactógeno placentario). En el último tercio de la gestación interviene activamente la hormona mamotrófica, lactogénica o prolactina, secretada por la hipófisis para hacer crecer y activar los alvéolos mamarios. Durante el parto e inmediatamente después interviene la hormona oxitocina con la finalidad de estimular a las células mioepiteliales que rodean a cada alvéolo (fig. Sist. Teg. 67) para que, una vez sintetizada la leche, propicien la eyección de la secreción láctea.

Los adenómeros o alvéolos mamarios (fig. Teg. 62) están constituidos por células cúbicas altas unidas entre sí por zónulas ocluyentes, zónulas adherentes, desmosomas y uniones tipo nexos como se observa en la figura Teg. 63. Durante el embarazo las células secretoras y los componentes conductores proliferan en gran número; el citoplasma contiene abundante citoqueratina y se demuestran en estas células la presencia de sustancias antiapoptóticas (Fig. Teg.60 y 61). Muchos núcleos de las células exhiben receptores para estrógenos y progesterona (Fig.Teg. 59).

El citoplasma de las células mamarias activas contiene abundantes cisternas y túbulos de R.E. rugoso y R.E. liso, en ellos se sintetizan las proteínas y los lípidos de la secreción láctea.

Los componentes de la leche: proteínas, la lactosa y el agua se liberan de las células mediante secreción

ecrina o merocrina, en cambio los lípidos se vierten mediante secreción apocrina, **ver fig. Teg. 63, 64, 65 y 66**)

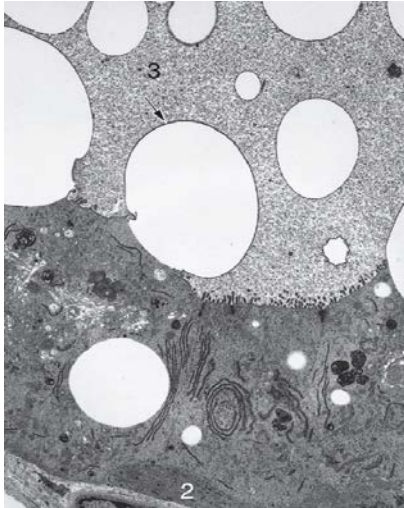


Figura Sist. Teg. 64. Fotomicrografía electrónica de la porción apical de una célula glandular mamaria. Se observa: 1) luz del alvéolo, 2) c cisternas del aparato de Golgi, 3) vesículas secretoras con micelas de proteínas (flechas), liberadas mediante secreción ecrina. 5) gránulos conteniendo lípidos. Sobotta y Welsch. 2009

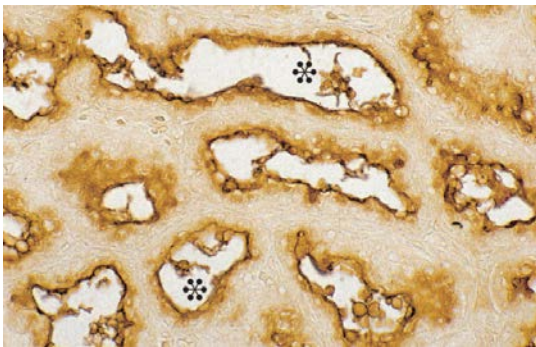


Figura Sist. Teg. 65. Alvéolos mamarios mostrando los glóbulos de grasa de la secreción láctea, rodeados de membrana celular (*) demostrada mediante una Lectina de cacahuete o maní específica para el plasmalema de células secretoras. Sobotta y Welsch 2009

Los alvéolos mamarios se rodean de células mioepiteliales (**figura Teg. 67**) las cuales se estimulan mediante el sistema nervioso (masajes o succión de los pezones) o a través de estímulos hormonales; la hormona oxitocina, almacenada en la neurohipófisis se libera hacia el torrente circulatorio provocando la contracción de las células mioepiteliales y consecuentemente la eyección de la leche.

