



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza



*Catálogo de células humanas. Una compilación  
de imágenes como herramienta auxiliar en la  
enseñanza, para la comprensión del  
funcionamiento celular*

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

*P R E S E N T A N*

*Patricia Lorena González González*

*Jessica Elizabeth Loatza Ruiz*

*Francisca Karina Martínez González*

**Director:** *Ángel Pavón Lara*

**Asesor:** *Enrique Escalera Zuñiga*

México 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

<b>TABLA DE CONTENIDO</b>		<b>Página</b>
<b>Abreviaturas</b>		<b>9</b>
<b>Introducción</b>		<b>10</b>
 <b>CAPITULO 1</b>		
	<b>Marco Teórico</b>	<b>12</b>
<b>1.</b>	<b>Herramientas De Observación Celular</b>	<b>15</b>
<b>1.1.</b>	<b>Técnicas Histológicas</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1.</b>	<b>Procedimientos inmediatos o vitales</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2.</b>	<b>Coloración vital</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2.1.</b>	<b>Intravital.</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2.2.</b>	<b>Supravital</b>	<b>15</b>
<b>1.1.3.</b>	<b>Procedimientos Mediatos o Posvitales (fijación)</b>	<b>16</b>
<b>1.1.3.1.</b>	<b>Oxidantes</b>	<b>16</b>
<b>1.1.3.2.</b>	<b>Reductores</b>	<b>16</b>
<b>1.1.4.</b>	<b>Deshidratación y aclaramiento</b>	<b>16</b>
<b>1.1.4.1.</b>	<b>Inclusión</b>	<b>17</b>
<b>1.1.5.</b>	<b>Sección o Microtomía</b>	<b>17</b>
<b>1.1.5.1.</b>	<b>Características</b>	<b>18</b>
<b>1.1.6.</b>	<b>Montaje</b>	<b>19</b>
<b>1.2.</b>	<b>Técnicas y Fundamentos de Coloraciones Histológicas</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1.</b>	<b>Tipos de tinciones histológicas</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1.1.</b>	<b>Tinción progresiva</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1.2.</b>	<b>Tinción regresiva</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1.3.</b>	<b>Diferenciación</b>	<b>20</b>
<b>1.3.</b>	<b>Teoría de las Tinciones</b>	<b>20</b>
<b>1.3.1.</b>	<b>Teoría Física</b>	<b>20</b>
<b>1.3.2.</b>	<b>Teoría Química</b>	<b>20</b>
<b>1.4.</b>	<b>Colorantes</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1.</b>	<b>Clasificación</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1.1.</b>	<b>Por su naturaleza química del cromóforo</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1.2.</b>	<b>Por la naturaleza química del radical auxocromo</b>	<b>21</b>
<b>1.4.2.</b>	<b>Mecanismos de tinción</b>	<b>21</b>
<b>1.4.2.1.</b>	<b>Relaciones electrostáticas</b>	<b>21</b>
<b>1.4.2.2.</b>	<b>Enlaces coordinados, mordientes y quelantes</b>	<b>22</b>
<b>1.4.2.3.</b>	<b>Interacciones hidrofóbicas</b>	<b>22</b>
<b>1.4.2.4.</b>	<b>Puentes de hidrógeno</b>	<b>22</b>
<b>1.4.2.5.</b>	<b>Impregnaciones</b>	<b>22</b>
<b>1.5.</b>	<b>Impregnaciones metálicas</b>	<b>22</b>
<b>1.6.</b>	<b>Tinciones más Utilizadas en la Histología</b>	<b>22</b>
<b>1.6.1.</b>	<b>Tinción de Azán</b>	<b>22</b>
<b>1.6.1.1.</b>	<b>Interpretación</b>	<b>23</b>
<b>1.6.2 .</b>	<b>Tinción de Golgi</b>	<b>23</b>
<b>1.6.3.</b>	<b>Tinción de Tionina</b>	<b>23</b>

1.6.4.	<b>Método de Cajal, sublimación de oro</b>	23
1.6.5.	<b>Tinción de Azul de toluidina</b>	24
1.6.5.1.	<b>Interpretación</b>	24
1.6.6.	<b>Tinción de Tetraóxido de Osmio</b>	24
1.6.7.	<b>Tinción con hematoxilina y eosina</b>	24
1.6.7.1.	<b>Fundamento</b>	25
1.6.7.2.	<b>Interpretación</b>	25
1.6.8.	<b>Tinción de Van Gieson</b>	25
1.6.8.1.	<b>Interpretación</b>	26
1.6.9.	<b>Tinción de hematoxilina férrica</b>	26
1.6.9.1.	<b>Interpretación</b>	26
1.6.10.	<b>Tinción de PAS (Ácido periódico de Shiff)</b>	26
1.6.10.1.	<b>Fundamento</b>	26
1.6.10.2.	<b>Interpretación</b>	26
1.6.11.	<b>Tinción de PAS y Naranja G</b>	26
1.6.12	<b>Impregnación Argéntica según Bielschowsky</b>	26
1.7.	<b>Microscopía</b>	27
1.7.1.	<b>Microscopio compuesto</b>	27
1.7.2.	<b>Partes de un microscopio</b>	28
1.7.2.1.	<b>Oculares</b>	28
1.7.2.2.	<b>Objetivos</b>	28
1.7.2.3.	<b>Condensador</b>	29
1.7.2.4.	<b>Platina</b>	29
1.7.2.5.	<b>Diafragma</b>	29
1.7.2.6.	<b>Lámpara luminosa</b>	29
1.7.2.7.	<b>Macrométrico y micrométrico</b>	30
1.7.3.	<b>Tipos de microscopios</b>	30
1.8.	<b>Célula</b>	34
1.8.1.	<b>Organelos Celulares. Estructura Y Función</b>	35
1.8.1.1.	<b>Membrana plasmática.</b>	35
1.8.1.2.	<b>Citoplasma</b>	35
1.8.1.3.	<b>Ribosomas.</b>	35
1.8.1.4.	<b>Mitocondrias</b>	36
1.8.1.5.	<b>Retículo endoplasmático</b>	36
1.8.1.6.	<b>Lisosomas.</b>	36
1.8.1.7.	<b>Aparato de Golgi.</b>	36
1.8.1.8.	<b>Núcleo.</b>	36
1.8.1.9.	<b>La pared celular</b>	37
1.8.1.10.	<b>Los plastos</b>	37
1.8.2.	<b>Características Estructurales de la Célula</b>	37
1.8.2.1.	<b>Individualidad</b>	38
1.8.2.2.	<b>Características diferenciales y funcionales de las células</b>	38
1.8.2.3.	<b>Clasificación</b>	38

1.8.3.	<b>Origen del concepto de Tejido</b>	39
1.8.3.1.	<b>Definición de los tejidos</b>	40
1.8.3.2.	<b>Las cuatro grandes familias de tejidos</b>	40
1.8.4.	<b>Clasificación morfológica de los epitelios de revestimiento</b>	42
1.8.4.1.	<b>Forma de las células superficiales</b>	42
1.8.4.2.	<b>Número de capas de células</b>	43
1.8.4.3.	<b>Diferenciaciones celulares</b>	45
1.8.4.4.	<b>Microvellosidades</b>	45
1.8.5.	<b>Dispositivos de Unión</b>	46

## **CAPITULO 2. Sistema Tegumentario**

2.1.	<b>Piel</b>	50
2.1.1.	<b>Epidermis</b>	51
2.1.2.	<b>Queratinocitos de la epidermis</b>	51
2.1.3.	<b>Estrato basal</b>	52
2.1.4.	<b>Estrato espinoso</b>	53
2.1.5.	<b>Estrato granuloso</b>	53
2.1.6.	<b>Estrato lúcido</b>	54
2.1.7.	<b>Estrato córneo</b>	54
2.1.8.	<b>Células adicionales de la epidermis</b>	54
2.1.8.1.	<b>Células de Lanherhans</b>	54
2.1.8.2.	<b>Células de Merkel</b>	55
2.1.8.3.	<b>Melanocitos</b>	55
2.2.	<b>Dermis</b>	56
2.2.1.	<b>Capa papilar de la dermis</b>	56
2.2.2.	<b>Capa reticular de la dermis</b>	57
2.3.	<b>Glándulas de la piel</b>	57
2.3.1.	<b>Glándulas sudoríparas ecrinas</b>	57
2.3.2.	<b>Glándulas sudoríparas apocrinas</b>	58
2.3.3.	<b>Glándulas sebáceas</b>	58
2.4.	<b>Pelo</b>	59
2.4.1.	<b>Folículos pilosos</b>	59
2.5.	<b>Uña</b>	59

## **CAPITULO 3. Sistema Digestivo**

3.1.	<b>Cavidad bucal</b>	61
3.1.1.	<b>Labios</b>	61
3.1.2.	<b>Lengua</b>	62
3.1.2.1.	<b>Papilas linguales</b>	62
3.1.2.2.	<b>Corpúsculos gustativos</b>	63
3.1.3.	<b>Glándulas Salivales</b>	63
3.1.3.1.	<b>Adenómeros glandulares</b>	64
3.1.3.2.	<b>Conductos excretorios</b>	65

3.1.3.3.	<i>Glándula Parótida</i>	65
3.1.3.4.	<i>Glándulas submandibulares</i>	65
3.1.3.5.	<i>Glándulas sublinguales</i>	66
3.1.4	<i>Dientes</i>	66
3.1.4.1.	<i>Esmalte</i>	66
3.1.4.2.	<i>Dentina</i>	67
3.1.4.3.	<i>Cemento</i>	68
3.1.4.4.	<i>Pulpa</i>	68
3.1.4.5.	<i>Odontogenia</i>	69
3.1.4.6.	<i>Estructuras relacionadas con los dientes</i>	70
3.1.4.7.	<i>Paladar</i>	70
3.2.	<i>Sistema digestivo. Conducto alimentario</i>	71
3.2.1.	<i>Esófago</i>	71
3.2.2.	<i>Estómago</i>	73
3.2.3.	<i>Vesícula biliar</i>	76
3.3.	<i>Intestino Delgado</i>	77
3.3.1.	<i>Duodeno</i>	80
3.3.2.	<i>Yeyuno</i>	80
3.3.3.	<i>Íleon</i>	80
3.4.	<i>Intestino Grueso</i>	80
3.5.	<i>Páncreas</i>	81
3.5.1.	<i>Páncreas exocrino.</i>	82
3.5.2.	<i>Sistemas de Conductos.</i>	83
3.5.3.	<i>Páncreas endócrino</i>	83
3.5.	<i>Hígado</i>	84

#### **CAPITULO 4. Aparato Respiratorio**

4.1.	<i>Organización</i>	87
4.2.	<i>Estructuras y Órganos. Características y funciones</i>	87
4.2.1.	<i>Vías respiratorias superiores</i>	87
4.2.1.1.	<i>Nariz</i>	87
4.2.1.2.	<i>Fosas nasales</i>	88
4.2.1.3.	<i>Faringe</i>	88
4.2.1.4.	<i>Laringe</i>	88
4.2.2.	<i>Vías Respiratorias Inferiores</i>	89
4.2.2.1.	<i>Tráquea</i>	89
4.2.2.2.	<i>Bronquios</i>	89
4.2.2.3.	<i>Bronquiolos</i>	89
4.2.2.4.	<i>Alveolos</i>	89
4.2.2.5	<i>Pulmones</i>	90
4.3.	<i>Características</i>	90

## **CAPITULO 5. Sistema circulatorio**

<b>5.1.</b>	<b>Sistema Cardiovascular</b>	<b>93</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Vasos Sanguíneos</b>	<b>93</b>
<b>5.1.1.1.</b>	<b>Túnica Íntima</b>	<b>94</b>
<b>5.1.1.2</b>	<b>Túnica Media</b>	<b>94</b>
<b>5.1.1.3.</b>	<b>Túnica Adventicia</b>	<b>94</b>
<b>5.1.2.</b>	<b>Arterias</b>	<b>95</b>
<b>5.1.2.1.</b>	<b>Clasificación de arterias</b>	<b>95</b>
<b>5.1.3.</b>	<b>Arteriolas y capilares</b>	<b>96</b>
<b>5.1.3.1.</b>	<b>Clasificación de Capilares</b>	<b>97</b>
<b>5.1.4.</b>	<b>Venas</b>	<b>97</b>
<b>5.1.5.</b>	<b>Corazón</b>	<b>98</b>
<b>5.1.5.1.</b>	<b>Endocardio</b>	<b>99</b>
<b>5.1.5.2.</b>	<b>Miocardio.</b>	<b>99</b>
<b>5.1.5.3.</b>	<b>Epicardio</b>	<b>99</b>
<b>5.1.5.4.</b>	<b>Esqueleto cardiaco</b>	<b>99</b>
<b>5.1.6.</b>	<b>Sistema vascular linfático</b>	<b>100</b>
<b>5.2.</b>	<b>Células sanguíneas</b>	<b>100</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Eritrocitos</b>	<b>100</b>
<b>5.2.1.2.</b>	<b>Reticulocitos</b>	<b>101</b>
<b>5.2.2.</b>	<b>Linfocitos</b>	<b>101</b>
<b>5.2.2.1.</b>	<b>Granulocitos</b>	<b>101</b>
<b>5.2.2.2.</b>	<b>Leucocitos mononucleares</b>	<b>102</b>
<b>5.2.3.</b>	<b>Plaquetas</b>	<b>103</b>
<b>5.2.4.</b>	<b>Plasma</b>	<b>103</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Médula ósea</b>	<b>103</b>
<b>5.2.5.1.</b>	<b>Hematopoyesis prenatal</b>	<b>104</b>
<b>5.2.5.2.</b>	<b>Hematopoyesis posnatal</b>	<b>104</b>

## **CAPITULO 6. Sistema Nervioso**

<b>6.1.</b>	<b>Histogénesis de las células del sistema nervioso</b>	<b>107</b>
<b>6.2.</b>	<b>Composición del tejido nervioso</b>	<b>108</b>
<b>6.3.</b>	<b>Neurona</b>	<b>108</b>
<b>6.3.1.</b>	<b>Clasificación de las neuronas</b>	<b>109</b>
<b>6.4.</b>	<b>Neuroglía</b>	<b>110</b>
<b>6.4.1.</b>	<b>Astrocitos</b>	<b>110</b>
<b>6.4.2.</b>	<b>Oligodendrocitos</b>	<b>111</b>
<b>6.4.3.</b>	<b>Microglía</b>	<b>111</b>
<b>6.4.4.</b>	<b>Células ependimarias</b>	<b>112</b>
<b>6.4.5.</b>	<b>Células de Schwann</b>	<b>112</b>
<b>6.4.6.</b>	<b>Células satélite</b>	<b>113</b>
<b>6.5.</b>	<b>Sistema Nervioso Central</b>	<b>113</b>
<b>6.5.1.</b>	<b>Plexo coroideo</b>	<b>114</b>
<b>6.5.2.</b>	<b>Corteza Cerebral</b>	<b>114</b>

6.5.3.	<i>Corteza cerebelosa</i>	115
6.5.4.	<i>Médula Espinal</i>	115
6.6.	<i>Sistema Nervioso Periférico</i>	116
6.6.1.	<i>Nervios periféricos</i>	116
6.6.2.	<i>Ganglios</i>	116
6.6.2.1.	<i>Ganglios sensitivos</i>	116
6.6.2.2.	<i>Ganglios autónomos</i>	117

#### **CAPITULO 7. Sistema Endócrino y Linfático.**

7.1.	<i>Glándula tiroides</i>	118
7.1.1.	<i>Glándula Paratiroides</i>	120
7.1.2.	<i>Función de la PTH</i>	120
7.1.3.	<i>Glándula hipófisis</i>	121
7.1.4.	<i>Adenohipófisis</i>	121
7.1.5.	<i>Neurohipófisis</i>	122
7.1.6.	<i>Glándula pineal</i>	122
7.1.7.	<i>Glándulas suprarrenales</i>	123
7.1.7.1.	<i>Corteza Suprarrenal</i>	123
7.1.7.2.	<i>Médula Suprarrenal</i>	124
7.2.	<i>Sistema Linfoide</i>	124
7.2.1.	<i>Tejido linfoide capsulado</i>	124
7.3.	<i>Timo</i>	124
7.3.1.	<i>Corteza tímica</i>	125
7.3.2.	<i>Médula tímica</i>	126
7.4.	<i>Ganglios Linfáticos</i>	126
7.4.1.	<i>Corteza del ganglio linfático</i>	127
7.4.2.	<i>Corteza del ganglio linfático</i>	128
7.4.3.	<i>Vasos sanguíneos</i>	128
7.5.	<i>Bazo</i>	128
7.5.1.	<i>Pulpa blanca</i>	129
7.5.2.	<i>Pulpa roja</i>	129
7.6.	<i>Amígdalas</i>	130
7.6.1.	<i>Amígdalas Palatinas</i>	130
7.6.2.	<i>Amígdalas Faríngeas</i>	130
7.6.3.	<i>Amígdalas Linguales</i>	130

#### **CAPITULO 8. Sistema Urinario**

8.1.	<i>Riñones</i>	132
8.2.	<i>Nefrona</i>	133
8.3.	<i>Corpúsculo renal</i>	133
8.4.	<i>Túbulo proximal</i>	134
8.5.	<i>Asa de Henle</i>	135
8.6.	<i>Túbulo distal</i>	132

8.7.	<i>Túbulos colectores</i>	136
8.8.	<i>Intersticio renal</i>	137
8.9.	<i>Fisiología renal</i>	137
8.10.	<i>Vías urinarias</i>	137
8.11.	<i>Cálices</i>	138
8.12.	<i>Uréteres</i>	138
8.13.	<i>Vejiga</i>	139
8.14.	<i>Uretra</i>	139

## **CAPITULO 9. Aparato Genital**

9.1.	<i>Reproductor femenino</i>	141
9.1.1.	<i>Ovarios</i>	141
9.1.2.	<i>Folículos ováricos</i>	141
9.1.2.1.	<i>Folículos primordiales</i>	142
9.1.2.2.	<i>Folículos primarios</i>	143
9.1.2.3.	<i>Folículo Secundario</i>	143
9.1.2.4.	<i>Folículos de Graaf</i>	144
9.1.2.5.	<i>Ovulación</i>	144
9.1.2.6.	<i>Cuerpo Lúteo</i>	145
9.1.2.7.	<i>Cuerpo Blanco</i>	146
9.1.2.8.	<i>Médula ovárica</i>	146
9.1.3.	<i>Salpinges (Oviductos, Trompas De Fallopio o Tubas Uterinas)</i>	146
9.1.4.	<i>Útero</i>	147
9.1.5.	<i>Cérvix o cuello uterino</i>	147
9.1.6.	<i>Placenta</i>	150
9.1.7.	<i>Vagina</i>	151
9.1.8.	<i>Genitales externos</i>	152
9.1.9.	<i>Glándulas mamarias</i>	152
9.1.9.1.	<i>Glándulas mamarias en reposo</i>	153
9.1.9.2.	<i>Glándulas mamarias en lactancia</i>	153
9.2.	<i>Aparato genital masculino</i>	154

## **CAPITULO 10. Tejido esquelético y órganos especializados ojo y oído.**

10.1.	<i>Tejido Cartilaginoso</i>	155
10.1.1.	<i>Características</i>	155
10.1.2.	<i>Células Cartilaginosas</i>	156
10.1.2.1.	<i>Condroblastos</i>	156
10.1.2.2.	<i>Condrocitos</i>	157
10.1.3.	<i>Clasificación o tipos de Cartílago</i>	157
10.1.3.1.	<i>Cartílago fetal</i>	157
10.1.3.2.	<i>Cartílago hialino</i>	157
10.1.3.3.	<i>Cartílago Elástico</i>	158

10.1.3.4.	<b>Cartílago fibroso</b>	<b>159</b>
10.2.	<b>Tejido Óseo</b>	<b>159</b>
10.2.1.	<b>Características</b>	<b>159</b>
10.2.2.	<b>Células óseas</b>	<b>160</b>
10.2.2.1.	<b>Las Células Osteoprogenitoras</b>	<b>160</b>
10.2.2.2.	<b>Los Osteoblastos</b>	<b>160</b>
10.2.2.3.	<b>Los Osteocitos</b>	<b>161</b>
10.2.2.4.	<b>Células de Revestimiento Óseo</b>	<b>161</b>
10.2.2.5.	<b>Los osteoclastos</b>	<b>161</b>
10.2.3.	<b>Tipos de hueso</b>	<b>161</b>
10.2.3.1.	<b>El hueso compacto</b>	<b>161</b>
10.2.3.2.	<b>El hueso esponjoso</b>	<b>162</b>
10.2.3.3.	<b>Hueso Laminar</b>	<b>162</b>
10.2.3.4.	<b>Hueso no Laminar</b>	<b>162</b>
10.2.4.	<b>Estructura histológica ósea</b>	<b>162</b>
10.3.	<b>Ojo</b>	<b>163</b>
10.3.1.	<b>Túnica fibrosa.</b>	<b>163</b>
10.3.2.	<b>Esclerótica.</b>	<b>163</b>
10.3.3.	<b>Córnea</b>	<b>164</b>
10.3.4.	<b>Túnica vascularizada</b>	<b>165</b>
10.3.5.	<b>Cuerpo ciliar</b>	<b>165</b>
10.3.6.	<b>Iris</b>	<b>165</b>
10.3.7.	<b>Cristalino</b>	<b>166</b>
10.3.8.	<b>Retina</b>	<b>166</b>
10.3.9.	<b>Estructuras accesorias de los ojos</b>	<b>168</b>
10.4.	<b>Oído. Órgano vestibulococlear</b>	<b>169</b>
10.4.1.	<b>Oído externo</b>	<b>169</b>
10.4.2.	<b>Oído Medio</b>	<b>170</b>
10.4.3.	<b>Oído Interno</b>	<b>170</b>
	<b>Análisis y Discusión</b>	<b>174</b>
	<b>Conclusiones</b>	<b>175</b>
	<b>Listado de imágenes</b>	<b>176</b>

## Abreviaturas

<b>ACTH</b>	<b>Hormona Adenocorticotropa</b>
<b>ADN</b>	<b>Ácido desoxirribonucleico</b>
<b>ADH</b>	<b>Hormona antidiurética</b>
<b>ADP</b>	<b>Adenosin difosfato</b>
<b>AFM</b>	<b>Microscopio de Fuerza atómica</b>
<b>ALPH</b>	<b>Hormona lipotrópica</b>
<b>APUD</b>	<b>Células de captación y descarboxilación de los precursores de las aminas</b>
<b>ATP</b>	<b>Adenosintrifosfato</b>
<b>AVP</b>	<b>Arginina vasopresina</b>
<b>CPA</b>	<b>Célula presentadora de antígeno</b>
<b>C3</b>	<b>Complemento</b>
<b>CHR</b>	<b>Hormona liberadora de corticotropina</b>
<b>CRT</b>	<b>Tubo de Rayos catódicos</b>
<b>DIC</b>	<b>Contraste de Interferencia Diferencial</b>
<b>DNES</b>	<b>Sistema neuroendocrino Difuso</b>
<b>EFTEM</b>	<b>Filtrado Energético del Microscopio Electrónico de Transmisión</b>
<b>Fc</b>	<b>Fracción cristalizable</b>
<b>FSH</b>	<b>Hormona Folículo Estimulante</b>
<b>GAG</b>	<b>Glucoaminoglucanos</b>
<b>GALT</b>	<b>Tejido Linfoide asociado al intestino</b>
<b>GFAP</b>	<b>Proteína ácido fibrilar</b>
<b>HE</b>	<b>Hematoxilina-Eosina</b>
<b>LCR</b>	<b>Líquido Cefalorraquídeo</b>
<b>LH</b>	<b>Hormona luteinizante</b>
<b>mRNA</b>	<b>Ácido Ribonucleico mensajero</b>
<b>MALT</b>	<b>Tejido Linfoide asociado a las mucosas</b>
<b>ME</b>	<b>Microscopio electrónico</b>
<b>MO</b>	<b>Microscopio óptico</b>
<b>MSH</b>	<b>Hormona Estimulante de los Melanocitos</b>
<b>NK</b>	<b>Asesino natural</b>
<b>PTH</b>	<b>Hormona Paratiroidea</b>
<b>RNA.</b>	<b>Ácido Ribonucleico.</b>
<b>rRNA.</b>	<b>Ácido Ribonucleico ribosómico.</b>
<b>tRNA.</b>	<b>Ácido Ribonucleico de transferencia</b>
<b>RE</b>	<b>Retículo endoplásmico</b>
<b>REL</b>	<b>Retículo endoplásmico liso</b>
<b>RER</b>	<b>Retículo endoplásmico rugoso</b>
<b>PAM</b>	<b>Microscopio de Matriz programable</b>
<b>PAS</b>	<b>Ácido Peryódico de Shiff</b>
<b>PRM</b>	<b>Hormona liberadora de prolactina</b>
<b>SEM</b>	<b>Microscopio Electrónico de Barrido</b>
<b>SNC</b>	<b>Sistema Nervioso Central</b>
<b>SNP</b>	<b>Sistema Nervioso Periférico</b>
<b>TEM</b>	<b>Microscopio Electrónico de Transmisión</b>
<b>TGF</b>	<b>Factor Plaquetario Beta-1</b>
<b>TSH</b>	<b>Hormona tirotrópica</b>
<b>T<sub>3</sub></b>	<b>Triyodotironina</b>
<b>T<sub>4</sub></b>	<b>Tetrayodotironina</b>
<b>UV</b>	<b>Ultra violeta</b>
<b>VERH</b>	<b>Vaina Epitelial de la raíz de Hertwing</b>

# INTRODUCCIÓN

La realización de este trabajo de investigación se debe a la curiosidad que se originó desde el ciclo intermedio, de nuestra carrera, en donde abordamos por primera vez el concepto de célula y sus funciones, además de haber observado la carencia de materiales didácticos con un enfoque específico y mas general del concepto de célula con respecto al cuerpo humano, en los cursos del ciclo terminal de la carrera de Química Farmacéutico Biológica (QFB), en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En el Plan de Estudios para la carrera de QFB, están detallados los objetivos a cubrir en cada una de las materias que se imparten; en Bioquímica Celular y de los Tejidos I, por ejemplo, el objetivo general es analizar la importancia de la Bioquímica, los procesos metabólicos, su integración y técnicas de investigación, proporcionando las bases académicas para el desarrollo del estudiante. Al evaluar este objetivo, observamos que es de primordial importancia este primer contacto con la parte biológica de nuestro plan de estudios, debido a que esta es la base para el desarrollo y conocimiento de otros temas relacionados con la célula y los tejidos. Sin embargo, este no es cubierto en su totalidad, porque los temas que se abordan durante este curso son revisados someramente, debido al poco tiempo para hacerlo de manera más profunda.

En el curso de la carrera se aborda el mismo tema en diferentes asignaturas, como es Biología Celular y de los Tejidos II, donde se inició el curso con una introducción para comprender la formación de tejidos y sistemas, se revisaron nuevamente los conceptos sobre célula y sus componentes. El problema con este curso radicó, en que los profesores tienen la concepción que el alumno ya conoce este tema a la perfección, y en general, omiten nuevamente el estudio detallado, revisándolo de manera superficial, dejando en los alumnos deficiencias, que se incrementan a lo largo de su preparación profesional.

En las materias de Microbiología I y Microbiología II, y en el ciclo terminal para Bioquímica Clínica, por ejemplo, en Hematología, Genética y Microbiología Médica, volvemos a tratar el concepto de célula y sus funciones. Con el resultado final, que se conoce poco acerca de este tema, por carecer de las bases teóricas e ilustrativas acerca del tema.

La experiencia propia nos ha permitido apreciar que el estudio de células humanas es tan complejo, y a la vez tan importante como para aprovechar el uso de materiales gráficos más generalizado en la observación de preparaciones microscópicas. Debido a esto se seleccionaron imágenes con calidad y descripción detalladas de lo que se está observando, para que – comparativamente– quien la consulte pueda examinar y relacionar con las bases teóricas que va adquiriendo en su preparación. Estas fueron obtenidas tanto por la indagación en los acervos bibliográficos, como por la revisión exhaustiva en las redes electrónicas.

### ***A quién está dirigido este trabajo***

Por este motivo, la propuesta de este trabajo, es categorizar la información de estas imágenes de manera tal, que sea útil para la conceptualización de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, distribuyéndolo a los profesores, por medio de una plataforma electrónica para que ellos lo utilicen en su cátedra, de manera que sea útil a los alumnos que están tomando el curso de Biología Celular y de los Tejidos I y II.

### ***Cuál es el objetivo principal.***

El objetivo de utilizar una plataforma electrónica, es por un lado, la actualización del alumno con la tecnología actual al usar redes electrónicas y por otro lado, la retroalimentación entre el alumno y el profesor por medio de esta plataforma. Ya que el alumno no será solo un espectador, sino que participara activamente en su preparación, aportando mayor información que la obtenida por esta plataforma.

Porque utilizar el programa moodle y no otra plataforma universitaria; se puede mencionar que una de las ventajas de utilizar este programa, es que la información que se ingresa en ella se guardará, y aún, cuando el alumno o el profesor no entren en la plataforma por un tiempo, no eliminara la información, lo que no sucede con otras plataformas, otra ventaja es que la información que se sube a este programa es de primera calidad, lo que le permite al alumno revisar y estudiar con información concreta, directa y actual, se pensaría que con el uso del internet estas plataformas no son necesarias, sin embargo, aún y cuando tenemos el recurso del internet, si el alumno no sabe buscar la información, se pierde ante un sin número de páginas electrónicas, y la mayor parte de las veces recibe información que no es concreta, y en muchas ocasiones no confiable. Por esta razón consideramos que el usar esta plataforma ayudará en su preparación al alumno de las ciencias biológicas en primera instancia, y por qué no en un futuro a alumnos de otras ciencias. Este programa es de fácil entendimiento y por los motivos mencionados anteriormente será una herramienta valiosa en la docencia, obligando tanto a los alumnos, como a los docentes a una constante actualización.

## **MARCO TEÓRICO**

Se examinarán conceptos básicos de la célula y sus componentes biológicos, distinguiendo la función, así como los recursos técnicos de los cuales nos aprovechamos para poder estudiar, observar y comparar.

Los microscopios empleados en la observación de muestras celulares más utilizados son los compuestos, y el primer microscopio que se conoce es el simple, elaborado por Antón Van Leewenhoek que era un teñidor de telas en el siglo XV, entonces bien para llegar a una meta solo se necesita categorizar los objetivos que se desean cubrir, y con la ayuda de las técnicas adecuadas, con las herramientas de que se disponen en la actualidad; poder identificar los elementos celulares observados

También es importante conocer los componentes de los colorantes, ya que mayoría de los colorantes son compuestos orgánicos que tienen alguna afinidad específica por los materiales celulares. Muchos colorantes utilizados con frecuencia son moléculas cargadas positivamente (cationes) y se combinan con intensidad con los constituyentes celulares cargados negativamente, tales como los ácidos nucleicos y los polisacáridos ácidos. Otros colorantes son moléculas cargadas negativamente (aniones) y se combinan con los constituyentes celulares cargados positivamente, tales como muchas proteínas. Otro grupo de colorantes son sustancias liposolubles; los colorantes de este grupo se combinan con los materiales lipídicos de la célula, usándose a menudo para revelar la localización de depósitos de grasa. Algunos colorantes teñirán mejor sólo después de que la célula haya sido tratada con otra sustancia química, que no es un colorante por sí mismo. Esta sustancia se denomina mordiente; un mordiente habitual es el ácido tánico. El mordiente se combina con un constituyente celular y lo altera de tal modo que ahora sí podrá atacar el colorante.

Es importante detallar que los métodos de tinción son de gran utilidad, pero deben usarse siempre con precaución, ya que pueden conducir a errores. Las moléculas de colorante forman en ocasiones precipitados o agregados que parecen estructuras celulares auténticas, pero que son formaciones completamente artificiales inducidas por el mismo colorante.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los atlas que se manejan actualmente tienen la información establecida por grado de complejidad. ¿Cómo elaborar un catálogo de células que incluyera esta clasificación y a la vez sirviera de comparación? El objetivo de este trabajo es lograr reunir la información e imágenes de células de lo simple a lo complejo, y comparar células sanas, con patológicas, que afectan los órganos del ser humano. ¿Cuál sería la importancia para el estudiante del área de las ciencias biológicas? Ya que uno de los mayores retos del estudiante es relacionar la información teórica y aplicarla en la práctica.

¿Cuál es la calidad de los atlas que se consultan?, si la mayor parte contiene algunas imágenes no satisfactorias con descripciones pobres o incompletas y en muchos casos sin especificar las técnicas de tinción utilizadas o el objetivo al que se observa. Entonces bien, ¿cuál es el reto de este trabajo de compilación?

Podríamos determinar la elaboración de un catálogo que reúna las características deseadas para obtener un trabajo de calidad por medio de investigación bibliográfica que permita al estudiante de ciclo intermedio, y el ciclo terminal de carreras afines a las áreas biológicas, la comprensión de conocimientos teóricos, para la aplicación en el área de la ciencias de la salud; ¿y por qué no ser la incipiente causa de la curiosidad científica que le permita profundizar estos conocimientos?

## **DISEÑO DE INVESTIGACION**

- **DESCRIPTIVO**

En este tipo de investigación se obtiene la información documentada tanto de acervos bibliográficos, como fuentes electrónicas de manera ordenada y clara de acuerdo a los objetivos propuestos.

## **OBJETIVOS**

1. Reunir imágenes suficientes que permitan distinguir a la célula eucariota
2. Seleccionar las imágenes con calidad y claridad en información que permita establecer una comparación con los conocimientos teóricos.
3. Diseñar un catálogo celular que contenga información apropiada para la comprensión del estudio de las células humanas de importancia clínica más frecuente.
4. Estudiar los recursos técnicos para observar la célula y sus componentes.
5. Identificar cuáles son las técnicas de tinción utilizadas con mayor frecuencia en la observación de las células.

6. Diferenciar una célula sana de una no sana para analizar los procesos biológicos que se llevan a cabo en el cuerpo humano.
7. Demostrar que el uso de una herramienta auxiliar como un catalogo de células es útil para analizar el conocimiento obtenido durante el curso.
8. Hacer uso de un espacio virtual educativo para la difusión de la información contenida en este catalogo de células

# **1. Herramientas De Observación Celular**

## **1.1. Técnicas Histológicas**

Conjunto de procedimientos aplicados a un material biológico (animal o vegetal) con la finalidad de prepararlo y conferirle las condiciones óptimas para poder observar, examinar y analizar sus componentes morfológicos a través del microscopio.<sup>1</sup>

Los pasos necesarios para la preparación de los tejidos son: Fijación, deshidratación y aclaración, inclusión, montaje y tinción de los cortes.<sup>1</sup>

### **1.1.1. Procedimientos inmediatos o vitales**

Permiten la observación y el estudio de protozoarios, células sanguíneas, descamadas, disociadas y/o suspendidas en los líquidos de su hábitat neutro (agua dulce, agua de mar, suero sanguíneo, linfa, etc.) u otro que reemplace a los anteriores, como la solución salina isotónica.<sup>1</sup>

La observación en fresco se utiliza para examinar células descamadas o disociadas, estructuras muy delgadas y traslúcidas o para el cultivo de tejidos.<sup>1</sup>

### **1.1.2. Coloración vital.**

Cuando es preciso destacan alguna estructura celular o tisular, se pueden emplear sustancias colorantes inocuas para la vida de la célula, que no modifican la estructura ni la interfieren con sus funciones.<sup>1</sup>

Se clasifica en Intravital y supravital:

#### **1.1.2.1. Intravital.**

Administración de colorantes vitales a través de las vías digestiva e intratraqueal, sanguínea, linfática, subcutánea, e intraperitoneal, para demostrar actividad fagocítica de ciertas células (macrófagos de pulmón o de tejido subcutáneo, células de Küpffer o de las dendríticas fagocíticas de los órganos linfáticos. Las soluciones de uso más comunes son tinta china, carmín litio y azul de tripán.<sup>1</sup>

#### **1.1.2.2. Supravital.**

Se usan colorantes que se aplican a las células o porciones tisulares extraídas de organismos vivos. Este tipo de coloración demuestra de manera específica componentes celulares como mitocondrias con verde de Jano, los

gránulos de células cebadas con el rojo neutro, gránulos filamentosos de los retículos con el azul de cresilo, las ramificaciones nerviosas con el azul de metileno o el DNA y RNA de las células con naranja de acridina (Mediante el microscopio de fluorescencia).<sup>1</sup>

### **1.1.3. Procedimientos Mediatos o Posvitales (fijación).**

Tienen la finalidad de preparar células, tejidos y órganos procedentes de seres en los que los procesos vitales se han detenido y es necesario conservar la estructura que tenían en vida para lograr este objetivo, es necesario: obtener la muestra, fijar, hacer la inclusión, corte con el microtomo, teñir o colorear y por último realizar el montaje.<sup>2</sup>

Existen diversos procedimientos para obtener la muestra: Biopsia, necropsia, la finalidad es detener la vida de las células e impedir modificaciones *post mortem* que estas experimentan (procesos autolíticos); Esto se consigue inmovilizando las proteínas, sobre todo las enzimas al hacerlos insolubles. La inmovilización de las proteínas se produce por coagulación o precipitación de ellas.<sup>2</sup>

Los fijadores se clasifican en oxidantes y reductores:

#### **1.1.3.1. Oxidantes.**

Tetraóxido de osmio (ácido ósmico), dicromato de potasio, ácido crómico dicloruro de mercurio, ácido pícrico, ácido acético, etc.

#### **1.1.3.2. Reductores.**

Formaldehído, glutaraldehído, alcohol metílico, entre otros.<sup>1</sup>

Los fijadores casi siempre se emplean diluidos, pueden ser simple (formol), y compuestos (formol-fosfato, formol-dicloruro de mercurio, formol-cloruro de calcio, líquido fijador de Bouin, líquido fijador de Zenker, etc.)<sup>1</sup>

### **1.1.4. Deshidratación y aclaramiento.**

Debido a que una gran parte del tejido está constituido por agua, se aplica una serie gradual de porciones de alcohol al 50%, 70%, 96% y 100%, para eliminar el agua (deshidratación). A continuación se trata con xileno, el cual es miscible con parafina fundida; el tejido se torna —transparente” en presencia de xileno.<sup>1</sup>

#### **1.1.4.1. Inclusión**

Las imágenes solo se pueden obtener cuando las muestras adquieren una consistencia tal que es fácil reducir los tejidos de láminas sumamente delgadas y transparentes lo que se consigue infiltrando los tejidos con sustancia de inclusión. Estas tienen la propiedad de incorporarse en el interior de los tejidos y entre sus componentes más pequeños con la finalidad de servirles de soporte.<sup>1</sup>

Se coloca el tejido en un recipiente adecuado con parafina fundida, hasta que se infiltra por completo, una vez cubierto con parafina se deja endurecer para formar un bloque.<sup>3</sup>

Sustancias de inclusión solubles en agua: gelatina, carbowax, metacrilato de glicol.<sup>2</sup>

Sustancias solubles en disolventes orgánicos: parafina, celoidina, resinas epóxicas.<sup>2</sup>

#### **1.1.5. Sección o Microtoma**

Las secciones delgadas o cortes se consiguen mediante instrumentos mecánicos que seccionan el bloque de parafina en cortes delgados y de grosor uniforme. Las estructuras se dividen en micrótomos.

Coloración o tinción. El procedimiento consiste en teñir una estructura celular o tisular por la acción de una sustancia colorante.<sup>1</sup>

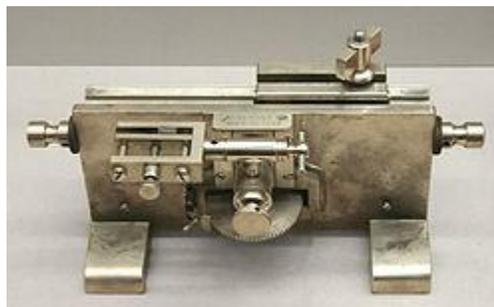
El micrótomos (del griego mikros, que significa "pequeño", y temnein, que significa "cortar") es un instrumento de corte que permite obtener rebanadas muy finas de material, conocidas como secciones. Los micrótomos son un instrumento importante de la microscopía porque permiten la preparación de muestras para su observación en microscopios de luz transmitida o de radiación de electrones. Los micrótomos utilizan cuchillas de acero, vidrio o diamante, dependiendo del tipo de muestra que se esté cortado en lonjas y del grosor deseado de las secciones del corte. Las cuchillas de acero se utilizan para preparar secciones de tejidos blandos animales o vegetales para estudios en el contexto de la histología o de la industria como corcho, madera balsa y otros como arcillas húmedas, gelatinas densas, poliestireno expandido para microscopía de luz. Las cuchillas de vidrio se utilizan para preparar secciones para microscopía de luz y para cortar secciones muy delgadas para microscopía electrónica. Las cuchillas de diamante (de grado industrial) son utilizadas para cortar materiales duros como el hueso, los dientes y materia vegetal como, maderas duras, etc., tanto para microscopía de luz como para microscopía electrónica.<sup>3</sup>

### 1.1.5.1. Características

Técnicas en el contexto de la histología, aunque más habitualmente, tales muestras de tejidos suelen ser tejidos con patologías, removidos previamente por biopsia, y se desea saber de cual patología se trata, con fines médicos. Los órdenes de sección de corte habituales en la microtomía son de 1 a 50 micras, pero varían según el tipo de muestra y según el microscopio en el que se desee observar la muestra.<sup>3</sup>

Debido a que los tejidos blandos son imposibles de cortar de manera uniforme, se procede siempre a su endurecimiento. La forma de obtener este endurecimiento distingue los tres tipos principales de técnicas de microtomía:

- 1) Técnica histológica tradicional: los tejidos son endurecidos substituyendo el agua por parafina utilizando la técnica de infiltración y teñidos para aumentar la visibilidad de las estructuras celulares. Los cortes en esta técnica suelen tener un grosor entre 2 y 10 micrómetros. Esta técnica es lenta y laboriosa, requiriendo al menos de 15 o 16 horas para obtenerse una muestra válida para el corte.
- 2) Criosección: en esta técnica los tejidos son endurecidos por congelación. Esta técnica se utiliza para los tejidos que no soportan el proceso impuesto por la técnica histológica tradicional, o cuando se requiere de resultados inmediatos (esta técnica es mucho más veloz que la primera, 5-10 minutos). Se usa una variante del micrótopo denominada criostato, alojado en una cámara de congelación, que puede alcanzar temperaturas de hasta  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  según el modelo. Se suele trabajar a temperaturas de entre  $-20$  y  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 3) Microscopía electrónica: los tejidos son embebidos en resina epóxica y luego se utiliza un micrótopo equipado con una hoja de vidrio o diamante para cortar secciones muy finas (típicamente de 60 a 100 nanómetros). Las secciones se tiñen y se examinan con un microscopio electrónico de transmisión. A menudo a este instrumento se lo denomina ultramicrótopo.<sup>3</sup>



Microtopo de 1905<sup>3</sup>



Micrótopmo eléctrico<sup>3</sup>

### **1.1.6. Montaje**

Los cortes de parafina se montan (colocan) en porta objetos de vidrio y a continuación se tiñen mediante colorantes.<sup>1</sup>

## **1.2. Técnicas y Fundamentos de Coloraciones Histológicas.**

Las tinciones son combinaciones de colorantes ácidos y básicos que permiten obtener suficiente contraste de color en los cortes histológicos comunes<sup>1</sup>.

### **1.2.1. Tipos de tinciones histológicas.**

#### **1.2.1.1. Tinción progresiva**

Cuando la solución del colorante actúa más o menos lentamente y se interrumpe el proceso de tinción, eliminación del colorante en el medio, cuando se ha conseguido el nivel de coloración deseada.

#### **1.2.1.2. Tinción regresiva**

Esta se emplea cuando se sobre tiñen las estructuras histológicas y posteriormente se elimina la coloración mediante soluciones que revierten la unión del colorante al sustrato hasta alcanzar la intensidad óptima de tinción.<sup>1</sup>

### **1.2.1.3. Diferenciación**

Es el proceso en dónde se realiza la eliminación controlada del colorante.<sup>1</sup>

### **1.3. Teoría de las Tinciones.**

Existen dos teorías que explican el procedimiento:

#### **1.3.1. Teoría Física**

Presupone que la coloración (Tinción) es un proceso físico de adsorción. De acuerdo con esto, las partículas de las sustancias colorantes disueltas penetran en los espacios intracelulares en los que se mantienen adheridas en razón de la cohesión molecular.<sup>1</sup>

#### **1.3.2. Teoría Química**

El colorante se une a una sustancia colorante íntimamente debido a la presencia de grupos funcionales ácidos o básicos en los componentes celulares o tisulares, que se unen a los cromógenos básicos y ácidos de los colorantes, respectivamente. Así se forman sales insolubles. De acuerdo con esta teoría, los colorantes se unen a los tejidos por enlaces iónicos, covalentes o de hidrógeno.<sup>1</sup>

### **1.4. Colorantes.**

La mayoría de los colorantes son compuestos orgánicos que tienen alguna afinidad específica por la composición lipídica y/o la de carbohidratos de la membrana plasmática.<sup>4</sup> Son los elementos principales de las tinciones generales. Son moléculas que poseen tres componentes importantes: un esqueleto incoloro, que normalmente es un anillo aromático de benceno, al cual se le unen dos tipos de radicales: uno que aporta el color, denominado *cromóforo*, y otro que posibilita la unión a elementos del tejido denominado *auxocromo*. Al conjunto de estos tres elementos unidos en una molécula se denomina *cromógeno*.<sup>4</sup>

#### **1.4.1. Clasificación.**

##### **1.4.1.1. Por la naturaleza química del cromóforo.**

Los colorantes son: nitrosos, azoicos, derivados de la antroquinona, derivados de la acridina, derivados de iminas quinónicas, derivados de

difenilmetano y trifenilmetano, derivados del xanteno y derivados de las ftalocianinas.<sup>2</sup>

#### **1.4.1.2. Por la naturaleza química de los radicales auxócromos**

Existen cuatro tipos: los básicos, ácidos, neutros e indiferentes.

**Básicos o catiónicos:** son sales, generalmente de aminas, en las que la base aporta el color, mientras que la parte ácida es incolora. Ejemplos de colorantes básicos son la tionina, safranina, azul de toluidina, el azul de metileno o la hematoxilina. Tiñen principalmente núcleos y carbohidratos ácidos.<sup>1,2</sup>

**Ácidos o aniónicos:** El grupo auxocromo suelen consistir en grupos sulfónicos, carboxílicos o en hidroxilos de fenoles; tienen afinidad por las estructuras básicas. Ejemplos de colorantes ácidos son la fucsina ácida, verde rápido, naranja G o la eosina. Se usan para teñir citoplasma o colágeno.<sup>1,2</sup>

**Neutros:** poseen una porción ácida y otra básica, ambas con capacidad para aportar color. Por tanto un mismo colorante puede teñir tanto las partes básicas como las ácidas de los tejidos. Por ejemplo, el eosinato de azul de metileno.<sup>1,2</sup>

**Indiferentes:** No se unen a elementos de los tejidos por afinidad química sino porque se disuelven en ellos. Por ejemplo, el colorante negro de sudán se disuelve en los lípidos y por tanto teñirá a las gotas de lípidos, especialmente en los adipocitos.<sup>1,2</sup>

#### **1.4.2. Mecanismos de tinción.**

Hay 5 tipos de mecanismos de tinción: 1) Las relaciones electrostáticas; 2) enlaces coordinados, mordientes y quelantes; 3) Interacciones hidrofóbicas; 4) Puentes de Hidrógeno; y 5) Impregnaciones.

##### **1.4.2.1. Relaciones electrostáticas**

Basado en la afinidad ácido-base entre colorantes y estructuras celulares.<sup>2</sup>

#### **1.4.2.2. Enlaces coordinados, mordientes y quelantes**

Los mordientes ayudan a la formación de complejos coloreados insolubles, son iones metálicos que se unen covalentemente al colorante para formar los complejos, los iones son: Aluminio, hierro y cromo.<sup>1</sup>

#### **1.4.2.2. Interacciones hidrofóbicas.**

Se unen a través de fuerzas de Van der Waals entre los grupos hidrofóbicos de las moléculas no polares, formando micelas. Para teñir tejidos lipídicos se utilizan colorantes hidrofobos, disueltos en disolventes ligeramente polares como el etanol al 70%, por ejemplo el colorante negro de Sudán.<sup>1</sup>

#### **1.4.2.3. Puentes de hidrógeno.**

Se forman entre colorante y sustrato en soluciones no acuosas, por ejemplo en los colorantes de colágeno; las fuerzas de Van der Waals son importantes en los procesos de coloración en tinciones específicas como la tinción para fibras elásticas.<sup>1</sup>

### **1.5. Impregnaciones.**

Se denomina impregnación a toda coloración histológica en la que se emplean sales metálicas como el cloruro de oro y el nitrato de plata; para generar precipitados metálicos sobre estructuras a teñir.<sup>6</sup>

#### **1.5.1 Impregnaciones metálicas**

El colorante forma agregados metálicos insolubles que quedan retenidos en el tejido gracias a la malla molecular creada en el proceso de fijación.<sup>1</sup>

### **1.6. Tinciones más Utilizadas en la Histología.**

#### **1.6.1 Tinción de Azán.**

La tinción de Azán es un método complejo. Es adecuada para conductos deferentes, lobulillos testiculares, aparato genital femenino.

Los núcleos, eritrocitos, fibrina, fibrinoide, citoplasma acidófilo, se tiñen de rojo.

### **1.6.1.1. Interpretación.**

Núcleo.....	Color Rojo
Citoplasma.....	Color rosa
Fibras musculares y hematíes.....	Color rojo naranja
Fibras de colágeno.....	Color azul.

### **1.6.2. Tinción de Golgi.**

La técnica de Golgi es un sencillo procedimiento histológico que revela la morfología neuronal completa en tres dimensiones. Este método funciona en la formación de depósitos opacos intracelulares de cromato argéntico, producidos por la reacción entre dicromato de potasio y nitrato de plata (reacción negra).<sup>6</sup>

El método de Golgi es una técnica de tinción de tejido nervioso, fue nombrado inicialmente la reacción de negro, pero se hizo más conocida como la tinción de Golgi o más tarde, el método de Golgi.<sup>4</sup>

Tinción de Golgi se logra por la impregnación fija del tejido nervioso con dicromato de potasio y nitrato de plata, por lo tanto las células teñidas son ocupadas por microcristalización de cromato de plata.<sup>7</sup> Los principales depósitos de cromato de plata se refieren generalmente como el "Método rápido de Golgi". El precipitado es un inestable "complejo de platalipoproteína-crómico" limitado por las membranas celulares.<sup>4</sup>

Los productos de depósito de mercurio metálico y, complejos de óxidos de mercurio son comúnmente denominados "métodos de Golgi-Cox".<sup>4</sup>

### **1.6.3. Tinción de tionina.**

Básicamente se utiliza para teñir los cuerpos de Nissl (gránulos de Nissl o también denominada sustancia cromófila, son acumulaciones basófilas, que se encuentran en el citoplasma de células nerviosas) la tinción da una coloración estable contrastante en azul- negro.

### **1.6.4. Método de Cajal, sublimación de oro.**

En 1903 Santiago Ramón y Cajal publicó el método de reducción de nitrato de plata con muchas variantes que hace posible el aclaramiento y caracterizar diferentes componentes intracelulares, esencialmente componentes nucleares y neurofibrillas, en base a las diferentes afinidades de la plata.<sup>9</sup>

La reacción química que se lleva a cabo es desconocida, la presencia de cloruro de mercurio es vital para una exitosa impregnación. Esto puede ser demostrado mediante la realización de una prueba de filtro que puede inducir la reducción de cloruro de oro en él.

### **1.6.5 Tinción de Azul de toluidina.**

Se utiliza para teñir al núcleo y al aparato de Golgi. En suspensión presenta un color azul y cuando se expone a estructuras ricas en enlaces amínicos (heparina, condroitín sulfatos, etc.) las moléculas de esta sustancia se ordenan tomando un color rojo, por efecto de su propiedad metacromática.

Las intoxicaciones con azul de toluidina son tratadas con heparina.

#### **1.6.5.1. Interpretación.**

Mucina - núcleos rojo violeta y bacterias.....citoplasma azul profundo  
Tejido fibroso ..... Hueso verde azulado - verde azulado de la matriz del cartílago

Muscular violeta azulado .....luces gránulos de células azules –hialina azul violeta y amiloide –verde azulado<sup>11</sup>

### **1.6.6. Tinción de Tetróxido de Osmio.**

El  $\text{OsO}_4$  es ampliamente utilizado para la microscopia de trasmisión electrónica.<sup>14</sup>

El  $\text{OsO}_4$  es fijador y colorante; este es soluble en lípidos y se reduce a  $\text{OsO}_2$  por estos. Una molécula de  $\text{OsO}_4$  reacciona con un enlace doble, la coloración se debe a la oxidación más baja del osmio.<sup>15</sup>

El  $\text{OsO}_4$  penetra en 1.5 horas en los tejidos no más gruesos que 0.5 mm, y se muestra los espacios intercelulares negros y algunas estructuras blancas, utilizando la microscopia electrónica.<sup>14</sup>

El  $\text{OsO}_4$  tiñe el retículo endoplasmático en su totalidad, incluyendo la membrana nuclear y las vesículas del aparato de Golgi, además las vacuolas mitocondriales.<sup>16</sup>

### **1.6.7. Tinción con hematoxilina y eosina.**

Es la tinción más utilizada en histología.

### **1.6.7.1. Fundamento.**

Un colorante ácido como la eosina, tiene la carga neta negativa en su parte coloreada, un colorante básico tiene una carga neta positiva en su parte coloreada; desde el punto de vista estructural la eosina no es un colorante básico, pero tiene propiedades tintoriales muy semejantes a las anilinas básicas; entonces se usa como mordiente y es por la acción del mordiente es que la coloración de la hematoxilina se parece a la tinción que produce un colorante básico. La unión entre hematoxilina-mordiente-tejido no consiste en un simple enlace electrostático y cuando la hematoxilina se coloca en agua no se disocia del tejido. Por eso la hematoxilina se presenta para aquellos procedimientos de tinción en los que es seguida por soluciones acuosas de colorantes ácidos.<sup>17</sup>

El método supone la aplicación de la tinción de hematoxilina, que por ser catiónica o básica, tiñe estructuras ácidas (basófilas) en tonos azul y Púrpura, como por ejemplo los núcleos celulares; y el uso de eosina que tiñe componentes básicos (acidófilos) en tonos de color rosa, gracias a su naturaleza aniónica o ácida, como el citoplasma.<sup>17</sup>

### **1.6.7.2. Interpretación.**

Colágeno.....	rosa pálido
muscular.....	de color rosa oscuro
citoplasma acidófilo.....	rojo
citoplasma basófilo.....	púrpura
núcleos.....	azul
eritrocitos.....	rojo cereza

### **1.6.8. Tinción de Van Gieson**

Corresponde a la mezcla de ácido pícrico-fucsina ácida y hematoxilina férrica de Weigert.

Es el método más simple mediante tinción para diferenciar colágeno de otros tejidos conectivos. Esta técnica fue desarrollada por el neuropsiquiatra y patólogo Ira Van Gieson.

### **1.6.8.1. Interpretación**

Núcleos celulares..... Color marrón a negro.  
Colágeno (tejido conectivo fibroso).....Color rosa o rojo.  
Músculo y Citoplasma..... Color amarillo.<sup>19</sup>

### **1.6.9. Tinción de hematoxilina férrica**

Tinción especificada para la tinción nuclear.

#### **1.6.9.1. Interpretación**

Núcleos.....color negro.<sup>20</sup>

### **1.6.10. Tinción de PAS (Ácido peryódico de Shiff)**

Es un método de tinción utilizado para detectar el glucógeno en los tejidos.

#### **1.6.10.1. Fundamento.**

La reacción de ácido peryódico oxida selectivamente los residuos de glucosa, creando aldehídos que reaccionan con el reactivo de Shiff produciendo una coloración púrpura-magenta.

#### **1.6.10.2. Interpretación.**

Glucógeno, mucina y algunas membranas basales.....rojo / violeta  
Núcleos..... fondo azul.<sup>21</sup>

### **1.6.11. Tinción de PAS y naranja G.**

Esta tinción es esencialmente una preparación de PAS que también se tiñe con naranja G para dar el color amarillo-naranja. Con este método, las estructuras basófilas se tiñen de color magenta, las acidófilas y los glóbulos rojos se tiñen de color naranja-amarillo, los cromóforos se tiñen de azul-gris, los núcleos se tiñen de azul-negro.<sup>20</sup>

### **1.6.12. Impregnación Argéntica según Bielschowsky.**

La adición de amonio al  $\text{AgNO}_3$  produce un precipitado de hidróxido de Ag ( $\text{Ag}(\text{OH})_2$ ), el cual es a su vez soluble en un exceso de amonio formando ( $\text{Ag}$

$(\text{NH}_3)_2$  (OH), [solución amoniacal de hidróxido Ag]. Si agregamos ahora un reductor como el formol se produce el depósito metálico de la plata (Ag).<sup>21</sup>

**Resultado:** Se observan células nerviosas, neurofibrillas, axones y dendritas, de color marrón o marrón oscuro.<sup>22</sup>

## **1.7. Microscopia.**

El microscopio óptico es un elemento esencial para los estudios generales de histología puesto que es el que nos permite observar las diferentes características morfológicas de las células y los tejidos. Se basa en el uso de lentes para aumentar los haces luminosos que atraviesan una muestra de tejido.<sup>24</sup>

### **1.7.1 Microscopio Compuesto.**

Contiene normalmente dos lentes: el objetivo y el ocular. El primero recoge la luz que atraviesa la sección de tejido, mientras que el ocular es el que forma la imagen que observamos. El aumento total que permite un microscopio óptico se calcula multiplicando la magnificación que producen el objetivo por la que producen los oculares. Por ejemplo, si estamos usando un objetivo de 40x (aumenta 40 veces) y un ocular de 10x (aumenta 10 veces), el resultado final será de 400x, es decir, vemos la muestra aumentada 400 veces. Usando microscopios ópticos avanzados se consiguen unos 1000-1500 aumentos (objetivo de 100x más oculares de 10x o 15x). Algunos microscopios ópticos tienen lentes internas que producen aumentos adicionales que tendremos que tomar en cuenta para calcular la magnificación de la imagen que se observa. No debemos confundir los aumentos, con el poder de resolución.<sup>24</sup>

El poder de resolución es la distancia mínima a la que se pueden discriminar dos puntos contiguos ó muy próximos. Este límite viene determinado por la longitud de onda de la fuente de iluminación, en este caso la luz visible.<sup>24</sup>

### 1.7.2. Partes De Un Microscopio

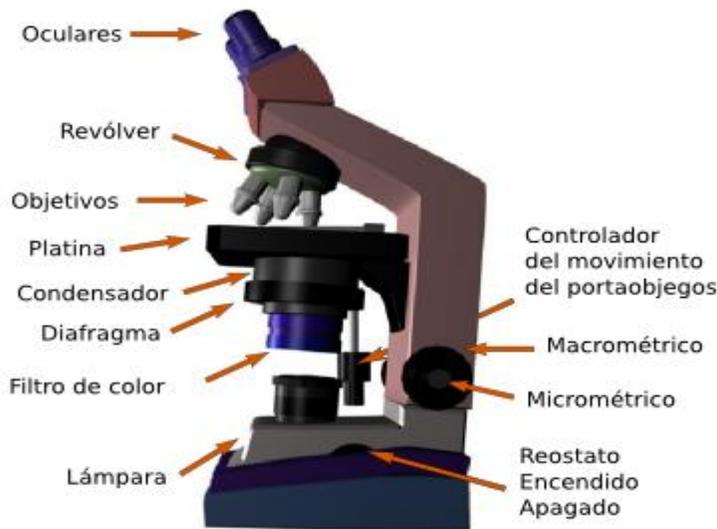


Fig. 1 Partes de microscopio óptico.<sup>24</sup>

Los dos sistemas de lentes de un microscopio óptico compuesto se denominan lente objetivo, la que está más cercana al espécimen, y lente ocular, que está en la pieza del ocular del microscopio.<sup>24</sup>

#### 1.7.2.1. Oculares.

Son las lentes que forman la imagen que observaremos con nuestros ojos. Hay que tener en cuenta que en los microscopios más avanzados tanto el objetivo como el ocular suelen estar compuestos por varias lentes.<sup>24</sup>

#### 1.7.2.2. Objetivos.

Los objetivos son las lentes que reciben la imagen directamente de la sección histológica y quizá sean los elementos más importantes del microscopio. Hoy en día los microscopios ópticos poseen un tambor o revólver donde se encuentran varios objetivos.<sup>24</sup>

Cada uno de ellos posee lentes que permiten diferentes aumentos. Los aumentos de los objetivos más usados suelen ser de 10x, 20x, 40x y 100x. Además de los aumentos, los objetivos tienen una serie de características para mejorar la imagen.<sup>24</sup>

Así, pueden ser acromáticos, de fluorita o apocromáticos, los cuales corrigen alteraciones cromáticas, de campo plano que eliminan la curvatura del

campo de observación, etcétera.<sup>24</sup>

Cuando se usan objetivos de 100 aumentos (100x) es necesario emplear un líquido denominado aceite de inmersión entre el objetivo y la muestra. Esto es debido a que la refracción de la luz es alta en el aire y provoca alteraciones en la imagen que se ponen de manifiesto con objetivos con esta capacidad de aumento. El aceite de inmersión reduce enormemente esta refracción permitiendo imágenes mucho más nítidas.<sup>24</sup>

Los microscopios modernos llevan la fuente de luz incorporada. En la figura 1.2.se puede observar el recorrido de la luz desde la fuente luminosa, en la base del microscopio, hasta el ojo del observador. La luz pasa frecuentemente a través de un filtro azul (para eliminar longitudes de onda largas) y a través de otra serie de lentes que constituyen el condensador.<sup>24</sup>

#### **1.7.2.3. El condensador.**

Tiene como función dirigir la luz sobre el espécimen, donde parte de la misma es absorbida y parte difractada. La luz transmitida entra en la lente objetivo, que forma una imagen en el tubo del microscopio. Posteriormente la lente ocular aumenta la imagen y la proyecta en la última lente de la serie, la de nuestro propio ojo. El ojo forma una imagen en la retina y el cerebro la percibe.<sup>25</sup>

#### **1.7.2.4. Platina.**

Es la plataforma donde se coloca el portaobjetos con él tejido. Posee un dispositivo para sujetar al portaobjetos, el cual se puede desplazar en el plano de la platina, movimiento controlado manualmente.<sup>25</sup>

#### **1.7.2.5. Diafragma.**

Se sitúa entre la fuente luminosa y el condensador. Permite aumentar el contraste de la muestra y la profundidad de campo, es decir el espesor de la muestra que está enfocado.<sup>25</sup>

#### **1.7.2.6. Lámpara luminosa.**

Es la que proporciona la luz que atraviesa la sección muestra de tejido. Se usa una lámpara cuyo haz de luz atraviesa el diafragma, el condensador, la

muestra, y tras ello penetra por el objetivo y cruza por los oculares hasta nuestros ojos. La intensidad de la fuente luminosa se puede regular mediante un reóstato.<sup>25</sup>

### 1.7.2.7. Dispositivos macrométrico y micrométrico.

El enfoque de la muestra se consigue variando la distancia de la muestra a la lente del objetivo. Esta distancia depende de los aumentos que produzca el objetivo, que será mayor cuando menores aumentos se produzcan, y del tipo de objetivo. Esto se controla mediante dos ruedas denominadas macrométrica y micrométrica, respectivamente. La primera permite movimientos ascendentes y descendentes amplios de la platina y la segunda ajustes finos.<sup>25</sup>

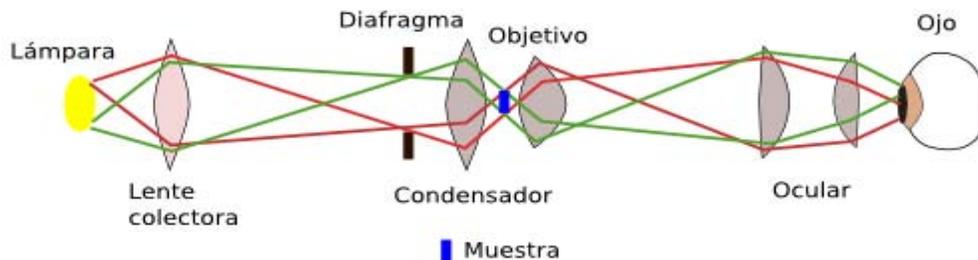


Fig. 1.2. Recorrido de la luz desde la fuente, a través de los diferentes lentes de un microscopio básico, hasta el observador.<sup>25</sup>

### 1.7.3. Tipos de Microscopio.

<b>TIPOS DE MICROSCOPIOS</b>	<b>FUNCION</b>	<b>TIPO DE ESPECIMEN OBSERVADO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>DE CAMPO CLARO</b>	Un microscopio compuesto ordinario, proporciona una iluminación de campo claro. Esto es debido a que el condensador dirige la luz a través del espécimen, y el fondo queda iluminado de forma brillante	Especímenes que necesiten contrastar con un fondo claro para poder ser observados	Microscopio compuesto de tres lentes objetivos (tres sistemas de lentes)
	Utiliza un haz enfocado de luz muy intensa en forma de	Esta forma de iluminación se utiliza para analizar	La observación del movimiento Browniano de las partículas. Se

<p><b>DE CAMPO OSCURO</b></p>	<p>un cono hueco, concentrado sobre el espécimen. El objeto iluminado dispersa la luz y se hace así visible contra el fondo oscuro que tiene detrás</p>	<p>elementos biológicos transparentes y sin pigmentar, invisibles con iluminación normal, sin fijar la muestra, es decir, sin matarla.</p>	<p>puede utilizar para la observación de preparaciones vivas, sin colorear. Es útil para observar autorradiografías, cristales en la orina y para detectar espiroquetas en particular el <i>Treponema pallidum</i> y microorganismos con diámetros superior a 0.2 <math>\mu\text{m}</math>.<sup>28</sup></p>
<p><b>CONTRASTE DE FASE</b></p> <p><b>CONTRASTE DE FASE</b></p>	<p>Se usa de manera principal para aumentar el contraste entre las partes claras y oscuras de las células sin colorear. La luz que pasa por regiones de mayor índice de refracción con lo que experimenta una deflexión y queda fuera de fase con respecto al haz principal de ondas de luz que pasaron la muestra</p>	<p>Es ideal para especímenes delgados, o células aisladas. Este tipo de microscopio es muy útil cuando se desea examinar tejidos vivos, por lo que se utiliza con frecuencia en biología y medicina</p>	<p>El microscopio de fase se basa en el ligero retraso que sufre la luz cuando pasa por ciertas estructuras tisulares en función de la densidad, ilumina el espécimen con un cono hueco de luz, como en el microscopio de campo oscuro. Sin embargo, Este aprovecha las pequeñas diferencias de los índices de refracción en las distintas partes de una célula y en distintas partes de una muestra de tejido.</p>
	<p>La luz pasa por la</p>	<p>Fue diseñado para</p>	<p>Utiliza dos rayos de</p>

<p><b>CONTRASTE DE INTERFERENCIA</b></p>	<p>muestra y las diferencias de densidad del tejido, como los bordes de las células o densidades del interior celular o matriz extracelular, provocarán alteraciones en la luz que se dirige hacia los objetivos, los cuales transformarán esas diferencias en cambios en la luminosidad. Todavía existe una lente adicional entre el objetivo y los oculares que permiten modular la luminosidad aún más.</p>	<p>observar relieves de especímenes muy difíciles de manejar, es muy utilizado en los tratamientos de fertilización in-vitro actuales. DIC se usa cuando el espécimen es muy grueso para usar contraste de fases</p>	<p>luz polarizada o filtros que polarizan la luz, consiste en dejar pasar sólo a las que vibran en un determinado plano, posteriormente pasan por un prisma que reagrupa esta luz en elementos separados por una distancia que es similar al poder de resolución del objetivo que se está usando. Existe un prisma para cada objetivo</p>
<p><b>FLUORESCENCIA</b></p>	<p>Se usa para observar sustancias fluorescentes denominadas fluoróforos. Una molécula fluorescente es aquella que es capaz de captar radiación electromagnética con una longitud de onda determinada y emitir otra radiación electromagnética con otra longitud de onda diferente, normalmente dentro del espectro de la luz</p>	<p>Se usa para revelar moléculas fluorescentes naturales, como la vitamina A y algunos neurotransmisores. Al ser escasas las moléculas autofluorescentes su aplicación más difundida es para revelar una fluorescencia agregada, como en la detección de antígenos o anticuerpos en procedimientos de</p>	<p>Para seleccionar el intervalo de longitud de onda con que serán iluminados, se utilizan filtros específicos localizados entre la fuente y la muestra que sólo dejan pasar intervalo de frecuencias. Con un tambor de filtros se consigue iluminar la muestra con diferentes intervalos de ondas electromagnéticas y por tanto activar</p>

	visible	coloración inmunocitoquímica	selectivamente a diferentes fluoróforos.
<b>DE FUERZA ATÓMICA</b>	El microscopio de Fuerza Atómica es un instrumento mecano-óptico capaz de detectar fuerzas del orden de los nanonewton	Al analizar una muestra, es capaz de registrar continuamente la altura de la superficie de una sonda o punta cristalina de forma piramidal	La sonda va acoplada a un listón microscópico, muy sensible al efecto de las fuerzas, de solo 200 µm de longitud
<b>ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN</b>	Es un microscopio que utiliza un haz de electrones para visualizar un objeto debido a que la potencia amplificadora de un microscopio óptico está limitada por la longitud de onda de la luz visible. Debido a que los electrones tienen una longitud de onda mucho menor que la de la luz, pueden mostrar estructuras mucho más pequeñas	Para utilizar un microscopio electrónico de transmisión debe cortarse la muestra en capas finas, no mayores de un par de miles de angstroms. Los microscopios electrónicos de transmisión pueden aumentar un objeto hasta un millón de veces	El microscopio electrónico de transmisión emite un haz de electrones dirigido hacia el objeto que se desea aumentar. Una parte de los electrones rebotan o son absorbidos por el objeto y otros lo atraviesan formando una imagen aumentada de la muestra
<b>ELECTRÓNICO DE BARRIDO</b>	Utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen. Tiene una gran profundidad de campo, la cual permite que se enfoque a la vez una gran parte de la muestra. También produce imágenes de	La muestra generalmente es recubierta con una capa delgada de un metal como el oro para darle propiedades conductoras a la muestra. Posteriormente es barrida con los	Un detector mide la cantidad de electrones enviados que arroja la intensidad de la zona de muestra, siendo capaz de mostrar figuras en tres dimensiones, proyectados en una imagen de TV o una imagen digital. Su

	alta resolución, que significa que características espaciales cercanas en la muestra pueden ser examinadas a una alta magnificación	electrones acelerados que viajan a través del cañón	resolución está entre 4 y 20 nm
<b>CONFOCAL</b>	Se aplica típicamente en las ciencias de la vida y en la inspección de semiconductores	Se utiliza para eliminar la luz desenfocada o destellos de la lente en especímenes que son más gruesos que el plano focal	emplea una técnica óptica de imagen para incrementar el contraste y/o reconstruir imágenes tridimensionales utilizando un "pinde" espacial
<b>ULTRAVIOLETA</b>	La microscopia ultravioleta no es muy diferente del funcionamiento de un espectrofotómetro pero sus resultados son registrados en fotografías. La muestra no se puede observar directamente a través del ocular porque la luz ultravioleta puede dañar la retina	El método sirve para detectar ácidos nucleicos, proteínas que contienen determinados aminoácidos	La imagen en el microscopio de luz ultravioleta depende de la absorción de esa luz por las moléculas de la muestra. La fuente de luz ultravioleta tiene una longitud de onda de 200 nm, por lo tanto puede alcanzar una resolución de 100 nm.

Para continuar la investigación actual y comprender los temas desarrollados en los siguientes capítulos, es indispensable recordar conceptos referentes a la célula, y su nivel de organización en los diferentes tejidos del cuerpo humano.

### 1.8. Célula.

Es la unidad mínima de un organismo capaz de actuar de manera autónoma en su funcionamiento y reproducción. En consecuencia en el interior de las células se producen numerosas reacciones químicas que las permiten crecer,

reproducirse, producir energía y eliminar residuos. El conjunto de estas acciones se llama metabolismo.<sup>38</sup>

Todos los seres vivos están constituidos por una célula o por un número muy variable de ellas que actúan en funcionamiento conjunto. Las diferencias entre los seres vivos, surgen de la organización y complejidad de las células de cada uno, del medio en que se desarrollan y del papel que cumplen en el equilibrio natural.<sup>38</sup>

### **1.8.1. Organelos Celulares. Estructura Y Función:**

Toda célula está formada por tres partes principales: membrana plasmática, citoplasma y núcleo.<sup>37</sup>

En una célula animal encontramos:

#### **1.8.1.1. Membrana plasmática.**

Es una estructura que envuelve a la célula, con la función de aislar el interior y permitir el paso de ciertas sustancias y eliminar otras.<sup>37</sup>

Esta actúa para:

1. Conservar la integridad estructural de la célula.
2. Controlar movimientos de sustancias hacia el interior y exterior de la célula (permeabilidad selectiva).
3. Regular interacciones entre las células.
4. Reconocer mediante receptores antígenos y células extrañas, así como células alteradas.
5. Establecer sistemas de transporte para moléculas específicas.<sup>37</sup>

#### **1.8.1.2. Citoplasma.**

Es un componente viscoso en el cual se encuentran disueltos diferentes elementos como agua, sales minerales y nutrientes. Asimismo, encontramos los orgánulos, que son unas estructuras que cumplen distintas funciones.<sup>38</sup>

#### **1.8.1.3. Ribosomas.**

Intervienen en la síntesis de proteínas.<sup>1</sup> Son partículas pequeñas, aproximadamente de 12 nm de ancho y 25 nm de largo, compuestas de proteínas y RNA ribosómico (rRNA). Actúan como una superficie para la síntesis de proteínas. Cada ribosoma está compuesto de una subunidad grande y una

subunidad pequeña, ambas elaboradas y ensambladas en los nucléolos y liberadas como entidades separadas hacia el citosol. La subunidad pequeña tiene un sitio para la unión de mRNA, un sitio P para unir el peptidil-ácido ribonucleico de transferencia (tRNA) y un sitio A para la unión de aminoacil-tRNA. Las subunidades se encuentran en forma individual en el citosol y no forman un ribosoma hasta que se inicia la síntesis de proteínas.<sup>37</sup>

#### **1.8.1.4. Mitocondrias.**

Realizan la respiración celular.<sup>36</sup> Cada mitocondria posee una membrana externa lisa y una membrana interna plegada. La membrana interna está plegada en crestas a fin de proporcionar un área de superficie más grande para la síntesis de ATP y la cadena respiratoria.<sup>37</sup>

#### **1.8.1.5. Retículo endoplasmático.**

Encargado de almacenar sustancias.<sup>36</sup> Es el sistema membranoso más grande de la célula y comprende aproximadamente la mitad del volumen total de la membrana. Es un sistema de túbulos y vesículas interconectados cuya luz se denomina cisterna. Los procesos metabólicos que ocurren en la superficie del RE y dentro de él son síntesis y modificación de proteínas, síntesis de lípidos y esteroides, detoxificación de ciertos compuestos tóxicos y formación de todas las membranas de la célula. El RE tiene dos componentes; retículo endoplásmico liso (REL) y retículo endoplásmico rugoso (RER).<sup>36</sup>

#### **1.8.1.6. Lisosomas.**

Con una función digestiva de nutrientes, bacterias, orgánulos dañados, destrucción de células durante el desarrollo embrionario.<sup>38</sup>

#### **1.8.1.7. Aparato de Golgi.**

Realiza la secreción de sustancias.<sup>39</sup> Las proteínas elaboradas y agrupadas en el RER siguen una vía de omisión al aparato de Golgi para modificación postraducciona l y agrupamiento. El aparato de Golgi se compone de una o más series de cisternas unidas a membranas aplanadas, ligeramente curvas, la denominada pila de Golgi. La periferia de cada cisterna está dilatada y bordeada con vesículas que se hallan en proceso de fusionarse o desprenderse.<sup>37</sup>

#### **1.8.1.8. Núcleo.**

Encargado de transmitir los órdenes a los orgánulos, conteniendo la cromatina constituida por moléculas de ADN, las cuales cuando se condensan forman los cromosomas, básicos para la reproducción.<sup>39</sup>

Los vegetales también están formados por células. Sus células contienen los mismos elementos que las células animales, pero además, poseen dos componentes más: la pared celular y los plastos.<sup>38</sup>

#### **1.8.1.9. La pared celular.**

Es la parte externa de la membrana plasmática que en los vegetales se encuentra formada por material celulósico que le da rigidez.<sup>38</sup>

#### **1.8.1.10. Los plastos.**

Son orgánulos específicos de tres tipos: cloroplastos, leucoplastos y cromoplastos. Los más importantes son los cloroplastos ya que son los que contienen la clorofila necesaria para realizar la fotosíntesis.<sup>38</sup>

### **1.8.2. Características Estructurales de la Célula.**

#### **1.8.2.1. Individualidad.**

Todas las células están rodeadas de una membrana plasmática que las separa y comunica con el exterior, que controla los movimientos celulares y que mantiene el potencial eléctrico de la célula. Algunas células como las bacterias y las células vegetales poseen una pared celular que rodea a la membrana plasmática.<sup>38</sup>

#### **1.8.2.2. Características diferenciales y funcionales de las células.**

Las células vivas son un sistema bioquímico complejo. Las características que permiten diferenciar las células de los sistemas químicos no vivos son:

**Autoalimentación o nutrición.** Las células toman sustancias del medio, las transforman de una forma a otra, liberan energía y eliminan productos de desecho, mediante el metabolismo.<sup>38</sup>

**Autorreplicación o crecimiento.** Las células son capaces de dirigir su propia síntesis. A consecuencia de los procesos nutricionales, una célula crece y se divide, formando dos células, en una célula idéntica a la célula original, mediante la división celular.<sup>38</sup>

**Diferenciación.** Muchas células pueden sufrir cambios de forma o función en un proceso llamado diferenciación celular. Cuando una célula se diferencia, se forman algunas sustancias o estructuras que no estaban previamente formadas y otras que lo estaban dejan de formarse. La diferenciación es a menudo parte del

ciclo de vida celular en que las células forman estructuras especializadas relacionadas con la reproducción, la dispersión o la supervivencia.<sup>38</sup>

**Señalización química.** Las células responden a estímulos químicos y físicos tanto del medio externo como el de su interior y, en el caso de células móviles, hacia determinados estímulos ambientales o en dirección opuesta mediante un proceso que se denomina síntesis. Además, con frecuencia las células pueden interactuar o comunicar con otras células, generalmente por medio de señales o mensajeros químicos, como hormonas, neurotransmisores, factores de crecimiento... en seres pluricelulares en complicados procesos de comunicación celular y transducción de señales.<sup>38</sup>

**Evolución.** A diferencia de las estructuras inanimadas, los organismos unicelulares y pluricelulares evolucionan. Esto significa que hay cambios hereditarios (que ocurren a baja frecuencia en todas las células de modo regular) que pueden influir en la adaptación global de la célula o del organismo superior de modo positivo o negativo. El resultado de la evolución es la selección de aquellos organismos mejor adaptados a vivir en un medio particular.<sup>38</sup>

### **1.8.2.3. Clasificación.**

Existen dos tipos básicos de células: procariotas y eucariotas.

Las células procariotas son estructuralmente más simples que las eucariotas. Conformaron los primeros organismos del tipo unicelular que aparecieron sobre la tierra, hace unos 3.500 millones de años.<sup>38</sup>

Las células procariotas tienen el material genético concentrado en la región central del citoplasma, pero sin una membrana protectora que defina un núcleo. La célula no tiene orgánulos –a excepción de ribosomas– ni estructuras especializadas. Como no poseen mitocondrias, los procariotas obtienen energía del medio mediante reacciones de glucólisis en los mesosomas o en el citosol. Están representados por los organismos del dominio Bacteria (bacterias y algas cianofíceas) y por los organismos pertenecientes al Dominio Archaea (extremófilos).<sup>38</sup>

Las células eucariotas son más complejas que las procariotas y surgieron a partir de estas por el fenómeno de Endosimbiosis, hace unos 1.000 millones de años.<sup>39</sup> Tienen mayor tamaño y su organización es más compleja, con presencia de organelos que le permiten una notable especialización en sus funciones. El ADN está contenido en un núcleo con doble membrana atravesado por poros. Las

células eucariotas están presentes en los organismos pertenecientes al Dominio Eukarya (Protistas, Hongos, Plantas y Animales).<sup>38</sup>

Todas las células realizan tres funciones vitales: nutrición, relación y reproducción. Otras funciones o derivadas de estas serían:

**Irritabilidad:** Es la capacidad del protoplasma para responder a un estímulo. Es más notable en las neuronas y desaparece con la muerte celular.<sup>38</sup>

**Conductividad:** Es la generación de una onda de excitación (impulso eléctrico) a toda la célula a partir del punto de estimulación. Esta y la irritabilidad son las propiedades fisiológicas más importantes de las neuronas.<sup>38</sup>

**Contractilidad:** Es la capacidad de una célula para cambiar de forma, generalmente por acortamiento. Está muy desarrollada en las células musculares.<sup>38</sup>

**Absorción:** Es la capacidad de las células para captar sustancias del medio.<sup>38</sup>

**Secreción:** Es el proceso por medio del cual la célula expulsa materiales útiles como una enzima digestiva o una hormona.<sup>38</sup>

**Excreción:** Es la eliminación de los productos de desecho del metabolismo celular.<sup>38</sup>

### **1.8.3. Origen del concepto de Tejido.**

«Es difícil hacer una buena clasificación de los tejidos (...) Las clasificaciones que pueden encontrarse en los textos de los autores modernos difieren considerablemente unas de otras como consecuencia de la falta de consenso entre los histólogos respecto al significado del término tejido.» Esta frase, escrita por Kölliker en 1868 en su Tratado de histología, todavía está vigente en la actualidad. La dificultad procede, esencialmente, del hecho de que el concepto de tejido ha precedido al de célula en la historia de la medicina y de la biología. El primero, atribuido a Bichar, fue formulado a principios del siglo XIX a partir de las disecciones anatómicas realizadas a simple vista, sin recurrir al microscopio. Posteriormente, en 1838, Schleiden y Schwann formularon la teoría celular utilizando el microscopio óptico (MO), y postularon que el organismo estaba formado por células y sólo por células y productos elaborados por éstas. Veinte años después, Virchow completó la teoría celular afirmando que toda célula procede de otra célula preexistente. Por consiguiente, mientras Bichar

consideraba que los tejidos eran los componentes elementales del organismo, la teoría celular convirtió la célula en la unidad elemental de la vida.<sup>39</sup>

### **1.8.3.1. Definición de los tejidos.**

Los tejidos están formados por células y por sustancias elaboradas por ellas. El concepto de tejido es inseparable del concepto de diferenciación y especialización funcional de las células. Esta especialización funcional está basada en una diferenciación celular, ante todo bioquímica (molecular, que se traduce en la expresión de proteínas diferentes). En segundo lugar, es una diferenciación morfológica que se traduce en la aparición de estructuras diferenciadas como cilios, chapas, vesículas de secreción, etc. Lo que da lugar a fenotipos diferentes.<sup>39</sup>

En el organismo se reconocen diferentes niveles de organización estructural. Desde el más complejo hasta el más elemental son los siguientes: sistemas y aparatos, órganos, tejidos, orgánulos, macromoléculas y micromoléculas. Los tejidos están formados exclusivamente por células y por la matriz extracelular. De un tejido a otro sólo varía el tipo de células que lo forman, la composición molecular de la matriz extracelular y la proporción relativa de células y de matriz extracelular.<sup>39</sup>

### **1.8.3.2. Las cuatro grandes familias de tejidos.**

Se trata de los epitelios, los tejidos conjuntivos, los tejidos musculares y el tejido nervioso. En cada una de estas familias se distinguen tejidos diferentes. (Tabla 1.1). Además a estas cuatro grandes familias de tejidos hay que añadir las poblaciones celulares libres, que se distribuyen por todo el organismo, unas en la sangre y/o en la linfa, otras en los diferentes órganos del sistema inmunitario, así como en el tejido conjuntivo y en numerosos epitelios. Por último, las células de la línea germinal, que parten de las gonias para dar lugar a los gametos.<sup>39</sup>

**Tabla 1.1 Clasificación de las cuatro familias de tejidos**

	Epitelios	
	Epitelios de revestimiento	Epitelios glandulares
<b>Las cuatro grandes familias de tejidos</b>	Tejidos conjuntivos	Tejido conjuntivo laxo
		Tejido reticular
		Tejido mucoso (gelatina de Wharton)
		Tejido linfoide
		Tejido adiposo
		Tejidos conjuntivos densos
		Tejido cartilaginoso
		Tejido óseo
	Tejido muscular	Tejido muscular liso
		Tejido muscular estriado esquelético
Tejido muscular estriado cardíaco		
Tejido nervioso	Tejido del sistema nervioso central	
	Tejido del sistema nervioso periférico.	
<b>Poblaciones celulares libres</b>	Células inmunitarias	Granulocitos neutrófilos
		Granulocitos eosinófilos
		Granulocitos basófilos
		Linfocitos
		Monocitos
		Plasmocitos
		Macrófagos
		Mastocitos
		Hematíes (glóbulos rojos o eritrocitos)
		Plaquetas (o trombocitos)
<b>Líquidos biológicos</b>	Sangre circulante	
	Linfá	
	LCR (Líquido cefalorraquídeo o líquido cerebrospinal)	
<b>Línea germinal</b>	Espermatogonias, espermatocitos, espermátidas, espermatozoides	
	Ovogonias, óvulo	

Salvo raras excepciones (como el cristalino del ojo, que sólo está formado por células epiteliales de revestimiento más o menos modificadas), los órganos están formados por diversos tipos de tejidos (tabla 1.2).<sup>39</sup>

**Tabla 1.2. Diversos tipos de tejidos.**

		Piel	Estómago	Tráquea	Fémur	Córnea	Cristalino
<b>Tejidos</b>	Tejidos de revestimiento	+	+	+	+	+	+
	Epitelios glandulares	+	+	+			
	Tejido conjuntivo	+	+	+	+	+	
	Tejido adiposo	+	+	+	+		
	Tejido cartilaginoso			+	+		
	Tejido óseo				+		
	Tejido muscular	+	+	+	+		
	Tejido nervioso	+	+	+	+	+	
	Poblaciones celulares libres	+	+	+	+		

#### **1.8.4. Clasificación morfológica de los epitelios de revestimiento.**

La clasificación morfológica de los epitelios de revestimiento (tabla 1.3) se basa en tres criterios: la forma de las células más superficiales, el número de capas celulares que forman y el tipo de diferenciación de las células.<sup>39</sup>

##### **1.8.4.1. Forma de las células superficiales.**

**Epitelios pavimentosos.** Cuyas células más superficiales son aplanadas, más anchas que altas, se encuentran principalmente en la epidermis, epitelio esofágico, epitelio vaginal, endotelios (epitelios de revestimiento del corazón y de los vasos sanguíneos y linfáticos) y mesotelios (epitelios de revestimiento de las cavidades serosas)<sup>39</sup>

**Epitelios cúbicos.** Sus células más superficiales tienen una anchura y una altura idénticas. Los ejemplos más representativos son los epitelios de los conductos excretores intralobulares de las glándulas exocrinas o los túbulos colectores del riñón.<sup>39</sup>

**Epitelios prismáticos o cilíndricos.** Cuyas células más superficiales son más altas que anchas, están representados principalmente por el epitelio intestinal, y el epitelio gástrico.<sup>39</sup>

#### **1.8.4.2. Número de capas de células.**

**Epitelio simple.** Sólo está formado por una capa de células. Algunos ejemplos son los endotelios, los mesotelios y los epitelios de los conductos excretores intralobulares de las glándulas exocrinas, los túbulos colectores renales o el epitelio gástrico.<sup>39</sup>

**Epitelios pseudoestratificados.** Parece que presentan varias capas de células pero, en realidad el polo basal de todas las células se apoya sobre la membrana basal. El epitelio respiratorio es de este tipo.<sup>39</sup>

**Epitelio estratificado.** Posee varias capas de células. Se distinguen tres tipos:

- 1) **Epitelios pavimentosos estratificados**, a menudo denominados epitelios de Malpighi, que comprenden dos subgrupos: los epitelios de Malpighi queratinizados, cuyo único representante en la especie humana es la epidermis, y los epitelios de Malpighi no queratinizados, como los de la cavidad bucal, la lengua, el esófago, el canal anal, la vagina o el epitelio anterior de la córnea.
- 2) **Epitelios cúbicos estratificados** (biestratificados, es decir, que poseen dos capas de células). Se identifican a nivel de los conductos excretores de las glándulas sudoríparas o a nivel del iris y de los procesos ciliares.
- 3) **Epitelios prismáticos estratificados.** Se identifican, por ejemplo, a nivel de la uretra membranosa y de la conjuntiva. Ésta es la mucosa que recubre la parte anterior de la esclerótica, y se refleja en la cara posterior de los párpados; su epitelio, prismático y estratificado, contiene células mucosas caliciformes.<sup>39</sup>

**Tabla 1.3**

	<b>Forma de las células</b>	<b>Número de capas</b>	<b>Diferenciación celular</b>	<b>Otras poblaciones celulares</b>
<b>Epidermis</b>	Pavimentoso	Estratificado	Queratinizado	Células de Langerhans Melanocitos Corpúsculos de Merkel Terminaciones nerviosas
<b>Epitelio anterior de la córnea</b>	Pavimentoso	Estratificado	No queratinizado	Terminaciones nerviosas
<b>Esófago</b>	Pavimentoso	Estratificado	No queratinizado	
<b>Vagina</b>	Pavimentoso	Estratificado	No queratinizado	
<b>Estómago</b>	Prismático	Simple	De polo mucoso cerrado	
<b>Intestino delgado</b>	Prismático	Simple	Enterocitos de borde estriado Células caliciformes	Células neuroendocrinas
<b>Tráquea</b>	Prismático	Seudoestratificado	Células ciliadas Células caliciformes	Células neuroendocrinas Células de la clara
<b>Trompas uterinas</b>	Prismático	Simple	Células ciliadas	Células glandulares
<b>Conducto deferente</b>	Prismático	Seudoestratificado	Células con estereocilios	
<b>Vejiga urinaria</b>	Polimorfo	Seudoestratificado	Células de membrana apical engrosada	
<b>Capilares sanguíneos</b>	Pavimentoso	Simple		

#### **1.8.4.3. Diferenciaciones celulares.**

El microscopio electrónico (ME) permite analizar la ultraestructura de las diferenciaciones celulares ya identificadas con claridad por el Microscopio óptico (MO).<sup>38</sup>

#### **1.8.4.4. Microvellosidades.**

Según su abundancia, longitud, regularidad y disposición, se individualizan diversos tipos de microvellosidades.<sup>39</sup>

**Microvellosidades comunes.** Constituyen pequeñas evaginaciones citoplasmáticas poco numerosas, de longitud y disposición irregular. Se identifican él en polo apical de las células de numerosos epitelios.<sup>39</sup>

**Borde estriado.** Está formado por un gran número de microvellosidades rectilíneas del mismo calibre (0.1  $\mu\text{m}$ ), dispuestas paralelamente y de manera ordenada. Su centro citoplasmático contiene un pequeño haz longitudinal de microfilamentos de actina dispuestos paralelamente, que terminan a nivel de la membrana terminal. En la cara externa de la membrana plasmática es bien visible el glucocalix. Las células de borde estriado más típicas son los enterocitos del epitelio intestinal.<sup>39</sup>

**Ribete en cepillo.** Los términos borde estriado y ribete en cepillo se utilizan indistintamente en la bibliografía de lengua inglesa, pero los franceses reservan el termino ribete en cepillo para estructuras en las que las microvellosidades son más largas y están dispuestas de forma menos regular que en el borde estriado. La función de absorción es análoga a la del borde estriado. Las células de ribete en cepillo más típicas son las del túbulo contorneado proximal del riñón.<sup>39</sup>

**Estereocilios.** Corresponden a microvellosidades largas y flexuosas que, a pesar de disponerse paralelamente a su base, se vuelven sinuosas y se entremezclan en su extremo distal. Las células más típicas con estereocilios son las del epidídimo y las del conducto deferente.<sup>39</sup>

**Cilios vibrátiles.** Las células ciliadas contribuyen a que ciertos epitelios pongan en movimiento los elementos contenidos en la cavidad que delimitan. Se observan, sobre todo, a nivel del epitelio de las vías respiratorias y del epitelio de algunos segmentos del tracto genital (trompas uterinas y conducto deferente). El aparato ciliar comprende tres elementos: el cilio propiamente dicho, que es una expansión citoplásmica con forma de dedo o de guante, limitada por la membrana plasmática de la célula y que contiene 9 pares de microtúbulos periféricos y dos microtúbulos centrales todos paralelos al eje ciliar mayor.<sup>39</sup>

El corpúsculo basal, de ultraestructura similar a la de los centriolos de los que derivan, con sus nueve tripletes de microtúbulos periféricos sin microtúbulos centrales.<sup>39</sup>

La raíz ciliar, que no siempre está presente y tiene un significado funcional desconocido; parte de la base del corpúsculo basal que se introduce en el citoplasma subyacente.<sup>39</sup>

### **1.8.5. Dispositivos de Unión.**

Uniones íntimas. El esquema clave que pone de manifiesto la polaridad de los epitelios de revestimiento, por ejemplo, en un epitelio intestinal, demuestra la existencia de un anillo de uniones íntimas situado en el extremo apical de los espacios intercelulares. A nivel de las uniones íntimas (zonulas ocludens), dos membranas celulares adyacentes se fusionan a lo largo de las crestas lineales formadas por una sucesión de proteínas intramembrana (de las cuales la más específica es la ocludina) unidas unas con otras como si se tratara de una cremallera.<sup>39</sup>

Uniones comunicantes o nexos (gap junctions). Permiten el paso directo de electrólitos y moléculas de pequeño tamaño (hasta 1500 Da) de una célula a las células vecinas a través de una especie de conexiones formadas por proteínas de membrana de la familia de las conexinas.<sup>39</sup>

Uniones de anclaje. Su principio general es idéntico: garantizar la cohesión entre células y/o entre células y la matriz extracelular, uniendo los elementos del citoesqueleto de una célula con sus análogos de la célula adyacente o con las proteínas de la matriz extracelular. Por consiguiente, nos encontramos ante una cadena de moléculas, cuyos elementos constituyentes comunes, en ambos casos, son los siguientes:

1. Moléculas de adherencia (glucoproteínas transmembrana)
2. Elementos del citoesqueleto
3. Proteínas intracitoplasmáticas, numerosas y muy diversas, que unen las moléculas de adherencia con los elementos del citoesqueleto.<sup>39</sup>

Según el tipo de unión célula-célula o célula-matriz extracelular y según la naturaleza química de los elementos citoesqueleticos implicados pueden distinguirse cuatro variedades principales de uniones de anclaje. Tabla 1.4.<sup>39</sup>

**Tabla 1.4 Principales tipos de unión.**

Dispositivos de unión	Uniones célula-célula	Uniones célula-matriz
Uniones de anclajes	Uniones o zonulas occludens	
	Uniones o maculas adhaerens	Contactos focales
	Desmosomas	Hemidesmosomas
	Uniones comunicantes	

### Referencias Bibliográficas

1. <http://histologyfordummies.blogspot.com/2007/01/tinciones.html> 19 may 11 09:00 am
2. <http://www.microinmuno.qb.fcen.uba.ar/SeminarioTinciones.html> martes 25 de abril 6:43
3. <http://es.wikipedia.org/wiki/Microtomo> 29 de Septiembre: 11:18 pm
4. <http://webs.uvigo.es/mmegias/6-tecnicas/5-general.php> martes 25 de abril 6:47
5. Brain and Behavior. Raju TR, Kutty BM, Sathyaprabha TN and Shanakranarayana Rao BS (eds.), National Institute of Mental Health and Neuro Sciences, Bangalore, India. 2004:108-111
6. Nicholls, J. G. (2001). *From neuron to brain*. Sinauer Associates. pp. 5. ISBN 0878934391/ISSN.
7. Spacek, J., Fiala, J. (2002-06-28). "Visualization of Dendritic Spines". SynapseWeb. <http://synapses.clm.utexas.edu/learn/visualize/visualize.stm>. Retrieved 2010-06-17.
8. Wetzell R. Amyloid, prions, and other protein aggregates: Volumen 412, Parte 2, página 115: 2006
9. <http://www.sebc.es/varios/CajalNucleus.pdf> 02:08 20 mayo 2011 buscar nombres de autores.
10. <http://www.molecularstation.com/protocol-links/articles/article-32.html>
11. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1965088/pdf/amjpathol00523-0174.pdf>
12. [neuro.bcm.edu/\\_web/.../Timm's%20Staining%20Protocol.doc](http://neuro.bcm.edu/_web/.../Timm's%20Staining%20Protocol.doc)
13. Bozzola, John J., Russell, Lonnie D. —Specimen Preparation for Transmission Electron Microscopy”: principles and techniques for biologists. Sudbury, Mass: Jones and Bartlett, 1999:21-31. ISBN 9780763701925.