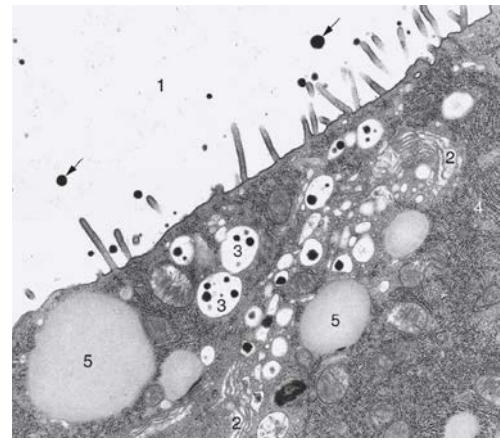


Figura Sist. Teg. 66. Fotomicrografía electrónica de células secretorias mamarias (2); Luz del alvéolo mamario con glóbulos de grasa (imagen negativa). Las células contienen algunos gránulos de grasa. Sobotta y Welsch.

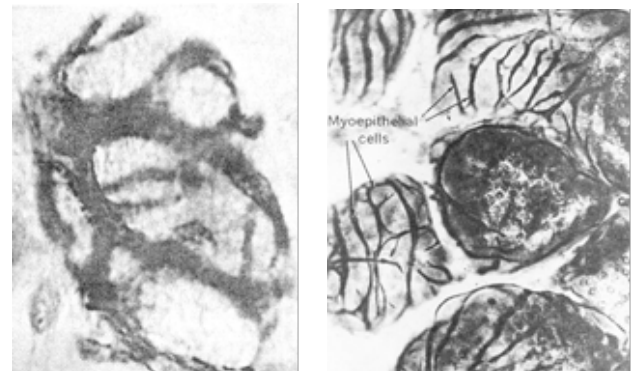


Figura Sist. Teg. 67. Fotomicrografías de alvéolos mamarios mostrando la presencia de células mioepiteliales demostradas por la técnica histoquímica de la fosfatasa alcalina (1000x) e impregnación argéntica, (600x) respectivamente.

Uñas. Son placas duras, ubicadas en la superficie dorsal de las falanges distales de los dedos. La uña es semitransparente presentando un color rosado debido a la vascularización abundante que posee la dermis subyacente. Está constituida por numerosa capas de células epiteliales aplanadas muy queratinizadas, pertenecientes al estrato córneo de la epidermis, por debajo de esta placa se sitúan los estratos granuloso, espinoso y basal apoyados en el lecho ungueal, porción de la dermis formado por numerosas crestas epiteliales y papilas dérmicas.

La uña crece desde su extremo proximal hacia adelante; al igual que el pelo también tiene un crecimiento continuo (aproximadamente 0.5 mm. por semana). Presenta varios componentes como se puede apreciar en la **figura Teg. 68 A.**

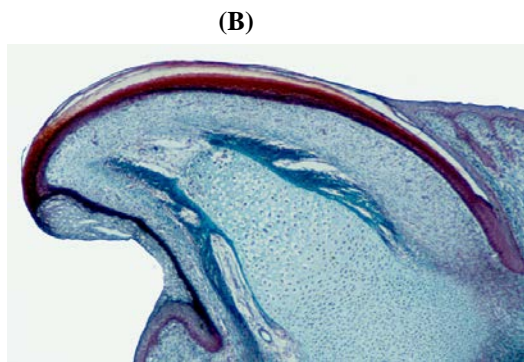
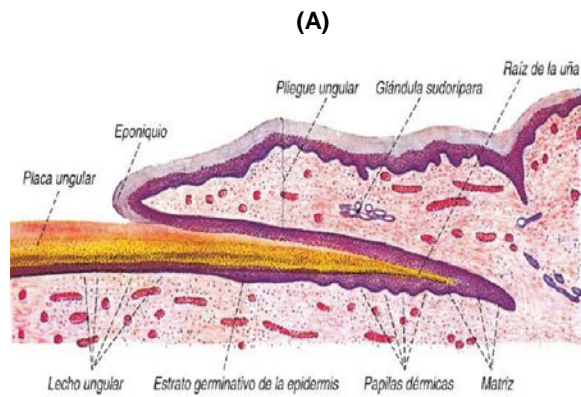


Figura Sist. Teg. 68. Representación esquemática y fotomicrografía de uña. A) Dibujo de la región dorsal de un dedo humano en el que se observan los diversos componentes de la uña y de la piel que la rodea. B) Uña o garra de un feto de perro. Se observa el cartílago de la última falange, el tejido conjuntivo subungueal y la uña o garra. Tinción tricrómica de Shorr. 40x

Características morfológicas y funcionales de terminaciones nerviosas de la piel.

En la piel residen una serie de componentes sensoriales del sistema nervioso periférico.