14. Stains and cytochemical methods Escrito por M. A. Hayat, pag 260
15. The journal of cell biology, 1970, Vol 46 :  
<http://jcb.rupress.org/content/46/2/252.full.pdf>
16. Lynch MJ, Raphael SS, Mellor LD, Spare PD and Inwood MJ, (1969),  
Medical Laboratory Technology and Clinical Pathology, 2nd edition, WB  
Saunders Co., Philadelphia London Toronto
17. [http://www.ihcworld.com/\\_protocols/special\\_stains/h&e\\_ellis.html](http://www.ihcworld.com/_protocols/special_stains/h&e_ellis.html)
18. <http://www.uam.es/departamentos/medicina/patologia/hematoxilina.html>
19. Jocelyn H. Bruce-Gregorios, M.D.: Histopathologic Techniques, JMC Press  
Inc., Quezon City, Philippines, 1974. ISBN 971-11-0853-4
20. Bancroft, J.D. and Stevens A. (1982)  
Theory and practice of histological techniques Ed. 2  
Churchill Livingstone, Edinburgh & London, UK.
21. [http://www.ihcworld.com/\\_protocols/special\\_stains/pas.html](http://www.ihcworld.com/_protocols/special_stains/pas.html) 31 may 09:40
22. Impregnación Argentica según Bielschowsky —Modificado — Dr. Julio  
César Gorda Laboratorio de Neuroanatomía. Facultad de Medicina.  
Universidad de Zulia.
23. Manual Departamental. Facultad de Medicina. La Práctica Histológica. 2ª  
ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003.
24. Hayat M.A. Principles and techniques of electron microscopy:  
biological applications. 4ª ed. Cambridge University Press.  
New York, 2000.
25. Ross, M.H., Kaye, G.I., Pawlina, W. Histología. Texto y atlas  
color con biología celular y molecular. Madrid: Médica  
Panamericana, 2005.
26. American Society for Microbiology. Methods of general microbiology.  
Washington, D.C., 1993.
27. James, J. y Tanke, H. J. Biomedical light microscopy. Boston: Kluwer,  
1991.
28. Live Ammonia tepida benthic foraminiferan collected from San Francisco  
Bay. Phase-contrast photomicrograph by Scott Fay, UC Berkeley, 2005.
29. Ursprüngliche Beschreibung: Lebende Ammonia tepida, eine benthische  
Foraminifere, gesammelt in der Bucht von San Francisco. Phase-contrast  
photomicrograph von Scott Fay, UC Berkeley, 2005.
30. <http://www.itg.uiuc.edu/technology/atlas/> 18 de Mayo de 2011, 23:49 pm
31. [http://www.leica-microsystems.com/llt\\_index.html](http://www.leica-microsystems.com/llt_index.html). 27 de Mayo de 2011,  
01:30 am
32. Pawley JB (editor) Handbook of Biological Confocal Microscopy. 3ª ed.  
Berlin: Springer. ISBN 038725921x., 2006.
33. Presentación del Dr. Santa Coloma – Web page Carl Zeiss.
34. Material docente diseñado y elaborado por Manuel Reina – Univ. de  
Barcelona.
35. Centro Nacional de Biotecnología (CNB – CSIC), Madrid – España
36. [http://enciclopedia.us.es/index.php/Microscopio\\_electr%C3%B3nico\\_de\\_tra](http://enciclopedia.us.es/index.php/Microscopio_electr%C3%B3nico_de_tra)

nsmisi%C3%B3n. 27 de Mayo de 2011, 02:17 am

37. Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Médica Panamericana, 1998.
38. Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002.
39. Fortoul T., Castell A., Histología y Biología Celular. México: Mc Graw-Hill, 2010.
40. Jac Poirier J. Ribadeau-Dumas, Catala M., André J., Gherard. R. Manual de Histología. España: Masson, 2002.

## 2. Sistema Tegumentario.

**E**l tegumento, compuesto de piel y sus anexos, glándulas sudoríparas y sebáceas, pelo y uñas, es el órgano más grande: constituye 16% del peso corporal. Reviste la totalidad del cuerpo y se continúa con las mucosas del sistema digestivo en los labios y el ano, el aparato respiratorio en la nariz y el sistema urogenital donde se torna superficial. Asimismo la piel de los párpados se continúa con la conjuntiva que recubre la porción anterior de la órbita. La piel también reviste el conducto auditivo externo y recubre la superficie externa de la membrana timpánica.<sup>2.1</sup>

### 2.1. Piel

La piel es un órgano que en el adulto tiene una extensión aproximada de 1.6 m<sup>2</sup> y que cumple con varias funciones.<sup>4.1</sup> La piel recubre todos los órganos del cuerpo actuando no solo como una barrera protectora, sino que en los lugares de unión con las diversas aberturas corporales facilita el intercambio entre el entorno externo y los sistemas internos: digestivo, respiratorio, urinario y reproductor.<sup>5.1</sup>

La piel también ofrece las siguientes funciones biológicas:

- 1) *Control.* La cantidad de agua que puede entrar (absorción) y salir (excreción) está controlada por una barrera fisiológica entre las estructuras subyacentes a las que protege y el entorno. Su control sobre el agua es significativo en la prevención de las lesiones osmóticas y en el mantenimiento del equilibrio hídrico.
- 2) *Protección.* Las radiaciones peligrosas, como la luz ultravioleta, penetran en la piel solamente una corta distancia y, en consecuencia, el grosor de la epidermis proporciona una notable protección. La luz ultravioleta también actúa sobre el 7-deshidrocolesterol de los epitelocitos planos para formar la vitamina D. La protección hace frente a la invasión de diversos microorganismos.
- 3) *Selección.* Mientras que muchos agentes físicos y químicos no pueden entrar en el organismo a través de la piel, ciertos venenos y fármacos químicos la atraviesan fácilmente.
- 4) *Regulación térmica.* Las glándulas sudoríparas y la singular vascularización de la piel sirven para regular la temperatura.
- 5) *Recepción sensorial.* La variedad de receptores sensitivos de la piel registran dolor, temperatura, tacto, presión y discriminación entre dos

puntos. El valor de la piel en transferir estados emocionales o patológicos a través de los reflejos vasculares y de las expresiones faciales es significativa en el diagnóstico clínico.<sup>5.2</sup>

La piel consiste en dos capas: una epidermis externa y una capa de tejido conectivo profunda, la dermis. La epidermis se compone de un epitelio escamoso estratificado queratinizado derivado del ectodermo. Justo abajo e interdigitada con la epidermis se encuentra la dermis, derivada del mesodermo y compuesta de tejido conectivo denso, irregular, colagenoso. La interfaz entre la epidermis y la dermis, está formada por rebordes de la dermis, los rebordes dérmicos (*papilas*), que se interdigitan con invaginaciones de la epidermis llamadas rebordes epidérmicos. Los dos tipos de rebordes se conocen como *aparato reticular*. Los crecimientos hacia abajo de los derivados de la epidermis (folículos pilosos, glándulas sudoríparas y sebáceas) que se sitúan en la dermis confieren a la interfaz un contorno irregular.<sup>2.2</sup>

### **2.1.1. Epidermis**

Es un epitelio plano estratificado que es flexible, resiste el desgaste cotidiano, y tiene capacidad de autorregeneración cada 28 días. La superficie epidérmica presenta patrones geométricos compuestos por surcos y crestas de "fricción" en cada región del organismo. Las glándulas sudoríparas se abren sobre la superficie de las crestas de "fricción". En los pulpejos de los dedos, las crestas forman las huellas dactilares.<sup>5.3</sup>

La epidermis tiene 0.7 a 0.12 mm de grosor en la mayor parte del cuerpo, con engrosamiento localizado en las palmas de las manos y las plantas de los pies (donde puede alcanzar hasta 0.8 mm y 1.4 mm de grosor respectivamente).<sup>2.3</sup>

El epitelio escamoso estratificado queratinizado de la piel está compuesto de cuatro poblaciones de células: Queratinocitos, Melanocitos, Células de Langerhans y Células de Merkel.<sup>2.4</sup>

### **2.1.2. Queratinocitos de la epidermis**

Los queratinocitos, que forman la población más grande de células, están dispuestos en cinco capas identificables, los tres tipos celulares restantes están entremezclados entre queratinocitos en localizaciones específicas. Puesto que los queratinocitos se descaman en forma continua de la superficie de la piel, esta población celular debe renovarse continuamente: ello se logra mediante la actividad mitótica de los queratinocitos en las capas basales de la epidermis.<sup>2.5</sup>

La citomorfosis de los queratinocitos durante la migración de la capa basal de la epidermis a su superficie permite identificar cinco zonas de epidermis con morfología distinta. De la capa más interna a la externa, son: 1) estrato basal (germinativo), 2) estrato espinoso, 3) estrato granuloso, 4) estrato lúcido y 5) estrato córneo. La piel se clasifica como gruesa o delgada según el grosor de la epidermis.<sup>2.6</sup>

La piel gruesa (Fig. 2.1) recubre las palmas de las manos y las plantas de los pies. La epidermis de la piel gruesa (Fig. 2.3), que tiene 400 a 600  $\mu\text{m}$  de grosor, se caracteriza por la presencia de las cinco capas. Carece de folículos pilosos, músculos erectores del pelo y glándulas sebáceas, pero posee glándulas sudoríparas. (Fig. 2.4)<sup>2.7</sup>

La piel delgada (Fig. 2.2) recubre la mayor parte del resto del cuerpo. La epidermis de la piel delgada, que varía de 75 a 150  $\mu\text{m}$  de grosor, tiene un estrato córneo delgado y carece de estrato lúcido y estrato granuloso definidos, aunque se encuentran células individuales de esas capas. La piel delgada contiene folículos pilosos, músculos erectores del pelo, glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas.<sup>2.8</sup>

### **2.1.3. Estrato basal**

La capa más profunda de la epidermis, el estrato basal, se apoya en una membrana basal y se asienta en la dermis lo que forma una interfaz regular. El estrato basal consiste en una capa de células cuboidales a cilíndricas bajas con actividad mitótica que contienen citoplasma basófilo y un núcleo grande. (Fig. 2.5)<sup>2.9</sup> En la zona lateral de la membrana celular se localizan muchos desmosomas que unen las células del estrato basal entre sí y con células del estrato espinoso.<sup>2.10</sup>

Las características de estas células, se describen a continuación:

- 1) Las superficies basales de las células epiteliales basales proyectan pliegues irregulares para: a) aumentar la superficie de absorción respecto a los plexos capilares subyacentes; b) proporcionar más superficie de anclaje.
- 2) Los hemidesmosomas son pequeños engrosamientos intracelulares del plasmalema basal que anclan a las células basales en la membrana basal (los desmosomas son engrosamientos localizados del plasmalema de dos células vecinas). Como las células epiteliales no existen en la dermis, solamente se forma la mitad de un desmosoma, un hemidesmosomas.

- 3) Los desmosomas existen en las superficies laterales y superiores de las células, proporcionando cada una de las células adyacentes la mitad del desmosoma.
- 4) Los núcleos, con uno o dos nucléolos, están indentados y delimitados por una delgada capa periférica de heterocromatina.
- 5) El índice mitótico del estrato basal es de 0.02, es decir, de 2 células en mitosis por cada 1000 células contadas. El índice mitótico es normalmente mayor en el estrato espinoso: a) sí el índice mitótico del estrato basal supera 0.002, entonces el patólogo puede estar ante un caso de hiperplasia (aumento rápido en el número de células por mitosis) que puede preceder a un carcinoma de células basales.
- 6) El retículo endoplasmático consta de unos pocos cortos perfiles de membranas repletos de polirribosomas. Los grupos de polirribosomas, dispersos libremente en el citoplasma, contribuyen a producir dos componentes celulares importantes, los tonofilamentos y los gránulos de queratohialina.<sup>5.4</sup>

#### **2.1.4. Estrato espinoso.**

La capa más gruesa de la epidermis es el estrato espinoso, compuesto de células poliédricas aplanadas. Los queratinocitos localizados basalmente en el estrato espinoso, también tienen actividad mitótica y los dos estratos en conjunto, que suelen denominarse capa malpighiana o de Malpigio. Los queratinocitos del estrato espinoso poseen la misma población de organelos descrita en el estrato basal. Sin embargo, las células en el estrato espinoso son más ricas en haces de filamentos intermedios (tonofilamentos) que representan citoqueratinas.<sup>2.11</sup>

Los espacios intercelulares entre los desmosomas proporcionan canales adecuados para los nutrientes, para los procesos dendríticos de los melanocitos y para las terminaciones nerviosas libres. Los nutrientes (de las asas capilares dérmicas) alcanzan a las células del epitelio avascular por difusión a través de los espacios intercelulares.<sup>5.5</sup>

#### **2.1.5. Estrato granuloso.**

El estrato granuloso consiste de tres a cinco capas de queratinocitos aplanados, es la capa más superficial de la epidermis en la que las células tienen núcleo. El citoplasma de estos queratinocitos contiene gránulos de queratohialina grandes, de forma irregular, gruesos, basofílicos que no están unidos a la membrana. A través de estos gránulos pasan haces de filamentos de queratina.<sup>2.12</sup>

Las células del estrato granuloso también contienen gránulos de recubrimiento de membrana. Este contenido se libera mediante exocitosis al espacio extracelular y forma láminas de sustancia rica en lípidos que actúan como una barrera impermeable, una de las funciones de la piel.<sup>2.13</sup>

La formación de queratina en las capas externas depende de la queratohialina como precursor químico. La queratina, confinada a las capas protectoras externas, es una proteína insoluble producida por las células epidérmicas.<sup>5.6</sup>

#### **2.1.6. Estrato lúcido.**

La capa delgada clara, homogénea, de tinción en las células, justo superficial al estrato granuloso es el estrato lúcido. Esta capa sólo se encuentra en la piel gruesa. Aunque las células aplanadas del estrato lúcido carecen de organelos y núcleos, contienen filamentos de queratina agrupados en forma densa orientados paralelos a la superficie de la piel y la cleidina, un producto de transformación de la queratohialina. Esta superficie citoplasmática de la membrana plasmática de estas células tiene un aspecto engrosado a causa del depósito de proteínas sin queratina, la involucrina, cuya función se desconoce.<sup>2.14</sup>

El citoplasma inactivo carece de mitocondrias, retículo endoplasmático, polirribosomas, y complejo de golgi.<sup>5.7</sup>

#### **2.1.7. Estrato córneo.**

La capa más superficial de la piel, el estrato córneo, se compone de numerosas capas de células queratinizadas, aplanadas con un plasmalema engrosado. Estas células carecen de núcleos y organelos pero están llenas con filamentos de queratina incluidos en una matriz amorfa. Las células más alejadas de la superficie de la piel muestran desmosomas, en tanto que las que se encuentran cerca de la superficie de la piel, llamadas células escamosas o córneas, pierden sus desmosomas y se descaman. (Fig. 2.7)<sup>2.15</sup>

#### **2.1.8. Células adicionales de la epidermis.**

Además de los queratinocitos, la epidermis contiene otros tipos de células: como las de Langerhans, de Merkel y melanocitos.<sup>2.16</sup>

##### **2.1.8.1. Células de Lanherhans.**

Aunque se encuentran dispersas en la totalidad de la epidermis, en donde en condiciones normales representan del 2 al 4% de la población de células epidérmicas, las células de Langerhans también llamadas células dendríticas por

sus múltiples prolongaciones largas, se localizan sobre todo en el estrato espinoso.<sup>2.17</sup>

La característica más singular de las células de Langerhans son los gránulos de Birbeck (gránulos vermiformes) unidos a la membrana. La función de estos gránulos no se conoce; sin embargo, se forman como resultado de endocitosis. Las células de Lanherhans, que en un tiempo se pensó derivaban de las células de la cresta neural, se originan de precursores en la médula ósea y son parte del sistema fagocítico nuclear. Aunque son capaces de experimentar mitosis, esta actividad es restringida; por consiguiente, se reemplazan de manera continua por células precursoras que salen del torrente sanguíneo para migrar dentro de la epidermis y diferenciarse en células de Lanherhans. Estas células funcionan en la respuesta inmunitaria. Tienen receptores de superficie celular Fc (anticuerpo) y C3 (complemento), así como otros receptores, fagocitan y procesan antígenos extraños. Las células de Langerhans migran a ganglios linfáticos en la cercanía, donde presentan epitopos de antígenos extraños procesados a linfocitos T: por lo tanto son *células presentadoras de antígeno*.<sup>2.18</sup>

#### **2.1.8.2. Células de Merkel.**

Las células de Merkel, que se esparcen entre los queratinocitos del estrato basal de la epidermis, son en especial abundantes en las yemas de los dedos, la mucosa bucal y en la base de los folículos pilosos. Estas células se diferencian de células epiteliales de la epidermis fetal temprana. Aunque estas células suelen encontrarse como células únicas con orientación paralela a la lámina basal, pueden extender sus prolongaciones entre los queratinocitos, a los cuales están unidas por desmosomas. La característica distintiva de las células de Merkel son gránulos de contenido denso que se localizan en la zona perinuclear y en las prolongaciones y cuya función aún no se aclara.<sup>2.19</sup>

Los nervios sensoriales amielínicos que se aproximan a las células de Merkel atraviesan la lámina basal y en consecuencia forman complejos de axones y célula de Merkel. Estos complejos pueden funcionar como mecanorreceptores. Las células de esta clase muestran inmunorreactividad similar a sinaptofisina, la cual indica que las células de Merkel pueden liberar sustancias tipo neurócrino.<sup>2.20</sup>

#### **2.1.8.3. Melanocitos.**

Los melanocitos derivados de la cresta neural, se localizan entre las células del estrato basal, aunque también pueden residir en las porciones superficiales de la dermis. Son células redondas o cilíndricas cuyas prolongaciones largas, ondulantes se extienden desde las áreas superficiales de estas células y penetran en los espacios intercelulares del estrato espinoso. (Fig. 2.6)<sup>2.21</sup>. Los melanocitos

aparecen aproximadamente en la semana 13 de desarrollo embrionario, en una proporción de 4 por cada 12 células epidérmicas.<sup>5.8</sup>

El pigmento melanina, un polímero de la tirosina (un aminoácido), se forma en los melanocitos por acción de la enzima tirosinasa. La producción de melanina es estimulada por: a) influencias hormonales (hormona estimulante de los melanocitos, MSH) desde la parte intermedia de la hipófisis; b) Luz ultravioleta por oscurecimiento de la melanina residente, transporte de los melanosomas a los epitelocitos planos, y aumento de la actividad de la tirosinasa, produciéndose así más melanina. Un exceso de luz UV causa carcinomas (de células basales o de células planas) y melanomas malignos (que afectan a los melanocitos); y c) irritaciones debidas a una excesiva vascularización durante períodos de tiempo prolongados.<sup>6.1</sup>

La tirosinasa que elabora el RER del melanocito, la empaqueta su aparato de Golgi en gránulos ovoides, conocidos como melanosomas. La enzima tirosinasa se transporta de manera preferencial a los melanosomas, donde la tirosinasa la convierte en melanina a través de una serie de reacciones que progresan por la 3,4-dihidroxifenilalanina (dopa, metildopa) y la dopaquinona. (Fig. 2.8)<sup>2.22</sup>

La diferencia en la pigmentación de la piel se relaciona más con la localización de la melanina que con el número total de melanocitos en la piel. La razón de la pigmentación más oscura no se debe al número efectivo de melanocitos sino a un incremento en la actividad de la tirosinasa.<sup>2.23</sup>

## **2.2. Dermis**

La dermis, derivada del mesodermo, proporciona tanto un soporte a la epidermis, como un rico lecho vascular para los procesos de intercambio metabólico.<sup>6.2</sup>

Se divide en dos capas; la superficial, o capa papilar entretejida de manera laxa, y la profunda, mucho más densa, llamada capa reticular. La dermis está compuesta de tejido conectivo colagenoso denso, irregular, que contiene sobre todo fibras de colágeno tipo I y redes de fibras elásticas que apoyan la epidermis y unen la piel a la hipodermis subyacente. La dermis varía de grosor de 0.6 mm en los párpados a 3 mm más o menos en la palma de la mano y la planta del pie.<sup>2.24</sup>

### **2.2.1. Capa papilar de la dermis.**

La capa papilar superficial de la dermis es donde se interdigita con la epidermis y forma los rebordes dérmicos (papilas) (Fig. 2.9). Está compuesta de un tejido conectivo laxo, cuyas fibras de colágeno tipo III delgadas (fibras

reticulares) y fibras elásticas están dispuestas en redes laxas. Se extiende desde la lámina basal con fibrillas de fijación. La capa papilar contiene fibroblastos, macrófagos, células plasmáticas y cebadas, así como otras células comunes al tejido conectivo.<sup>2.25</sup>

En algunas papilas dérmicas se encuentran los corpúsculos de Meissner encapsulados en forma de pera, que son los mecanorreceptores especializados para responder a la deformación leve de la epidermis. Otro mecanorreceptor encapsulado que se halla en la capa papilar es el bulbo terminal de Krause, el cual se creía que respondía al frío, en la actualidad su función no se conoce con claridad.<sup>2.26</sup>

### **2.2.2. Capa reticular de la dermis.**

La capa reticular de la dermis también contiene estructuras derivadas de la epidermis, que incluyen glándulas sudoríparas (Fig. 2.15), folículos pilosos (Fig. 2.11) y glándulas sebáceas (Fig. 2.13).<sup>2.27</sup>

La interfaz entre la capa papilar y la capa reticular no se distingue porque ambas capas se continúan una con la otra. De manera característica la capa reticular se compone de tejido conectivo colagenoso denso, irregular que muestra fibras de colágeno tipo I, y con estas se entremezclan redes de fibras elásticas gruesas que aparecen con especial abundancia de las glándulas sebáceas y sudoríparas. Los intersticios de la capa reticular están llenos de proteoglicanos, con abundancia de sulfato de dermatán. Las células son más escasas en esta capa que en la papilar. Incluyen fibroblastos, células cebadas, linfocitos, macrófagos y con frecuencia, células adiposas (Fig. 2.21) en las superficies más profundas de la capa reticular.<sup>2.28</sup>

Las glándulas sudoríparas, las glándulas sebáceas (Fig. 2.14) y los folículos pilosos (Fig. 2.10) derivados de la epidermis invaden la dermis y la hipodermis durante la embriogénesis, donde quedan de manera permanente.<sup>2.29</sup>

### **2.3. Glándulas de la piel.**

Las glándulas de la piel comprenden las ecrinas, sudoríparas apocrinas y sebáceas, y la glándula mamaria (que se describirá en el capítulo de sistema genital).<sup>2.30</sup>

#### **2.3.1. Glándulas sudoríparas ecrinas.**

Las glándulas sudoríparas ecrinas (Fig. 2.18) tienen alrededor de 0.4 mm de diámetro y se localizan en la piel en la mayor parte del cuerpo. Tienen una importante participación en la termorregulación. Las glándulas sudoríparas ecrinas

se desarrollan como invaginaciones del epitelio del reborde dérmico, crecen hacia abajo a la dermis y constituyen su superficie profunda en la porción glandular de la glándula sudorípara.<sup>2.31</sup>

Las glándulas sudoríparas ecrinas son glándulas tubulares espirales simples que se localizan en la profundidad de la dermis o en la hipodermis subyacente (Fig. 2.19). Después de la porción secretora de cada glándula se encuentra un conducto delgado, en espiral que atraviesa la dermis y la epidermis para abrirse a la superficie de la piel en un poro sudoríparo. Las glándulas sudoríparas ecrinas son merocrinas en cuanto a su método de liberación de su producto secretor.<sup>2.32</sup>

### **2.3.2. Glándulas sudoríparas apocrinas.**

Las glándulas sudoríparas apocrinas (Fig. 2.16) sólo se encuentran en las axilas, las areolas del pezón y la región anal.<sup>2.33</sup>

Las glándulas sudoríparas apocrinas modificadas constituyen las glándulas ceruminosas del conducto auditivo externo y las glándulas de Moll en los párpados.<sup>2.34</sup>

Estas glándulas están encajadas en las porciones más profundas de la dermis y la hipodermis. A diferencia de los conductos de las glándulas sudoríparas ecrinas, que se abren a la superficie de la piel, los conductos de las glándulas sudoríparas apocrinas desembocan en los conductos de los folículos pilosos justo en la superficie a la entrada de los conductos de la glándula sebácea.<sup>2.35</sup>

Son de perfil cuboide a cilíndrico bajo simple. Estas células pueden volverse escamosas cuando la luz de la glándula se llena con el producto secretor (Fig. 2.15). El nombre que estas glándulas reciben, implica que la secreción contiene una porción del citoplasma de las células secretoras (Fig. 2.17).<sup>2.36</sup>

### **2.3.3. Glándulas sebáceas.**

Con excepción de las palmas de las manos, las plantas de los pies y los lados de los pies inferiores a la línea de vellos, las glándulas sebáceas (Fig. 2.20), se encuentran en la totalidad del cuerpo, incrustadas en la dermis y la hipodermis.<sup>2.37</sup>

El producto secretor de las glándulas sebáceas, el sebo, es una combinación oleosa, semejante a la cera, de colesterol, triglicéridos y desechos celulares secretores. Como las glándulas sudoríparas apocrinas, las sebáceas son apéndices de los folículos pilosos. Los conductos de las glándulas sebáceas se abren en el tercio superior del conducto folicular, donde vierten su producto

secretor para recubrir el tallo del pelo y por último, la superficie de la piel. Las glándulas sebáceas son lobulillares con grupos de acinos que se abren a conductos cortos únicos. Cada acino está compuesto por células basales pequeñas localizadas en la periferia (descansan en la lámina basal) que rodean células redondas más grandes que llenan el resto del acino.<sup>2.38</sup>

## **2.4. Pelo.**

Los pelos son estructuras filamentosas, queratinizadas que se proyectan en la superficie epidérmica de la piel. El pelo crece en la mayor parte del cuerpo excepto en la zona del bermellón de los labios, las palmas y los lados de las palmas, plantas y los lados de los pies, el dorso de las falanges distales de los dedos de las manos y de los pies, el glande del pene, el glande del clítoris, los labios menores y la superficie vestibular de los labios mayores.<sup>2.39</sup>

En el cuerpo humano se encuentran dos tipos de pelo, los pelos blandos, finos cortos y pálidos (párpados) y se llaman pelos vellosos; los pelos duros, grandes, gruesos, largos y oscuros (cuero cabelludo y ceja) se llaman pelos terminales. Además en el feto se encuentra un pelo fino llamado lanugo.<sup>2.40</sup>

### **2.4.1. Folículos pilosos.**

Los folículos pilosos (Fig. 2.11), son órganos a partir de los cuales se desarrollan los pelos, surgen de invaginaciones de la epidermis, que invaden la dermis, la hipodermis, o ambas. Los folículos pilosos están rodeados por acumulaciones densas de tejido conectivo fibroso que pertenecen a la dermis (Fig. 2.9). Una membrana basal engrosada, la membrana vítrea, separa la dermis del epitelio del folículo piloso. Las terminales expandidas del folículo piloso, la raíz del pelo, están indentadas y la concavidad se ajusta a la forma de la papila dérmica que la ocupa (Fig. 2.10).<sup>2.41</sup>

## **2.5. Uña**

Las uñas, localizadas en la falange distal de cada dedo de la mano y del pie, se componen de placas de células epiteliales muy compactadas, altamente queratinizadas que forman la placa de la uña, situada en la epidermis y que se conoce como el lecho ungueal (Fig. 2.12). Las uñas se desarrollan a partir de células de la matriz de la uña que prolifera y se queratiniza. La matriz de la uña una región de la raíz de la uña, está localizada abajo del pliegue proximal de la uña. El estrato córneo del pliegue proximal de la uña forma el eponiquio (cutícula), que asciende del extremo proximal en la uña alrededor de 0.5 a 1 mm. A los lados, la piel se voltea como pliegues laterales de la uña para formar los surcos laterales de la uña; la epidermis continúa debajo de la placa de la uña como el lecho de la

uña y la placa de la uña ocupa la posición (y la función) del estrato córneo. La lúnula, la semiluna blanca, se observa en el extremo proximal de la uña. El extremo distal de la uña no está unido al lecho de la misma, que se continua con la piel de la punta del dedo. Cerca de esta unión se encuentra una acumulación de estrato córneo llamada hiponiquio. Las uñas de los dedos crecen de manera continua.<sup>2,42</sup>

### **Referencias Bibliográficas.**

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Medica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002.  
Ref. 2.1-2.3: pág. 211; Ref. 2.4-2.7: pág. 312; Ref. 2.8-2.10: pág. 313; Ref. 2.11-2.13: pág. 314; Ref. 2.14-2.17: pág. 315; Ref. 2.18: pág. 316; Ref. 2.19-2.23: pág. 317; Ref. 2.24-2.29: pág. 318; Ref. 2.30-2.32: pág. 320; Ref. 2.33-2.38: pág. 322; Ref. 2.39, 2.40: pág. 323; Ref. 2.41: pág. 325; Ref. 2.42: pág. 327.
- 3) Stevens A., Lowe J.s. Histología Humana. 2º ed. Madrid: Harcourt, 1998,
- 4) La práctica histológica. Facultad de Medicina. Manual Departamental. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003.
- 5) Geneser F. Histología sobre bases moleculares. 3º ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2002.  
Ref. 5.1, 5.2: pág. 267; Ref. 5.3: pág. 268, Ref. 5.4: pág. 269, Ref. 5.5-5.7: pág. 270; Ref. 5.8: pág. 271
- 6) Armenta P.S. Compendio de Histología. España: Ediciones Doyma, 2002.  
Ref. 6.1: pág. 271; Ref. 6.2: pág. 272;
- 7) Jac Poirier J. Ribadeau-Dumas, Catala M., André J., Gherard. R. Manual de Histología. España: Masson, 2002.

## **3. Digestivo.**

**E**l sistema digestivo, compuesto por la cavidad bucal, el tubo digestivo y las glándulas relacionadas, tiene como funciones la ingestión, masticación, deglución, digestión y absorción de alimentos y, asimismo, la eliminación de sus desechos no digeribles. Para llevar a cabo estas diversas actividades, las regiones del sistema digestivo están modificadas y tienen estructuras especializadas.<sup>2.1</sup>

La cavidad oral que está integrada por los labios, los dientes, la lengua y las glándulas salivales. El tracto tubular conformado por el esófago, el estómago, los intestinos delgado y grueso, el recto y el ano. Las glándulas accesorias que incluyen al hígado, vesícula biliar y páncreas exócrino.<sup>3.1</sup>

### **3.1. Cavidad bucal.**

La cavidad oral o bucal realiza funciones importantes, a través de esta estructura ingerimos los alimentos, además de ser esencial para el habla, está conformada por la lengua, los dientes, las glándulas salivales y las amígdalas.<sup>3.2</sup>

En general en la boca se pueden distinguir tres tipos de mucosa: una mucosa simple de revestimiento, que forma la submucosa. La mucosa masticatoria que se encuentra queratinizada y en contacto directo con el tejido óseo. Y la mucosa especializada que se presenta en ciertas regiones de la lengua relacionadas a los receptores del gusto.<sup>3.3</sup>

#### **3.1.1. Labios.**

Los labios son pliegues músculo-mucosos que limitan hacia delante el vestíbulo bucal. Se componen de músculos y glándulas cubiertos por piel en el exterior y por mucosa en el interior.<sup>3</sup> El núcleo de los labios está compuesto por fibras de músculo esquelético que les confieren movilidad. Cada labio puede dividirse en tres regiones: superficie externa, zona bermellón y superficie mucosa (interna y húmeda).<sup>2.2</sup>

La superficie externa del labio está recubierta con piel delgada y se acompaña de glándulas sudoríparas, folículos pilosos y glándulas sebáceas (fig. 3.1). Esta región se continúa con la zona bermellón, la región de color rosa del labio que también está recubierta por piel delgada. La superficie mucosa (interna) del labio siempre está húmeda y recubierta por epitelio escamoso estratificado no queratinizado. El tejido conectivo subepitelial es de tipo denso irregular y colagenoso y contiene múltiples glándulas salivales menores, principalmente mucosas.<sup>2.3</sup>

### 3.1.2. Lengua

La lengua es la estructura más grande de la cavidad bucal. Su gran músculo esquelético (Fig. 3.6) que constituye su volumen principal. Las fibras musculares pueden clasificarse en dos grupos: las que se originan fuera de la lengua, los músculos extrínsecos, y las que surgen dentro de la lengua y se insertan en ella, los músculos intrínsecos.<sup>2,4</sup>

La lengua es el órgano principal del gusto y contribuye a la masticación, deglución y articulación de las palabras. La lengua está cubierta por una membrana mucosa áspera por su lado dorsal y por una suave en su lado ventral. La aspereza de la superficie de la lengua se debe a la presencia de pequeñas protuberancias llamadas papilas.<sup>3,4</sup>

Se inserta por medio de músculos en el hueso hioides, maxilar inferior, apófisis estiloides y faringe, los haces de músculo esquelético se encuentran entrelazadas en diferentes ángulos, (Fig. 3.7). Esta distribución de fibras musculares permite una gran flexibilidad y precisión en los movimientos de la lengua. Entre los grupos de fibras musculares hay cantidades variables de tejido adiposo.<sup>3,5</sup>

#### 3.1.2.1. Papilas linguales.

Con base en su estructura y función, las papilas linguales son de cuatro tipos: filiformes, fungiformes, foliadas y circunvaladas. Se localizan adelante del surco terminal en las superficies dorsal o lateral de la lengua.<sup>2,5</sup>

**Papilas filiformes.** Tienen una forma alargada, cónica y son las más pequeñas y abundantes. (Fig. 3.8) Contienen un centro de tejido conjuntivo cubierto por una capa epitelial de células escamosas estratificadas queratinizadas. Es importante señalar que este epitelio no contiene corpúsculos gustativos. Estas papilas se encuentran en columnas paralelas al surco medio y su función es sólo mecánica.<sup>3,6</sup>

**Papilas fungiformes.** Tienen forma de hongo y están situadas en la superficie dorsal de la lengua. (Fig. 3.2). Son más abundantes en la punta de la lengua y contienen pocos botones gustativos en su superficie superior. Las papilas fungiformes son más grandes y más escasas que las filiformes.<sup>3,7</sup>

**Papilas circunvaladas o caliciformes.** (Fig. 3.3) Son estructuras grandes con forma de cúpula que se hallan en la mucosa por delante del surco terminal. Un surco profundo, parecido a una fosa, rodea a las papilas circunvaladas, tapizado por epitelio plano que contiene en su parte lateral corpúsculos gustativos

abundantes. Las glándulas salivales linguales (glándulas serosas de Von Ebner) drenan hacia los surcos de estas papilas un fluido que contiene lipasa.<sup>3.8</sup>

**Papilas foliadas.** Son crestas bajas paralelas separadas por hendiduras profundas de la mucosa y se encuentran en los bordes laterales de la lengua. Éstas contienen varios corpúsculos gustativos.<sup>3.9</sup>

### **3.1.2.2. Corpúsculos gustativos.**

Los corpúsculos gustativos (Fig. 3.4) son órganos sensoriales intraepiteliales cuya función es la percepción del gusto. La superficie de la lengua y la región posterior de la cavidad bucal tiene alrededor de 3000 corpúsculos gustativos, cada uno de ellos compuesto por 60 a 80 células fusiformes: es una estructura oval (Fig. 3.5) y de manera característica parece más pálida que el epitelio que la rodea. El extremo más delgado del corpúsculo gustativo, que se localiza en la superficie libre del epitelio, se proyecta hacia una abertura, el poro gustativo, formado por células epiteliales escamosas que recubren el corpúsculo gustativo.<sup>2.6</sup>

Los corpúsculos gustativos están constituidos por cuatro tipos de células: células basales, oscuras, claras y células intermedias.<sup>2.7</sup>

Aún no se dilucida la relación entre los diversos tipos de células, aunque los investigadores concuerdan en que las basales funcionan como células de reserva y regeneran las células de los corpúsculos gustativos, que tienen un periodo promedio de vida de 10 días.<sup>2.8</sup>

### **3.1.3. Glándulas Salivales.**

Anexas a la boca se encuentran glándulas salivales (Fig. 3.9) mayores y menores. Las glándulas salivales mayores son la parótida, la submandibular y la sublingual. Las glándulas salivales menores son numerosas glándulas pequeñas dispersas en los labios, carrillos, paladar y lengua. Las encontramos en el tejido conjuntivo y la submucosa. No tienen conductos porque se abren directamente a la cavidad bucal, su secreción es más mucosa, por eso se adhiere al epitelio y sirve como mecanismo de defensa contra las bacterias, la secreción de las glándulas salivales menores también se adhiere al diente para formar parte de la película adherida.<sup>3.10</sup>

Todas las glándulas salivales se originan en el epitelio oral embrionario. Las glándulas salivales pueden ser inducidas por diversos estímulos como el olfato, la vista, el pensamiento o el contacto real de los alimentos con la mucosa bucal, como respuesta, las glándulas producen una secreción llamada saliva. La saliva contiene enzimas digestivas que comienzan la descomposición de los alimentos

aún antes de ingresar al estómago. La secreción de saliva diaria es de 600 a 1 200 mililitros por día y está conformada por 99% de agua y 1% de proteínas, electrólitos como sodio, potasio y calcio, enzimas, inmunoglobulinas y algunos iones como fosfato y bicarbonato. Su pH va de 7 a 8 es decir es alcalino.<sup>3.11</sup>

Las secreciones de las glándulas se dividen en serosas (albuminosas), mucosas y mixtas, es decir, serosas y mucosas (Fig. 3.10).<sup>3.12</sup>

### **3.1.3.1. Adenómeros glandulares.**

Se llama adenómero a la disposición anatómica que adopta el epitelio glandular o también llamada porción secretora o porción funcional del órgano; estos adenómeros están organizados en lobulillos (Fig. 3.13). Se identifican en la glándula salival tres tipos de adenómeros: los serosos, mucosos y mixtos (Fig. 3.11).<sup>3.13</sup>

Los acinos serosos secretan proteínas y están formados únicamente por células serosas de forma esferoidal. Las células serosas tienen forma de pirámide, con una superficie basal amplia que está en contacto con la lámina basal y una superficie apical reducida que llega a la luz del acino.<sup>3.14</sup>

Los acinos mucosos (Fig. 3.18) secretan mucina, sólo contienen células mucosas y son de forma tubular. Este tipo de epitelio tiene una actividad ciclística. En la parte del ciclo se sintetiza y almacena moco dentro de la célula en forma de gránulos de cimógeno y cuando éste se libera la célula comienza a resintetizarlo.<sup>3.15</sup>

Los acinos mixtos (Fig. 3.16) secretan mucina y proteínas, los cuales están formados por ambos tipos de células tanto serosas como mucosas.<sup>3.16</sup>

Las semilunas serosas (Fig. 3.19) que se observan en los cortes histológicos teñidos con hematoxilina y eosina son casquetes de células serosas.<sup>3.17</sup>

Las células mioepiteliales son células contráctiles que se encuentran ubicadas entre la membrana plasmática basal de las células epiteliales y la lámina basal del epitelio; éstas contribuyen a impulsar los productos de secreción hacia el conducto excretor.<sup>3.18</sup>

La unidad funcional básica de las glándulas salivales, es la sialona y consiste en el adenómero llamado acino (Fig. 3.12) y los distintos segmentos de la vía de excreción: conducto intercalar (Fig. 3.14), conducto estriado, conducto excretor mayor.<sup>3.19</sup>

### **3.1.3.2. Conductos excretores.**

Los acinos desembocan en un sistema de conductos, integrados por:

**Conducto intercalar** (Fig. 3.23). Inicia en el acino y está formado por células epiteliales cúbicas bajas y su única función conducir la secreción.<sup>3.20</sup>

**Conducto estriado** (Fig. 3.15). Llamado así por las estriaciones que presenta y éstas corresponden a los repliegues de la membrana plasmática basal de las células cilíndricas del epitelio que forma el conducto y que gradualmente se convierte en cilíndrico conforme se aproxima al conducto excretor mayor.<sup>3.21</sup>

**Conductos excretores.** Son los conductos mayores que desembocan en la cavidad oral. Durante su trayecto los conductos excretores reciben el nombre de acuerdo con la región en la que se encuentran como son: el conducto parotídeo de Stensen y el conducto submandibular de Wharton.<sup>3.22</sup>

### **3.1.3.3. Glándula Parótida.**

La glándula parótida (Fig. 3.20) es la más grande de las glándulas salivales, es bilateral y se encuentra por delante y debajo del oído y por detrás de la rama ascendente de la mandíbula, pesa entre 14 y 28 gramos. Son glándulas acinares ramificadas, (Fig. 3.21) que producen el 25% del total de saliva, están cruzadas por tres estructuras importantes: el nervio facial, la vena retromandibular y la arteria carótida común izquierda. El conducto parotídeo o de Stensen cruza de manera horizontal por el borde anterior de la glándula, luego gira medialmente por el borde anterior del músculo masetero, atravesando al músculo buccinador para desembocar en la cavidad oral por medio de un pequeño orificio ubicado a nivel del segundo molar superior, llamado papila parotídea.<sup>3.23</sup>

La cápsula fibrosa que rodea la glándula parótida (Fig. 3.23) contiene células plasmáticas y linfocitos. Además se encuentra dividida por tabiques de tejido conjuntivo (Fig. 3.22) y dentro de ellas se encuentra gran cantidad de tejido adiposo, lo que le da una característica distintiva. La secreción de las glándulas parótidas es de tipo seroso.<sup>3.24</sup>

### **3.1.3.4. Glándulas submandibulares.**

También llamadas submaxilares (Fig. 3.16) tienen forma tubuloalveolar ramificada, con unidades secretoras serosas y mucosas que producen alrededor del 70% de la saliva. Están ubicadas abajo del piso de la boca, una de cada lado, en la fosa submandibular, pesan entre 10 y 15 gramos. Estas glándulas descargan su secreción en el conducto submandibular o de Wharton. Los conductos intercalares (Fig. 3.15) se encuentran en menor número que en la glándula

parótida. La secreción de esta glándula es de tipo mixto, pero predominantemente serosa. El 75% de las unidades secretoras son acinos serosos, las unidades mucosas pueden tener medias lunas serosas en su extremo superior además de que estas células secretan lisozima.<sup>3.25</sup>

### **3.1.3.5. Glándulas sublinguales.**

Las glándulas sublinguales (Fig. 3.19) se caracterizan por no estar bien encapsuladas y son las más pequeñas de las glándulas salivales mayores, pesa aproximadamente 2 gramos, tiene forma de almendra, se alojan en la fosa sublingual, que es una zona cóncava en la superficie interna del maxilar inferior. Se encuentra por debajo de la membrana mucosa del piso de la boca, bajo la base de la lengua. Su secreción es a través de múltiples conductos pequeños llamados conductos de Bartholin, que suelen unirse al conducto submandibular para desembocar también en el tubérculo o papila lingual. Estas glándulas tubuloalveolares ramificadas contienen unidades secretoras serosas y mucosas (Fig. 3.18).<sup>3.26</sup>

### **3.1.4 Dientes.**

Los dientes (Fig. 3.28) forman parte de la cavidad oral y son parte importante en el proceso de digestión, en la fonación, estética y expresión facial. Cada diente está formado por cuatro tejidos: la pulpa que es el tejido blando y se encuentra rodeada por tres tejidos mineralizados: esmalte, dentina y cemento.<sup>3.27</sup>

Anatómicamente están divididos en corona, cuello y raíz. La encía cubre al diente a nivel del cuello, de tal manera que la corona queda descubierta y la raíz está oculta y cubierta por hueso. Los órganos dentarios se encuentran alojados en los huesos maxilar y mandíbula dentro de sus alveolos en una articulación denominada gonfosis, que es la unión de la porción radical del diente con el hueco a través de las fibras del ligamento periodontal.<sup>3.28</sup>

#### **3.1.4.1. Esmalte.**

El esmalte (Fig. 3.27) es la sustancia más dura del cuerpo. Contiene 96% de hidroxapatita cálcica y 4% de material orgánico y agua. La porción calcificada del esmalte está compuesta de cristales grandes recubiertos con una capa delgada de matriz orgánica. Los constituyentes orgánicos del esmalte son las glucoproteínas de peso molecular alto, parecidas a las queratinas, y enamelinas, ricas en tirosina.<sup>2.9</sup>

El esmalte lo elaboran células conocidas como ameloblastos, que producen esmalte diariamente en segmentos de 4 a 8  $\mu\text{m}$ . Los segmentos en bastón sucesivos se adhieren entre sí y forman bastones de esmalte (prismas), que se

extienden sobre todo el ancho del esmalte en la unión de la dentina y el esmalte a la superficie de este último. La orientación del cristal de hidroxiapatita cálcica dentro de los bastones varía y permite subdividir el bastón de esmalte en una cabeza cilíndrica a la cual está unida una cola (esmalte de interbastones) en forma de un sólido rectangular. El esmalte es una sustancia muerta; debido a que los ameloblastos mueren antes que brote el diente a la cavidad bucal, el cuerpo no puede reparar el esmalte.<sup>2.10</sup>

La superficie libre de un diente recién brotado está recubierta por una sustancia basal similar a una lámina. La cutícula primaria del esmalte, es elaborada por las mismas células que producen el esmalte. Esta cutícula se elimina poco después de brotar el diente a la cavidad bucal.<sup>2.11</sup>

### **3.1.4.2. Dentina.**

La dentina (Fig. 3.26) es el segundo tejido más duro del cuerpo. Es amarillenta y su gran elasticidad protege el esmalte frágil suprayacente de posibles fracturas. La dentina se compone de 65 a 70% de hidroxiapatita cálcica, 20 a 25% de materiales orgánicos y alrededor del 10% de agua unida. Casi toda la sustancia orgánica es colágeno tipo I relacionada con proteoglicanos y glucoproteínas.<sup>2.12</sup>

A diferencia de los ameloblastos, conservan su nexo con la dentina durante toda la vida de un diente. Estas células se localizan en la periferia de la pulpa y sus extensiones citoplásmicas, procesos odontoblásticos, ocupan espacios parecidos a un túnel dentro de la dentina. Estos espacios de tejido llenos de líquido, que se conocen como túbulos dentinales, se extienden de la pulpa a las uniones de la dentina con el esmalte (en la corona) o el cemento (en la raíz).<sup>2.13</sup>

Como los odontoblastos permanecen funcionales, la dentina tiene capacidad de repararse a sí misma y la dentina para la reparación se elabora en la superficie de la dentina preexistente dentro de la cámara de la pulpa, lo que reduce el tamaño de esta última con la edad.<sup>2.14</sup>

Composición química. Su principal compuesto inorgánico es la hidroxiapatita, compuesta principalmente por calcio y fósforo, en los compuestos menos abundantes encontramos carbonatos de magnesio, sodio y cloro. También se encuentran vestigios de oligoelementos como aluminio, bario, platino, potasio, plata, silicio, titanio, tungsteno, vanadio, zinc, plomo y flúor.<sup>3.29</sup>

Composición orgánica. El colágeno de la dentina está formado por cuatro aminoácidos esenciales, que son la glicina, alanina, prolina e hidroxiprolina, esta

última constituye las dos terceras partes de los aminoácidos presentes, también se tienen rastros de algunos lípidos como colesterol y fosfolípidos.<sup>3.30</sup>

#### **3.1.4.3. Cemento.**

El tercer tejido mineralizado del diente es el cemento (Fig. 3.29), una sustancia que se restringe a la raíz. Se compone de 45 a 50% de hidroxapatita cálcica y 50 a 55% de material orgánico y agua unida. La mayor parte del material orgánico está constituida por colágeno tipo I con proteoglicanos y glucoproteínas relacionadas.<sup>2.15</sup>

La región apical del cemento es similar al hueso porque contiene células, cementocitos, dentro de espacios lagunares conocidos como lagunas. Las prolongaciones de los cementocitos se extienden a partir de las lagunas dentro de los canalículos estrechos que van al ligamento periodontal vascular. Debido a la presencia de cementocitos, este tipo de cemento se denomina cemento celular. La región coronal del cemento carece de cementocitos y se llama cemento acelular. Tanto uno como otro tienen cementoblastos. Estas células, que se encargan de formar el cemento, recubren a éste último en su interfaz con el ligamento periodontal y continúan elaborando cemento toda la vida del diente.<sup>2.16</sup>

#### **3.1.4.4. Pulpa.**

La pulpa del diente se integra con un tejido conectivo laxo y gelatinoso, con abundantes proteoglicanos y glucosaminoglicanos; tiene una vascularización e inervación extensa y algunos elementos circulatorios como el agujero apical, una abertura pequeña en la punta de cada raíz. A través de estas aberturas entran y salen de la pulpa vasos y nervios.<sup>2.17</sup>

Histológicamente la pulpa tiene dos regiones definidas: central y periférica. Existen elementos estructurales celulares:

1. Células mesenquimatosas no diferenciadas. Se encuentran en la periferia de los vasos en la zona rica en células, son de forma poligonal, multipotenciales, ya que tienen la capacidad de diferenciarse en células maduras como odontoblastos, fibroblastos o macrófagos, según el estímulo que reciban.
2. Fibroblastos. Son células abundantes en la pulpa, según su actividad encontramos dos tipos de fibroblastos: jóvenes, es una célula activa con citoplasma en forma de estrella, su núcleo es grande, tiene abundante RER y un aparato de Golgi muy desarrollado. Cuando envejecen tiene forma de bastón, núcleo pequeño ovoide, escaso RER y un aparato de Golgi poco desarrollado. Su función principal es sintetizar y secretar la

mayoría de los componentes extracelulares (colágeno) y la sustancia fundamental amorfa (glucosaminoglucanos).

3. Macrófagos e histiocitos. La función de estas células es de defensa, se encargan de fagocitar toda sustancia extraña (como proveniente de procedimientos endodónticos), células muertas y bacterias.
4. Leucocitos polimorfonucleares. Son células blancas y podemos encontrar neutrófilos, que son los más comunes en la inflamación pulpar, son eficaces para destruir y fagocitar bacterias.
5. Linfocitos y células plasmáticas. Los linfocitos T son células de defensa, los linfocitos B se encargan de secretar anticuerpos; tanto los linfocitos como las células plasmáticas no suelen encontrarse en tejido sano.
6. Células cebadas o mastocitos (Fig. 3.8). Suelen encontrarse en pulpas inflamadas. Los gránulos de estas células liberan histamina (mediador inflamatorio) y heparina, lo cual causa vasodilatación, incrementando la permeabilidad de los vasos permitiendo el escape de líquidos y leucocitos.
7. Odontoblastos. El aspecto del odontoblasto varía según su localización. En la pulpa coronaria, son células columnares alargadas, en la pulpa radicular son de forma cuboidal y cerca del ápice son aplanados. Estas células se diferencian adquiriendo las características morfológicas de la síntesis y secreción de glucoproteínas. El cuerpo del odontoblasto contiene organelos y prolongaciones odontoblásticas que penetran a los túbulos dentarios, estas prolongaciones también son llamadas fibras de Tomes.<sup>3.31</sup>

#### **3.1.4.5. Odontogenia.**

El primer signo de odontogenia (desarrollo del diente) ocurre entre la sexta y séptima semana de la gestación. Cuando prolifera el epitelio bucal derivado del ectodermo. El resultado de esta actividad mitótica es la formación de una banda de células epiteliales en forma de herradura (Fig. 3.24).<sup>2.18</sup>

La etapa de campana (Fig. 3.25) se reconoce por el órgano del esmalte de cuatro capas compuesto por epitelio externo del esmalte, retículo estelar, estrato intermedio y epitelio interno del esmalte.<sup>2</sup>

Cuando se han elaborado todo el esmalte y la dentina coronales (dentina de la corona), el germen del diente pasa a la siguiente etapa de la odontogenia, la formación de la raíz. Los epitelios: externo e interno del esmalte del asa cervical

se alargan y forman una estructura parecida a un manguito conocida como vaina epitelial de la raíz de Hertwing (VERH) e incluye células ectomesenquimatosas localizadas en la profundidad de la corona en desarrollo y forman un alargamiento de la papila dental.<sup>2.1:</sup>

#### **3.1.4.6. Estructuras relacionadas con los dientes.**

Las estructuras que se vinculan con los dientes son los ligamentos periodontales, el alveolo y la encía.

- 1) Ligamento periodontal. (Fig. 3.30) Es un tejido conectivo denso irregular y colagenoso, cuyos grupos de fibras principales, compuestas de colágeno tipo I, suspenden el diente en su alveolo.<sup>2.20</sup>
- 2) Alveolo. Es el hueco óseo en el cual está suspendido el diente por fibras de ligamento periodontal. El proceso alveolar, una continuación ósea de la mandíbula y el maxilar, se divide en compartimientos conocidos como alveolos que aloja la raíz o, en el caso de dientes con varias, las raíces de un diente. Los alveolos adyacentes están separados entre sí por un tabique interalveolar óseo. El alveolo tiene 3 regiones: las placas corticales, la esponjosa y el hueso alveolar propio.<sup>2.21</sup>
- 3) Encía. Está unida a la superficie del esmalte por un epitelio escamoso estratificado no queratinizado y delgado, en forma de cuña, conocido como epitelio de la unión. En un plano profundo del epitelio se encuentra un tejido conectivo denso irregular y colagenoso, cuyas fibras de colágeno tipo I forman grupos de fibras principales similares a las del ligamento periodontal.<sup>2.22</sup>

#### **3.1.4.7. Paladar.**

El paladar compuesto por los paladares duro y blando y la úvula, separa las cavidades bucal y nasal una de la otra.<sup>2.23</sup>

La mucosa masticatoria de la superficie bucal del paladar duro se conforma con un epitelio escamoso estratificado y queratinizado sustentado por tejido conectivo denso irregular y colagenoso. El tejido conectivo de la región anterior lateral del paladar duro muestra grupos de células adiposas, en tanto que su superficie lateral posterior tiene ácnos de glándulas salivales mucosas menores. La superficie nasal del paladar duro posee un recubrimiento de epitelio respiratorio con placas ocasionales de epitelio escamoso estratificado no queratinizado.<sup>2.24</sup>

La superficie bucal del paladar blando está recubierta por mucosa de revestimiento, compuesta de tejido escamoso estratificado no queratinizado y

tejido conectivo denso, irregular y colagenoso subyacente, que contiene glándulas salivales menores mucosas que se continúa con las del paladar duro. Al igual que este último, el epitelio de su superficie nasal es de tipo cilíndrico ciliado pseudoestratificado. La extensión más posterior del paladar blando es la úvula, cuyo aspecto histológico es similar al del paladar blando, pero su epitelio sólo está compuesto de epitelio escamoso estratificado no queratinizado.<sup>2.25</sup>

### **3.2. Sistema digestivo. Conducto alimentario.**

La continuación de la cavidad bucal, es la porción tubular del aparato digestivo. Esta es el área donde se agita, licua y digiere el alimento; se absorben sus elementos nutricionales y el agua, y se eliminan sus componentes no digeribles. El tubo alimentario, que mide alrededor de 9 metros de largo, se subdivide en regiones identificables desde el punto de vista morfológico: esófago, estómago, intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) e intestino grueso (ciego, colon, recto, conducto anal y apéndice).<sup>2.26</sup>

El conducto alimentario se compone de varias capas histológicas. Estas capas están invadidas tanto por nervios parasimpáticos y simpáticos como por fibras sensoriales.<sup>2.27</sup>

La histología del conducto alimentario a menudo se estudia en términos de cuatro capas amplias: mucosa, submucosa, muscular externa y serosa (o adventicia). Estas capas son similares en la totalidad del tubo digestivo pero muestran modificaciones y especializaciones regionales.<sup>2.28</sup>

#### **3.2.1. Esófago.**

Es el tubo de pared muscular que recibe el alimento parcialmente digerido proveniente de la cavidad bucal y mide unos 25 cm de longitud; su mucosa (Fig. 3.36) tiene pliegues temporales que obliteran la luz del órgano en reposo y desaparecen al paso del bolo. Su función principal es transportar el bolo por acción peristáltica hacia el estómago.<sup>4.1</sup>

Su estructura presenta las siguientes características distintivas: epitelio plano estratificado (Fig. 3.31) de protección por tratarse de un lugar de tránsito por el que pasa un bolo que aún puede contener agentes traumáticos, y que tiene intercaladas algunas células presentadoras de antígenos y células de Langerhans.<sup>4.2</sup>

La mucosa del esófago se compone de epitelio escamoso estratificado (Fig. 3.37), lámina propia fibroelástica y una capa de músculo liso, la *muscularis mucosae*, dispuesta en sentido longitudinal.<sup>2.29</sup>

La luz del esófago, recubierta por un epitelio escamoso estratificado no queratinizado (Fig. 3.33) de 0.5 mm de grosor, suele estar colapsada y sólo se abre durante el proceso de deglución. Dentro del epitelio se encuentran dispersas células presentadoras de antígeno, conocidas como células de Langerhans, que fagocitan y degradan antígeno en polipéptidos pequeños denominados epitopos.<sup>2.30</sup> La mucosa del esófago (Fig. 3.32) con su epitelio plano estratificado sin queratina, se regenera lentamente en comparación con el resto del tubo digestivo. En aproximadamente tres semanas las células del estrato basal alcanzan la superficie libre.<sup>3.32</sup>

La lámina propia no tiene características notables. Contiene glándulas esofágicas cardiacas, que se localizan en dos regiones del esófago: un agrupamiento cerca de la faringe y el otro cerca de su unión con el estómago. La muscular de la mucosa no muestra características especiales, consiste en una capa de fibras de músculo liso (Fig. 3.34) orientadas en sentido longitudinal que se engruesan en la cercanía del estómago.<sup>2.31</sup>

Las glándulas esofágicas cardiacas producen moco que recubre el revestimiento del esófago y lo lubrica para proteger el epitelio conforme el bolo pasa al estómago.<sup>2.32</sup>

La submucosa está constituida de tejido conjuntivo denso, fibras elásticas y en ellas se encuentran las glándulas esofágicas propiamente dichas, siendo, junto con el duodeno, las únicas regiones que contienen glándulas en la submucosa.<sup>3.33</sup>

Las glándulas esofágicas son tubuloacinares y poseen células mucosas y células serosas. Las primeras tienen un núcleo aplanado en la porción basal de la célula y contienen gránulos de secreción mucosa. El segundo tipo de células posee un núcleo redondo en la parte central y sus gránulos secretores contienen pepsinógeno y lisozima.<sup>3.34</sup>

En la porción terminal del esófago podemos encontrar otro tipo de glándulas similares a las glándulas cardiacas del estómago.<sup>3.35</sup>

La capa muscular externa del esófago, está integrada por una circular interna y una longitudinal externa, compuestas de músculo liso (Fig. 3.35) y esquelético. Entre estas dos capas se encuentra el plexo mientérico de Auerbach.<sup>3.36</sup>

El esófago no posee esfínteres anatómicos, sin embargo presenta esfínteres fisiológicos. El primer esfínter denominado faringoesofágico o esofágico superior impide la entrada de aire en el esófago, mientras que el segundo esfínter esofágico inferior impide el reflujo del contenido gástrico al esófago.<sup>3.37</sup>

En la serosa el esófago está recubierto en su parte externa por una capa adventicia de tejido conjuntivo laxo, pero al introducirse a la cavidad abdominal el resto del tubo está cubierto por una serosa que corresponde al peritoneo visceral.<sup>3.38</sup>

### 3.2.2. *Estómago.*

Es el órgano sacular más distensible del tubo digestivo y gracias al esfínter pilórico permite la estancia del bolo alimenticio durante varias horas ante las secreciones exócrinas (jugo gástrico con tres enzimas: pepsinógeno, renina y lipasa, una solución diluida de ácido clorhídrico y moco) y endocrina (gastrina principalmente, serotonina, somatostatina y enteroglucagon) que produce la mucosa; sus contracciones musculares hacen posible su transformación en una mezcla viscosa llamada quimo. A diferencia del intestino delgado, en el estómago casi no tiene lugar absorción alguna a excepción del alcohol.<sup>4.3</sup>

El estómago (Fig. 3.38) mide cerca de 25 cm del cardias al píloro y unos 12 cm de longitud transversal. La capacidad es de alrededor de 1.5 litros. La función del estómago es continuar con la digestión iniciada en la cavidad bucal mediante procesos físicos y químicos.<sup>3.39</sup>

Anatómicamente el estómago tiene una curvatura menor cóncava y una curvatura mayor convexa y posee cuatro regiones:

1. **Cardias.** Es la primera porción que se encuentra en la unión gastroesofágica y tiene de 2 a 3 cm de anchura.
2. **Fondo.** Corresponde a la zona que se encuentra a la izquierda del esófago.
3. **Cuerpo.** Es la porción más grande del estómago y es en donde se forma el quimo.
4. **Píloro.** Corresponde a la última porción e incluye un esfínter pilórico que controla la liberación del quimo al duodeno.<sup>3.40</sup>

Además de estas regiones, también se puede clasificar las regiones en base al tipo de glándulas que se encuentran en el estómago:

- 1) Cardias. Es la parte cercana al orificio esofágico y contiene glándulas cardiales.
- 2) Antro. También llamada región pilórica, es la parte proximal al esfínter pilórico y contiene glándulas pilóricas (Fig. 3.50).
- 3) Fundus. Denominada también región fúndica y corresponde a la parte más grande del estómago conteniendo glándulas fúndicas o gástricas (Fig. 3.40).<sup>3.41</sup>

Destaca en el estómago la formación de arrugas gástricas, que corresponden a pliegues de la mucosa (Fig. 3.39) y la submucosa cuya función es modificar la extensión del estómago y adaptarlo al llenado; estas arrugas desaparecen cuando el estómago está distendido.<sup>3.42</sup>

La mucosa del fondo gástrico está constituida por los tres componentes usuales: un epitelio que recubre la luz, un tejido conectivo subyacente, la lámina propia, y las capas de músculo liso que forman la muscular de la mucosa.<sup>2.33</sup>

El epitelio que recubre la superficie del estómago y las fositas gástricas (Fig. 3.52) es cilíndrico simple. Las células cilíndricas de la superficie se denominan células mucosas superficiales y secretan mucinógeno que forma una capa de moco visible que protege a la mucosa (Fig. 3.46)<sup>3.43</sup>

La luz del fondo gástrico está recubierta por un epitelio cilíndrico simple (Fig. 3.45) compuesto por células de recubrimiento de la superficie (Fig. 3.43) que elaboran una capa de moco viscoso que se conoce como moco visible. Este moco es similar a un gel, se adhiere al revestimiento del estómago (Fig. 3.44) y lo protege de su autodigestión.<sup>2.34</sup>

A lo largo de la mucosa, con excepción del cardias y el antro pilórico, encontramos glándulas fúndicas (Fig. 3.41). Estas glándulas son tubulares simples y ramificadas que se extienden hasta la parte muscular de la mucosa y están compuestas por cuatro tipos celulares distintos, que se describen a continuación:

1. Células mucosas del cuello. Situadas en la región del cuello de la glándula, son células con núcleo esférico, microvellosidades cortas y abundantes organelos. La región apical de su citoplasma está lleno de gránulos secretores cuyo moco es distinto al secretado por las células mucosas de la superficie, al ser más líquido y soluble.<sup>3.44</sup>
2. Células principales. (Fig. 3.42) Llamadas también adelomorfias, estas células cilíndricas abundan en la base de las glándulas fúndicas y poseen núcleos basales y gránulos secretores en la porción apical del citoplasma que contienen pepsinógeno y una lipasa débil. El pepsinógeno secretado por estas células se convierte en pepsina al contacto con el jugo gástrico ácido.<sup>3.45</sup>
3. Células parietales. (Fig. 3.48) Llamadas también oxínticas, estas células de forma piramidal se encuentran en el cuello de las glándulas fúndicas y tienen como función la producción de HCl y factor intrínseco gástrico. Poseen un núcleo esférico y de manera notable exhiben invaginaciones de su membrana plasmática apical denominadas canalículos intracelulares que se comunican con la luz de la glándula. Los canalículos intracelulares están

recubiertos por microvellosidades y en el citoplasma contiguo a este sistema de canales se presenta una gran cantidad de vesículas que constituyen un sistema membranoso tubulovesicular.<sup>3.46</sup>

4. Células enteroendocrinas. Estas células son pequeñas y se encuentran dispersas entre las otras células de la mucosa gástrica. Son conocidas también como células enterocromafines, argentafines o argirófilas y no siempre alcanzan la superficie apical, por lo que poseen una extensión citoplásmica con microvellosidades. La función general de estas células es la producción y secreción de distintos reguladores peptídicos y polipéptidos de tipo hormonal, y se han podido identificar al menos 17 tipos de estas células.<sup>3.47</sup>
5. Células regenerativas. Estas células se encuentran entre las células del cuello de las glándulas y poseen núcleos basales y pocos organelos. Su función básica es proliferar y reemplazar al resto de los tipos celulares que constituyen las glándulas fúndicas, las fositas gástricas y la superficie hacia la luz del estómago, reemplazándolas cada cinco a siete días.<sup>3.48</sup>

Las glándulas cardiales de la mucosa se encuentran en la región del cardias, cerca del orificio esofágico. Estas glándulas son tubulares y a veces ramificadas y su secreción forma parte del jugo gástrico, pero además protege al esófago del reflujo del estómago. El tipo celular que predomina en las glándulas cardiales son células productoras de moco, aunque también se encuentran células enteroendocrinas. Las células mucoproducidas poseen un núcleo basal aplanado y gránulos de cimógeno en la porción apical de su citoplasma. Su conducto, formado por células cilíndricas, se extiende hasta las fositas gástricas en donde vierten su contenido.<sup>3.49</sup>

Finalmente, las glándulas pilóricas (Fig. 3.49) de la mucosa son glándulas tubulares enrolladas que se encuentran en el antro pilórico, en las que encontramos gran cantidad de células secretoras, y poca cantidad de células enteroendocrinas y parietales (Fig. 3.51).<sup>3.50</sup>

Debajo del epitelio y las glándulas que se encuentran en él, está la lámina propia, que en el estómago es escasa y está compuesta de fibras reticulares asociadas con algunas células musculares. En la lámina propia podemos encontrar además células del sistema inmunitario como linfocitos, macrófagos y eosinófilos. Posteriormente, zona de la muscular de la mucosa que contribuye a la expulsión de las secreciones de las glándulas, está formada por dos capas delgadas de músculo circular interno y longitudinal externo.<sup>3.51</sup>

La submucosa está compuesta por tejido conjuntivo denso, y puede contener tejido adiposo, fibras nerviosas y células ganglionares que forman el plexo de Meissner, que inerva la parte de la muscular de la mucosa.<sup>3.52</sup>

### **3.2.3. Vesícula biliar.**

La vesícula biliar es un órgano pequeño, en forma de pera, situado en la superficie inferior del hígado. Tiene alrededor de 10 cm de largo y 4 cm en sentido transversal, y puede guardar unos 70 ml de bilis. Este órgano semeja un saco con una abertura. La mayor parte del órgano forma el cuerpo y la abertura que se continúa con el conducto cístico, se denomina cuello. La vesícula biliar almacena y concentra bilis, y la libera al duodeno según se requiera.<sup>2.35</sup>

La bilis proviene de los hepatocitos y llega a la vesícula biliar a través de los canalículos biliares. La contracción en la vesícula biliar está controlada principalmente por la acción de la hormona colecistocinina, formada por las células enteroendocrinas del duodeno, además de otras hormonas como la gastrina y la motilina.<sup>3.53</sup>

La pared de la vesícula biliar (Fig. 3.105) se encuentra formada por las siguientes capas:

- 1) Una mucosa constituida por epitelio cilíndrico que se divide en dos tipos de células: claras y en cepillo. La lámina propia es tejido conjuntivo laxo vascularizado, con fibras elásticas y de colágeno, presenta en su cuello glándulas tuboalveolares simples que secretan moco lubricante.
- 2) Una capa de músculo liso.
- 3) Una capa de tejido conjuntivo perimuscular.
- 4) La membrana serosa que rodea la vesícula biliar es peritoneovisceral que la cubre excepto en la cara adherida al hígado.<sup>3.54</sup>

La mucosa se presenta con pliegues (Fig. 3.106) que se hacen más pronunciados cuando el órgano está vacío. También presenta invaginaciones del epitelio que penetran en la lámina propia. Las células epiteliales que la componen tienen núcleos redondeados en su tercio inferior, microvellosidades en cantidad moderada en su superficie y gran cantidad de mitocondrias.<sup>3.55</sup>

En la región próxima al conducto cístico se observan invaginaciones del epitelio en la lámina propia, formando algunas glándulas tubuloacinosas, llamados senos de Rokitansky-Aschoff (Fig. 3.105). El epitelio de estas glándulas presenta un núcleo basal, además de que producen el moco presente en la bilis.<sup>3.56</sup>

La función principal de la vesícula es almacenar bilis y reabsorber agua de ella, concentrando este líquido de cinco a diez veces. Este proceso se realiza

mediante un mecanismo de transporte activo de cloruro de sodio, que ha sido bien estudiado en el epitelio cilíndrico de la vesícula biliar. El transporte de agua estaría relacionado con el transporte de cloruro de sodio y sería un proceso osmótico consecuencia del primero. El ión cloro y el ión sodio son transportados en la proporción de 1:1, de modo que no se genera en este transporte una diferencia de cargas entre la superficie de la mucosa y la serosa de la vesícula.<sup>3.57</sup>

El hígado humano adulto secreta un promedio de un litro de bilis por día, 90% de estas sales biliares secretadas son absorbidas en la luz intestinal y retornan al hígado, por la sangre a través de la vía portal. El colesterol, los fosfolípidos, la mayoría de electrólitos, agua y la bilis se reabsorben y se reciclan. Sin embargo, el glucurónido de bilirrubina es el producto de desintoxicación final de la degradación de hemoglobina; ésta no se recicla y se excreta en la materia fecal y es el pigmento que le da la coloración.<sup>3.58</sup>

### **3.3. Intestino Delgado.**

El intestino delgado es la región más larga del tubo digestivo, con aproximadamente 7 m de longitud y tiene como función parte de la digestión y la absorción de productos de la digestión. Se divide en tres regiones con características histológicas parecidas, como duodeno, yeyuno e íleon, aunque cada región presenta particularidades.<sup>3.59</sup>

La mucosa del intestino delgado permite la identificación de cada segmento. Esta primera capa posee tres mecanismos para aumentar su superficie y cumplir con la función de absorción:

- 1) Pliegues permanentes en forma de medialuna que se extienden hacia la luz del tubo, integrados por mucosa y submucosa en el centro, llamados pliegues, plicas circulares o válvulas de Kerckring.<sup>4.4</sup> (Fig. 3.54) Estas estructuras son permanentes en el duodeno y yeyuno, y sólo se presentan en la parte proximal del íleon.<sup>3.60</sup>
- 2) Prolongaciones digitiformes de mucosa cubiertas de epitelio con un centro de lámina propia que contienen un capilar linfático en su centro; se conocen como vellosidades intestinales e incrementan 10 veces la superficie de absorción; representan la característica diagnóstica de la estructura del intestino delgado.<sup>4.5</sup> Las vellosidades son estructuras permanentes que son más abundantes en el duodeno que en el yeyuno e íleon. Las microvellosidades. (Fig. 3.55) Son modificaciones de la porción apical de la membrana plasmática de las células epiteliales que recubren las vellosidades intestinales.<sup>3.61</sup>

- 3) El epitelio intestinal se invagina hacia la lámina propia y forma glándulas tubulares simples (o ramificadas) localizadas debajo de la base de las vellosidades; se llaman glándulas intestinales o criptas de Lieberkühn (Fig. 3.56).<sup>4.6</sup>

A lo largo del intestino delgado se presentan características comunes a las tres regiones del intestino que se describen a continuación.

Mucosa: El epitelio que recubre las vellosidades del intestino es cilíndrico simple (Fig. 3.54), con diferentes tipos celulares.

1. Células de absorción de la superficie. Son las células más numerosas, con un núcleo oval en la superficie basal y un borde en cepillo de hasta 3 000 microvellosidades (Fig. 3.69) en la superficie apical. Las funciones de estas células incluyen la digestión y absorción de agua y nutrientes. Estas células tienen además la capacidad de esterificar ácidos grasos en triglicéridos y formar quilomicrones.<sup>3.62</sup>
2. Un aspecto importante es que sobre las microvellosidades de estas células se encuentra el glucocáliz, compuesto de carbohidratos que protegen la mucosa. (Fig. 3.68)
3. Células caliciformes. (Fig. 3.67) Estas células son glándulas unicelulares cuya función es la elaboración de mucina, componente del moco que reviste la luz del intestino y lo protege.
4. Células DNES (Sistema Neuroendocrino difuso) o células enteroendocrinas. Constituyen aproximadamente el 1% de la población celular que recubre las vellosidades y corresponden a componentes del sistema neuroendocrino difuso que producen distintas hormonas, tales como colecistocinina, péptido inhibidor gástrico, motilina, neurotensina, secretina, péptido intestinal vasoactivo y somatostatina (Fig. 3.58) entre otras.
5. Células M. Estas células llamadas también células de micropliegues, pertenecen al sistema fagocítico mononuclear y fagocitan antígenos en la superficie intestinal.<sup>3.63</sup>

Debajo del epitelio encontramos la lámina propia, constituida de tejido conjuntivo laxo (Fig. 3.66) que forma el núcleo de la vellosidad y que se extiende hasta la muscular de la mucosa. En la lámina propia encontramos también células del sistema inmunitario que protegen la región (Fig. 3.70)<sup>3.64</sup>

Las vellosidades son salientes de la lámina propia. El núcleo de cada vellosidad contiene asas capilares (Fig. 3.71), un conducto linfático de terminación ciega (lácteo) y unas cuantas fibras de músculo liso.<sup>2.36</sup>

Como parte de la mucosa del intestino encontramos también una capa de músculo denominada muscular de la mucosa, constituida por dos capas de músculo liso (Fig. 3.64), una circular interna y una longitudinal externa. Las fibras de músculo liso (Fig. 3.65) de la capa circular interna penetran en las vellosidades y se extienden desde la membrana basal. Esta capa es importante dado que en la digestión las fibras musculares que la constituyen se contraen acortando las vellosidades.<sup>3.65</sup>

Además de las células caliciformes como glándulas unicelulares, encontramos otras glándulas en el intestino delgado. Las criptas de Lieberkühn que son glándulas tubulares simples. Éstas se abren a los espacios intravellosos como perforaciones. Están constituidas por células de absorción en la superficie, caliciformes, células regenerativas, DNES y células de Paneth. Los primeros dos tipos celulares ocupan la mitad superior de la glándula, mientras que los otros tipos se encuentran en la mitad inferior de la glándula.<sup>3.66</sup>

Células regenerativas. Son células madre que proliferan de manera extensa para repoblar el epitelio de las criptas, la superficie mucosa y las vellosidades. Estas células estrechas parecen estar en cuña dentro de espacios limitados entre células de reciente formación. Su ritmo de división celular es alto, con un ciclo celular hasta cierto punto corto, de 24 h. Se sugiere que cinco a siete días después de la aparición de una célula nueva, la célula progresó hasta la punta de la vellosidad y se exfolió.<sup>2.37</sup>

Células de Paneth. (Fig. 3.57) Estas células se distinguen porque contienen gran cantidad de gránulos secretores apicales y por su forma piramidal. Ocupan el fondo de las criptas y elaboran lisozima, defensiva y factor de necrosis tumoral alfa. Sirven de protección al epitelio.<sup>3.67</sup>

La submucosa del intestino delgado está constituida por tejido conectivo denso irregular, fibroelástico, con un abastecimiento linfático y vascular abundante. La inervación intrínseca de la submucosa proviene del plexo submucoso (de Meissner) parasimpático. La submucosa del duodeno es poco común porque contiene glándulas de Brunner (glándulas duodenales) (Fig. 3.60).<sup>2.38</sup>

La muscular externa: la capa muscular del intestino se compone de una capa circular interna y una capa longitudinal externa (Fig. 3.63) y tiene a su cargo la actividad peristáltica del intestino delgado. La capa circular tiene a su cargo las contracciones de segmentación que mueven el quimo de manera local mezclándolo con los jugos digestivos y lo ponen en contacto con la mucosa para

la absorción de nutrientes. Por otro lado, la capa longitudinal tiene a su cargo las contracciones peristálticas que desplazan el contenido intestinal a lo largo del tubo hasta la porción distal del intestino.<sup>3.68</sup>

### **3.3.1. Duodeno.**

Es el segmento más corto del intestino delgado con 25 cm de longitud. Esta región recibe los jugos gástricos del páncreas y la bilis de la vesícula biliar, en la porción correspondiente al ámpula de Vater. En esta región, las vellosidades son más anchas, altas y numerosas por unidad de área, además de ser la región que presenta menor número de células caliciformes y contener las glándulas de Brunner en su submucosa.<sup>3.69</sup>

Las glándulas de Brunner son tubuloalveolares ramificadas y sus porciones secretorias semejan ácidos mucosos (Fig. 3.61). Los conductos de estas glándulas penetran en la muscular de la mucosa y suelen perforar las bases de las criptas de Lieberkühn para llevar su producto secretorio a la luz del duodeno. En ocasiones sus conductos se abren en los espacios intervallosos (Fig. 3.62). Las glándulas de Brunner secretan un líquido alcalino, mucoso, en respuesta a la estimulación parasimpática. Este líquido ayuda a neutralizar el quimo ácido que pasa al duodeno del estómago pilórico. Las glándulas también elaboran la hormona polipeptídica urogastrona que se vierte a la luz del duodeno junto con el amortiguador alcalino. La urogastrona inhibe la producción de HCl (por inhibición directa de las células parietales) y aumenta el ritmo de actividad mitótica en células epiteliales.<sup>2.39</sup>

### **3.3.2. Yeyuno**

Esta región es posterior al duodeno y sus vellosidades son más estrechas, cortas y escasas que las del duodeno. En esta región el número de células caliciformes es mayor que en el duodeno y el íleon. (Fig. 3.53)<sup>3.70</sup>

### **3.3.3. Íleon.**

Es la última porción del intestino delgado y presenta escasas vellosidades, cortas y estrechas en comparación con las otras dos regiones. Además destacan las placas de Peyer (Fig. 3.59) que son racimos de nódulos linfoides que se encuentra en la lámina propia de esta región.<sup>3.71</sup>

### **3.4. Intestino Grueso.**

El intestino grueso, compuesto por ciego, colon (ascendente, transverso, descendente y sigmoide), recto y ano, mide alrededor de 1.5 m de largo. Absorbe la mayor parte del agua y los iones del quimo que recibe del intestino delgado y compacta el quimo en heces para su eliminación. El ciego y el colon (Fig. 3.72) no muestran diferencias histológicas y se estudian como una entidad denominada colon.<sup>2.40</sup>

El colon carece de vellosidades pero contiene en abundancia criptas de Lieberkühn (Fig. 3.73) cuya composición es similar a las del intestino delgado, excepto por la ausencia de las células de Paneth. La cifra de células caliciformes (Fig. 3.74) se incrementa del ciego al colon sigmoide, pero las células de absorción de la superficie son el tipo celular más numeroso. También se encuentran células del SNED (Fig. 3.76), aunque muy pocas. La actividad mitótica rápida de las células de regeneración reemplaza el revestimiento epitelial de las criptas (Fig. 3.75) y la superficie mucosa cada seis a siete días.<sup>2.41</sup>

Las criptas de Lieberkühn (Fig. 3.79) se encuentran en la mucosa del intestino grueso y son tubulares simples.<sup>3.72</sup>

El recto se asemeja al colon desde el punto de vista histológico pero las criptas de Lieberkühn son más profundas y en menor cantidad por unidad de área.<sup>2.42</sup> El conducto anal, la continuación estrecha del recto, mide alrededor de 3 a 4 cm de largo. Sus criptas de Lieberkühn son cortas y escasas, y no se encuentran en la mitad distal del conducto anal. La mucosa también muestra pliegues longitudinales, las columnas anales (columnas rectales de Morgagni). Estas se reúnen unas con otras para formar evaginaciones similares a bolsas, las válvulas anales con senos anales intercurrentes. Las válvulas anales ayudan al ano a apoyar la columna de heces.<sup>2.43</sup>

El conducto anal une el recto con el orificio anal. En su parte inicial posee un epitelio similar al del colon, el cual cambia a plano estratificado y finalmente a un plano estratificado con estrato córneo en el orificio anal (Fig. 3.80).<sup>4.7</sup>

El apéndice vermiforme (Fig. 3.77) es un divertículo del ciego de 5 a 6 cm de largo con una luz en forma estrellada que suele estar ocupada por desechos. La mucosa del apéndice se compone de un epitelio cilíndrico simple, constituido por células de absorción de la superficie, caliciformes y M donde los nódulos linfoides colindan con el epitelio. La lámina propia es un tejido conectivo laxo con múltiples nódulos linfoides y criptas de Lieberkühn (Fig. 3.78) superficiales. Las células que componen estas criptas son de absorción de la superficie, caliciformes, regenerativas, múltiples del SNED y pocas células de Paneth.<sup>2.44</sup>

### **3.5. Páncreas.**

El páncreas es una glándula anexa al tubo digestivo, es un órgano impar y se divide en cabeza, cuerpo y cola, se localiza en el espacio retroperitoneal. Su conducto pancreático principal de Wirsung recorre toda la longitud de la glándula que desemboca en la segunda porción del duodeno en la ampolla hepatopancreática. El páncreas se caracteriza por ser una glándula tubuloalveolar compuesta y lobulada. Una capa delgada de tejido conjuntivo laxo forma una cápsula alrededor de la glándula y de ella parten tabiques que dividen el parénquima glandular en lobulillos irregulares. El páncreas se caracteriza por ser una glándula exocrina y endocrina (Fig. 3.81), sus funciones están divididas en dos componentes estructurales distintos. El componente exocrino (Fig. 3.82) se encarga de formar y secretar enzimas producidas por células acinares (Fig. 3.83) y depositarlas en el duodeno.<sup>3.73</sup>

El componente endocrino formado por los islotes de Langerhans sintetiza varias hormonas como la insulina y el glucagón que son depositadas directamente en el torrente sanguíneo, la principal función de estas hormonas es la regulación del metabolismo de la glucosa, lípidos y proteínas del organismo.<sup>3.74</sup>

#### **3.5.1. Páncreas exocrino.**

El páncreas exocrino (Fig. 3.84) es una glándula tubuloacinar compuesta que produce a diario alrededor de 1200 ml de un líquido rico en bicarbonato que contiene proenzimas digestivas. Cuarenta a cincuenta células acinares forman un ácino redondo a oval cuya luz está ocupada por tres a cuatro células centroacinares (Fig. 3.85), el inicio del sistema de conductos del páncreas. La presencia de células centroacinares en el centro del ácino es una característica distintiva de esta glándula.<sup>2.45</sup>

El páncreas exocrino se caracteriza por ser una glándula serosa y es parecida a la glándula parótida. Está formada por adenómeros de forma acinosa y compuesto por un epitelio simple de células serosas piramidales. Estas células se caracterizan por una superficie libre, angosta y con una superficie basal ancha. Las células secretoras serosas del acino producen los precursores de las enzimas digestivas del páncreas. El conducto intercalar comienza dentro de los adenómeros.<sup>3.75</sup>

Las células de los acinos se caracterizan por una basofilia (Fig. 3.86) en el citoplasma basal y por gránulos de zimógeno acidófilos en su citoplasma apical, dentro de los cuales se encuentran varias enzimas los acinos de forma inactiva son las endopeptidasas y exopeptidasas que digieren proteínas al romper los enlaces peptídicos, enzimas amilolíticas como la alfa amilasa que digieren

carbohidratos, lipasas que rompen los enlaces éster de los triacilgliceroles para liberar ácidos grasos y las enzimas nucleolíticas como la desoxirribonucleasa y ribonucleasa que digieren los ácidos nucleicos. Estas enzimas son activadas por la tripsina después de que llegan al duodeno.<sup>3.76</sup>

Las células acinosas (Fig. 3.89) están unidas por complejos de unión ubicados a nivel apical, que aíslan el espacio intercelular lateral de la luz del acino. Los gránulos de zimógeno (Fig. 3.87) son liberados hacia el lumen por exocitosis.<sup>3.77</sup>

### **3.5.2. Sistemas de Conductos.**

Los conductos intercalados del páncreas están cubiertos por epitelio cúbico simple y se extienden al lumen de los alveolos como células centroacinares. Las células centroacinosas están en el comienzo del sistema de conductos excretores del páncreas exocrino. Los conductos intralobulillares drenan en los conductos interlobulillares (Fig. 3.88) que están compuestos por epitelio cilíndrico. Estos conductos a su vez terminan en el conducto pancreático principal de Wirsung. Además a nivel de la cabeza del páncreas se encuentra otro conducto llamado conducto pancreático accesorio de Santorini.<sup>3.78</sup>

La secreción exocrina del páncreas está sometida a un control hormonal y nervioso. La colecistocinina (CCK) es una hormona polipeptídica de 33 aminoácidos, liberada por las células enteroendocrinas del intestino delgado que estimula la secreción de las células acinares.<sup>3.79</sup>

La secretina es una hormona polipeptídica de 27 aminoácidos que es secretada por las células del intestino delgado y estimula la secreción de las células de los conductos intercalados. La secreción de estas el quimo ácido del estómago.<sup>3.80</sup>

### **3.5.3. Páncreas endocrino.**

El páncreas como órgano endocrino tiene la función de regular el metabolismo de los carbohidratos, así como de proteínas y lípidos. Estas funciones se concentran en un cúmulo de células llamados islotes de Langerhans, que están dispersos por todo el órgano pancreático.<sup>3.81</sup>

Cada islote de Langerhans es un conglomerado esférico de alrededor de 3 000 células con un riego abundante. Cerca de 1 millón de islotes distribuidos en la totalidad del páncreas del hombre constituyen el páncreas endocrino.<sup>2.46</sup>

Los islotes de Langerhans están formados por diferentes tipos celulares, se identifican las células alfa, beta y delta, que se tiñen con la tinción de Mallory-

ázan. Estas células pueden correlacionarse con una hormona específica y tienen una ubicación determinada dentro del islote.<sup>3.82</sup>

Las células  $\beta$  forman cerca del 70% del total de las células insulares y están ubicadas en el centro del islote. Secretan insulina (Fig. 3.91).<sup>3.83</sup>

Las células A ( $\alpha$ ) constituyen entre el 15 y el 20% de la población celular del islote y se encuentran ubicadas en la periferia de los islotes. La hormona que secretan es glucagón (Fig. 3.90).<sup>3.84</sup>