Las terminaciones nerviosas de la piel se clasifican en:

Exteroceptores. Las estructuras sensoriales localizadas en la piel tienen como función captar sensaciones de dolor, tacto, presión calor y frío. Los estímulos mencionados se perciben por dos grandes grupos de terminaciones nerviosas:

❖ **Terminaciones nerviosas desnudas.** Son ramificaciones de fibras nerviosas que carecen de envoltura de mielina. Se caracterizan porque están situadas en la porción papilar de la dermis y penetran entre los queratinocitos de las capas germinativa y espinosa de la epidermis. Captan sensaciones de dolor, tacto fino, calor y frío. Están distribuidas en toda la superficie corporal, pero la distribución no es uniforme. En determinados lugares como los dedos de la mano, la cara, los labios son más abundantes que en otras regiones del cuerpo.

❖ **Terminaciones nerviosas cubiertas.** pueden ser en forma de discos o corpúsculos.

- **Los discos de Merkel,** son las células de Merkel en cuya superficie interna o convexa se adosan ramificaciones nerviosas. Los discos se sitúan en la capa espinosa o basal de la epidermis. Captan sensaciones de tacto fino.

- **Corpúsculos de Meissner,** La fibra nerviosa pierde su vaina de mielina y se ramifica en forma de zigzag las ramificaciones se rodean de una capa fina de tejido conectivo y entre ellas se disponen algunas células de Schwann. Tienen una forma ovoide y ocupan el lugar de las papilas dérmicas. Captan estímulos de tacto superficial. Son abundantes en las yemas de los dedos, en las palmas de las manos y alrededor de los pezones.

- **Corpúsculos de Paccini.** La fibra nerviosa se desprende de su vaina de mielina y se rodea de sucesivas láminas conjuntivas concéntricas y de fibroblastos. Existe un líquido ligeramente denso que llena los espacios que existen entre lámina y lámina. Los corpúsculos de Paccini se localizan en la dermis profunda y en la hipodermis, en el periostio, en las capsulas fibrosas articulares y también en el mesenterio. Captan estímulos de presión (tacto profundo)

- **Corpúsculos de Ruffini.** Fueron considerados antiguamente como los receptores para el calor. En la actualidad se les asigna la capacidad de captar estímulos de tacto y presión. La fibra nerviosa se ramifica y adopta la forma alargada como un pequeño mazo, se rodea de finas capas de tejido conectivo, fibroblastos y algunas células de Schwann. Se sitúan en la dermis, hipodermis y en las cápsulas articulares.

- **Corpúsculos bulbosos (genitales, de Krause, etc).** Se les asignó la capacidad de recibir estímulos de frío. Actualmente, al igual que los dos anteriores perciben sensaciones de tacto profundo o presión: Están formados por la ramificación de la fibra nerviosa, envuelta en una especie de fina cápsula conjuntiva ovoide o esférica, llena de líquido denso. Se les encuentra en la hipodermis, en la piel de los genitales externos, fosas nasales y abertura bucal.

Referencias bibliográficas.

- Gartner LP y Hiat JL. *Histología. Texto y atlas.*** 3ª edición. McGraw-Hill Interamericana. México. 2008
- Geneser F. *Histología.*** 3ª edición. Editorial Médica Panamericana, México. 2000
- Karp G. *Biología Celular y Molecular.*** 5ª edición McGraw-Hill Interamericana. México. 2009.
- Ham, D.H. y Cormack D. *Tratado de Histología.*** 8ª edición Editorial Interamericana 1983.
- Krstic, R. V. *Los Tejidos del Hombre y de los Mamíferos.*** Editorial Interamericana y McGraw-Hill. 1989
- Junqueira, L.C. and Carneiro, J. *Basic Histology. Texto y Atlas.*** 11a Edition. McGraw-Hill. 2005
- Becker, W.M., Kleinsmith, J.H. and Hardin, Jeff. *El mundo de la célula.*** Editorial Pearson y Addison Welley.2007.
- Sobotta, J. y Welsch, U. *Histología.*** 2ª edición. Editorial medica panamericana. 2009.
- Von Herrath, E. *Atlas de histología y anatomía microscópica humanas.*** Editorial Científico-Médica. 1965.
- Boya-Vegue, J. *Atlas de Histología y Organografía microscópica.*** Editorial Médica Panamericana. 1996.
- Ross, M. H., Pawlina, W. *Histología. Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular.*** 6ª edición. Editorial Médica panamericana.2011.