Las células D ( $\delta$ ) forman del 5 al 10% de las células del islote de Langerhans y se localizan en la periferia del islote, secretan la hormona somatostatina (Fig. 3.92).<sup>3.85</sup>

Las células PP elaboran el polipéptido pancreático, una hormona que inhibe las secreciones exocrinas del páncreas (Fig. 3.93).<sup>2.47</sup>

Las células G, liberan la gastrina, que estimula la liberación gástrica de HCl, la motilidad y el vaciamiento gástricos, y el índice de división celular en células regenerativas gástricas.<sup>2.48</sup>

### **3.6. Hígado.**

El hígado es la glándula más grande del organismo, que se encuentra localizada en el hipocondrio derecho del abdomen y protegido por la parrilla costal.<sup>3</sup> Presenta una cara diafragmática y una visceral y se subdivide en cuatro lóbulos: derecho, izquierdo, cuadrado y caudado.<sup>4.8</sup>

El hígado tiene un riego sanguíneo doble; recibe sangre oxigenada de las arterias hepáticas derecha e izquierda (25%) y sangre rica en nutrientes por medio de la vena porta (75%). Ambos vasos penetran en el órgano por el hilio y originan numerosas ramas que distribuyen la sangre en el interior del hígado, de donde es drenada por medio de las venas hepáticas, que salen por la parte posterior del órgano para vaciar su contenido en la vena cava inferior.<sup>4.9</sup>

El hígado realiza una gran cantidad de funciones, entre ellas el almacenamiento de glucógeno (Fig. 3.95) y vitaminas, metabolismo de diferentes productos, detoxificación, síntesis de una gran variedad de proteínas, y otras mas.<sup>4.10</sup>

El hígado está cubierto por una capa de tejido conjuntivo denominado cápsula de Glisson, y está a su vez recubierto de peritoneo. Tiene un hilio hepático por donde ingresa la vena porta, la arteria hepática y emerge el conducto hepático común, que drena en la vesícula biliar.<sup>3.86</sup>

El hígado es considerado como un órgano vital y realiza dos tipos de secreciones, una de tipo exocrina: forma la bilis y ésta se secreta posteriormente al duodeno y otra de tipo endocrina al secretar sus productos directamente al torrente sanguíneo. Entre algunas de sus funciones provee al organismo de proteínas plasmáticas y mantiene las concentraciones de lípidos.<sup>3.87</sup>

El estroma o el armazón del hígado inicia desde la cápsula de Glisson y está constituido por tejido conjuntivo, de la cual se desprenden hacia el interior del parénquima hepático trabéculas conjuntivas (fibras de colágeno y reticulares) (Fig. 3.97). Las cuales rodean a los componentes celulares, formados por hepatocitos.<sup>3.88</sup>

El sustento conjuntivo de los hepatocitos en el interior de los lobulillos hepáticos (Fig. 3.99) es una red tridimensional de fibras reticulares (colágeno tipo IV). En el interior del parénquima hepático, el tejido conjuntivo rodea una unidad tisular formada por las ramas más delgadas de las estructuras mencionadas, que se sitúan en los vértices de los lobulillos hepáticos (Fig. 3.100) para constituir las tríadas portales y donde se encuentran los espacios de Kiernan o espacios portales.<sup>3.89</sup>

Los hepatocitos se organizan tridimensionalmente en forma de cordones (Fig. 3.96), placas o muros de trayecto irregular, que se anastomosan entre sí.<sup>3.90</sup>

Los hepatocitos son células de núcleos voluminosos, esféricos, con una distinción muy clara de la cromatina y de los nucléolos. El hepatocito es la célula funcional del hígado. Es una célula poliédrica o poligonal. El citoplasma del hepatocito muestra zonas de basofilia (presencia de retículo endoplásmico rugoso y polirribosomas libres) y de acidofilia (abundancia de acumulaciones de glucógeno (Fig. 3.94) y de retículo endoplásmico liso).<sup>3.91</sup>

En los lugares de unión de un hepatocito con otro se forman pequeñas invaginaciones semicirculares que en contacto con la invaginación de la célula vecina, constituyen, a lo largo del punto de contacto, una especie de canalículo (Fig. 3.103) por donde drena y circula la bilis. Esta estructura recibe el nombre de canalículo biliar (Fig. 3.104). Integran una red que transporta la bilis hacia el conductillo biliar localizado en la tríada hepática (Fig. 3.98).<sup>3.92</sup>

Las células de Kupffer constituyen el sistema fagocítico mononuclear. Estas células derivan de los monocitos y pertenecen al sistema monocito-macrófagos, pues derivan de estas células, a través del torrente circulatorio arriban al órgano y colonizan el parénquima hepático, situándose en la superficie o los lugares de reunión de los capilares sinusoidales. Las células de Kupffer (Fig. 3.101) se

encuentran en la superficie del endotelio en la luz del sinusoides, y no están unidas al endotelio vecino.<sup>3.93</sup>

Las células de Kupffer (Fig. 3.102) son demostradas cuando se administra a un animal de experimentación, vía subcutánea o endovenosa, una solución con tinta china u otros colorantes vitales como el carmín de litio o el azul tripán.<sup>3.94</sup>

### **Referencias Bibliográficas.**

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Medica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002.  
Ref. 2.1-2.3: pág. 351; Ref. 2.4, 2.5: pág. 360; Ref. 2.6-2.8: pág. 361; Ref. 2.9, 2.10: pág. 352; Ref. 2.11: pág. 353; Ref. 2.12-2.16: pág. 354; Ref. 2.17-2.21: pág. 355; Ref. 2.22: pág. 358, Ref. 2.23-2.25: pág. 359; Ref. 2.26-2.28: pág. 363; Ref. 2.29-2.32: pág. 365; Ref. 2.33, 2.34: pág. 367; Ref. 2.35: pág. 370; Ref. 2.36: pág. 380; Ref. 2.37-2.39: pág. 382; Ref. 2.40: pág. 387; Ref. 2.41, 2.42: pág. 388; Ref. 2.43: pág. 389; Ref. 2.44-2.48: pág. 420.
- 3) Stevens A., Lowe J.s. Histología Humana. 2º ed. Madrid: Harcourt, 1998.  
Ref. 3.1-3.5: pág.177; Ref. 3.6-3.9: pág. 179; Ref. 3.10-3.26: pág. 188; Ref. 3.27, 3.28: pág. 182; Ref. 3.29, 3.30: pág. 185; Ref. 3.31: pág. 186; Ref. 3.32: pág. 190; Ref. 3.33-3.38: pág. 191; Ref. 3.39-3.43: pág. 197; Ref. 3.44-3.48: pág. 200; Ref. 2.49-3.52: pág. 201; Ref. 3.53-3.55: pág. 223; Ref. 3.56-3.61: pág. 202; Ref. 3.62, 3.63: pág. 204; Ref. 3.65: pág. 205; Ref. 3.66-3.70: pág. 206, Ref. 3.72, 3.73: pág. 205; Ref. 3.74: pág. 208, Ref. 3.75: pág. 225; Ref. 3.76-3.78: pág. 218; Ref. 3.79-3.83: pág. 217, Ref. 3.84-3.93: pág. 218.
- 4) La práctica histológica. Facultad de Medicina. Manual Departamental. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003.  
Ref. 4-1-4.3: pág. 125; Ref. 4.4: pág. 127; Ref. 4.5-4.10: pág. 130.
- 5) Gartner L., Hiatt J.L., Sturm J.M. Biología Celular e Histología. 8º ed. España: Wolters Kluwer/Williams y Wilkins, 2007.
- 6) Jac Poirier J. Ribadeau-Dumas, Catala M., André J., Gherard. R. Histología

## 4. Aparato Respiratorio

**E**l aparato respiratorio es el encargado de captar O<sub>2</sub> y eliminar el CO<sub>2</sub> procedente del metabolismo celular.<sup>3.1</sup>

### 4.1. Organización

El sistema respiratorio está constituido por:

1. Vías respiratorias, porción conductora de gases inspirados hacia el interior de los pulmones y la eliminación de CO<sub>2</sub>
2. Los pulmones, en los que se tiene el intercambio de gases. El oxígeno que llega a los pulmones pasa a la sangre a través de las paredes alveolares y la sangre cede el CO<sub>2</sub> para su eliminación.<sup>3.2</sup>

Dentro del sistema alveolar de los pulmones, las moléculas de oxígeno y dióxido de carbono se intercambian pasivamente, por difusión, entre el entorno gaseoso y la sangre. Así, el sistema respiratorio facilita la oxigenación con la remoción contaminante del dióxido de carbono y otros gases que son desechos del metabolismo, de la circulación.<sup>3.3</sup>

El aparato respiratorio tiene dos grandes zonas anatómicas:

La vía respiratoria Superior: Comprende un sistema de espacios intercomunicados, las fosas nasales, la cavidad nasal, los senos paranasales y la nasofaringe.<sup>3.4</sup>

La vía respiratoria inferior: Comienza en la laringe y continúa hacia el interior del tórax con la tráquea, que posteriormente se divide en vías respiratorias más y más pequeñas hasta llegar a los alvéolos.<sup>3.5</sup>

### 4.2. Estructuras y Órganos. Características y funciones:

#### 4.2.1. Vías respiratorias superiores:

##### 4.2.1.1. Nariz.

Tiene forma de pirámide triangular. En su base aparecen dos agujeros o ventanas nasales. Las paredes laterales están formadas por hueso y cartílago. A través de las ventanas nasales se entra en el vestíbulo nasal por un relieve que el

cartilago del ala proyecta hacia adentro. Este relieve es el *limen nasi*. La piel que recubre la nariz se introduce también por el vestíbulo. En este punto presenta abundantes glándulas sebáceas y unos pelos duros y largos denominados *vibrisas*.<sup>2.1</sup> A partir del *limen nasi* se entra en la fosa nasal propiamente dicha.

#### **4.2.1.2. Fosas nasales.**

Están situadas en el macizo facial, por encima de la cavidad bucal, debajo de la fosa craneal anterior y a ambos lados de ella se ubican las fosas orbitarias y los senos maxilares. La apertura piriforme comunica las fosas con el exterior, y las coanas con el piso superior de la faringe.<sup>2.2</sup> El recubrimiento cutáneo da paso a una mucosa de tipo respiratorio (Fig. 4.1). Está formada por un epitelio pseudoestratificado (Fig. 4.3), con células ciliadas y caliciformes, apoyado en una membrana basal, bajo la que subyace un corion de tejido conectivo laxo. En este último es frecuente localizar folículos linfoides y glándulas serosas y mucosas, (Fig. 4.2) estas se profundizan desde el epitelio. Se trata de la pituitaria respiratoria (membrana de Schneider), que allana un poco los relieves óseos. Gran parte de la fosa nasal aparece, sin embargo revestida de un tipo especial de mucosa, *la pituitaria olfatoria*, que ofrece un color pardo amarillento debido a la abundancia de lipoproteínas. En la pituitaria olfatoria, el epitelio, también es pseudoestratificado, y presenta, entre otras, células neurosensoriales.<sup>4.1</sup>

La función de las fosas nasales es humedecer, filtrar y calentar el aire inhalado, además brinda protección contra los gérmenes.<sup>5.1</sup>

#### **4.2.1.3. Faringe.**

Es la segunda porción del aparato respiratorio y también del tubo digestivo. Está formada por tres porciones: rinofaringe, bucofaringe y porción laríngea o hipofaringe.<sup>2.3</sup> Su función es el paso de aire y alimentos.<sup>5.2</sup>

#### **4.2.1.4. Laringe.**

Es una parte de la vía respiratoria alta, contienen las cuerdas vocales. Estas intervienen en la fonación y sirven de paso para el aire.<sup>6.1</sup> La laringe posee un esqueleto, situado por debajo del hueso hioides, y está formado por una serie de cartílagos, unidos entre sí por ligamentos y articulaciones. La mucosa laríngea (Fig. 4.5.) tiene un epitelio de tipo respiratorio, excepto en los 2/3 superiores de la cara posterior de la epiglotis (Fig. 4.4) y el borde libre de cuerdas vocales inferiores, donde es de tipo digestivo. Bajo el epitelio subyace la lámina propia, debajo está la submucosa a la que se denomina, por su forma y contenido en fibras elásticas como *cono elástico*. La mayoría de los ligamentos de la laringe son partes engrosadas del cono elástico.<sup>5.3</sup>

Existen tres cartílagos impares: cicoides, tiroides y epiglótico; y dos pares: aritenoides y corniculados.<sup>5.4</sup>

## **4.2.2. Vías Respiratorias Inferiores.**

### **4.2.2.1. Tráquea.**

Está formada por cartílago (Fig. 4.6.), brinda una vía abierta al aire inhalado y exhalado de los pulmones.<sup>5.5</sup>

Está formada por una túnica fibroelástica, en su interior se encuentran los 16-20 cartílagos traqueales (Fig. 4.7), con forma de herradura cóncava hacia atrás; el músculo traqueal, constituido por fibras lisas. Está situado en la cara posterior de la tráquea (Fig. 4.8), está constituido de fibras lisas, y dividida en tantos segmentos como cartílagos (Fig. 4.9), cuyos extremos une. A la altura D4 la tráquea se bifurca en dos bronquios principales.<sup>4.2</sup>

### **4.2.2.2. Bronquios.**

El bronquio (Fig. 4.11) derecho es más corto y más ancho que el izquierdo. El derecho tiene una longitud de 2.5 cm y 16 mm de diámetro, mientras que el izquierdo puede llegar a los 5 cm de longitud y unos 10 mm de diámetro. Al separarse forman el ángulo bronquial, con una apertura de aproximadamente 70-80°, después de separarse se dirigen hacia el hilo pulmonar respectivo (Fig. 4.12).<sup>4.3</sup>

### **4.2.2.3. Bronquiolos.**

Son continuación de los bronquios, de menor calibre situados en el interior de los pulmones. Los bronquiolos (Fig. 4.14) respiratorios participan tanto en el transporte de aire como en el intercambio gaseoso.<sup>5.6</sup> Los bronquiolos (Fig. 4.15) carecen de cartílago (Fig. 4.16) y de glándulas; poseen un epitelio cilíndrico, ciliado y con células mucosas caliciformes.<sup>4.4</sup>

### **4.2.2.4. Alveolos.**

Los alveolos (Fig. 4.18) son sacos epiteliales que se abren hacia la vía respiratoria en los bronquios respiratorios, conductos alveolares (Fig. 4.19), atrios y sacos alveolares (Fig. 4.20). Estos, están separados por el septo interalveolar, dotado de una malla capilar. La pared alveolar está formada por una capa de células epiteliales (neumocitos) que ofrecen dos tipos de morfología:

1. Las células más numerosas (neumocitos I) son muy aplanadas, para que la barrera entre el aire y los capilares vecinos sea suficientemente delgada para permitir el intercambio gaseoso. La membrana alveolo capilar está formada por:
  - A) La película surfactante
  - B) el epitelio alveolar con su membrana basal (véase fig. 4.23)
  - C) el intersticio de los tabiques interalveolares.
  - E) El endotelio capilar con su membrana basal.
2. Neumocitos II, son células más escasas, son cúbicas y con microvellosidades. Poseen inclusiones citoplasmáticas de fosfolípidos sustancias que forman una película fina en la superficie interna del alveolo que hace posible una baja tensión superficial.
3. Existe otro tipo de células, los macrófagos alveolares (Fig. 4.22) que tienen la misión de mantener los alveolos libres de partículas extrañas.<sup>4.5</sup>

#### **4.2.2.5 Pulmones.**

El pulmón (Fig. 4.10) es el órgano de la hematosis, de la transformación de sangre venosa a la arterial. Es un órgano par incluido en la cavidad torácica. Los pulmones se encuentran separados en la línea media por un espacio irregular denominado mediastino.<sup>4.6</sup>

En el hombre adulto los pulmones (Fig. 4.17) pesan 1200 g aproximadamente, de los cuales 650 g corresponde en el pulmón derecho y 550g al pulmón izquierdo, tienen forma semicónica, muy irregular. En ellos se encuentra el *hilio pulmonar*: una zona deprimida por donde llegan al pulmón el bronquio y una arteria pulmonar y salen dos venas pulmonares; también entran nervios y vasos linfáticos (Fig. 4.24).<sup>4.7</sup>

#### **4.3. Características.**

Cada tipo de vía aérea tiene sus propias características estructurales, pero la transición de un tipo a otro a lo largo de la totalidad del aparato es gradual; en general las vías aéreas son túbulos plegables revestidos por mucosa respiratoria que contiene cantidades variables de músculo, además de cartílago en las de mayor calibre. Las características estructurales más importantes son:

La vía respiratoria superior esta revestida por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado con numerosas células caliciformes. Este epitelio descansa

sobre una capa colágeno laxa, la lamina propia. En conjunto, el epitelio de la lámina propia recibe el nombre de membrana mucosa respiratoria.<sup>4.8</sup>

En la vía inferior las cuerdas vocales de la laringe protegen a la parte inferior del aparato respiratorio, pues están revestidas por epitelio escamoso estratificado.<sup>4.9</sup>

El epitelio respiratorio se transforma progresivamente desde el tipo el tipo cilíndrico pseudoestratificado alto y ciliado de la laringe o la tráquea a un tipo cúbico, simple y no ciliado en las vías aéreas de menor calibre. Las células caliciformes son numerosas en la tráquea pero su número disminuye hasta desaparecer en los bronquiolos terminales distales. Diseminadas en el epitelio del aparato respiratorio se encuentran células que contienen gránulos de secreción electrodensos. Son conocidas como células de Kulchitsky o células K, que forman parte del sistema neuroendocrino difuso.<sup>4.10</sup>

La lámina propia consiste en un tejido fibroelástico (Fig. 4.21) en el que existen agregados linfoides de tamaño variable que forman parte del tejido linfóide asociado a las mucosas.<sup>4.11</sup>

Por debajo de la mucosa se encuentra una capa de tejido muscular liso (salvo la tráquea) que se hace cada vez más prominente a medida de que disminuye el diámetro de la vía aérea.<sup>4.12</sup>

La capa submucosa que subyace a la de músculo liso contiene glándulas serosas y mucosas que se van haciendo cada vez menos numerosas a medida que se estrechan las vías aéreas, hasta desaparecer a partir de los bronquios terciarios.<sup>4.13</sup>

La capa más externa de cartílago o de músculo liso, según sea el caso, está rodeada por un tejido fibroelástico denominado adventicia que se confunde con el parénquima pulmonar.<sup>4.14</sup>

## Referencias Bibliográficas

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Médica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002. Ref. 2.1, 2.2: pág. 329; 2.3: pág. 330.
- 3) Fandos T B, Navarro M V, Lucio M J, Barranchina L. Enfermería médico-quirúrgica: necesidad de movimiento. 2º ed. Barcelona: MASSON, 2000. Ref. 3.1-3.5: pág. 159.
- 4) Young B, Heath JW. Wheater's Histologia Funcional. España: Elsevier, 2000. Ref. 4.1: pág. 308; Ref. 4.2: pág. 313; Ref. 4.3: pág. 314; Ref. 4.4: pág. 321; Ref. 4.5: pág. 324; Ref. 4.6: pág. 331; Ref 4.7-4.9: pág. 332; Ref. 4.10-4.14: pág. 333.
- 5) Ross M. H., Pawlina W., Negrete J. H. Histología: texto y Atlas color con biología celular y molecular. 5ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2007. Ref. 5.1, 5.2: pág. 159; Ref. 5.3, 5.4: pág. 163; Ref. 5.5: pág. 165; Ref. 5.6: pág. 167.
- 6) Welsch U, Sobotta J. Histología. 2º ed, México: Médica Panamericana. 2008. Ref. 6.1: pág. 311.

## 5. Sistema circulatorio.

**E**l sistema circulatorio está formado por dos componentes separados pero relacionados: El sistema cardiovascular y el sistema vascular linfático.

La función del sistema cardiovascular es transportar sangre en ambas direcciones entre el corazón y los tejidos.

La función del sistema vascular linfático consiste en reunir la linfa, el exceso del líquido tisular extracelular, y llevarla de nuevo al sistema cardiovascular.

Por lo consiguiente el sistema linfático proporciona el transporte de un sentido, en tanto que el cardiovascular lleva a cabo una circulación en dos sentidos.<sup>2.1</sup>

### 5.1. Sistema Cardiovascular.

El aparato cardiovascular es un sistema tubular cerrado que está compuesto por dos compartimientos unidos entre sí y en cuyo punto de intersección se encuentra el corazón.

La circulación menor (circulación Pulmonar) cuya función principal consiste ante todo en dirigir la sangre desoxigenada al ventrículo derecho hacia los pulmones. Allí se carga de oxígeno es devuelta al corazón izquierdo para que pueda ser enviada al resto de los órganos.

La circulación mayor (circulación sistémica) que desde el ventrículo izquierdo (Fig. 5.31) suministra sangre oxigenada (~~arterial~~ —arterializada”) a todos los demás órganos. La sangre desoxigenada (~~venosa~~) se recolecta y se conduce hacia el corazón derecho.<sup>3.1</sup>

El aparato cardiovascular está constituido por el corazón, un órgano muscular que bombea sangre al circuito pulmonar y al circuito sistémico; arterias, capilares y venas.<sup>2.2</sup>

#### 5.1.1. Vasos Sanguíneos.

Los vasos sanguíneos proveen la ruta por la cual la sangre circula desde una parte a otra. Los vasos sanguíneos están organizados de modo que la sangre impulsada por el corazón alcance con rapidez la red vascular de luz estrecha y paredes delgadas que forman los capilares dentro o cerca de los tejidos de cada parte del cuerpo.<sup>4.1</sup> (Fig. 5.15)

La mayor parte de los vasos sanguíneos tienen varias características que son estructuralmente similares. Las paredes de los vasos sanguíneos están compuestas por tres capas: túnica íntima, túnica media, túnica adventicia (Fig. 5.7).

Estas capas concéntricas de tejido separadas, o tunicas, constituyen la pared de un vaso sanguíneo típico (Fig. 5.5).<sup>2,3</sup>

#### **5.1.1.1. Túnica Íntima.**

Es la capa más interna de la pared del vaso. Consiste en tres componentes:

a) Una capa simple de células epiteliales planas o escamosas, el endotelio, <sup>4,2</sup> aplanadas que forman un tubo que cubre la luz del vaso y el tejido conectivo endotelial subyacente.<sup>2,4</sup>

b) La lámina basal de las células endoteliales

c) La capa subendotelial compuesta por tejido conjuntivo laxo. En este tejido a veces se encuentran células musculares lisas.<sup>4,3</sup> La capa subendotelial de la íntima de las arterias y las arteriolas cuentan con Lámina o membrana elástica Interna (Fig. 5.3), que es una banda delgada de fibras elásticas bien desarrolladas (Fig. 5.6).

#### **5.1.1.2. Túnica Media.**

Se compone sobre todo de células de músculo liso orientadas de manera concéntrica alrededor de la luz.<sup>2,4</sup> En las arterias es relativamente gruesa y se extiende desde la membrana elástica interna hasta la membrana elástica externa.<sup>4,4</sup> La membrana o lámina elástica externa: se encuentra en la capa más externa de la túnica media, no se distingue en todas las arterias.<sup>2,5</sup>

Entre las células musculares lisas de la túnica media hay cantidades variables de elastina, fibras reticulares y proteoglicanos (Fig. 5.4). Todos los componentes de la túnica media son producidos por las células musculares lisas (Fig. 5.2).<sup>4</sup>

#### **5.1.1.3. Túnica Adventicia.**

Es la capa de tejido conjuntivo más externa. Está compuesto por tejido colágeno tipo I, fibroblastos, tejido conectivo fibroelástico dispuesto en sentido longitudinal (Fig. 5.10). Estos elementos de tejido conjuntivo se mezclan gradualmente con tejido conjuntivo laxo que rodea los vasos.<sup>2,6</sup> La túnica

adventicia de las arterias y la venas grandes contienen un sistema de vasos llamados *vasa vasorum*, que irrigan las paredes vasculares, lo mismo que una red de nervios autónomos, llamados *nervi vascularis*, que controlan la contracción del musculo liso en las paredes del vaso.<sup>4.6</sup>

### **5.1.2. Arterias**

Las arterias son vasos eferentes que transportan sangre del corazón a los lechos capilares. Las dos arterias principales que surgen de los ventrículos derecho e izquierdo del corazón son el tronco pulmonar y la aorta, respectivamente.

El tronco pulmonar se ramifica poco después de salir del corazón en arterias pulmonares derecha e izquierda, que penetran en los pulmones para distribuirse.

Las arterias coronarias derecha e izquierda que riegan el musculo cardiaco surgen de la aorta a su salida del ventrículo izquierdo.

La aorta sigue el arco oblicuo hacia atrás para descender de la cavidad torácica, donde proporciona ramas a la pared del cuerpo y las viseras; a continuación penetra en la cavidad abdominal y en este sitio da ramas a la pared del cuerpo y las viseras. Por último la aorta abdominal se bifurca en las arterias iliacas primitivas derecha e izquierda en la pelvis.

Del cayado del a aorta surgen tres troncos arteriales mayores: El tronco braquiocefálico derecho, la arteria carótida primitiva Izquierda y la arteria subclavia izquierda. Para el riego de las extremidades superiores y la cabeza y el cuello. La ramificación continua de todas estas arterias en gran número de arterias cada vez más pequeñas continúa hasta que la pared de los vasos contiene solo una capa de células endoteliales. Los vasos resultantes denominados capilares, son los elementos vasculares funcionales más pequeños del sistema cardiovascular.<sup>2.7</sup>

#### **5.1.2.1. Clasificación de arterias.**

Las arterias se clasifican en tres tipos principales:

1. Arterias elásticas (de conducción) (Fig. 5.1)
2. Arterias musculares (de distribución) (Fig. 5.8)
3. Arteriolas (Fig. 5.12)

**Tabla 5.1 Características de las arterias.**<sup>4.7</sup>

Vaso	Diámetro	Capa interna (Túnica íntima)	Capa Intermedia (túnica media)	Capa externa (Túnica adventicia)
<b>Arteria Grande (Arteria Elástica) (Fig. 5.11)</b>	>1	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso	Musculo liso Membranas (láminas) elásticas	Tejido conjuntivo Fibras elásticas Mas delgada que la túnica media
<b>Arteria mediana (Arteria Muscular) (Fig.5.9)</b>	2-10 mm	Endotelio Tejido conjuntivo musculo liso Membrana elástica interna prominente	Musculo liso Fibras colágenos Relativa escases de tejido elástico	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más delgada que la túnica media
<b>Arteria pequeña (Fig. 5.8)</b>	0,1-2 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Musculo liso Membrana elástica interna	Musculo liso (8-10 capas celulares) Fibras colágenos	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más delgada que la túnica media
<b>Arteriola (Fig. 5.13)</b>	10-100 $\mu$ cm	Endotelio Tejido conjuntivo Musculo liso	Músculo liso (1-2 capas celulares)	Fina vaina de tejido conjuntivo mal definida
<b>Capilar (Fig. 5.14)</b>	4-10 $\mu$ cm	Endotelio	-----	-----

### 5.1.3. Arteriolas y capilares.

Las arterias con un diámetro menos a 0.1 mm se consideran arteriolas.

Las arteriolas son los vasos arteriales terminales que regulan el flujo sanguíneo hacia los lechos capilares.<sup>2.8</sup> Las arteriolas son importantes como dispositivos de regulación de la resistencia periférica (vasos de resistencia) y tienen una inervación particularmente abundante (Fig. 5.16).

En la región de transición hacia los capilares la capa remanente de músculo liso se disgrega (metarteriolas) aquí el musculo tiene una función de esfínter que actúa sobre la perfusión de los capilares.<sup>3.2</sup>

De las porciones terminales de las arteriolas surgen los capilares, que al ramificarse y anastomosarse forman un lecho capilar (red) entre las arteriolas y las vénulas. Los capilares, compuestos por una capa de células endoteliales, son los vasos sanguíneos mas pequeños.<sup>2.9</sup>

#### **5.1.3.1. Clasificación de Capilares.**

Se distinguen tres tipos de capilares:

1. Capilares Continuos: En estos capilares el endotelio forma una capa delgada uniforme sin ninguna interrupción. Las células endoteliales tienen una abundancia de vesículas pinocíticas que contribuyen a la mayoría de los procesos de transporte. La membrana de las células endoteliales también poseen acuaporinas (Fig. 5.18).
2. Capilares fenestrados: En su endotelio hay regiones amplias provistas de las llamadas fenestraciones, que miden de 20-100 nm de diámetro y parecen poros; sin embargo están cerrados por un diafragma (Fig. 5.3).
3. Capilares discontinuos: son capilares con poros abiertos: en los glomérulos renales y en los capilares de luz amplia (sinusoides) del hígado (fig. 5.26) las células endoteliales se caracterizan por tener poros abiertos (Fig. 5.17).<sup>3</sup>

#### **5.1.4. Venas**

Las venas son vasos que regresan sangre al corazón<sup>2.10</sup>, es decir, las venas conducen la sangre desde las redes capilares de retorno al corazón. En la circulación mayor normalmente transcurren paralelas a las arterias. El sistema venoso tiene una capacidad mucho mayor que las arterias.<sup>3.4</sup>

Las venas se clasifican en tres grupos con base a su diámetro y el grosor de la pared: pequeñas medianas y grandes.<sup>2.11</sup>

**Tabla 5.2 Clasificación y características de las venas.** <sup>4.8</sup>

Vaso	Diámetro	Capa interna (Túnico íntima)	Capa Intermedia (túnica media)	Capa externa (Túnica adventicia)
<b>Vénula poscapilar</b>	10-50 $\mu\text{cm}$	Endotelio pericitos	-----	-----
<b>Vénulas muscular (Fig.5.27)</b>	50-100 $\mu\text{cm}$	Endotelio Pericitos	Músculo liso (1-2 capas celulares)	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más gruesa que la túnica media.
<b>Vena pequeña (Fig. 5.28)</b>	0.1-1 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Musculo liso (2-3 capas)	Músculo liso (2-3 capas continuas con la túnica íntima)	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más gruesa que la túnica media
<b>Vena media (Fig. 5.29)</b>	1-10 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Musculo liso Membrana elástica interna en algunos casos	Musculo liso Fibras colágeno	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más gruesa que la túnica media
<b>Vena grande (Fig. 5.31)</b>	>1	Endotelio Tejido conjuntivo Musculo liso	Musculo liso (2-15 capas) Musculo cardíaco cerca del corazón Fibras colágeno	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas, musculo liso longitudinal Mucho más gruesa que la túnica media.

### 5.1.5. Corazón.

El corazón es una bomba muscular que mantiene el flujo unidireccional de la sangre (Fig. 5.20).<sup>4.9</sup>

Su pared está compuesta de tres capas: Endocardio, miocardio y epicardio.

#### **5.1.5.1. Endocardio.**

El endocardio está compuesto internamente por el endotelio y una capa delgada, contigua de tejido conjuntivo laxo con fibras de colágeno y elásticas. Hacia afuera se continúa una capas más gruesa de tejido conjuntivo con fibras abundantes en la que hay células musculares lisas. Un poco más afuera sigue una capa con vasos y nervios que se introduce parcialmente en el miocardio y también contiene haces de fibras del sistema de conducción de impulsos.<sup>3.5</sup> (Fig.5.32).

Profundo al endocardio se encuentra una capa subendocárdica de tejido conectivo laxo que contiene vasos sanguíneos pequeños, nervios y fibras de Purkinje del sistema de conducción del corazón.<sup>2.12</sup> (Fig. 5.36)

#### **5.1.5.2. Miocardio.**

La capa media y más gruesa de las tres capas del corazón, contiene células de músculo cardiaco dispuestas en espirales complejos alrededor de los orificios de las cámaras (Fig. 5.24).<sup>2.13</sup> El miocardio posee capilares sanguíneos abundantes (Fig. 5.19) y (Fig. 5.25) en los que la sangre puede circular casi con exclusividad durante la diástole (Fig. 5.33) .<sup>3.6</sup>

#### **5.1.5.3. Epicardio.**

El epicardio es una capa de tejido conjuntivo ubicada por fuera del miocardio y cubierta por un epitelio simple plano.<sup>3.7</sup> La capa subepicárdica de tejido conectivo laxo contiene vasos coronarios, nervios y ganglios (Fig.5.34).<sup>2.14</sup>

#### **5.1.5.4. Esqueleto cardiaco.**

El esqueleto del corazón, compuesto de tejido conectivo denso, incluye tres estructuras principales (Fig. 5.21) (Fig. 5.22) y (Fig. 5.23).

1. Anillos fibrosos: que se forma alrededor de la base de la aorta, la arteria pulmonar y los orificios auriculoventriculares.
2. El triángulo fibroso: que se forma sobre todo en la cercanía del área de las cúspides de la válvula aórtica.
3. El tabique membranoso, que constituye la porción superior del tabique interventricular.<sup>2.15</sup>

### **5.1.6. Sistema vascular linfático.**

El sistema vascular linfático se compone de una serie de vasos que remueve el exceso del líquido extracelular (linfa) de los espacios del tejido intersticial y lo regresan al sistema cardiovascular.<sup>2.16</sup>

1. Capilares linfáticos: Los capilares linfáticos son vasos de configuración muy variable, en su mayor parte tubulares o con forma de hendidura, limitados por un endotelio delgado. Las células endoteliales están unidas por estructuras de contacto laxas. Carecen de una lámina basal continua.
2. Senos linfáticos: Sus paredes están formadas solo por células endoteliales muy delgadas.
3. Vasos linfáticos: Los vasos linfáticos de un calibre mayor poseen fibras elásticas subendoteliales a las que les sigue una capa de células musculares lisas o dos. Más afuera se encuentra una adventicia de fibras de colágeno y fibras elásticas.

Los vasos linfáticos pequeños y medianos no poseen válvulas a distancias relativamente cercanas que se parecen a las de las venas y están tapizadas por un endotelio. En su centro hay una capa de tejido conjuntivo. Estas válvulas son componentes fundamentales de los vasos linfáticos y aseguran el flujo unidireccional de la linfa.<sup>3.8</sup>

### **5.2. Células sanguíneas.**

La sangre es un tejido conectivo especializado compuesto por células (eritrocitos, hematíes, leucocitos y trombocitos o plaquetas) y una sustancia intercelular líquida en la cual están suspendidas estas células.<sup>3.9</sup>

Las principales funciones de la sangre incluyen llevar nutrientes del sistema gastrointestinal a todas las células del cuerpo y desplazar subsecuentemente los productos de desecho de estas células a órganos específicos para su eliminación.<sup>2.17</sup>

#### **5.2.1. Eritrocitos.**

Son las células más numerosas de la sangre, se encargan de transportar el oxígeno y dióxido de carbono a los tejidos del cuerpo y desde ellos.<sup>2.18</sup> (Fig. 5.38)

Los eritrocitos o glóbulos rojos tienen su origen en la médula ósea y la estructura de la célula madura es muy diferente de las otras células, (Fig. 5.39). En los extendidos sanguíneos coloreados aparecen en la forma de discos pequeños bicóncavos rojos con una periferia oscura y un centro claro. (Fig. 5.40)

Los eritrocitos maduros de la sangre carecen de núcleo y organelos.<sup>3.8</sup> Por lo tanto el eritrocito totalmente diferenciado consiste tan solo de una membrana plasmática externa que rodea a la hemoglobina y a un número limitado de enzimas necesarias para mantener la integridad de la membrana y las funciones de transporte de gases.<sup>5.1</sup>

El color rojo de la hemoglobina se debe al alto contenido de hemoglobina. La hemoglobina es un tetrámero de dos cadenas polipeptídicas alfa y dos cadenas polipeptídicas beta. Asociado con cada molécula de globina hay un grupo hemo. El hierro del hemo transporta el oxígeno.<sup>3.9</sup>

#### **5.2.1.2. Reticulocitos.**

Son las formas inmaduras con las que los eritrocitos pasan a la circulación desde la médula ósea. Todavía poseen mitocondrias, ribosomas y elementos de Golgi suficientes para completar su citoesqueleto y para sintetizar el 20% de hemoglobina que aun les falta. La maduración final de los eritrocitos ocurre de 24 a 48 hrs después de su liberación.

Los reticulocitos no son fáciles de distinguir de los hematíes maduros en las extensiones habituales de sangre, pero con azul de cresilo brillante es posible debido a la formación de un precipitado reticular. (Fig. 5.51)

#### **5.2.2. Linfocitos.**

Los leucocitos constituyen una parte importante en las defensas del organismo frente a los invasores extraños.<sup>5.2</sup>

Los leucocitos son glóbulos blancos que se clasifican en dos categorías principales: granulocitos (que tienen gránulos específicos en su citoplasma) y agranulocitos (que carecen de gránulos específicos) (Fig. 5.44).<sup>2.19</sup>

Los linfocitos utilizan la sangre para transportarse desde la médula ósea hasta los lugares con mayor actividad. La mayoría de sus funciones sanguíneas tienen lugar cuando abandonan la circulación y entran en los tejidos.<sup>6.1</sup>

En la sangre circulante existen normalmente cinco tipos de leucocitos que, tradicionalmente, se dividen en dos grupos principales según la forma de su núcleo y sus gránulos citoplasmáticos.

##### **5.2.2.1 Granulocitos.**

**Neutrófilos.** Constituyen la mayor parte de la población de los glóbulos blancos; son fagocitos ávidos y destruyen bacterias que invaden espacios del tejido conectivo.<sup>2.20</sup> debido a su gran movilidad y capacidad fagocitaria,

desempeñan su función principal en la respuesta inflamatoria aguda frente a la lesión de los tejidos.<sup>5.3</sup> (Fig. 5.41)

Los neutrófilos maduros son células de 8.5-10  $\mu\text{cm}$  de diámetro con un núcleo segmentado, debido a esto se llaman segmentados. Los neutrófilos jóvenes poseen un núcleo hipercromático con forma de banda o de cayado que todavía no exhibe lóbulos.<sup>3.10</sup>

Los neutrófilos en su citoplasma poseen gránulos azurófilos (son lisosomas que contienen hidrolasas ácidas, mieloperoxidasas, lisozima, catepsina y colagenasa específica), terciarios (gelatinasa, catepsinas y glucoproteínas) y específicos (varias enzimas, agentes farmacológicos que ayudan al neutrófilo a llevar a cabo su actividad antimicrobiana) (Fig. 5.46).<sup>2.21</sup>

**Eosinófilos.** Los eosinófilos fagocitan complejos de antígeno-anticuerpo y sanguíneos, pero pueden ser pleomorfas durante su migración a través del tejido conectivo. Los eosinófilos tienen 10-14  $\mu\text{cm}$  de diámetro, en forma de embudo y núcleo bilobulado en el que los dos lóbulos están unidos entre sí por un filamento delgado de cromatina y envoltura nuclear. Poseen gránulos específicos y azurófilos. Los específicos son oblongos (1.0-1.5  $\mu\text{cm}$  de largo <1.0  $\mu\text{cm}$  de ancho) se tiñen con Giemsa y Wright.<sup>2.22</sup> (Fig. 5.42)

**Basófilos.** Los basófilos se forman en la médula ósea, donde comparten un precursor común con todos los granulócitos hasta el estadio de mieloblasto.<sup>5.4</sup>

Los basófilos constituyen el 1% de la población total de leucocitos. Son células redondas cuando están en suspensión pero pueden ser pleomorfas durante su migración a través del tejido conectivo. Tienen de 8-10  $\mu\text{cm}$  de diámetro y un núcleo en forma de S que suele estar oculto por gránulos grandes específicos que se encuentran en el citoplasma. Contienen gránulos específicos y gránulos azurófilos.<sup>2.23</sup> (Fig. 5.43)

#### **5.2.2.2 Leucocitos mononucleares:**

**Linfocitos.** Son células redondas en el frotis sanguíneo pero pueden ser pleomorfas cuando migran al tejido conectivo, tienen núcleo redondo ligeramente indentado que ocupa la mayor parte de la célula. El núcleo es denso con una gran cantidad de heterocromatina, el citoplasma está situado en la periferia y contiene unos cuantos gránulos azurófilos.

Existen tres tipos de linfocitos: linfocitos T, linfocitos B y células nulas. Aunque morfológicamente no se distinguen entre sí, se pueden reconocer a nivel inmunológico. Se encargan del funcionamiento apropiado del sistema inmunitario.<sup>2.24</sup> (Fig. 5.44)

**Monocitos:** Los monocitos son las células más grandes de la sangre circulante (12-15µcm de diámetro). Tienen un núcleo grande, acéntrico en forma de riñón, el citoplasma tiene múltiples gránulos azurófilos y vacuolas. Los monocitos solo permanecen en circulación unos cuantos días; a continuación migran a través del endotelio de vénulas y capilares al tejido conectivo en donde se diferencian en macrófagos, en donde fagocitan el material particulado indeseable, producen citocinas necesarias para las reacciones inflamatorias y presentan epítomos a los linfocitos T.<sup>2.25</sup> (Fig. 5.45)

### **5.2.3. Plaquetas.**

Son fragmentos citoplasmáticos pequeños, irregulares y carentes de núcleo, de 2-3 µm de diámetro, derivados de la fragmentación de sus células precursoras, los megacariocitos (Fig. 5.47); la vida media de una plaqueta oscila entre 8 y 12 días. Las plaquetas juegan un papel fundamental en la hemostasia y son una fuente natural de factores de crecimiento; están involucradas en la formación de trombos.<sup>2.26</sup>

Las plaquetas contienen gránulos alfa y gránulos densos. Las plaquetas activadas excretan el contenido de estos gránulos dentro de sus sistemas canaliculares y en la sangre circundante. Existen dos tipos de gránulos:

1. Gránulos densos (contienen ADP o ATP, calcio y serotonina)
2. Gránulos alfa (contienen factor plaquetario (TGF beta 1), factor de crecimiento derivado de plaquetas, etc. (Fig. 5.48)<sup>3.11</sup>

### **5.2.4. Plasma.**

El plasma sanguíneo es la fracción líquida y acelular de la sangre. Está compuesto por un 90% de agua, un 7% de proteínas, y el 3% restante por grasa, glucosa, vitaminas, hormonas y oxígeno, gas carbónico y nitrógeno, además de productos de desecho del metabolismo como el ácido úrico. Es el componente mayoritario de la sangre, representando aproximadamente el 55% del volumen sanguíneo total, mientras que el 45% restante corresponde a las células sanguíneas.<sup>5.5</sup>

### **5.2.5. Médula ósea.**

La médula ósea es un tipo de tejido conectivo vascular y gelatinoso localizado en la cavidad medular contienen abundantes células que se encarga de la hematopoyosis.<sup>2.27</sup>

Todas las células sanguíneas derivan de una sola célula madre hematopoyética pluripotencial ubicada en la médula ósea. (Fig. 5.49)

Hay 2 tipos de médula ósea

1. La médula ósea roja que ocupa el tejido esponjoso de los huesos planos, como el esternón, las vértebras, la pelvis y las costillas; es la que tiene la función hematopoyética. (Fig. 5.50)
2. La médula ósea amarilla, que es tejido adiposo y se localiza en los canales medulares de los huesos largos.

La médula ósea roja, a la que se refiere habitualmente el término médula ósea, es el lugar donde se produce la sangre (hematopoyesis), porque contiene las células madre que originan los tres tipos de células sanguíneas que son los leucocitos, hematíes y plaquetas.<sup>3.12</sup>

#### **5.2.5.1 Hematopoyesis prenatal.**

La formación de células sanguíneas se inicia dos semanas después de la concepción (Fase mesoblástica) en el mesodermo del saco vitelino, en donde se agregan células mesenquimatosas en racimos conocidos como islotes sanguíneos. Las células periféricas de estos islotes forman la pared del vaso y de las restantes se transforman en eritroblastos, que se diferencian en eritrocitos nucleados.

La fase mesoblástica comienza a reemplazarse por la fase hepática, los eritrocitos tienen núcleo y aparecen los leucocitos alrededor de la octava semana de embarazo. La fase esplénica comienza alrededor de los 6 meses y continúa hasta el término de la gestación.

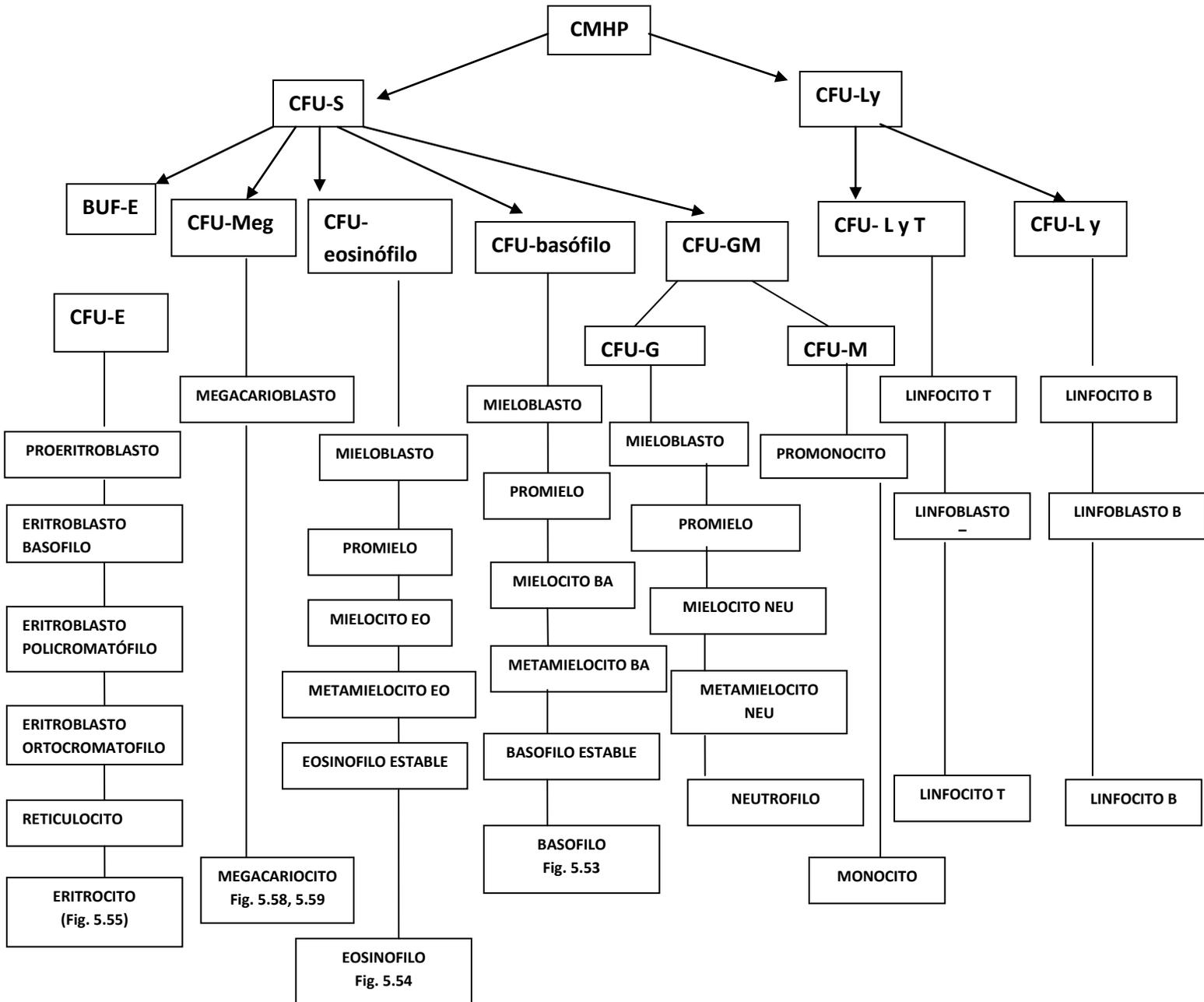
La hematopoyesis se inicia en la médula ósea (fase mielóide) al final del segundo trimestre. A medida de que continúa el desarrollo del sistema esquelético, la médula ósea asume un sitio cada vez mayor en la formación de células sanguíneas.<sup>2.28</sup>

#### **5.2.5.2 Hematopoyesis posnatal**

Durante la hematopoyesis las células madre sufren múltiples divisiones celulares y se diferencian a través de varias etapas intermedias, que finalmente dan lugar a células hematológicas maduras. Todo el proceso está regulado por diversos factores de crecimiento y citocinas que actúan en etapas diferentes para controlar el tipo de células que se crea y su índice de formación.

Todas las células sanguíneas provienen de las células madre hematopoyéticas pluripotenciales, que constituyen alrededor del 0.1 % de la población celular nucleada de la médula ósea.<sup>2,29</sup>

**Cuadro 5.1 Células hematopoyéticas<sup>2,30</sup>:**



Hematopoyética pluripotencial. BA. Basofilo; BFU, unidad formadora de brote; E, eritrocito; CFU, unidad formadora de colonia (E, eritrocito, G, granulocito; GM, granulocito monocito, Ly, linfocito; Meg, Megacarioblasto); EO, eosinófilo; Neutro. Neutrófilo; CMHP, célula madre

## Referencias Bibliográficas.

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Médica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002. Ref. 2.1-2.8: pág. 157; Ref. 2.9-2.14: pág. 158; Ref. 2.15-2.18: pág. 159; Ref. 2.19-2.24: pág. 160; Ref. 2.25-2.29: pág. 162; Ref. 2.30: pág. 163.
- 3) Welsch U, Sobotta J. Histología. 2º ed., México: Médica Panamericana, 2008. Ref. 3.1: pág. 235; Ref. 3.2: pág. 241; Ref. 3.3: pág. 246; Ref. 3.4: pág. 248; Ref. 3.5: pág. 256; Ref. 3.6, 3.7: pág. 257; Ref. 3.8: pág. 254; Ref. 3.9: pág. 207; Ref. 3.10: pág. 209; Ref. 3.11: pág. 211; Ref. 3.12: pág. 222; Ref. 3.13: pág. 225.
- 4) Ross M. H, Pawlina W., Negrete J. H. Histología: texto y Atlas color con biología celular y molecular. 5ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2007. Ref. 4.1: pág. 396; Ref. 4.2: pág. 397; Ref. 4.3: pág. 403; Ref. 4.4: pág. 403; Ref. 4.5, 4.6: pág. 403; Ref. 4.7: pág. 404; Ref. 4.8: pág. 405; Ref. 4.9: pág. 255.
- 5) Young B, Heath JW. Wheater's Histologia Funcional. Elsevier España; 2000. Ref. 5.1: pág. 56; Ref. 5.2: pág. 57; Ref. 5.3: pág. 57; Ref. 5.4: pág. 58; Ref. 5.5: pág. 60.
- 6) Stevens A, Lowe J S. Histología Humana. Madrid: Elsevier, 2006. Ref. 6.1: pág. 32.

## 6. Sistema Nervioso.

**E**l tejido nervioso, es el que forma el complejo sistema de comunicación neuronal dentro del cuerpo. Las neuronas tienen receptores especializados elaborados en sus terminales, para recibir diferentes tipos de estímulos (mecánicos, químicos, térmicos, etc.) y transducirlos en impulsos nerviosos que finalmente pueden conducirse a centros nerviosos. Estos impulsos se transfieren a continuación a otras neuronas para procesamiento y transmisión a los centros más altos a fin de percibir sensaciones o iniciar reacciones motoras.<sup>2.1</sup>

Para llevar a cabo estas funciones, el sistema nervioso está organizado anatómicamente en el sistema nervioso central (SNC), que comprende el encéfalo y la médula espinal; y el sistema nervioso periférico (SNP). El SNP localizado fuera del SNC, incluye los nervios craneales (que surgen del encéfalo), nervios raquídeos (que provienen de la médula espinal) y sus ganglios relacionados.<sup>2.2</sup>

Desde el punto de vista funcional, el SNP se divide en un componente sensorial (aferente), que recibe y transmite impulsos al SNC para su procesamiento y un componente motor (eferente), que se origina en el SNC, y transmite impulsos a órganos efectores en la totalidad del cuerpo. El componente motor se subdivide como sigue:

- 1) Sistema somático, en el que los impulsos que se originan en el SNC se transmiten directamente a través de una neurona a músculos esqueléticos.
- 2) Sistema autónomo, en el los impulsos que provienen del SNC se transmiten primero a un ganglio autónomo a través de una neurona, a
- 3) continuación, una segunda neurona que se origina en el ganglio autónomo lleva el impulso al músculo liso y al músculo cardíaco, o a las glándulas.<sup>2.3</sup>

### 6.1. Histogénesis de las células del sistema nervioso.

El sistema nervioso se desarrolla a partir del ectodermo dorsal del embrión primitivo. El primer indicio del futuro sistema nervioso es el neuroectodermo, que se observa como un engrosamiento a lo largo de la línea media, la llamada placa neural; a continuación se forma un surco, el surco neural, cuyos bordes se fusionan para crear el tubo neural. Las células ubicadas a lo largo de las partes dorsales del tubo neural se aíslan y forman las crestas neurales, de las que se originan los ganglios, células satélites, células de Schwann y células de la médula suprarrenal.<sup>4.1</sup>

Al tubo neural primitivo lo integra una capa de células de neuroepitelio germinal, conocidas como células ventriculares, que forman la zona ventricular, estas células proliferan y dan origen a los neuroblastos. Éstos son neuronas inmaduras, incapaces ya de dividirse, que se desplazan hacia la periferia para constituir la zona intermedia, que después se convierte en la sustancia gris.<sup>4.2</sup>

Para entonces se ha formado ya la zona marginal, que más adelante se transforma en la sustancia blanca, y que contiene las prolongaciones de las células neuroventriculares y carecen de núcleos. En general, las células neurogliales proceden de células de la zona ventricular, los espongioblastos, que a diferencia de los neuroblastos, continúan su división después de su migración. Los neuroblastos y los espongioblastos migran después, diferenciados en neuronas y glia, para alcanzar sus destinos específicos.<sup>4.3</sup>

## **6.2. Composición del tejido nervioso.**

El tejido nervioso está constituido por dos tipos de células: las neuronas (Fig. 6.1), y la neuroglia. La función de las neuronas está basada en el desarrollo de dos propiedades que son la excitabilidad y la conductividad. Las neuronas son las encargadas de recibir estímulos del medio, transformarlos e integrarlos así como transmitirlos como impulsos.<sup>3.1</sup>

La neuroglia son las células encargadas de desempeñar diversas funciones de soporte, defensa, mielinización, nutrición a las neuronas, regulación de la composición del microambiente, protección, forma parte de la barrera hematoencefálica, revestimiento, formación de líquido cefalorraquídeo, reparación de daño cerebral, fagocitosis, etcétera.<sup>3.2</sup>

## **6.3. Neurona**

La concepción inicial de la estructura del tejido nervioso sostenida por Van Geuchten y Camilo Golgi reveló un retículo fibrilar unido a las prolongaciones de las neuronas. Con las impregnaciones argénticas y las observaciones de Santiago Ramón y Cajal (Fig. 6.10) se establece la doctrina neuronal cuyos enunciados postulan:

- 1) La neurona es la unidad anatómica del tejido nervioso y sus ramificaciones terminan en otras neuronas sin que exista continuidad.
- 2) Cada neurona es una unidad funcional; el impulso nervioso se transmite de una neurona a otra a través de las sinapsis
- 3) Las neuronas son unidades tróficas cuyo cuerpo actúa como centro vital de las prolongaciones.<sup>3.3</sup>

La neurona (Fig. 6.2) es el elemento principal en el funcionamiento del tejido nervioso, es una célula especializada en recibir señales desde receptores sensoriales, que conducen y transmiten impulsos eléctricos que consisten en cambios en la polaridad eléctrica a nivel de su membrana celular, este grado de especialización conlleva entre otras cosas a la nula capacidad de división.<sup>3.4</sup>

La neurona típica presenta: un cuerpo neuronal o pericarion; las prolongación más larga y delgada, es la que transmite el impulso hacia otras neuronas, el músculo, o hacia glándulas; y las dendritas que son prolongaciones que reciben los impulsos, por lo general múltiples, ramificadas y son más cortas que el axón.<sup>3.5</sup>

### **6.3.1. Clasificación de las neuronas.**

Las neuronas presentan gran diversidad de tamaño, morfología, número y disposición de sus prolongaciones. Por su morfología las neuronas pueden ser estrelladas, fusiformes, piriformes, piramidales, etcétera. El tamaño del cuerpo neuronal es muy variable; desde 4  $\mu\text{m}$ , en las neuronas granulosas o granos del cerebelo, hasta 150  $\mu\text{m}$  como las motoneuronas de la médula espinal. De acuerdo con el número de sus prolongaciones dendríticas, las neuronas se clasifican en:

- 1) Neuronas unipolares. Poseen una sola proyección que parte del cuerpo neuronal y son raras en los vertebrados, salvo durante el desarrollo embrionario.
- 2) Neuronas pseudounipolares. Este tipo de neuronas se derivan de neuroblastos bipolares, y durante el desarrollo las prolongaciones se fusionan en la parte proximal, por lo que la neurona presenta sólo una prolongación en forma de T que sale del cuerpo celular, esta proyección se bifurca a cierta distancia en una rama periférica y una central. La rama central funciona como axón y entra en el SNC, y la rama periférica recibe señales y funciona como dendrita. Se encuentran en los ganglios sensitivos de la raíz dorsal de los nervios espinales y en los ganglios sensitivos de varios nervios craneales.
- 3) Neuronas bipolares. Son las que poseen dos proyecciones que salen del soma, una sola dendrita y un solo axón que se localizan en polos opuestos de la célula. Este tipo de neuronas son receptores fusiformes, que se encuentran en la mucosa olfatoria, retina, y en los ganglios vestibulares y cocleares del oído interno.
- 4) Neuronas multipolares. (Fig. 6.6.) Son las más abundantes en el sistema nervioso. Presentan más de dos ramas dendríticas primarias que se originan en el soma y se ramifican en secundarias, terciarias, etc., lo que les permite recibir aferencias de múltiples neuronas.

Presentan un axón que transmite tanto impulsos sensoriales como motores. El soma de estas neuronas puede ser estrellado como la motoneurona del asta ventral de la médula espinal, piramidal como las gigantes de Betz del área motora de la corteza cerebral.<sup>3.6</sup>

Funcionalmente las neuronas se clasifican en tres categorías:

- 1) Neuronas sensitivas (aférentes) (Fig. 6.7). Son las que reciben estimulación sensitiva a nivel de sus terminaciones dendríticas y conducen los impulsos desde los receptores hasta el SNC. Las dendritas de estas células corresponden a las fibras nerviosas aférentes somáticas y viscerales. Las fibras aférentes somáticas transmiten las sensaciones de dolor, temperatura, tacto y presión de la superficie corporal, además transmiten dolor y propiocepción desde órganos internos como músculos, tendones y articulaciones. Las fibras aférentes viscerales transmiten los impulsos de dolor y otras sensaciones desde las mucosas, las glándulas y los vasos sanguíneos.
- 2) Neuronas motoras (eferentes) (Fig. 6.3). Se originan en el SNC y conducen los impulsos nerviosos hacia las células efectoras, como las motoneuronas (Fig. 6.4) de la médula espinal que envían impulsos voluntarios a los músculos esqueléticos (fibras eferentes somáticas), y las fibras eferentes viscerales que transmiten impulsos involuntarios al músculo liso y a las glándulas (Fig. 6.5)
- 3) Interneuronas. Llamadas también internunciales, están localizadas dentro del SNC, y funcionan como interconectoras o integradoras que establecen redes de circuitos neuronales locales entre las neuronas sensitivas, motoras y otras interneuronas.<sup>3.7</sup>

## **6.4 Neuroglía.**

Al principio se creyó que estas células del tejido nervioso tenían por función unir y sostener a la neurona. En la actualidad se sabe que su función es más amplia y relevante, y sin ellas la neurona no podría sobrevivir; el número de estas células es 10 o más veces mayor que el de las neuronas. Las células consideradas en este grupo son: astrocitos, oligodendrocitos, microglía y células endimarias, en el SNC y células de Schwann y células satélites, en el SNP.<sup>4.4</sup>

### **6.4.1. Astrocitos.**

Son células de cuerpo redondeado con prolongaciones protoplásmicas radiales y su núcleo es de mayor tamaño que el de otras células gliales del SNC.<sup>3.8</sup> (Fig. 6.13). En el citoplasma los astrocitos contienen ribosomas libres,

glucógeno, mitocondrias y manojos de filamentos intermedios específicos formados por la proteína ácida fibrilar GFAP.<sup>4.5</sup>

En el tejido nervioso se reconocen dos tipos de astrocitos:

- a) Protoplásmicos. Están presentes en la sustancia gris y tienen prolongaciones numerosas, ramificadas muy cerca del soma, cortas y en contacto con somas neuronales. Algunos astrocitos protoplásmicos cercanos a la superficie del encéfalo o la médula espinal emiten prolongaciones que entran en contacto con la piamadre y forman la membrana piagial.
- b) Fibrosos. (Fig. 6.14) Se hallan en la sustancia blanca y poseen menos prolongaciones, que son más largas y con pocas ramificaciones, también forman procesos perivasculares.<sup>4.6</sup>

Las funciones de los astrocitos son, entre otras, captar iones y residuos del metabolismo neuronal y contribuir al metabolismo energético al proporcionar glucosa, a partir del glucógeno almacenado, cuando los estimulan los neurotransmisores, como la noradrenalina y el péptido intestinal vasoactivo. Pertenecen a la barrera hematoencefálica y forman tejido cicatrizal en zonas lesionadas del SNC.<sup>4.7</sup>

#### **6.4.2. Oligodendrocitos.**

Son más pequeños y con menos prolongaciones que la astroglia. Su núcleo pequeño y esférico, con abundante heterocromatina y su citoplasma contiene RER abundante, polirribosomas libres, aparato de Golgi desarrollado y un alto contenido en microtúbulos, tanto en el citoplasma que rodea al núcleo como en sus prolongaciones. Hay tres tipos de oligodendrocitos:

- 1) Oligodendrocitos satélite. Están estrechamente en contacto con el pericarion de las neuronas o a las dendritas en la sustancia gris.
- 2) Oligodendrocitos interfasciculares. Están asociados a los axones en la sustancia blanca del SNC y su principal función es la formación de mielina. En el proceso de mielinización el oligodendrocito puede formar mielina en diversos segmentos de diferentes axones. (Fig. 6.16).
- 3) Oligodendrocitos perivasculares. Se encuentran adyacentes a vasos sanguíneos.<sup>3.9</sup>

#### **6.4.3. Microglía.**

Son los macrófagos del sistema nervioso, su nombre hace referencia a su pequeño tamaño. Presentan un denso núcleo pequeño, alargado y prolongaciones

largas y ramificadas. Su citoplasma es escaso, contienen lisosomas, cuerpos residuales y prolongaciones cortas e irregulares.<sup>3.10</sup>

Las células de microglía (Fig. 6.15) son células neurogliales que derivan de la población mononuclear de células fagocíticas de la médula ósea. Las células de microglía activadas se convierten en células presentadoras de antígeno y secretan citocinas.<sup>5.1</sup>

Cuando existe un daño en el SNC la microglía se puede transformar en reactiva con fagocitosis activa, presentan el antígeno común leucocítico y el antígeno de histocompatibilidad clase II, propio de las células presentadoras de antígeno.<sup>3.11</sup>

#### **6.4.4. Células endimarias.**

Forman un tipo de epitelio cúbico o cilíndrico simple. Son células con cilios y microvellosidades, núcleo esférico, su citoplasma contiene abundantes mitocondrias y haces de filamentos intermedios. Forman parte de los plexos coroideos y revisten los ventrículos cerebrales y al conducto del epéndimo que recorre la médula espinal. (Fig. 6.17). Produce el líquido cefalorraquídeo, y los cilios de las células endimarias permiten la circulación de dicho líquido.<sup>3.12</sup>

Se unen entre sí por complejos de unión similares a los epiteliales pero carecen de zona de oclusión, de modo que el líquido cefalorraquídeo se comunica con los espacios intercelulares existentes entre las células nerviosas y la glía. Presentan, además, largas prolongaciones en su zona basal que se asocian a las prolongaciones de la astrogía.<sup>3.13</sup>

#### **6.4.5. Células de Schwann.**

Las células de Schwann (Fig. 6.24) se originan en las crestas neurales y acompañan a los axones durante su crecimiento, formando la vaina que cubre un segmento de un axón de las fibras del SNP desde su segmento inicial hasta sus terminaciones. La célula de Schwann posee un núcleo alargado y aplanado, aparato de Golgi pequeño y pocas mitocondrias. El resto del citoplasma de la célula de Schwann con el núcleo, queda rodeado de la vaina de mielina. En la vaina de mielina se encuentran interrupciones a intervalos regulares a toda la longitud del axón, que se denominan nódulos de Ranvier (Fig. 6.23), sitios donde queda expuesto el axón. La porción externa de las células de Schwann está cubierta por una lámina basal. Los segmentos mielinizados entre dos nodos se denominan segmentos internodales.<sup>3.14</sup>

#### **6.4.6. Células satélite.**

Son células cúbicas pequeñas de sostén que rodean a los somas de las neuronas pseudounipolares de los ganglios raquídeos y simpáticos. Están rodeadas por lámina basal y separan a las células nerviosas del estroma fibrocolagenoso presente en el tejido del SNP. En los ganglios paravertebrales y periféricos las dendritas y los axones se introducen entre las células satélite para establecer sinapsis. La función de estas células es de sostén y contribuyen a mantener, así como regular, el microambiente alrededor de las neuronas ganglionares.<sup>3.15</sup>

#### **6.5. Sistema Nervioso Central.**

El sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal) se integra con sustancia blanca y gris sin elementos de tejido conectivo intermedios; por consiguiente, el SNC tiene la consistencia de un gel semiduro.<sup>2.4</sup>

La sustancia gris (Fig. 6.18) contiene somas neuronales, axones, dendritas y células de la neuroglia como astrocitos protoplásmicos, microglia y es el sitio donde se realizan las sinapsis.<sup>3.16</sup> La sustancia gris del encéfalo se localiza en la periferia (corteza) del cerebro y del cerebelo. En estas estructuras la sustancia blanca se encuentra debajo de la sustancia gris. La capa de células de Purkinje (Fig. 6.8) (solo en la corteza cerebelosa) está formada por células en cesta. Estas células poseen un núcleo central, dendritas altamente ramificadas (arborescentes) (Fig. 6.9) y un solo axón mielinico. Estas células pueden recibir varios centenares de miles de impulsos excitadores e inhibidores para ordenar e integrar.<sup>5.2</sup>

La sustancia gris del encéfalo también forma los ganglios basales, que se encuentran en las profundidades del cerebro y están rodeados por sustancia blanca.<sup>5.3</sup>

La sustancia blanca está compuesta principalmente por fibras nerviosas mielinizadas junto con algunas fibras no mielinizadas y células neurogliales. Su color blanco resulta de la abundancia de mielina que rodea los axones.<sup>2.5</sup>

El cerebro consta de dos hemisferios cerebrales que están unidos por una masa de sustancia blanca denominada cuerpo calloso. La capa superficial de cada hemisferio está compuesta por sustancia gris localizada en la periferia y constituye la corteza cerebral y forma los ganglios o núcleos basales, mientras que la sustancia blanca se encuentra en un nivel más profundo respecto a la corteza y rodea los núcleos basales.<sup>3.17</sup>

Los tres recubrimientos de tejido conectivo del encéfalo y la médula espinal son las meninges. La capa más externa es la duramadre, la intermedia es la aracnoides y la capa más interna es la piamadre.<sup>3.18</sup>

La barrera hematoencefálica es altamente selectiva, entre sustancias específicas de origen sanguíneo y el tejido neural del SNC. Esta barrera la establecen las células endoteliales que recubren los capilares continuos que pasan a través del SNC.<sup>3,19</sup>

#### **6.5.1. Plexo coroideo.**

Los pliegues de la piamadre alojan abundantes capilares fenestrados y revestidos por el recubrimiento cuboidal simple (ependimario), que se extiende a los ventrículos tercero y cuarto, y laterales del cerebro para formar el plexo coroideo (Fig. 6.28), este produce el líquido cefalorraquídeo (LCR) que llena los ventrículos del cerebro y el conducto central de la médula espinal. El LCR baña al SNC a medida que circula a través del espacio subaracnoideo. Aunque más de la mitad del LCR se produce en el plexo coroideo, algunas pruebas indican que el parénquima de varias otras regiones del encéfalo produce cantidad considerable de LCR, que se difunde a través del recubrimiento ependimario para penetrar en los ventrículos.<sup>2,6</sup>

#### **6.5.2. Corteza Cerebral.**

La sustancia gris en la periferia de los hemisferios cerebrales está plegada en muchas circunvoluciones y surcos llamados en conjunto corteza cerebral. Esta porción del cerebro tiene a su cargo el aprendizaje, memoria, análisis de información, inicio de respuestas motoras e integración de señales sensoriales.<sup>2,7</sup>

La corteza cerebral (Fig. 6.11) se divide en seis capas compuestas de neuronas, que presentan una morfología única para la capa particular. La capa más superficial se encuentra a un nivel profundo respecto a la piamadre; la sexta capa de la corteza, la más profunda, está limitada por la sustancia blanca del cerebro. Las seis capas y sus componentes son los siguientes:

- 1) La capa molecular se integra principalmente por terminales nerviosas que se originan en otras áreas del cerebro, células horizontales y neuroglia.
- 2) La capa granulosa externa contiene sobre todo células granulosas (estelares) y células neurogliales.
- 3) La capa piramidal externa incluye células neurogliales y células piramidales (Fig. 6.12) grandes, que crecen progresivamente desde el límite externo hasta el interno de esta capa.
- 4) La capa granulosa interna es una capa delgada reconocible por células granulosas (estelares) pequeñas, células piramidales y neuroglia estrechamente agrupadas. Esta capa tiene la mayor densidad celular de la corteza cerebral.

- 5) La capa piramidal interna contiene las células piramidales más grandes y neuroglia. Esta capa tiene la densidad celular más baja de la corteza cerebral.
- 6) La capa multiforme consiste en células de varias formas (células de Martinotti) y neuroglia.<sup>2.8</sup>

### **6.5.3. Corteza cerebelosa.**

El cerebelo es una estructura que se ubica detrás del tallo cerebral y debajo del lóbulo occipital de los hemisferios cerebrales. Su función es dirigir la actividad motora del individuo y controla el mantenimiento de la postura y el equilibrio. En su parte externa, está formado por la sustancia gris y en la interna por la sustancia blanca.<sup>3</sup>

La corteza cerebelosa presenta tres capas bien definidas:

- 1) Capa molecular. Es la más superficial, está formada por las fibras paralelas, las dendritas de las células de Purkinje, las fibras trepadoras que con ellas hacen sinapsis, células en canasta o en cesto y escasas células estrelladas grandes.
- 2) Capa media. Contiene células de Purkinje, las cuales son neuronas piriformes con gran arborización dendrítica que proyecta a la capa molecular y sus axones mielinizados a la sustancia blanca.
- 3) Capa profunda o granulosa. Contiene a las células granulosas pequeñas, las células de Golgi tipo II o de axón corto y los glomérulos que son complejos sinápticos formados por una roseta de fibra musgosa, terminales dendríticas de células granulosas y axones de células de Golgi denominados glomérulos cerebelosos.<sup>3.21</sup>

### **6.5.4. Médula Espinal.**

Es la parte del SNC ubicada dentro del conducto raquídeo de la columna vertebral; la forman una columna interior de sustancia gris y otra exterior de sustancia blanca. En un corte transversal de médula espinal se puede observar la sustancia gris en el centro. Debido a su disposición, es semejante a una H; las partes dorsales de esta letra corresponden a las llamadas astas posteriores de la médula y las ventrales a las astas anteriores.<sup>4.8</sup>

La barra transversal de sustancia gris se llama comisura gris y en el centro se reconoce un conducto, llamado conducto del epéndimo, revestido por las células ependimarias. En las astas posteriores se hallan los cuerpos celulares de las interneuronas, que forman redes para crear la comunicación de las neuronas sensitivas y motoras.<sup>4.9</sup>

## **6.6. Sistema Nervioso Periférico.**

El sistema nervioso periférico está formado por nervios y neuronas que se encuentran fuera del SNC. Los nervios periféricos espinales y craneanos conducen impulsos desde el SNC hacia los diversos órganos (nervios eferentes), y los nervios aferentes proyectan de la periferia al SNC.<sup>3.22</sup>

### **6.6.1. Nervios periféricos.**

Conforman haces de fibras nerviosas rodeadas de vainas (Fig. 6.21) de tejido conjuntivo, y son realmente fuertes y resistentes. Estos haces se conocen con el nombre de fascículos y contienen fibras sensitivas y motoras. (Fig. 6.19)<sup>4.10</sup>

Los nervios periféricos están formados por tres componentes:

- 1) Endoneuro. Tejido conjuntivo laxo que rodea la fibra nerviosa (axón), (Fig. 6.20), formando una capa delgada de fibras reticulares, fibroblastos, macrófagos, capilares y células cebadas.
- 2) Perineuro. Tejido conjuntivo denso que rodea cada fascículo (Fig. 6.22) de fibras nerviosas, está compuesto por fibras elásticas y de colágeno, así como de varias capas de fibroblastos aplanados y unidos en sus bordes por uniones estrechas, formando una capa que funciona como barrera semipermeable.
- 3) Epineuro. Cubierta externa del nervio que rodea y une los fascículos en un tronco nervioso. Es una capa fuerte y gruesa formada por tejido conjuntivo denso típico, formado principalmente por fibras de colágeno dispuestas de forma longitudinal, también presentan fibras elásticas, fibroblastos, mastocitos y adipocitos.<sup>3.23</sup>

### **6.6.2. Ganglios.**

Los ganglios (Fig. 6.25) son agregados de cuerpos celulares de neuronas localizados fuera del SNC. Hay dos tipos de ganglios: sensoriales y autónomos.<sup>2.9</sup>

#### **6.6.2.1. Ganglios sensitivos.**

Estos se relacionan con los pares craneales V, VII, IX y X, y con los nervios raquídeos originados en la médula espinal. Las células ganglionares de los ganglios raquídeos y craneales son neuronas pseudounipolares, de tamaño muy variable (15 a 20  $\mu\text{m}$ ) cuyos cuerpos celulares son esféricos, con núcleo grande, esférico y central. Estas células tienen una prolongación en forma de T, una de cuyas ramas se dirige hacia el SNC y la otra procede del nervio periférico. Los cuerpos de estas neuronas de los ganglios sensitivos no hacen sinapsis.<sup>4.11</sup> (Fig. 6.26).

### **6.6.2.2. Ganglios autónomos.**

La mayor parte de los ganglios autónomos posee, al igual que los ganglios craneales y raquídeos, una cápsula de tejido conjuntivo y contiene células ganglionares (neuronas) y satélites. Las neuronas de los ganglios autónomos son multipolares, más pequeñas que las de los raquídeos y su núcleo es excéntrico. Las neuronas de estos ganglios hacen sinapsis, ya que la primera neurona de la cadena autónoma se halla en el SNC y sus axones suelen ser mielínicos, en tanto que los cuerpos celulares de las segundas neuronas se encuentran en los ganglios autónomos que están fuera del SNC y sus axones casi siempre amielínicos. Los axones de las fibras preganglionares (primeras neuronas) hacen sinapsis con las fibras posganglionares. Algunos ganglios autónomos parasimpáticos (Fig. 6.27), conocidos como ganglios intramurales, se ubican en las paredes de los órganos que inervan, no poseen cápsula propia de tejido conjuntivo y sus células se diseminan en el estroma del órgano en cuya pared se hallan.<sup>2,10</sup>

### **Referencias Bibliográficas.**

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Médica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002. Ref. 2.1: pág. 174; Ref. 2.2, 2.3: pág. 179; Ref. 2.4, 2.5: pág. 204; Ref. 2.6, 2.7: pág. 208; Ref. 2.8-2.11: pág. 209.
- 3) Fortoul T., Castell A., Histología y Biología Celular. México: Mc Graw Hill, 2010. Ref. 3.1-3.4: pág. 127; Ref. 3.5-3.7: pág. 128; Ref. 3.8: pág. 135; Ref. 3.9: pág. 137; Ref. 3.10-3.15, 3.21: pág. 138; Ref. 3.16: pág. 140; Ref. 3.17, 3.18: pág. 142; Ref. 3.19, 3.20: pág. 141; Ref. 3.22: pág. 139.
- 4) La práctica histológica. Facultad de Medicina. Manual Departamental. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003. Ref. 4.1, 4.2: pág. 80; Ref. 4.3-4.7: pág. 81; Ref. 4.8-4.11: pág. 83
- 5) Garther L., Hiatt J.L., Sturm J.M. Biología Celular e Histología. 8ª Edición. España: Wolters Kluwer/Lippinisth. Williams & Wilkins, 2007. Ref. 5.1: pág. 127; Ref. 5.2, 5.3: pág. 134.
- 6) Geneser F. Histología sobre bases moleculares. 3º ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2002.
- 7) Jac Poirier J. Ribadeau-Dumas, Catala M., André J., Gherard. R. Manual de Histología. España: Masson, 2002.
- 8) Armenta P.S. Compendio de Histología. España: Ediciones Doyma, 2002.

## 7. Sistema Endócrino

**T**odos los tejidos especializados del organismo necesitan los sistemas nervioso y endocrino para funcionar de manera integrada. Actualmente se habla de una integración neuroendocrina. Se denomina hormona a toda sustancia que, sin importar cuál sea su singularidad o procedencia, composición química o medio que utilice para llegar a su célula blanco (sangre, linfa, líquido tisular o flujo axoplásmico), promueve la activación de una función genéticamente predeterminada. En el caso del sistema endocrino, las hormonas se liberan hacia la sangre para influir en las células blanco localizadas a distancia (en algunos casos las mismas hormonas tienen efectos paracrinós).<sup>4.1</sup>

De acuerdo con su composición química, existen tres tipos de moléculas con acción hormonal: a) derivados de aminoácidos (catecolaminas y hormonas tiroideas); b) proteínas y péptidos (TRH, insulina, FSH), y c) derivados de esteroides (estrógenos, cortisol, aldosterona). Algunos autores aceptan una categoría adicional: d) derivados de ácidos grasos, al considerar a las prostaglandinas como hormonas endocrinas.<sup>4.2</sup>

El sistema endocrino regula actividades metabólicas en ciertos órganos y tejidos del cuerpo, en consecuencia ayuda a llevar a cabo la homeóstasis.<sup>2.1</sup>

El sistema endocrino consiste en glándulas sin conductos, racimos distintos de células dentro de ciertos órganos del cuerpo, y células endocrinas, aisladas en el recubrimiento epitelial del tubo digestivo y el sistema respiratorio. Las glándulas endocrinas tienen una vasculatura abundante de manera que su producto secretor pueda liberarse en espacios delgados de tejido conectivo entre las células y los lechos capilares de los cuales penetran en el torrente sanguíneo. Las glándulas endocrinas incluyen el cuerpo pineal, la glándula hipófisis, la glándula tiroides, las glándulas paratiroides y las glándulas suprarrenales.<sup>2.2</sup>

### 7.1. Glándula tiroides.

Esta glándula posee dos lóbulos unidos por un istmo. Está rodeada por una cápsula de tejido conjuntivo denso que emite tabiques y divide cada lóbulo en lobulillos. Los lobulillos están formados por los folículos tiroideos (Fig. 7.2), rodeados por tejido conjuntivo rico en capilares fenestrados, y las células parafoliculares (Fig. 7.5) adosadas a la superficie externa de los folículos.<sup>3.1</sup>

Los folículos tiroideos, están rodeados por un epitelio simple (Fig. 7.1) formado por células foliculares de forma plana, cúbica o cilíndrica baja, según su

actividad. Su interior está lleno de un coloide (PAS +) (Fig. 7.6). La superficie externa del epitelio está recubierta por una membrana basal. (Fig. 7.4)<sup>3.2</sup>

A diferencia de la mayor parte de las glándulas endocrinas, que almacenan sus sustancias secretoras dentro de células parenquimatosas, la glándula tiroides almacena sus sustancias secretoras en la luz de folículos. (Fig. 7.3).<sup>2.3</sup>

Las células foliculares tienen microvellosidades que miran hacia la luz del folículo y un citoplasma eosinófilo en el que destaca un abundante RER, aparato de Golgi, lisosomas y gran número de vesículas de endocitosis y exocitosis.<sup>3.3</sup>

El coloide es una glucoproteína denominada tiroglobulina que es secretada por las células foliculares y es el precursor de las hormonas tiroideas. Las hormonas tiroideas regulan el metabolismo celular y son derivados yodados del aminoácido tirosina: la tiroxina o tetrayodotironina ( $T_4$ ) y la triyodotironina ( $T_3$ ). Su secreción está regulada por la TSH.<sup>3.4</sup>

Dos tipos celulares conforman los folículos: células foliculares o principales y células parafoliculares (células C o claras), cada una de estas con una función peculiar.<sup>3.5</sup>

Las células parafoliculares (Fig. 7.7) se encuentran en cúmulos o bien de forma aislada dentro del epitelio, pero no llegan a la luz de éste. Constituyen una pequeña población de células que son dos a tres veces más grandes que las células foliculares, con núcleo redondo y casi siempre excéntrico. (Fig. 7.8).<sup>3.6</sup>

Las células parafoliculares reciben el nombre de células claras, ya que no se tiñen tan intensamente como las células foliculares tiroideas.<sup>5.1</sup>

Las células parafoliculares pertenecen a la población conocida como células de captación y descarboxilación de los precursores de las aminas (APUD, amine precursor uptake and decarboxylation cells) o células enteroendocrinas. Sintetizan y liberan la hormona polipeptídica calcitonina en respuesta a niveles elevados de calcio en sangre.<sup>5.2</sup>

Los efectos de las hormonas tiroideas son diversos, toda vez que estimulan a múltiples genes que codifican diversas proteínas. Inducen un incremento del metabolismo celular, con lo cual activan el crecimiento corporal y los procesos mentales. La mayor parte de los variados efectos de las hormonas tiroideas en el organismo se debe a la estimulación del consumo de oxígeno.<sup>4.3</sup>

1. Acción calorígena
2. Estimulación del desarrollo cerebral
3. Aumento de la función del sistema reticular ascendente

4. Incremento de la sensibilidad a las catecolaminas en el corazón
5. Mayor velocidad de absorción de carbohidratos desde el tubo digestivo
6. Activación del catabolismo proteico
7. Menor concentración circulante de colesterol y
8. Estimulación del crecimiento y maduración esquelética.<sup>4.4</sup>

### **7.1.1. Glándula Paratiroides.**

Las glándulas paratiroides son cuatro y están situadas en la parte posterior de la glándula tiroides, inmersa en su cápsula de tejido conjuntivo.<sup>5.3</sup> Cada una de ellas posee una forma ovoide. 0.5 x 0.4 x 0.2 cm. Su peso promedio es de 40 mg.<sup>4.5</sup>

El recubrimiento de tejido conectivo, proyecta extensiones en forma de tabiques hacia el parénquima glandular, por donde pasan vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Estos tabiques funcionan como sostén y están constituidos por cordones de células epiteliales rodeadas de fibras reticulares.<sup>4.6</sup> El tejido contiene también adipocitos que aumentan en número con la edad y redes extensas de capilares sanguíneos fenestrados.<sup>3.7</sup> (Fig. 7.9).

El parénquima está formado por células principales y células oxifílicas.<sup>3.8</sup>

**Células principales.** Son las más abundantes y pequeñas con citoplasma pálido. Secretan la hormona paratiroidea (PTH) que está regulada por los niveles de calcio en sangre y su función es elevar estos niveles.<sup>3.9</sup>

**Células oxifílicas.** Son menos numerosas y más grandes que las principales. Su citoplasma es eosinófilo debido a que tiene un gran número de mitocondrias. (Fig. 7.10) Surgen en la pubertad y parece ser que son células principales en otro momento funcional.<sup>3.10</sup>

### **7.1.2. Función de la PTH**

Para su función se interrelaciona con la calcitonina en el metabolismo óseo mineral, metabolismo del calcio y fósforo. El estímulo principal para la secreción de la PTH es una disminución de la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  sérico (8.5 a 10.5 mg/dl). Su acción se lleva a cabo al activar a los receptores de los osteoblastos para PTH, los cuales secretan factor estimulante de los osteoclastos, que induce a los osteoclastos y estimula la resorción ósea y salida de calcio al plasma. La PTH actúa también sobre el riñón e inhibe la eliminación de  $\text{Ca}^{2+}$  por la orina, así como indirectamente sobre captación de  $\text{Ca}^{2+}$  por la vía digestiva y la producción de vitamina D por el riñón.<sup>4.7</sup>

### **7.1.3. Glándula hipófisis.**

La glándula hipófisis es una glándula endocrina que produce varias hormonas que se encargan de regular, el crecimiento, la reproducción y el metabolismo. Tiene dos subdivisiones que se desarrollan de diferentes orígenes embriológicos: 1) la adenohipófisis se forma de una evaginación (bolsa de Rathke) del ectodermo bucal, que recubre la cavidad bucal primitiva (estomoideo), y 2) la neurohipófisis proviene del ectodermo neural como un crecimiento hacia abajo del diencefalo. Después la adenohipófisis y la neurohipófisis se unen y se encapsulan en una sola glándula. Sin embargo, puesto que cada subdivisión tiene un origen embrionario distinto, los constituyentes celulares y las funciones de cada una difieren.<sup>2.4</sup>

La secreción de casi todas las hormonas que la glándula hipófisis produce es controlada por señales hormonales o neurales provenientes del hipotálamo. Además de controlar la hipófisis, el hipotálamo recibe impulsos aferentes de diversas áreas del sistema nervioso central y controla el sistema nervioso autónomo; por lo tanto es el centro cerebral para conservar la homeostasis.<sup>2.5</sup>

Dentro de cada subdivisión de la hipófisis se encuentran varias regiones que contienen células especializadas que liberan diferentes hormonas. Las subdivisiones de la hipófisis y los nombres de las regiones son las siguientes:

- 1) Adenohipófisis (hipófisis anterior). La cual se subdivide en: a) parte distal (parte anterior), (Fig. 7.11) b) parte intermedia y c) parte tuberal.
- 2) Neurohipófisis (hipófisis posterior). La cual se subdivide en: a) eminencia media, b) Infundíbulo y c) parte nerviosa.<sup>2.6</sup>

### **7.1.4. Adenohipófisis.**

Parte distal. Está rodeada por una capsula de tejido conjuntivo denso que emite tabiques al interior. El parénquima (Fig. 7.12) está formado por cordones o nidos de células endócrinas, rodeados por fibras reticulares y capilares sinusoidales fenestrados. Las células endócrinas secretan hormonas proteicas y en función de sus características tintoriales se dividen en cromófobas (Fig. 7.13) y cromófilas y éstas, a su vez en ácidofilas (Fig. 7.14). Mediante inmunocitoquímica, según la hormona que secretan, las cromófilas se clasifican en cinco tipos: somatotropas, mamotropas, corticotropas, tirotropas, gonadotropas.<sup>3.11</sup>

Las células cromófilas tienen en su citoplasma gránulos de secreción (Fig. 7.15) de diferente tamaño en los que se encuentran las hormonas secretadas. Las células cromófobas (Fig. 7.19) poseen menor cantidad de citoplasma y

corresponden al parecer a células madre inespecíficas o bien a cromófilas desgranuladas.<sup>4.8</sup>

Parte intermedia. En esta región se observan abundantes quistes llenos de coloides que son los remanentes de la bolsa de Rathke. Entre los quistes se localizan células parenquimatosas basófilas y cromófobas. (Fig. 7.16). En el ser humano se considera que las células basófilas son corticotropas.<sup>3.12</sup>

Parte tuberal. (Fig. 7.17) Se extiende a lo largo del tallo hipofisario y está muy vascularizada ya que contiene las venas porta hipofisarias. El parénquima está formado por cordones unidos de células epiteliales cúbicas o cilíndricas bajas, que mediante inmunocitoquímica parecen corresponder a células gonadotropas y corticotropas.<sup>3.13</sup>

#### **7.1.5. Neurohipófisis.**

La neurohipófisis se constituye con células de tipo glial, conocidas como pituicitos (Fig. 7.18), y por los axones amielínicos de células neurosecretoras, cuyos somas se encuentran a nivel del hipotálamo, en los núcleos supraóptico y paraventricular. Las células de estos núcleos producen las hormonas oxitocina y arginina vasopresina (AVP), que se almacena en gránulos de secreción y se secretan a nivel de la neurohipófisis hacia el espacio perivascular. Los axones pueden reconocerse con tinción de cromo y aluminohematoxilina al adquirir una coloración azul negruzca (se denominan cuerpos de herring). La oxitocina estimula las fibras musculares uterinas durante el trabajo de parto y las células mioepiteliales de la glándula mamaria para la expulsión de leche durante la lactancia. La arginina vasopresina (AVP), antes llamada hormona antidiurética (ADH), tiene la función de aumentar el tono arterial, así como la resorción de agua a nivel renal (su deficiencia es causa de diabetes insípida).<sup>4.9</sup>

Las alteraciones de la secreción de las hormonas hipofisarias, casi siempre como efecto de adenomas (tumoraciones), produce una gama de manifestaciones clínicas, que pueden identificarse con el conocimiento de la función de cada una de las hormonas referidas.<sup>4.10</sup>

#### **7.1.6. Glándula pineal.**

Se proyecta del techo del diencefalo y está unida a éste por un pequeño pedículo. (Fig. 7.27) Está rodeada de la piamadre, que emite tabiques dividiendo a la glándula en lobulillos. Su parénquima está formado por dos tipos celulares: los pinealocitos (Fig. 7.26) y las células intersticiales. (Fig. 7.28).<sup>3.15</sup>

La glándula pineal o epífisis es un órgano impar con forma de cono ligeramente aplastado, situado en la región de la comisura posterior y alojado en una depresión entre los túberculos cuadrigéminos del mesencéfalo.<sup>4.11</sup>

Pinealocitos. Son las células secretoras. Tienen prolongaciones asociadas con los capilares sanguíneos. En la oscuridad secretan la melatonina y la luz inhibe la secreción. (Fig. 7.30) La melatonina sincroniza sobre todo los ciclos circadiano y el sueño-vigilia, además se ha comprobado que interviene en la maduración sexual, como también posee capacidad antioxidante e influye en la morfología y función de los órganos y tejido linfoide; por lo que repercute en la longevidad y la calidad de la vida. Aunque la fuente principal de la melatonina es la pineal hay otras extrapineales como son: retina, cerebelo, tracto gastrointestinal, piel y sistema inmunitario.<sup>3.15</sup>

Células intersticiales. Son astrocitos (Fig. 7.28) situados entre los pinealocitos y actúan como sostén. Tienen núcleos alargados, RER bien desarrollado y en algunas hay depósitos de glucógeno. Sus proyecciones contienen gran cantidad de microtúbulos, filamentos intermedios y microfilamentos. (Fig. 7.29)<sup>4.12</sup>

La glándula pineal incluye concreciones de fosfato y carbonato de calcio, que aparecen de forma especial en la cápsula y los tabiques, que reciben el nombre de acérvulos (arenilla cerebral o cuerpos arenáceos). (Fig. 7.30)<sup>4.13</sup>

### **7.1.7. Glándulas suprarrenales.**

Las glándulas suprarrenales se localizan en los polos superiores de los riñones y están incluidas en tejido adiposo.<sup>2.7</sup> Su forma no es idéntica, la derecha tiene forma piramidal y la izquierda semilunar. Pesan casi 10 g cada una y miden 5 x 2 x 1 cm aproximadamente.<sup>4.14</sup>

El parénquima se divide en dos regiones: corteza y médula (Fig. 7.21).<sup>4.15</sup>

#### **7.1.7.1. Corteza Suprarrenal.**

La corteza suprarrenal contiene células parenquimatosas que sintetizan y secretan varias hormonas esteroideas sin almacenarlas. La corteza que se desarrolla a partir del mesodermo, está subdividida histológicamente en tres zonas concéntricas denominadas, de la cápsula al interior: zona glomerular (Fig. 7.22), zona fasciculada (Fig. 7.23) y zona reticular (Fig. 7.24).<sup>2.8</sup>

Las tres clases de hormonas corticosuprarrenales (mineralocorticoides, glucocorticoides, y andrógenos) se sintetizan a partir del colesterol, el principal componente de las lipoproteínas de baja densidad. El colesterol se capta de la

sangre y se almacena esterificado en gotitas de lípidos dentro del citoplasma de las células corticales. Cuando estas células se estimulan el colesterol se libera y se utiliza en las síntesis de hormonas en el REL por enzimas localizadas en este último y en las mitocondrias.<sup>2.9</sup>

#### **7.1.7.2. Médula Suprarrenal.**

La porción central de la glándula suprarrenal, la médula suprarrenal (Fig. 7.20), esta revestida por completo por la corteza suprarrenal. La médula suprarrenal, que se desarrolla a partir de células de la cresta neural ectodérmica, contiene dos poblaciones de células parenquimatosas: células cromafines (Fig. 7.25), que producen las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), y células ganglionares simpáticas, que están dispersas en la totalidad del tejido conectivo.<sup>2.10</sup>

### **7.2 Sistema Linfoide.**

El sistema inmunitario protege al organismo al distinguir lo propio de lo ajeno y para ello opone diferentes mecanismos de defensa y reconocimiento celular. La necesidad de estos mecanismos “inmunológicos” conduce a la especialización celular y formación de órganos ricos en linfocitos T y B (encargados de la reacción inmunológica celular y humoral, respectivamente) y también en células accesorias, como las células dendríticas presentadoras de antígenos y los macrófagos. El tejido linfoide puede o no estar rodeado de una capa limítrofe de tejido conectivo; en tal caso se clasifica como tejido linfoide encapsulado o no encapsulado, según sea el caso.<sup>4.16</sup>

#### **7.2.1 Tejido linfoide capsulado.**

El tejido linfoide capsulado está constituido por el timo, el bazo y los ganglios linfáticos. Aunque estos cúmulos linfoides poseen todas las características morfológicas y funcionales para designarlos como verdaderos órganos, por razones históricas se les sigue denominando como un tejido linfoide capsulado, situación que debe abandonarse para llamarlos órganos y no tejidos.<sup>3.16</sup>

### **7.3. Timo.**

El timo es un órgano linfoide aplanado, blando y bilobulado, situado en el mediastino anterior y superior, localizado por arriba del corazón, por detrás del esternón y por delante de los grandes vasos cardíacos. Al nacimiento el timo pesa entre 10 a 15 g y (Fig. 7.31) alcanza un peso máximo de 40g en la pubertad, tiempo en el que comienza a involucionar (Fig. 7.32).<sup>3.17</sup>

Cada lóbulo está rodeado de una cápsula de tejido conectivo que genera trabéculas hacia el interior del tejido y lo divide en lobulillos. Cada lobulillo se divide en dos zonas: una periférica más densa en linfocitos (la corteza) (Fig. 7.33) y otra zona central menos densa (la médula). Además de los linfocitos, los dos tipos celulares más importantes son las células reticuloepiteliales y los macrófagos.<sup>3.18</sup>

### **7.3.1. Corteza tímica.**

La capacidad inmunitaria de las células T, y la eliminación de linfocitos T autorreactivos ocurren en la corteza tímica.<sup>2.11</sup>

En la corteza del timo los linfocitos están densamente agrupados y en diferentes etapas de maduración (Fig. 7.34). El estroma del timo no consiste en una red de fibras reticulares, como en la mayoría de los órganos, sino en una fina red de prolongaciones de células reticuloepiteliales unidas unas con otras por desmosomas. Estas células participan en la formación de una barrera que impide el contacto de los antígenos circulantes en sangre con los linfocitos corticales en maduración. Esta barrera consta de cinco capas: a) las células endoteliales de los capilares que están unidas por zónulas de oclusión, b) una gruesa membrana basal, c) una fina capa de tejido conectivo, d) una membrana y e) una capa de células reticuloepiteliales que rodea a los capilares.<sup>4.17</sup>

En la corteza del timo se encuentran tres tipos de células epiteliales reticulares:

- 1) Células tipo I. Separan la corteza de la cápsula y las trabéculas de tejido conectivo, y rodean elementos vasculares en la corteza. Forman uniones ocluyentes entre sí, que aíslan por completo la corteza tímica del resto del cuerpo. Los núcleos de las células tipo I son polimorfos y tienen nucléolos bien definidos.
- 2) Células tipo II. Se localizan en la corteza media. Estas células tienen prolongaciones largas, anchas, similares a vainas que forman uniones desmosómicas entre sí. Sus prolongaciones forman un citoretículo que subdivide la corteza tímica en compartimientos pequeños, llenos con linfocitos.
- 3) Células tipo III. Están situadas en la corteza profunda y la unión corticomedular. El citoplasma y los núcleos de estas células son más densos que los de las células epiteliales reticulares tipos I y II. El RER muestra cisternas dilatadas, que indican síntesis de proteínas.

Estos tres tipos de células aíslan por completo la corteza del timo y en consecuencia impiden que las células T en desarrollo entren en contacto con antígenos extraños.<sup>2.12</sup>

### **7.3.2. Médula tímica.**

La médula del timo posee linfocitos (Fig. 7.35) pequeños en mucha menor cantidad y se caracteriza por la presencia de estructuras redondeadas compuestas por varias capas concéntricas de células reticuloepiteliales aplanadas. Estas estructuras, llamadas corpúsculos tímicos o de Hassal, se tiñen intensamente con eosina, lo cual sugiere la presencia de gránulos de queratohialina.<sup>4.18</sup>

Hay tres tipos de células epiteliales reticulares en la médula:

- 1) Células tipo IV. Se encuentran en relación cercana con las células tipo II de la corteza y ayudan en la formación de la unión corticomedular. El núcleo de estas células tiene una red de cromatina gruesa y su citoplasma es de tinción oscura y contiene en abundancia tonofilamentos.
- 2) Células tipo V. Forman el citorretículo de la médula. Los núcleos de estas células son polimorfos, con una red de cromatina perinuclear bien definida y un nucléolo notable.
- 3) Células tipo VI. Constituyen la característica más distintiva de la médula tímica. Estas células grandes, de tinción pálida coalescen entre sí y forman corpúsculos tímicos (corpúsculos de Hassal) en forma de espiral (Fig. 7.36), cuyo número aumenta con la edad de la persona. Las células tipo VI pueden queratinizarse de manera intensa e incluso calcificarse. La función de los corpúsculos tímicos se desconoce, aunque podría ser el sitio de la muerte de linfocitos T en la médula.<sup>2.13</sup>

Los linfocitos de la corteza del timo empiezan a proliferar y diferenciarse en linfocitos T colaboradores (CD4+/CD8-) y linfocitos T citotóxicos (CD8+/CD4-). Una vez completada la separación, los linfocitos se dirigen hacia la médula tímica donde entran en las vénulas y se incorporan a la circulación sanguínea.<sup>4.19</sup>

### **7.4. Ganglios Linfáticos.**

Los ganglios linfáticos son estructuras ovales, pequeñas, encapsuladas e interpuestas en el trayecto de los vasos linfáticos a fin de actuar como filtros para la remoción de bacterias y otras sustancias extrañas.<sup>2.14</sup>

Los ganglios linfáticos tienen una gran importancia clínica ya que su crecimiento sugiere procesos infecciosos o neoplásicos. Se localizan en las regiones axilar, inguinal, poplítea, retroclavicular, cervical y mesentérica.<sup>4.20</sup>

A los ganglios linfáticos se les reconoce un borde libre (cara convexa), un hilio (cara cóncava), y están rodeados por una capa de tejido conjuntivo denso que se introduce en el parénquima formando septos que se van adelgazando en la medida que van penetrando en el ganglio. Estas trábeculas de tejido conjuntivo finalmente coalescen en el hilio de los ganglios linfáticos. Tanto por el borde libre como por el hilio se observan vasos linfáticos. (Fig. 7.37)<sup>3.18</sup>

Los vasos linfáticos aferentes desembocan en un espacio situado debajo de la cápsula del tejido conjuntivo denso que rodea los ganglios linfáticos: el seno subcapsular. (Fig. 7.39). Este se continúa con otros, los senos corticales, (Fig. 7.40) que están alojados en el interior de los septos corticales de tejido conjuntivo denso. Estos senos se dirigen hacia la cara cóncava del ganglio, donde reciben el nombre de senos medulares, que finalmente confluyen para dar lugar a un solo vaso linfático eferente que sale por el hilio del ganglio.<sup>3.19</sup>

#### **7.4.1. Corteza del ganglio linfático.**

Es la zona más periférica del ganglio linfático, se distingue por sus abundantes folículos linfoides secundarios (Fig. 7.41); éstos están polarizados desde el punto de vista morfológico, ya que la capa de las células del manto siempre tiende hacia la periferia. La corteza de los ganglios linfáticos es una zona dependiente de linfocitos B. Dentro de la corteza existe una segunda zona, llamada paracorteza, rica en linfocitos T, y posee vénulas poscapilares de endotelio alto que expresan receptores para ellos.<sup>4.21</sup>

La corteza se distingue al microscopio como un cúmulo denso de linfocitos surcados por trabéculas de tejido conjuntivo y de los espacios llamados senos corticales (Fig. 7.38).<sup>3.20</sup>

La zona de la corteza interpuesta entre los nódulos linfoides está constituida por tejido linfoide difuso. Es obvio que no existe una zona de demarcación clara entre la corteza y la médula de los ganglios linfáticos ni entre la capa más periférica y la más profunda de la corteza. Sin embargo, es útil hacer una diferencia entre estas regiones ya que la composición de las distintas poblaciones de linfocitos varía entre una zona y otra.<sup>3.21</sup>

#### **7.4.2. Médula del ganglio linfático.**

En la médula del ganglio se encuentran escasos linfocitos junto con macrófagos y algunas células sanguíneas. El estroma de los ganglios linfáticos está formado por fibras reticulares (Fig. 7.42).<sup>4.22</sup>

Se caracteriza por presentar cordones celulares (Fig. 7.45), organizados alrededor de pequeños vasos sanguíneos. Estos cordones celulares se ramifican y anastomosan unos con otros, terminando a nivel del hilio ganglionar, asimismo están formados por linfocitos pequeños, células plasmáticas y un número pequeño de granulocitos, asentados en una red de fibras reticulares (Fig. 7.44) y células del estroma asociadas.<sup>3.22</sup>

La médula se encuentra en la parte más interna de la paracorteza y la corteza, excepto en la región del hilio. Está formada por sinusoides medulares y cordones medulares. (Fig. 7.46)<sup>5.4</sup>

Los sinusoides medulares (Fig. 7.47) son espacios revestidos de endotelio sostenidos por fibras reticulares y células reticulares. Frecuentemente contienen macrófagos (Fig. 7.48). Los sinusoides medulares reciben linfa de los senos corticales.<sup>5.5</sup>

Los cordones medulares están formados por linfocitos y células plasmáticas.<sup>5.6</sup>

#### **7.4.3. Vasos sanguíneos**

Casi todos los vasos sanguíneos de los ganglios linfáticos entran a los mismos por el hilio. Las ramas arteriales de mayor tamaño se distribuyen en el hilio para continuar el trayecto de los cordones medulares y posteriormente a los septos corticales. Una vez en la corteza, las arterias se distribuyen en plexos capilares alrededor del tejido linfóide difuso cortical y en los centros germinales de los nódulos linfoides. Precisamente de estos plexos se originan las vénulas poscapilares (Fig. 7.49) de endotelio alto, las cuales siguen un trayecto por la corteza profunda para penetrar después en los cordones medulares. En este sitio dan origen a venas pequeñas que confluyen para formar la vena del ganglio linfático.<sup>3.23</sup>

### **7.5 Bazo**

El bazo es un órgano impar linfóide secundario grande alojado en el espacio retroperitoneal por debajo del diafragma y por detrás del estómago, localizado en el cuadrante superior izquierdo del abdomen. Tiene forma de habichuela y mide 4 x 8 x 12 cm y pesa unos 200 g en humanos adultos en

condiciones normales, pero en condiciones patológicas puede llegar a pesar hasta 3 kg. De manera característica está interpuesto en la circulación de la sangre, de manera similar a como los ganglios linfáticos lo están en la circulación de la linfa. La función del bazo es eliminar células envejecidas, antígenos o partículas que circulan en la sangre. Por otro lado, es un sitio de respuestas inmunológicas ante antígenos no propios que viajan en la sangre.<sup>3.24</sup>

Posee una cápsula de tejido conjuntivo, de la que emergen numerosas trabéculas (Fig. 7.51) que se dirigen hacia el interior del órgano. La cápsula continúa con un fino entramado de fibras reticulares que ocupa el interior del órgano y que sostiene a las células del parénquima esplénico. La cápsula del bazo está engrosada a nivel del hilio, lugar en el que se localizan las arterias y los nervios que entran a las venas y que salen del bazo. Cuando este órgano es observado en secciones macroscópicas se observan algunas zonas grises y otras rojizas. A estas zonas se les llama pulpa blanca y pulpa roja (Fig. 7.50).<sup>3.25</sup>

#### **7.5.1. Pulpa blanca.**

La pulpa blanca está constituida por tejido linfoide (Fig. 7.52) que circunda a las arteriolas (arterias centrales). Esta capa de linfocitos se denomina vaina periarteriolar y es una zona dependiente de células T. A diferentes intervalos se forman los folículos linfoides (de Malpighi) en los que la cantidad de linfocitos B aumenta de modo considerable. En estos sitios la arteria central queda excéntrica, lo cual es un dato característico para diferenciar los folículos linfoides esplénicos de los otros órganos.<sup>4.23</sup>

Las arteriolas centrales pueden desembocar en una de dos vías: a) se comunican directamente con los senos venosos o b) se comunican en la forma de capilares arteriulares (Fig. 7.55), que a su vez terminan abriéndose hacia los cordones ubicados entre los senos venosos. Este tipo de circulación se denomina circulación cerrada y abierta, respectivamente.<sup>4.24</sup>

#### **7.5.2. Pulpa roja.**

La pulpa roja es una red de sinusoides venosos que contienen macrófagos residentes (Fig. 7.53) especializados (macrófagos de los senos esplénicos), que se encargan de destruir eritrocitos y plaquetas viejas. El vaso carece de vasos linfáticos. Los antígenos llegan a través de la arteria esplénica, que entra al órgano por el hilio. La arteria se divide en arteriolas que, a su vez, conducen a capilares y vacían su contenido en la zona marginal de la pulpa blanca.<sup>3.26</sup>

Los cordones esplénicos (cordones de Billroth) (Fig. 7.54) contienen células plasmáticas, células reticulares, células sanguíneas y macrófagos en los espacios

de la malla de las fibras reticulares. Prolongaciones de los macrófagos penetran en la luz de los sinusoides a través de los espacios que quedan entre las células endoteliales.<sup>5,7</sup>

## **7.6. Amígdalas.**

Las amígdalas (palatinas, faríngeas y linguales) son agregados de nódulos linfoides encapsulados de manera incompleta que protegen la entrada a la faringe bucal. Por su localización, las amígdalas se interponen en la vía de antígenos de origen aéreo e ingerido. Reaccionan a estos antígenos mediante la formación de linfocitos y montando una respuesta inmunitaria.<sup>2,15</sup>

### **7.6.1. Amígdalas Palatinas.**

Son bilaterales y se localizan en los límites de la cavidad bucal y la faringe bucal, entre los pliegues palatoglosos y palatofaríngeo. Una cápsula fibrosa densa aísla la superficie profunda de cada amígdala palatina (Fig. 7.56) del tejido conectivo circundante. La cara superficial de la amígdala está recubierta por un epitelio escamoso estratificado, no queratinizado que se sumerge en 10 a 12 criptas profundas que invaginan el parénquima amigdalino. El parénquima de la amígdala se compone de múltiples nódulos linfoides (Fig. 7.57), muchos de los cuales presentan centros germinales, que indican la formación de células B.<sup>2,16</sup>

### **7.6.2. Amígdalas Faríngeas.**

La amígdala faríngea única se encuentra en el techo de la faringe nasal. Es similar a las palatinas, pero su cápsula incompleta es más delgada. En lugar de criptas, la amígdala faríngea tiene invaginaciones longitudinales, superficiales, llamadas plegamientos, en cuya base se abren conductos de glándulas seromucosas. El recubrimiento de su parte superficial es un epitelio cilíndrico ciliado seudoestratificado entremezclado con placas de epitelio escamoso estratificado. El parénquima de la amígdala se compone de nódulos linfoides (Fig. 7.58), algunos de los cuales tienen centros germinales. Cuando este tipo de amígdala se inflama, se denomina adenoide.<sup>2,17</sup>

### **7.6.3. Amígdalas Linguales.**

Las amígdalas linguales se encuentran en la superficie dorsal del tercio posterior de la lengua. Son varias y su cara superficial está recubierta por un epitelio escamoso estratificado, no queratinizado. Las superficies profundas de las amígdalas linguales tienen cápsulas endebles que las separan del tejido conectivo subyacente. Cada amígdala posee una cripta, cuya base recibe los conductos de glándulas salivales mucosas menores.<sup>2,18</sup>

El parénquima de las amígdalas linguales está formado por nódulos linfoides que suelen tener centros germinales.<sup>2,19</sup>

### Referencias Bibliográficas.

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Médica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002. Ref. 2.1-2.3: pág. 289; Ref. 2.4-2.6: pág. 290; 2.7-2.10: pág. 305; Ref. 2.11: pág. 274; Ref. 2.12: pág. 275; Ref. 2.13: pág. 276; Ref. 2.14: pág. 277; Ref. 2.15-2.19: pág. 287.
- 3) Fortoul T., Castell A., Histología y Biología Celular. México: Mc Graw-Hill, 2010. Ref. 3.1-3.3: pág. 283; Ref. 3.4: pág. 284; Ref. 3.5-3.10: pág. 285; Ref. 3.11: pág. 280; Ref. 3.12-3.14: pág. 281; Ref. 3.15: pág. 283; Ref. 3.16-3.18: pág. 169; Ref. 3.19-3.21: pág. 173; Ref. 3.22, 3.23: pág. 174; Ref. 3.24, 3.25: pág. 175; Ref. 3.26: pág. 176.
- 4) La práctica histológica. Facultad de Medicina. Manual Departamental. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003. Ref. 4.1, 4.2: pág. 111; Ref. 4.3-4.7: pág. 114; Ref. 4.8, 4.9: pág. 112; Ref. 4.10-4.13: pág. 113; Ref. 4.14-4.16: pág. 115; Ref. 4.17-4.20: pág. 73; Ref. 4.21-4.24: pág. 74.
- 5) Gartner L., Hiatt J.L., Sturm J.M. Biología Celular e Histología. 8º ed. España: Williams y Wilkins, 2007. Ref. 5.1-5.3: pág. 192; Ref. 5.4: pág. 179; Ref. 5.5, 5.6: pág. 180; Ref. 5.7: pág. 182.
- 6) Armenta P.S. Compendio de Histología. España: Ediciones Doyma, 2002.
- 7) Jac Poirier J. Ribadeau-Dumas, Catala M., André J., Gherard. R. Manual de Histología. España: Masson, 2002.

## 8. Sistema Urinario.

**D**e vital importancia son las funciones que desempeñan los riñones; regular la presión arterial y equilibrios hemodinámico y ácido básico; eliminar sustancias tóxicas (productos del metabolismo, fármacos, etc.) mediante la formación de orina (producto de excreción) y ejercer una función endocrina (síntesis y liberación de renina). La orina producida por los riñones pasa a través de los uréteres hasta la vejiga; allí se almacena mientras tiene lugar la micción, con la cual la orina migra por la uretra hacia el exterior y por último se excreta. La estructura del sistema urinario la constituyen las siguientes partes<sup>4.1</sup>:

1. Riñón
2. Uréter
3. Vejiga
4. Uretra

### 8.1 Riñones.

El riñón (Fig. 8.1) es un órgano par, encapsulado (tejido conectivo denso irregular y fibras elásticas intercaladas), retroperitoneal, con forma de "frijol" y localizado a los lados de la columna lumbar. El derecho se halla más abajo que el izquierdo por la presencia del hígado. Miden aproximadamente 11 x 5 x 3 cm. En sus polos superiores yacen las glándulas suprarrenales embebidas en grasa perirrenal. El hilio cóncavo (punto por donde entran y salen vasos sanguíneos y linfáticos, así como el sitio de donde se origina el uréter) se encuentra en una disposición interior respecto de la porción convexa de los riñones, hacia el exterior. A nivel del hilio, el uréter posee un ensanchamiento conocido como pelvis renal.<sup>4.2</sup>

Al corte transversal del riñón, se puede observar que el parénquima renal está dividido en corteza y médula. (Fig. 8.3). La corteza ocupa el 70% del volumen renal y está localizada hacia la parte externa, presenta un color rojo vinoso finamente granular y rodea a la médula, la cual envía algunas prolongaciones que conforman las columnas renales. Es la parte más vascularizada del riñón y contiene a las nefronas así como múltiples vasos sanguíneos.<sup>3.1</sup>

La médula es más ancha que la corteza, menos vascularizada. Contiene 6 a 12 regiones estriadas discretas, pálidas en forma de pirámide, las pirámides renales. La base de cada pirámide está orientada a la corteza y constituye el borde corticomedular, en tanto que su vértice, que se denomina papila renal (Fig. 8.13), señala al hilio y está perforado por alrededor de 20 conductos de Bellini (Fig. 8.11); esta región semejante a un tamiz se conoce como área cribosa. El vértice está rodeado por un cáliz menor similar a una copa, que une dos o tres

cálices menores vecinos y forma un cáliz mayor. Los tres o cuatro cálices mayores son subdivisiones más grandes que desembocan en la pelvis renal, la continuación expandida de la porción proximal del uréter. Las pirámides vecinas se separan unas de las otras por material similar a la corteza, las columnas corticales (de Bertin).<sup>2.1</sup>

La porción de la corteza que recubre la base de cada pirámide se denomina arco cortical. Macroscópicamente se observan en la corteza tres tipos de estructuras: 1) gránulos rojos, similares a puntos, los corpúsculos renales; 2) túbulos contorneados, el laberinto cortical (Fig. 8.4) y 3) estriaciones longitudinales, rayos medulares, que son las continuaciones corticales del material que se localiza en las pirámides renales.<sup>2.2</sup>

La vasculatura renal está compuesta por una arteria renal (Fig. 8.12) (que es una rama de la aorta), la cual se divide en dos porciones, ventral y dorsal, de las que nacen en forma sucesiva las ramas lobares, interlobares, arciformes o arcuatas (que transcurren entre la corteza y la médula) y, de éstas, nacen las arteriolas aferentes del glomérulo.<sup>3.2</sup>

## **8.2 Nefrona**

La nefrona es la unidad anatómica y funcional del riñón. En un hombre adulto existen de 1.5 a 2 millones de nefronas repartidas por toda la corteza renal, y en ellas se pueden distinguir dos componentes principales: el glomérulo y el sistema tubular córtico-medular. Las nefronas están situadas en la corteza renal siguiendo un patrón establecido que se repite en forma periódica y que se denomina lobulillo renal. Las nefronas y los tubos colectores son los que se encargan de formar el parénquima renal.<sup>3.3</sup>

Las nefronas están formadas por un corpúsculo renal, un túbulo contorneado proximal, un asa de Henle y un túbulo contorneado distal.<sup>5.1</sup>

Las nefronas se clasifican en corticales y yuxtamedulares en función de la localización del corpúsculo renal. Las nefronas yuxtamedulares poseen asas de Henle más largas que las nefronas corticales y se encargan de establecer un gradiente de concentración intersticial en la médula.<sup>5.2</sup>

## **8.3 Corpúsculo renal.**

El corpúsculo renal, es una estructura oval a redonda de unos 200 a 250 µm de diámetro, se compone de una madeja de capilares, el glomérulo (Fig. 8.5), que se invagina en la cápsula de Bowman (Fig. 8.6). El espacio dentro de la cápsula de Bowman, que se conoce como espacio de Bowman (espacio urinario), tiene un volumen menor. El glomérulo se encuentra en contacto íntimo con la capa

visceral de la cápsula de Bowman, compuesta de células epiteliales modificadas que se conocen como podocitos (Fig. 8.2). La pared externa que rodea el espacio de Bowman, conformada por células epiteliales escamosas simples (situadas en una lámina basal delgada), es la capa parietal.<sup>2.3</sup>

El espacio urinario, constituye el lugar por donde pasa el ultrafiltrado de sangre (filtrado glomerular en dirección de los túbulos proximal, asa de Henle, y túbulo distal-colector) en el polo urinario. Por el polo vascular (Fig. 8.8) ingresa la arteriola glomerular aferente, recta y corta, que da origen a un lecho capilar arterial (capilares glomerulares) del cual, a su vez, procede la arteria glomerular eferente.<sup>4.3</sup>

Las células de tejido conectivo que rodean la arteriola aferente se sustituyen al penetrar en la cápsula de Bowman por un tipo celular especial, las denominadas células mesangiales, que pueden ser de dos tipos: extraglomerulares, localizadas en el polo vascular y con una función probablemente fagocítica, e intraglomerulares, situadas dentro del corpúsculo renal y entre los capilares. Estas células regulan el flujo sanguíneo a través del glomérulo en virtud de su capacidad contráctil.<sup>4.4</sup>

Los capilares son fenestrados (Fig. 8.7) (70 a 90 nm de diámetro), con poros y sin membranas. Sus células endoteliales, muy delgadas, descansan sobre una lámina basal de 300 nm de espesor constituida por tres capas: una central o media (lámina densa), de colágeno IV, y dos externas electrodensas (láminas raras), de laminina, fibronectina y proteoglicanos polianiónicos ricos en sulfato de heparán.<sup>4.5</sup>

#### **8.4. Túbulo proximal.**

El túbulo proximal mide unos 14 mm de largo por 60  $\mu\text{m}$  de calibre. Desde el punto de vista histológico, está tapizado por un epitelio cúbico simple, de aspecto eosinófilo, en el que destaca ultraestructuralmente una membrana citoplásmica dotada, en su cara luminal, de un ribete en cepillo muy desarrollado que amplía más de 20 veces la superficie apical.<sup>3.4</sup>

El túbulo proximal posee dos componentes: el contorneado y el recto (Fig. 8.9) (también llamado rama descendente gruesa del asa de Henle), que desciende desde la corteza (Fig. 8.8) hasta la médula para continuarse con el asa de Henle.<sup>4.6</sup>

Los nefrocitos tienen una forma piramidal con cimas redondeadas que delimitan una luz en forma de estrella. Muestran contornos celulares poco visibles, un gran núcleo esférico con nucléolo prominente, un borde en cepillo (abundantes

microvellosidades) y mitocondrias a nivel basal. Estas células resorben la totalidad de la glucosa, aminoácidos y proteínas del ultrafiltrado glomerular, además del 80% del sodio, agua y cloruro, y lo llevan al extremo del tejido conectivo. Poseen a nivel de las membranas basolaterales una gran cantidad de ATPasa de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , que bombea activamente sodio, cloro y agua para conservar el equilibrio osmótico y la neutralidad eléctrica.<sup>4.7</sup>

Vista con microscopia de luz, la porción contorneada del túbulo proximal está compuesta por un tipo de epitelio cuboideo simple con citoplasma granuloso (Fig. 8.10). Las células tienen un borde estriado elaborado y un sistema complicado de prolongaciones celulares laterales intertramadas.<sup>2.4</sup>

### **8.5. Asa de Henle.**

Surge del estrechamiento brusco de la porción descendente recta del túbulo proximal en la parte externa de la médula para formar un asa, cuya porción inicial es recta, descendente y delgada.<sup>3.5</sup>

La integra una rama descendente de dos porciones, una gruesa (túbulo recto proximal) y una delgada, el asa de Henle propiamente dicha, que corresponde a la vuelta en forma de horquilla, y la rama ascendente de dos porciones, una delgada y una gruesa (túbulo recto distal). Esta porción del túbulo urinario tiene un diámetro menor (15 a 20  $\mu\text{m}$ ) y la recubre un epitelio plano simple (de un grosor de 1.5 a 2  $\mu\text{m}$ ). Los segmentos delgados son más largos en las neuronas yuxtamedulares (10 mm de longitud).<sup>4.8</sup>

Desde el punto de vista ultraestructural es posible identificar cuatro tipos diferentes de células epiteliales:

- 1) Localizadas en nefronas corticales. Son células escamosas sin interdigitaciones.
- 2) Localizadas en nefronas yuxtamedulares (rama descendente delgada). Tienen una gran cantidad de interdigitaciones y repliegues invaginados del plasmalema basal.
- 3) Semejantes a las anteriores, pero con menos interdigitaciones.
- 4) Localizadas en nefronas yuxtamedulares (rama ascendente delgada).<sup>4.9</sup>

### **8.6. Túbulo distal.**

Dos porciones lo conforman: La recta (rama ascendente gruesa del asa de Henle) y la contorneada. Entre estas dos zonas se halla una región modificada del túbulo distal conocida como mácula densa.<sup>4.10</sup>

Es más corto y delgado que el túbulo proximal, pero el diámetro de luz es ligeramente mayor. Comienza de forma abrupta donde aumenta el grosor de la porción delgada del asa de Henle en su segmento ascendente. En un principio es de localización medular, para dirigirse de manera directa hasta la corteza, justo en la entrada del polo vascular del corpúsculo renal de la nefrona a la que pertenece. En este lugar, algunas células de su pared sufren una transformación para originar la mácula densa, que va a formar parte de un dispositivo específico denominado aparato yuxtaglomerular. A continuación, el túbulo muestra una serie de tortuosidades que forman la porción contorneada, que se sitúa por lo general por encima del corpúsculo, y que será la que desemboque en el tubo colector.<sup>3,6</sup>

La rama ascendente gruesa tiene una longitud de 10 mm y entre 30 y 40  $\mu\text{m}$  de diámetro. Posee un epitelio simple de células cúbicas bajas con escasas microvellosidades y ATPasas de cloruro y sodio para el transporte activo de estos iones. Dicha porción es impermeable al agua y a la urea. Las células de la mácula densa son más altas (cilíndricas) y estrechas.<sup>4,11</sup>

Los túbulos contorneados distales suelen ascender ligeramente por arriba de sus corpúsculos renales y drenar en la porción arqueada de los túbulos colectores. El túbulo contorneado distal es impermeable al agua y la urea, sin embargo, la aldosterona estimula las ATPasas de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  para la resorción activa de  $\text{Na}^+$  y por tanto de agua.<sup>4,12</sup>

El aparato yuxtaglomerular es una diferenciación morfológica situada en el polo vascular del glomérulo y comprende la unión de varios elementos: mácula densa del túbulo distal, células yuxtaglomerulares de la arteria glomerular aferente y células mesangiales extraglomerulares.<sup>4,13</sup>

La arteria aferente del glomérulo, al entrar en él, experimenta una transformación de las células musculares lisas, que se convierten en cúbicas altas; en este proceso el citoplasma contiene gránulos de secreción que contienen renina. Se trata de células mioepiteliales (células musculares lisas con diferenciación endocrina) llamadas células yuxtaglomerulares.<sup>4,14</sup>

### **8.7. Túbulos colectores.**

Los túbulos colectores no son parte de la nefrona. Tienen orígenes embriológicos diferentes y sólo más tarde en el desarrollo encuentran la nefrona y se unen a ella para formar una estructura continua. Los túbulos contorneados distales de varias nefronas se unen para formar un túbulo conector corto que conduce al túbulo colector. El ultrafiltrado glomerular que penetra en el túbulo colector se modifica y transporta en las papilas medulares. Los túbulos colectores

tienen cerca de 20 mm de largo y tres regiones identificadas: a) cortical, b) medular y c) papilar.<sup>2.5</sup>

Los túbulos colectores corticales se localizan en los rayos medulares y se componen de dos tipos de células cuboides:

- 1) Las células principales, tienen un núcleo central, oval, unas cuantas mitocondrias pequeñas, cortas y dispersas. La membrana basal de estas células muestra múltiples plegamientos. Como las membranas celulares laterales no están plegadas, se visualizan con claridad mediante la microscopía de luz.
- 2) Las células intercaladas muestran múltiples vesículas apicales de 50 a 200 nm de diámetro, micropliegues en su plasmalema apical y abundancia de mitocondrias. Los núcleos de estas células son redondos y se localizan en la parte central.<sup>2.6</sup>

### **8.8. Intersticio renal.**

El riñón es un órgano recubierto por una cápsula de tejido conectivo colagenoso denso e irregular y fibras elásticas. Los vasos sanguíneos que entran a través del hilio se rodean de tejido conectivo y se relacionan con las membranas basales que recubren a los túbulos uriníferos y la vasculatura. El tejido intersticial cortical tiene fibroblastos y macrófagos. A nivel medular se identifican también, células intersticiales con núcleos alargados y numerosas gotitas de lípidos. Secretan medulipina I, que por transformación hepática da origen a la medulipina II, un potente vasodilatador.<sup>4.15</sup>

### **8.9. Fisiología renal**

Los riñones regulan la composición y el volumen de los líquidos corporales (electrolitos, glucosa, aminoácidos), así como el equilibrio ácido-base. Estos órganos excretan productos terminales del metabolismo, (como la urea), y metabolitos de fármacos; poseen también una función endocrina al secretar medulipina I, renina, prostaglandinas y eritropoyetina.<sup>4.16</sup>

El riñón tiene las siguientes funciones:

1. Filtración
2. Resorción y,
3. Secreción<sup>4.17</sup>

### **8.10. Vías urinarias.**

Las vías urinarias comprenden las siguientes estructuras:

1. Cálices
2. pelvis renal
3. uréter
4. vejiga, y
5. uretra.<sup>4.18</sup>

La pared de estas estructuras posee tres capas superpuestas.

La capa de la mucosa, la constituye un epitelio de tipo urinario que descansa sobre un corion. El epitelio urinario es estratificado, llamado de transición, y sólo se encuentra en este sistema. La estratificación aumenta de dos a tres capas (en los cálices y pelvis) a cuatro o cinco (en el uréter) y a seis u ocho (en la vejiga relajada); cuando ésta se distiende se reducen a tres o cuatro. En la vejiga (Fig. 8.17), el epitelio tiene características especiales<sup>4.19</sup>:

### **8.11. Cálices.**

Los cálices menores son estructuras tubulares que por su porción proximal recolectan la orina que sale de las papilas renales, un cáliz menor recolecta la orina producida por cada una de las pirámides que, a su vez, se proyectan en la luz de los cálices menores, esta prolongación de la pirámide se denomina papila e histológicamente está conformada por la parte final de la nefrona llamada conductos colectores. La confluencia de 2 a 3 cálices menores da lugar a la formación de un cáliz mayor; para que finalmente cada riñón contenga 2 a 3 cálices mayores que se unen entre sí para formar un seno conocido con el nombre de pelvis renal. La mucosa está revestida por un epitelio de transición exclusivo de las vías urinarias excretoras denominado urotelio.<sup>33.7</sup>

### **8.12. Uréteres.**

Los uréteres (Fig. 8.14) son estructuras tubulares que están colapsados a menos que pase orina en una onda peristáltica, por lo general la orina pasa en bolos hacia la vejiga. Los uréteres nacen en la pelvis renal y transportan la orina a la vejiga; tienen un espesor de 2 a 4 mm y llegan a tener un largo que depende de la complejidad del individuo, puede ser hasta 30 cm. La estructura del uréter consiste de modo esencial en tres capas: la mucosa, una capa muscular y la adventicia.<sup>3.8</sup>

En la porción pélvica el trayecto del uréter así como su relación es diferente según el género; en el hombre pasa posterior a las vesículas seminales y el conducto deferente. En la mujer el uréter está debajo de los ovarios, del ligamento

ancho y transcurre una pequeña distancia del cuello del útero. El uréter tanto en el hombre como en la mujer entra en la vejiga atravesando la pared posterior de la vejiga de forma oblicua con algunos milímetros dentro de la pared vesical, con lo que la contracción de los músculos de la vejiga funcionan como esfínter ureteral evitando el reflujo de orina hacia los uréteres.<sup>3.9</sup>

### **8.13. Vejiga.**

La vejiga (Fig. 8.15) es un órgano hueco con una forma semitriangular con una base posteroinferior, en ella desembocan los uréteres, y un vértice por donde es excretada la orina llamada uretra. La vejiga contiene la orina que proviene de los riñones, y su función es el almacenamiento temporal de la orina hasta que existan las condiciones óptimas para la evacuación.<sup>3.10</sup>

La mucosa está revestida por epitelio propio de las vías urinarias excretoras denominado urotelio, el cual se conforma en la vejiga por 6 a 8 capas celulares; esto tiene entre otras cosas la función de soportar la distensión a la que se somete la pared de la vejiga. La forma de las células que componen el urotelio cambia de acuerdo con el estado contráctil del órgano y del estrato que ocupa en el urotelio; de tal forma que en estado contraído el urotelio se compone de varias capas de células de las cuales las basales son cúbicas a cilíndricas (Fig. 8.16). Por encima de ellas hay varias capas de células de formas irregulares reemplazadas en la capa externa, por una capa de células redondeadas grandes con una superficie luminal convexa. Las células son muy claras, pero presentan una condensación eosinófila hacia la luz. Tienen un núcleo redondo u oval y muchas son binucleadas. Cuando el órgano se distiende y se vuelve aplanado, las células de la capa externa se hacen cúbicas bajas o planas.<sup>3.11</sup>

La capa muscular está compuesta por tres capas de células musculares lisas, la capa externa formada por fibras musculares longitudinales, la capa muscular media por fibras musculares circulares y la capa profunda o interna por fibras con disposición longitudinal.<sup>3.12</sup>

La capa adventicia es la más superficial de la vejiga, y esta capa está, a su vez, cubierta en parte por una capa serosa: el peritoneo, el cual también está cubierto por grasa. La adventicia está formada por tejido conjuntivo con una gran cantidad de colágeno, así como una cantidad abundante de fibras elásticas.<sup>3.13</sup>

### **8.14. Uretra.**

La estructura de la uretra es diferente en el hombre y la mujer. La uretra femenina (Fig. 8.18) tiene un epitelio muy variable con predominio del epitelio plano estratificado como también algunas zonas del epitelio cilíndrico

seudoestratificado o estratificado. También se encuentran glándulas intraepiteliales mucosas, las glándulas de Littre (Fig. 8.19). La lámina propia (Fig. 8.20) se compone de tejido conjuntivo laxo y contiene plexos muy bien desarrollados con venas de paredes finas.<sup>3.14</sup>

La uretra masculina (Fig. 8.21) está dividida en tres partes desde el punto de vista anatómico: la porción prostática, que recorre la próstata, la porción membranosa, que atraviesa el diafragma urogenital y la porción esponjosa que recorre el cuerpo esponjoso y el glande del pene. En su recorrido a través de la próstata la porción prostática de la uretra recibe la desembocadura de los conductos excretores. En la pared posterior se encuentra una elevación en forma de clava, el folículo seminal, y en la punta de este desemboca un pequeño divertículo ciego, el utrículo prostático. Los conductos eyaculadores desembocan a cada lado del utrículo prostático. La porción prostática de la uretra está revestida por epitelio de transición.<sup>3.15</sup>

La porción membranosa de la uretra se extiende desde la próstata hasta el bulbo del pene atravesando el diafragma urogenital. El revestimiento epitelial es seudoestratificado o cilíndrico estratificado. La musculatura lisa está revestida por fibras estriadas del diafragma urogenital, que forman el músculo del esfínter uretral, con control consciente.<sup>3.16</sup>

### Referencias Bibliográficas.

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Medica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002. Ref. 2.1, 2.2: pág. 415, Ref. 2.3: pág. 418; Ref. 2.4: pág. 420; Ref. 2.5: pág. 427; Ref. 2.6: pág. 428.
- 3) Fortoul T., Castell A., Histología y Biología Celular. México: Mc Graw-Hill, 2010. Ref. 3.1: pág. 239; Ref. 3.2, 3.3: pág. 240; Ref. 3.4, 3.5: pág. 243; Ref. 3.6: pág. 244; Ref. 3.7-3.9: pág. 248; Ref. 3.10-3.14: pág. 249; Ref. 3.15, 3.16: pág.250.
- 4) Manual Departamental. Facultad de Medicina. La práctica histológica. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003. Ref. 4.1-4.2: pág. 138; Ref. 4.3-4.5: pág. 139; Ref. 4.6-4.14: pág. 140; Ref. 4.15-4.19: pág. 141
- 5) Gartner L., Hiatt J.L., Sturm J.M. Biología Celular e Histología. 8º ed. España: Williams y Wilkins, 2007. Ref. 5.1, 5.2: pág. 256.
- 6) Armenta P.S. Compendio de Histología. España: Ediciones Doyma, 2002.
- 7) Jac Poirier J. Ribadeau-Dumas, Catala M., André J., Gherard. R. Manual de Histología. España: Masson, 2002.

# 9. Aparato Genital

El aparato reproductor femenino es el sistema sexual femenino. Está encargado de garantizar la reproducción humana. Se compone de gónadas (órganos sexuales donde se forman los gametos y producen las hormonas sexuales), las vías genitales y los genitales externos.

## 9.1. Reproductor femenino.

**E**l aparato reproductor femenino está involucrado en la reproducción, la gestación y otras funciones hormonales importantes.<sup>3</sup> En un complicado concierto funcional que incluye la participación del sistema nervioso y el endocrinológico, el sistema genital femenino condiciona dos fenómenos biológicos de fundamental importancia en la comprensión del ser humano; la sexualidad y la reproducción.<sup>4</sup>

Los órganos de la reproducción no están desarrollados por completo y permanecen en estado de reposo hasta que la glándula hipófisis secreta hormonas gonadotrópicas como señal para el inicio de la pubertad. Después tienen lugar muchos cambios en la totalidad del sistema reproductor que incluyen la diferenciación adicional de los órganos de la reproducción y culminan en la *menarquía*, el primer flujo menstrual, que varía entre los 9 y 15 años de edad. Tras el primer flujo menstrual, el ciclo menstrual, que comprende muchos cambios hormonales, histológicos y fisiológicos, se repite cada mes (28 días) durante todos los años de la reproducción a menos que se interrumpa por el embarazo. Conforme la mujer se acerca al final de sus años de reproducción sus ciclos menstruales se tornan menos regulares en tanto comienzan a cambiar las señales hormonales y neurológicas, que inician la menopausia.<sup>4</sup>

### 9.1.1. Ovarios.

Son órganos pares en forma de almendra que se encuentran suspendidos en la cavidad peritoneal a través de un pliegue del peritoneo denominado mesovario. Cada uno de los ovarios (Fig. 9.1) posee regiones diferenciables por las características que presentan: la corteza y la médula.<sup>3</sup>

La corteza ovárica (Fig. 9.3) está formada por el epitelio de recubrimiento de los ovarios, los folículos ováricos y el tejido conjuntivo adyacente, denominado estroma. El epitelio de recubrimiento es cúbico simple y se ha llamado también epitelio germinal, denominado así porque en el pasado se creía que de este epitelio derivaban las células germinales, hecho que en la actualidad se ha descartado, confirmando que sólo es un epitelio de revestimiento.<sup>3</sup>

Debajo del epitelio germinal se encuentra la túnica albugínea, constituida por tejido conjuntivo denso irregular y después los folículos ováricos en distintos estadios de desarrollo del oocito. (Fig. 9.2)<sup>3</sup>

Las células germinales primordiales, llamadas ovogonias, se desarrollan en el saco vitelino poco después del primer mes de gestación. Experimentan varias divisiones mitóticas y durante la sexta semana posterior a la fecundación migran a los rebordes germinales para poblar la corteza de los ovarios en desarrollo. En este sitio continúan en división mitótica hasta casi el final del quinto mes de la vida fetal, en donde cada ovario tiene alrededor de 5 a 7 millones de ovogonias. Casi un millón de estas últimas se rodea de células foliculares y sobrevive hasta el momento del nacimiento. Las ovogonias restantes no se incorporan en folículos, y sufren atresia.<sup>2</sup>

Del millón de ovogonias que sobreviven para incorporarse en los folículos primordiales, 600 000 se tornan atrésicas durante el siguiente decenio de la vida y en la menarquía de una mujer joven sólo tiene alrededor de 400 000 folículos.<sup>2</sup>

### **9.1.2. Folículos ováricos.**

Los folículos ováricos (Fig. 9.6) están rodeados por tejido estromático y consisten en un oocito primario y sus células foliculares relacionadas, dispuestas en una capa esférica o varias capas concéntricas alrededor del oocito primario. Las células foliculares, en forma similar al epitelio germinal, derivan del epitelio mesotelial y tal vez también de un segundo origen, los cordones sexuales primitivos del mesonefros, un precursor del metanefros, la estructura que desarrollará el riñón definitivo.<sup>2</sup>

Se identifican cuatro etapas del desarrollo folicular con base en el crecimiento del folículo y del desarrollo del oocito.<sup>2</sup>

#### **9.1.2.1. Folículos primordiales.**

Corresponden al primer estadio de desarrollo que se puede distinguir. Poseen un oocito primario de aproximadamente 25 µm de diámetro, con nucléolo prominente, con una capa de células foliculares planas alrededor del mismo. (Fig. 9.3)<sup>3</sup>

El oocito primario (detenido en la etapa de profase de la meiosis I), contiene un núcleo acéntrico grande. El nucleoplasma parece vesicular por los cromosomas desenrollados. Los organelos incluyen múltiples mitocondrias, complejos de Golgi en abundancia, retículo endoplásmico rugoso que solo muestra unos cuantos ribosomas y láminas anulares ocasionales. Las células foliculares escamosas

rodean por completo el oocito primario y se unen entre sí mediante desmosomas. Una lámina basal las separa del estroma del tejido. (Fig. 9.5.)<sup>2</sup>

### **9.1.2.2. Folículos primarios.**

Corresponden al siguiente estadio de desarrollo, luego de los folículos primordiales. El oocito en esta etapa ha crecido presentando un tamaño aproximado de de 100 a 150  $\mu\text{m}$  y se encuentra rodeado desde una hasta varias capas de células foliculares cúbicas.<sup>3</sup>

La microscopía electrónica muestra un incremento de la cantidad de organelos distribuidos de forma irregular, con abundantes aparatos de Golgi y retículo endoplásmico rugoso, así como ribosomas libres y numerosas mitocondrias. Las células foliculares aumentan de tamaño y adoptan una forma cuboidea.<sup>4</sup>

El folículo se denomina folículo primario unilaminar, en tanto sólo una capa de células foliculares circunde el oocito. Cuando las células foliculares proliferan, se estratifican y forman varias capas de células alrededor del oocito primario, el folículo se llama folículo primario multilaminar y las células foliculares suelen denominarse células granulosa. (Fig. 9.4).<sup>2</sup>

En esta ésta etapa las células foliculares y el ovocito secretan abundantes glucoproteínas que forman una lámina de sustancia amorfa denominada zona pelúcida, que separa el ovocito de las células foliculares. La relación núcleo-citoplasma de las células foliculares y su aumento en cantidad, producen un aspecto granular (por la gran cantidad de núcleos redondos muy cercanos entre sí). Las células estromales de la capa más interna –teca interna- muestran características estructurales propias de células esteroideógenas y se relacionan con una intrincada red capilar. Estas células producen androstenediona, que ulteriormente es captada por las células foliculares que la transforman en estradiol. La teca externa tiene propiedades de tejido conectivo fibroso.<sup>4</sup>

### **9.1.2.3. Folículo Secundario.**

Al continuar la reproducción de las células de la granulosa, el tamaño del folículo se incrementa notablemente (de 200 a 450 $\mu\text{m}$  de diámetro). Posteriormente se inicia la producción de un líquido con abundantes glucosaminoglicanos y distintos tipos de hormonas, que incluyen estradiol, progesterona e inhibina, y que recibe el nombre de lícor folicular. Éste al aumentar en cantidad, da origen a la formación de huecos irregulares entre las células foliculares, que después se fusionan para conformar un solo hueco voluminoso conocido como antro folicular.<sup>4</sup> (Fig. 9.7)

Los folículos secundarios son similares a los primarios excepto por la presencia de licor folicular acumulado entre las células granulosas. (Fig. 9.9).<sup>2</sup> El reacomodo de las células de la granulosa impulsa la formación del cúmulo oóforo que es una proyección de células de la granulosa de la pared al antro lleno de líquido; las células de la granulosa que quedan rodeando al oocito primario, y que no se desplazan hacia la periferia forman la corona radiada.<sup>3</sup>

Hacia el final de esta etapa las células estromáticas se alargan y la teca interna es invadida por capilares que las nutren lo mismo que a las células granulosas avasculares. (Fig. 9.8).<sup>2</sup>

Casi todos los folículos que llegan a esta etapa del desarrollo sufren atresia (Fig. 9.10), pero algunas de las células granulosas relacionadas con los folículos atrésicos no degeneran; por el contrario, forman glándulas intersticiales, que secretan cantidades pequeñas de andrógenos hasta que la menopausia termina. Unos cuantos folículos secundarios continúan su desarrollo hacia folículos maduros.<sup>2</sup>

#### **9.1.2.4. Folículos de Graaf.**

Esta es la etapa final de maduración folicular. El aumento en la cantidad de líquido folicular condiciona la liberación del oocito a partir del cúmulo oóforo, por lo que se encuentra flotando en el antro folicular rodeado por una capa estratificada de células foliculares conocida como corona radiada.<sup>4</sup>

#### **9.1.2.5. Ovulación.**

El proceso de liberación del oocito secundario del folículo graafiano se conoce como ovulación.<sup>2</sup> Es un proceso mediado por hormonas.<sup>3</sup>

Hacia el decimocuarto día del ciclo menstrual el estrógeno producido sobre todo por el folículo graafiano en desarrollo, pero también por los folículos secundarios, ocasiona un aumento del estrógeno sanguíneo en concentraciones lo bastante altas para dar lugar a los efectos siguientes:

1. La inhibición por retroalimentación negativa suprime la liberación de FSH por la hipófisis anterior.
2. Las células basófilas de la hipófisis anterior causan un incremento súbito de LH.<sup>2</sup>

Al mismo tiempo, el incremento de LH desencadena la reanudación de la primera división meiótica del oocito primario, debido a la liberación local de la sustancia inductora de la meiosis. Este fenómeno causa la formación del oocito

secundario y del primer cuerpo polar. Después, las células de la granulosa y la teca se luteinizan y producen progesterona.<sup>3</sup>

Durante la ovulación, el oocito secundario atraviesa toda la pared folicular y el epitelio superficial del ovario. Algunos factores importantes que intervienen para que se lleve a cabo la ovulación son los siguientes:

1. Aumento del volumen y la presión del líquido folicular.
2. Proteólisis enzimática de la pared folicular por plasminógeno activado.
3. Depósito de glucosaminoglucanos entre el complejo oocito-cúmulo oóforo y la capa granulosa.
4. Contracción de las fibras musculares lisas en la teca externa, desencadenada por prostaglandinas.<sup>3</sup>

Justo antes de la ovulación, el flujo sanguíneo se detiene en una pequeña región de la superficie ovárica sobre el folículo que hace protrusión. Esta región se conoce como estigma y se rompe por la degeneración del tejido. El oocito, rodeado por las células de la granulosa es expulsado con fuerza. Después el oocito secundario se introduce en la trompa uterina y es atrapado por las fimbrias de la trompa para evitar que caiga en la cavidad peritoneal. Si la fecundación no ocurre mientras el oocito secundario viaja a través de la trompa uterina, éste se degenera.<sup>3</sup>

#### **9.1.2.6. Cuerpo Lúteo.**

También llamado cuerpo amarillo, es formado por los remanentes del folículo de Graaf y está compuesto por células de la granulosa y de la teca remanentes. (Fig. 9.12).<sup>3</sup> Una vez que el oocito secundario y sus células relacionadas se ovulan, el resto del folículo graafiano se colapsa y se pliega, algunos de los vasos sanguíneos rotos vierten sangre a la cavidad folicular y forman un coágulo central. La estructura resultante se conoce como cuerpo hemorrágico. A medida que los fagocitos eliminan el coágulo, concentraciones altas constantes de LH convierten el cuerpo hemorrágico en una estructura temporal que se denomina cuerpo amarillo. (Fig. 9.13).<sup>2</sup>

Las células de la capa granulosa y de la teca interna sufren cambios morfológicos y se convierten en células luteínicas que aumentan de tamaño y se llenan de inclusiones lipídicas. (Fig. 9.13).<sup>3</sup>

Las células luteínicas de la granulosa constituyen el 80% del total del cuerpo lúteo. Son voluminosas, de 30 a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro, redondeadas o poligonales, con muy escasa sustancia intercelular que las separe. Tienen un solo núcleo, casi siempre excéntrico, con cromatina dispuesta en grumos finos y

nucléolo prominente. El citoplasma es pálido, levemente acidófilo con gotitas de lípido distribuidas irregularmente. Entre estas células se encuentran abundantes capilares. Las células luteínicas de la teca tienen propiedades similares, pero su citoplasma es mucho más escaso que el de las células de la granulosa y en general son mucho más pequeñas (15µm de diámetro). En conjunto, el cuerpo lúteo produce varias hormonas, sobresaliendo la progesterona y los estrógenos. Si no ocurre la fecundación, ocho a nueve días después de la ovulación se observan cambios involutivos en el cuerpo lúteo (cuerpo lúteo de la menstruación) con fibrosis progresiva que evoluciona hacia la formación de un cuerpo blanco en cinco a seis días. En caso de fecundación, el cuerpo lúteo aumenta notablemente de tamaño (cuerpo lúteo del embarazo) y persiste activo por cerca de tres meses, aunque para entonces la principal fuente de progesterona es la placenta.<sup>4</sup>

#### **9.1.2.7. Cuerpo Blanco.**

Si no ocurren la fecundación y la implantación, el cuerpo lúteo permanece activo sólo 14 días como cuerpo amarillo de la menstruación. Entonces el cuerpo lúteo se degenera y sufre una involución lenta. Las células se llenan de lípidos, sufren autólisis y se forma una cicatriz blanquecina formada de tejido conjuntivo fibroso, el cuerpo albicans (Fig. 9.14), que se hace cada vez más profundo en la corteza ovárica hasta desaparecer después de algunos meses.<sup>3</sup> Los remanentes del cuerpo blanco persisten como una cicatriz en la superficie del ovario.<sup>2</sup>

#### **9.1.2.8. Médula ovárica.**

La médula ovárica es tejido conectivo fibroelástico muy vascularizado que contiene células de tejido conectivo, intersticiales e hiliares.<sup>2</sup> Corresponde a la región central del ovario y se compone de tejido conjuntivo.<sup>3</sup>

#### **9.1.3. Salpinges (Oviductos, Trompas De Fallopio o Tubas Uterinas)**

Los oviductos, son dos estructuras tubulares de pared muscular de alrededor de 12 cm de largo, cada una con un extremo abierto y uno unido. Los oviductos se continúan con la pared del útero en sus extremos insertados, donde atraviesan la pared uterina para abrirse en su luz. Los extremos libres se abren a la cavidad peritoneal cerca de los ovarios.<sup>2</sup>

Los oviductos se dividen en cuatro regiones:

1. Infundíbulo. Es la primera región y corresponde al extremo abierto del oviducto, el cual posee unas proyecciones conocidas como fimbrias que ayudan a capturar el oocito secundario.

2. Ampolla. (Fig. 9.15) Segunda región posterior al infundíbulo que corresponde a un área expandida en donde suele ocurrir la fecundación.
3. Itsmo. (Fig. 9.16) Es la siguiente porción más estrecha del oviducto.<sup>3</sup> Es la región más estrecha entre la ampolla y el útero.<sup>2</sup>
4. Región intramural. Pasa a través de la pared del útero para desembocar en la luz del útero.<sup>3</sup>

Las paredes de los oviductos se componen de tres capas:

- 1) Mucosa. Se caracteriza por muchos pliegues longitudinales que se encuentran en las cuatro regiones de los oviductos.<sup>3</sup> El epitelio es cilíndrico simple y está formado por células en clavo (intercalares) que secretan un medio rico en nutrientes y que proporciona nutrientes a los espermatozoides durante su migración hacia el oocito secundario, capacitándolos para la fecundación. (Fig. 9.17) Su citoplasma contiene RER en abundancia, un complejo de Golgi bien desarrollado y diversos gránulos de secreción apicales electrodensos.<sup>5</sup> Las secreciones de las células intercalares aunadas al movimiento del líquido al útero impiden el paso de microorganismos de este último a la cavidad peritoneal a través del oviducto. Los cilios de las células se mueven al unísono hacia el útero.<sup>2</sup>
- 2) Muscular. Formada por dos capas de músculo liso, una circular interna y una longitudinal externa. (Fig. 9.18).<sup>2</sup>
- 3) Serosa. Constituida por epitelio plano simple debajo del cual abundan vasos sanguíneos y fibras nerviosas.<sup>3</sup>

#### **9.1.4. Útero.**

Es un órgano muscular en forma de pera que se localiza en la pelvis y recibe las terminaciones de los oviductos. El útero se divide en tres regiones:

1. Cuerpo. Es la porción más ancha en la que desembocan los oviductos.
2. Fondo. Se sitúa en la parte superior en los sitios de desembocadura de los oviductos.
3. Cuello. Es la porción más estrecha que sale a la vagina y se abre en ella.<sup>3</sup>

El útero es una estructura gruesa de unos 7 cm de largo, 4 cm de ancho y 2.5 cm de grosor.<sup>2</sup>

La pared y el fondo del útero se compone de endometrio, miometrio y una adventicia o serosa. (Fig. 9.19)<sup>2</sup>

El endometrio o recubrimiento mucoso del útero, está constituido por epitelio cilíndrico simple (Fig. 24) y una lámina propia. El epitelio se compone de células cilíndricas secretorias no ciliadas y células ciliadas, en tanto que la lámina propia contiene glándulas tubulares simples (Fig. 9.20) ramificadas que se extienden hasta el miometrio.<sup>2</sup>

Las células ciliadas tienen núcleos alargados con cromatina dispersa en grumos finos y se distinguen por la gran cantidad de cilios en su superficie luminal. El tejido conectivo (lámina propia o estroma endometrial) es de tipo fibroso con abundantes fibras reticulares que forman una trama en la que se apoyan las células estromales (Fig. 9.21), algunos leucocitos, ocasionales macrófagos y numerosos vasos sanguíneos.<sup>4</sup>

En el endometrio se distinguen dos capas tisulares con base en su comportamiento a lo largo del ciclo sexual. Los dos tercios más internos constituyen la capa funcional, que normalmente se descama durante la menstruación, y que contiene muchas arterias helicoidales (Fig. 9.25) de las que se origina una red capilar que la irriga. El tercio externo del endometrio constituye la capa basal, la que contiene el fondo de las glándulas y está irrigada por las arterias rectas.<sup>4</sup>

Las características morfofuncionales del endometrio muestran una serie de cambios que se relacionan con etapas específicas del ciclo menstrual. Los primeros cuatro días constituyen la fase menstrual, que se identifica por el sangrado transvaginal. A los componentes tisulares de la capa basal se debe la regeneración del epitelio y el estroma, con lo que se inicia la fase proliferativa (Fig. 9.26) o folicular. Esta etapa se extiende entre los días cuarto y decimocuarto del ciclo ideal y se caracteriza por una renovación gradual de la capa funcional, que provoca un aumento paulatino del espesor endometrial. Durante la fase proliferativa temprana las glándulas son rectas y tienen luces estrechas. Desde el principio del periodo proliferativo medio y a lo largo del resto del ciclo, las glándulas muestran grados crecientes de enrollamiento, que son mucho más aparentes en la fase secretora (Fig. 9.27). Esta última etapa del día decimoquinto al vigésimo octavo del ciclo ideal y se distingue por un engrosamiento marcado vinculado con glándulas enrolladas y con luces amplias que tienen un contorno irregular descrito como —~~aserrado~~” o —~~dentado~~”.<sup>4</sup>

La pared muscular gruesa del útero, el miometrio, se integra por tres capas de músculo liso (Fig. 30). El músculo longitudinal constituye las capas interna y

externa, mientras que la capa media se constituye de músculo liso dispuesto en forma circular.<sup>2</sup>

Esta región sumamente vascularizada aloja las arterias arqueadas y se denomina estrato vascular. El tejido muscular disminuye y es reemplazado por tejido conectivo fibroso conforme el útero se estrecha hacia el cérvix. El miometrio del cérvix está compuesto por tejido conectivo denso irregular que contiene fibras elásticas y sólo unas cuantas células de músculo liso dispersas.<sup>2</sup>

El tamaño y número de las células de músculo miometrial se relacionan con las concentraciones de estrógeno. Estas células musculares son más grandes y numerosas durante el embarazo, cuando se produce mucho estrógeno; son más pequeñas después de terminar la menstruación, cuando se elabora poco estrógeno. Si este último no está presente el músculo miometrial se atrofia y algunas células se someten a apoptosis.<sup>2</sup>

La contracción de fibras musculares uterinas se da en diferentes momentos, durante la estimulación sexual induce contracciones moderadas; durante la menstruación también se producen contracciones que en ocasiones pueden ser dolorosas y por último, durante el parto, las contracciones rítmicas y potentes del útero expulsan al feto.<sup>3</sup>

El proceso de contracción muscular se ve influido por la acción de distintas hormonas. Las prostaglandinas producidas por el miometrio y las membranas fetales, además de la oxitocina almacenada en la neurohipófisis, y producida en el núcleo paraventricular en mayor cantidad y en menor en el supraóptico, estimulan las contracciones uterinas.<sup>3</sup>

Los términos serosa y adventicia se refieren a una capa de tejido conjuntivo fibroelástico. La diferencia consiste en que si la membrana está cubierta por mesotelio se denomina serosa y si no lo está se llama adventicia.<sup>4</sup>

El fondo y la porción posterior del cuerpo poseen un recubrimiento seroso, compuesto de células mesoteliales planas, mientras que en gran parte de la parte anterior del útero está recubierta de tejido conjuntivo sin recubrimiento epitelial.<sup>3</sup>

#### **9.1.5. Cérvix o cuello uterino.**

El cérvix es el extremo terminal del útero que sale a la vagina (Fig. 9.29). La luz del cérvix está recubierta por un epitelio cilíndrico simple secretor de moco; sin embargo, su superficie externa, donde el cérvix sale a la vagina, está recubierta por un epitelio escamoso estratificado no queratinizado similar al de la vagina, la

pared del cérvix consiste sobre todo en tejido conectivo denso, colagenoso, que incluye muchas fibras elásticas y sólo unas cuantas fibras de músculo liso.<sup>2</sup>

La mucosa cervical consta de glándulas cervicales ramificadas que, a diferencia de las otras regiones del útero, no se desprenden durante la menstruación. En el punto medio del ciclo menstrual, las glándulas cervicales secretan un líquido seroso que facilita la entrada de los espermatozoides al útero. En otras ocasiones, como en el embarazo, las secreciones se tornan más viscosas, formando un tapón en el orificio del cuello uterino. La progesterona tiene una influencia directa sobre la regulación de la viscosidad de estas secreciones.<sup>3</sup>

La pared del cuello uterino contiene pocas fibras musculares y una mayor cantidad de tejido conjuntivo denso con fibras elásticas. Durante el parto, la relaxina induce la lisis del colágeno, produciendo un ablandamiento del cuello uterino que facilita la dilatación cervical.<sup>3</sup>

#### **9.1.6. Placenta.**

La erosión continua del endometrio altamente vascularizado por el sincitiotrofoblasto también erosiona los vasos sanguíneos maternos. La sangre de estos vasos se vacía en las lagunas del sincitiotrofoblasto que rodean el embrión. En consecuencia la sangre materna proporciona nutrición al embrión en desarrollo. El crecimiento y desarrollo adicionales partir de las células del trofoblasto restante y evoluciona a la placa coriónica, que da lugar a las vellosidades coriónicas. (Fig. 9.22)<sup>2</sup>

En la implantación el blastocito penetra en la luz del útero alrededor de los cuatro a seis días después de la fecundación y en el sexto a séptimo día comienza a incluirse por sí mismo en la pared uterina, los trofoblastos del blastocito estimulan la transformación de las células del estroma del endometrio en células deciduales, (Fig. 9.28) que son redondeadas y grandes, y cuyo glucógeno almacenado proporciona nutrición al embrión en desarrollo.<sup>3</sup>

La parte del endometrio que sufre cambios morfológicos durante el embarazo se llama decidua o caduca, que comprende todo el endometrio salvo por la capa más profunda. Esta capa se desprende con la placenta en el momento del parto. Según su relación con el sitio de implantación, es factible distinguir tres regiones diferentes en la decidua:

1. Decidua basal. Es la parte del endometrio subyacente al sitio de implantación.
2. Decidua capsular: Porción delgada del endometrio que se encuentra entre el embrión y la luz del útero.

3. Decidua parietal. Comprende el resto del endometrio que tapiza la superficie interna del útero.<sup>3</sup>

La región de la placa coriónica en contacto con la decidua basal forma vellosidades coriónicas extensas, (Fig. 9.23) por lo que a esta región se le conoce como corion frondoso. Los diferentes tipos de vellosidades son: a) vellosidades coriónicas primarias, b) vellosidades coriónicas secundarias, y c) vellosidades coriónicas terciarias.<sup>3</sup>

La placenta funciona como un órgano endocrino que produce hCG, tirotrópina coriónica, progesterona, estrógenos y somatotropina coriónica. Por otra parte, las células del tejido conjuntivo del estroma de la decidua forman las células deciduales que sintetizan prolactina y prostaglandinas.<sup>3</sup>

### **9.1.7. Vagina**

La vagina es una estructura fibromuscular que comunica los órganos sexuales internos con los genitales externos; se extiende desde el cuello uterino hasta el vestíbulo vaginal. El orificio de la vagina puede estar obstruido por un repliegue de la mucosa que se proyecta a la luz de la misma, denominado himen.<sup>3</sup>

La luz de la vagina está revestida por un epitelio escamoso estratificado no queratinizado grueso (Fig. 9.32)<sup>2</sup>

En la pared vaginal se distinguen tres capas: La mucosa vaginal, la capa muscular y la adventicia.<sup>3</sup>

La capa de la mucosa posee un revestimiento de epitelio plano estratificado no queratinizado grueso. Las células epiteliales pueden contener gránulos de queratohialina. El epitelio presenta células de Langerhans que actúan como presentadoras de antígenos. Las células epiteliales sintetizan y depositan grandes cantidades de glucógeno por estímulo de los estrógenos. El glucógeno es liberado a la luz a medida que las células se descaman. La flora bacteriana vaginal normal (*Lactobacillus vaginalis*) metaboliza el glucógeno y forma ácido láctico que origina el pH (hasta de 4) bajo en la luz de la vagina.<sup>4</sup>

La capa muscular está formada por músculo liso, dispuesto principalmente en forma longitudinal cuyos haces se entremezclan con fibras dispuestas en forma circular.<sup>4</sup>

La adventicia es una delgada capa de tejido conectivo laxo que conecta a la vagina con las estructuras vecinas y contiene muchas venas, linfáticos y haces nerviosos.<sup>4</sup>

### 9.1.8. *Genitales externos.*

Consisten en las siguientes partes que en conjunto se nombran como vulva. Todos poseen un revestimiento de epitelio plano estratificado y terminaciones nerviosas libres, además de algunos corpúsculos:

1. **Monte de venus.** Es una prominencia redondeada sobre la sínfisis pubiana y está formada por tejido adiposo subcutáneo. Poseen abundantes corpúsculos de Meissner.
2. **Labios mayores.** Son dos pliegues de piel longitudinales grandes que se extienden desde el monte de Venus y forman los límites laterales de la hendidura urogenital. Se caracterizan por tener una capa delgada de músculo liso. Están recubiertos por vello pubiano en la superficie externa, mientras que la región de la superficie interna es lisa y carece de vello. Ambas superficies poseen glándulas sebáceas y sudoríparas, además de corpúsculos de Meissner.
3. **Labios menores.** Corresponden a dos pliegues cutáneos que limitan el vestíbulo vaginal. En las células profundas del epitelio hay una gran cantidad del pigmento melanina. El centro de cada pliegue está formado de tejido conjuntivo, sin tejido adiposo y una gran cantidad de vasos sanguíneos y fibras elásticas. En el estroma se pueden encontrar glándulas sebáceas.
4. **Clítoris.** Se localiza entre los labios menores en la superficie superior y es una estructura eréctil homóloga al pene. Está conformado por dos formaciones eréctiles pequeñas, los cuerpos cavernosos del clítoris que contienen gran cantidad de vasos sanguíneos y nervios sensoriales, incluidos corpúsculos de Pacini y Meissner. Los cuerpos eréctiles terminan en un diminuto tubérculo redondeado llamado glande del clítoris.
5. **Vestíbulo vaginal.** Corresponde a la hendidura situada entre los labios menores derecho e izquierdo. En este espacio se encuentran una gran cantidad de glándulas tubuloalveolares denominadas glándulas vestibulares mayores o de Bartholini y glándulas menores o de Skene. El producto de secreción de estas glándulas es una sustancia mucosa lubricante que es secretada cerca del orificio vaginal.<sup>3</sup>

### 9.1.9. *Glándulas mamarias.*

Las glándulas mamarias secretan leche, que es un líquido que contiene proteínas, lípidos y lactosa, así como linfocitos y monocitos, anticuerpos,

minerales y vitaminas liposolubles para proporcionar la nutrición adecuada al recién nacido.<sup>2</sup>

Las secreciones de estrógeno y progesterona del ovario (y después de la placenta) y la prolactina de las células acidófilas de la hipófisis anterior inician el desarrollo de lobulillos y conductillos terminales. El desarrollo completo de la porción ductal de la mama requiere glucocorticoides y activación adicional mediante somatotropina.<sup>2</sup>

Las glándulas dentro de las mamas se clasifican como glándulas tubuloalveolares compuestas y consisten de 15 a 20 lóbulos que irradian desde el pezón y se separan entre sí por tejidos adiposo y conectivo colagenoso. Cada lóbulo es drenado por su conducto lactífero propio que lleva directamente al pezón donde sus superficies se abren.

#### **9.1.9.1. Glándulas mamarias en reposo.**

Las glándulas mamarias en reposo (ver fig. 9.35) o no secretorias de mujeres no embarazadas tienen la misma estructura básica de la glándula mamaria en lactancia (activa) excepto que son más pequeñas y sin alveolos desarrollados. (Fig. 9.36) Cerca de la abertura del pezón los conductos lactíferos están recubiertos por un epitelio escamoso estratificado (queratinizado). El seno lactífero y el conducto lactífero que lleva al mismo están recubiertos por epitelio cuboideo estratificado, en tanto que los conductos más pequeños que conducen al conducto lactífero se revisten de un epitelio cilíndrico simple. Células mioepiteliales estrelladas localizadas entre el epitelio y la lámina basal también envuelven los alveolos en desarrollo y se tornan funcionales durante el embarazo. (Fig. 9.38) (Fig. 9.39).<sup>2</sup>

El tejido conectivo relacionado con la glándula tiene dos zonas: el estroma extralobulillar y el estroma intralobulillar. (Fig. 9.37).<sup>4</sup>

#### **9.1.9.2. Glándulas mamarias en lactancia.**

Las glándulas mamarias se activan por brotes súbitos elevados de estrógeno y progesterona durante el embarazo para tornarse en glándulas en lactancia que proporcionarán leche al recién nacido. Las porciones terminales de los conductos se ramifican y crecen, y los alvéolos se desarrollan y maduran (Fig. 9.40). Los alvéolos de las glándulas mamarias en lactancia (activas) se componen de células cuboideas rodeadas en parte por una red de células mioepiteliales. Estas células secretorias poseen RER y mitocondrias en abundancia, varios complejos de Golgi, muchas gotitas de lípidos y múltiples vesículas, que contienen caseína y lactosa. Las secreciones de las células alveolares son de dos tipos: lípidos y

proteínas. Los lípidos se almacenan como gotitas en el citoplasma. Se liberan de las células secretorias, por la modalidad apocrina de exocitosis. (Fig. 9.41). Las proteínas que se sintetizan dentro de estas células secretorias se liberan de las células mediante la modalidad merocrina de exocitosis.<sup>2</sup>

## **9.2. Aparato genital masculino.**

**E**l sistema reproductor masculino consiste en los dos testículos suspendidos en el escroto; un sistema de conductos genitales intratesticulares y extratesticulares, glándulas relacionadas y el órgano masculino de la copulación, el pene. Los testículos tienen a su cargo la formación de los gametos masculinos, los espermatozoides, y también la síntesis, el almacenamiento y la liberación de la hormona sexual masculina, la testosterona.<sup>2</sup>

Las glándulas relacionadas con el aparato reproductor masculino son las dos vesículas seminales, la glándula próstata única y las dos glándulas bulbouretrales (de Cowper). Estas glándulas forman la porción no celular del semen, que no sólo nutre a los espermatozoos sino que también proporciona un vehículo líquido para su transporte dentro del aparato reproductor femenino. El pene tiene una función doble: lleva el semen al aparato reproductor femenino durante el coito y sirve como conducto para la orina de la vejiga urinaria al exterior del cuerpo.<sup>2</sup>

## **Referencias Bibliográficas.**

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Medica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002.
- 3) Fortoul T., Castell A., Histología y Biología Celular. México: Mc Graw-Hill, 2010.
- 4) Manual Departamental. Facultad de Medicina. La práctica histológica. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003.
- 5) Gartner L., Hiatt J.L., Sturm J.M. Biología Celular e Histología. 8º ed. España: Williams y Wilkins, 2007.
- 6) Jac Poirier J. Ribadeau-Dumas, Catala M., André J., Gherard. R. Manual de Histología. España: Masson, 2002.

# 10. Tejido Esquelético

**E**l sistema esquelético contiene dos tipos principales de tejido conjuntivo: El hueso y el cartílago.<sup>3.1</sup>

El esqueleto formado por un conjunto de huesos constituye el almacén o soporte del cuerpo y a la vez le sirve de protección.<sup>3.2</sup>

El cartílago (Fig. 10.1) es una especie de tejido conjuntivo especializado con función de sostén; y el líquido sinovial puede considerarse también un tipo de tejido sin células ni fibras.<sup>4.1</sup>

El hueso proporciona una protección rígida y una estructura de sostén a la mayor parte de los tejidos del organismo, mientras que el cartílago proporciona un soporte semirrígido en ciertos lugares, como el árbol respiratorio, o el conducto auditivo externo. La formación de cartílago actúa también como precursora en el proceso de formación del hueso, tanto membranoso como endocondral.<sup>5.1</sup>

## 10.1 Tejido Cartilaginoso.

El cartílago es una forma semirrígida de tejido conjuntivo especializado de sostén cuyas características están determinadas esencialmente por la naturaleza y predominio de la sustancia fundamental de la matriz extracelular.<sup>5.2</sup>

En el adulto se ubica en las vías respiratorias, el pabellón auricular, los cartílagos costales y el cartílago articular.<sup>4.2</sup>

### 10.1.1. Características.

El tejido cartilaginoso es un tejido avascular compuesto por condrocitos (Fig. 10.2) principalmente y una matriz extracelular.<sup>6.1</sup> Tiene su origen en la mesénquima. Las células cartilaginosas específicas se llaman Condrocitos.<sup>4.3</sup>

La matriz extracelular del cartílago es sólida y firme aun que un poco maleable, lo que permite cierta elasticidad<sup>4.4</sup>; esto gracias a los agregados de proteoglucanos de 100 o más moléculas y a la calcificación, es decir, las sales de calcio que se depositan en él, volviéndolo resistente y opaco.<sup>3.3</sup>

La viabilidad del tejido se debe a la gran proporción de glucaminoglucanos (GAG) con respecto al colágeno tipo II en la matriz cartilaginosa, permitiendo la

difusión entre los vasos sanguíneos del tejido conjuntivo circundante y los condrocitos dispersos en la matriz.<sup>3.4</sup>

El tejido cartilaginoso es fundamental para el desarrollo de esqueleto fetal y para la mayoría de los huesos en crecimiento.<sup>6.2</sup>

Un vínculo importante entre la matriz y las células cartilaginosas es la condronectina presente en la membrana de los condrocitos, una proteína semejante a la fibronectina.<sup>4.5</sup>

La matriz territorial se tiñe de azul violeta intensa en los preparados con HE.<sup>4.6</sup>

El crecimiento ocurre por secreción de matriz en el interior de las piezas cartilaginosas o por formación de nueva periferia.<sup>4.7</sup>

El cartílago maduro no tiene nervios y en la mayoría de los casos no tienen vasos sanguíneos.<sup>4.8</sup>

La nutrición de las células cartilaginosas ocurre por difusión a través de la matriz provista de agua en abundancia. El metabolismo es anaerobio en una proporción considerable.<sup>4.9</sup>

### **10.1.2. Células Cartilaginosas**

En el cartílago se pueden describir dos tipos celulares: El condroblasto y el condrocito, los cuales consisten en estadios más o menos diferenciados de un mismo tipo celular.<sup>4.10</sup>

#### **10.1.2.1. Condroblastos.**

Tienen dos orígenes, las células mesenquimatosas y las células condrogénicas de la capa celular interna del pericondrio.<sup>7.1</sup> El pericondrio es un tejido conjuntivo denso compuesto por células que no pueden distinguirse de los fibroblastos. Funciona como fuente de células cartilaginosas nuevas.<sup>6.3</sup> Este tejido rodea al cartílago hialino en donde existe una zona de tejido de sostén condensado; este tiene más células (estrato celular o condrógeno) que en el estrato fibroso. La zona limite el pericondrio no está organizado en condronas.<sup>4.11</sup>

Los condroblastos son células basófilas; en micrografías electrónicas se observa una red de retículo endoplasmático rugoso prominente, un aparato de

golgi bien desarrollado, numerosas mitocondrias y abundancia de vesículas secretoras.<sup>4.12</sup>

Hacia a la periferia del cartílago, los condroblastos se confunden, en estadios más primitivos de diferenciación con el tejido conectivo ordinario que conforma el pericondrio.<sup>4.13</sup>

#### **10.1.2.2. Condrocitos.**

Son el estadio mas diferenciado de los condroblastos, que se encuentran ubicados en su laguna rodeados por matriz.<sup>7.2</sup> Poseen un retículo endoplasmático bien desarrollado y un aparato de golgi grande, así como muchas vesículas las cuales son indicios de su actividad secretora. Tienen un núcleo con nucléolo prominente y organelos sintetizadores de proteínas.<sup>4.14</sup>

Los cercanos a la periferia son ovoides, en tanto a los que se encuentran a mayor profundidad en el cartílago son más redondos. Estando rodeados por matriz, los condrocitos conservan la capacidad de dividirse mitóticamente, y al hacerlo forma grupos de células isogénicas o condronas.<sup>7.3</sup>

Los condrocitos sintetizan y secretan componentes orgánicos de la matriz que son básicamente colágeno, ácido hialurónico, proteoglicanos y glicoproteínas, y según las características de la matriz se distingue tipo de cartílago.

#### **10.1.3. Clasificación o tipos de Cartílago**

Según las características de la matriz el tejido cartilaginoso se divide en cuatro tipos diferentes en cuanto a su aspecto, sus propiedades mecánicas y su proporción de colágeno y fibras elásticas:

##### **10.1.3.1. Cartílago fetal**

Puede contener vasos sanguíneos. Las abundantes células cartilaginosas fusiformes, rodeadas o inclusive estrelladas están distribuidas de manera homogénea. No se forman condronas.<sup>4.15</sup>

##### **10.1.3.2. Cartílago hialino (Fig. 10.3).**

Su función es proveer amortiguación, superficie lisa y baja fricción para las articulaciones, sostén estructural en el aparato respiratorio (laringe, tráquea, bronquios).<sup>6.4</sup> Se ubica en las vías respiratorias, en partes del esqueleto nasal,

inserción de las costillas, esternón, anillos traqueales y también en las superficies articulares.<sup>4.16</sup> Es precursor del hueso durante el desarrollo del esqueleto (Fig. 10.23).<sup>5.3</sup> Sus tipos celulares son condroblastos y condrocitos.

Caracterizado por una matriz que contiene fibras colágenas de tipo II, GAG, proteoglucanos y proteínas multiadhesivas. La matriz del cartílago hialino tiene aspecto vítreo en estado vivo. En toda la extensión de la matriz cartilaginosa hay espacios, llamados lagunas o condroplastos, que contienen células cartilaginosas o condrocitos. El cartílago hialino es un tejido vivo complejo.

En la matriz del cartílago hialino (Fig. 10.6) hay tres clases de moléculas:

1. **Moléculas de colágeno:** Que es una proteína principal de la matriz. Cuatro tipos de colágenos participan en la formación de fibrillas matriciales cortas y relativamente delgadas (20 nm de diámetro). La mayor parte de la fibrilla está constituida por colágeno tipo II; el colágeno tipo IV que facilita la interacción de la fibrilación, las moléculas de proteoglucanos de la matriz, el colágeno tipo XI regula el tamaño fibrilar (Fig. 10. 5) y el colágeno de tipo X que organiza las fibrillas colágenas en una red hexagonal tridimensional. Además en la matriz también hay colágeno VI, sobre todo en la periferia de los condrocitos, en dónde contribuye a la adhesión de estas células a la armazón matricial.<sup>6.5</sup>
2. **Proteoglucanos:** La sustancia fundamental del cartílago hialino contiene tres clases de glucosaminoglucanos: hialuronano, sulfato de condroitina y sulfato de queratán. La condroitina y el queratán de la matriz cartilaginosa se unen a la proteína central para formar un monómero de proteoglucano. El monómero de proteoglucano mas importante en el cartílago hialino es el agrecano, estas moléculas poseen una carga negativa y tienen afinidad por el agua.<sup>6.6</sup>
3. **Glucoproteínas multiadhesivas:** También llamadas multiproteínas no colágenas y proteínas no ligadas a proteoglucanos, actúan sobre las interacciones entre los condrocitos y la matriz.<sup>6.7</sup>

### 10.1.3.3. Cartílago Elástico (Fig. 10.7)

Su principal función es proveer sostén flexible. Se ubica en el pabellón auricular, conducto auditivo externo, trompa de Eustaquio, algunos cartílagos laríngeos. (Epiglotis (Fig. 10.4), corniculados y cuneiformes). Sus tipos celulares son condroblastos y condrocitos.<sup>4.17</sup>

Esta caracterizado por tener elastina en la matriz y láminas elásticas además del material de la matriz del cartílago hialino.<sup>6.8</sup> Posee redes de fibras elásticas que rodean las condronas, atraviesan la matriz intraterritorial y establecen contacto con las fibras elásticas del pericondrio.<sup>4.18</sup>

#### **10.1.3.4. Cartílago fibroso.**

Su principal función es resistir a la deformación por fuerzas externas. Se ubica en discos intervertebrales, sínfisis pubiana, discos articulares, meniscos (articulaciones de la rodilla y muñeca). Sus tipos celulares son condrocitos y fibroblastos (Fig. 10.8).<sup>6.9</sup>

Caracterizado por un abundancia de fibras de colágeno de tipo I además del material de la matriz de cartílago hialino. Los condrocitos están dispersos entre las fibras de colágeno, solos, en hileras y formando grupos isógenos. Su aspecto es similar al de los condrocitos del cartílago hialino pero hay mucho menos material de matriz asociado con ellos y no hay pericondrio alrededor.<sup>4.19</sup>

### **10.2. Tejido Óseo**

El tejido óseo es una forma especializada de tejido conjuntivo (Fig. 10.21), cuyas propiedades se deben a la composición de su matriz, en la cual se depositan sales de calcio generando un tejido duro capaz de proveer sostén y protección.<sup>4.20</sup>

Por lo tanto el hueso (Fig. 10. 9) es un tejido de sostén altamente especializado y caracterizado por su rigidez y dureza. Sus cuatro funciones principalmente son: proporcionar sostén mecánico, locomoción, protección, y actuar como cisterna metabólica de sales minerales.<sup>7.4</sup>

#### **10.2.1. Características.**

La composición y estructura de los huesos está sujeta a influencias hormonales, metabólicas y nutricionales múltiples.<sup>4.21</sup>

El hueso está formado por células de sostén (osteoblastos y osteocitos), una matriz no mineral de colágeno tipo I y GAG (osteoide), sales minerales inorgánicas depositadas en la matriz (Fig. 10.22) y células de remodelación (osteoclastos).<sup>9.1</sup>

La matriz ósea está compuesta en alrededor del 35 % por material orgánico (fibras de colágeno, proteínas óseas y proteoglucanos) y en un 65 % sales

inorgánicas como el fosfato de calcio, iones citrato, carbonato, flúor, magnesio y sodio.<sup>4.22</sup>

Los huesos están revestidos por el periostio (Fig. 10.24), que consiste en una capa externa de tejido conectivo denso, con predominio de colágeno tipo I y una capa celular interna que contiene células osteoprogenitoras<sup>7.5</sup>, excepto en las regiones donde se articulan con otro hueso.<sup>4.23</sup>

Cuando el hueso se articula con otro, como en las articulaciones sinoviales, las superficies de contacto entre sí están cubiertas de cartílago hialino, también llamado cartílago articular.<sup>4.24</sup>

Las cavidades óseas (Havers (Fig. 10.10), Volkmann y la cavidad medular) están revestidas por endostio, que es un tejido conectivo delgado especializado, compuesto por una monocapa de células osteoprogenitoras y osteoblastos.<sup>7.6</sup>

### **10.2.2 Células óseas.**

El hueso está formado por células y una matriz extracelular predominantemente colágeno tipo I, denominada osteoide que es mineralizada gracias al depósito de hidroxapatito cálcico.<sup>5.4</sup>

El osteoide es un tejido colagenoso de sostén formado por colágeno tipo I rodeado por un gel de GAG que contiene proteínas específicas, que fijan fuertemente al calcio. El depósito de sales minerales en el osteoide confiere al hueso su rigidez característica y su resistencia funcional (Fig. 10.25).<sup>9.2</sup>

En el tejido óseo se describen 5 tipos celulares: Células osteoprogenitoras, osteoblastos, osteocitos, células de revestimiento y osteoclastos (Fig. 10.26).<sup>7.7</sup>

#### **10.2.2.1. Las Células Osteoprogenitoras.**

Son células derivadas de las células mesenquimatosas y su función consiste en diferenciarse de la mayoría de las demás células del tejido óseo, encontrándose ubicadas en las superficies del tejido, en el periostio, el endostio y en los vasos sanguíneos nutricios del tejido.<sup>5.5</sup> La célula osteoprogenitora es una célula en reposo que puede transformarse en un osteoblasto y secretar matriz ósea. Se hallan en la superficie externa e interna de los huesos y también podrían hallarse en la microvasculatura que irriga el tejido óseo.<sup>6.10</sup>

#### **10.2.2.2. Los Osteoblastos.**

Derivan de las células osteoprogenitoras, y se encuentran situados sobre el periostio y el endostio del hueso. Son células biosintéticas óseas ya que producen diferentes elementos de la matriz ósea orgánica e inorgánica; como es la fosfatasa

alcalina y demás proteínas de la matriz osteoide (osteocalcina, osteomodulina, osteoglicina, osteopontina y osteonectinas).<sup>5.6</sup> Se encuentran alineados a lo largo de las superficies óseas.<sup>3.5</sup> Son responsables de la formación y regeneración ósea (proceso osteoblástico). También se encargan de la calcificación de la matriz.<sup>6.11</sup>

#### **10.2.2.3. Los Osteocitos.**

Consisten en un estado más diferenciado de los osteoblastos; son células maduras con ausencia de capacidad proliferativa, que se encuentran atrapadas en el interior del hueso formado (Fig. 10.15), en espacios denominados lagunas.<sup>7.8</sup> Los osteocitos pueden sintetizar matriz nueva y también reabsorberla, en un grado limitado.<sup>6.12</sup>

#### **10.2.2.4. Células de Revestimiento Óseo.**

Derivan de los osteoblastos y tapizan el tejido óseo que no se está remodelando. Las superficies óseas están revestidas por una capa plana de células aplanadas con citoplasma muy adelgazado y organelos escasos. Las células de revestimiento óseo en las superficies externas son células periósticas y las internas células endósticas.<sup>6.13</sup>

#### **10.2.2.5. Los Osteoclastos.**

Son las células responsables de la osteólisis, previa a todo proceso de reestructuración ósea.<sup>8.1</sup> Son células multinucleadas grandes que aparecen en sitios en los que hay resorción ósea (Fig. 10.16).<sup>6.14</sup> Son capaces de erosionar el hueso y que, junto con los osteoblastos son importantes en el recambio y remodelación constantes del hueso.<sup>5.6</sup> Se ubica contra la superficie del tejido óseo (Fig. 10.18). La estructura citoplasmática exhibe una diferenciación polar y la célula está situada en una depresión poco profunda denominada laguna de Howship (Fig. 10.17) o comportamiento subosteoclástico.<sup>4.25</sup>

### **10.2.3. Tipos de hueso.**

En lo que se refiere a la estructura macroscópica a simple vista se pueden distinguir dos tipos de tejido óseo:

#### **10.2.3.1 El hueso compacto.**

(Sustancia cortical o compacta) aparece como una masa sólida (Fig. 10.20) y dura que se encuentra en la periferia de los huesos individuales del esqueleto (Fig. 10.13), por ejemplo en la parte externa de los huesos largos de los miembros (Fig. 10.27).<sup>6.15</sup>

Está formado por columnas óseas paralelas. Cada columna consta de capas óseas concéntricas o laminillas (Fig. 10.14) dispuestas alrededor de un canal central que contiene vasos sanguíneos, linfáticos y nervios, que junto a las laminillas forman los sistemas de Havers (Fig. 10.11).<sup>5.7</sup>

#### **10.2.3.2 El hueso esponjoso.**

El hueso esponjoso (Fig. 10.19) (sustancia esponjosa) se encuentra con un sistema tridimensional de espículas (trabéculas) óseas finas y ramificadas en el interior de un hueso del esqueleto; entre las espículas quedan espacios amplios para tejido hematopoyético o tejido adiposo (Fig. 10.29).<sup>4.26</sup>

#### **10.2.3.3. Hueso Laminar.**

Está formado por haces de colágeno paralelos y regulares dispuestos en láminas.<sup>5.8</sup>

#### **10.2.3.4. Hueso no laminar.**

Es una forma inmadura y en él, las fibras de colágeno del osteoide se distribuyen al azar. Se forma cuando los osteoblastos producen osteoide con rapidez, como sucede durante el desarrollo fetal.<sup>5.9</sup>

#### **10.2.4. Estructura histológica ósea**

Durante el desarrollo, se forma hueso entretejido o inmaduro que luego se transforma en hueso maduro.<sup>4.27</sup>

La estructura histológica del tejido óseo maduro es igual en la sustancia compacta y la sustancia esponjosa y se denomina con el nombre del hueso laminillar.<sup>4.28</sup>

Las unidades estructurales (Fig. 10.28) del tejido óseo maduro son laminillas óseas de 3-7 mcm de espesor, que en las regiones de sustancia compacta forman sistemas tubulares finos, las osteonas.<sup>4.29</sup>

La mayoría de las laminillas están orientadas en forma concéntrica alrededor de vasos que transcurren longitudinalmente y aquí forman unidades estructurales cilíndricas, las osteonas o sistemas de Havers.<sup>4.30</sup>

Conducto de Havers (Fig. 10.12), en el interior de la osteona que en la mayor parte de los casos tiene una orientación longitudinal, se encuentra el conducto de Havers (diámetro: 20-39 mm), cuyos componentes principales son un capilar o dos, una vénula poscapilar o, a veces, también arteriolas. En un conducto

de Havers con frecuencia hay un vaso sanguíneo o dos, en un tejido conjuntivo laxo hay tres. Los vasos pueden ramificarse, abandonar el conducto de Havers y luego adquirir una dirección oblicua o perpendicular con respecto al eje longitudinal de los vasos de Havers. Estos vasos transcurren en conductos que se conocen como conductos de Volkman.<sup>4.31</sup>

### **10.3. Ojo.**

Los ojos son los órganos fotosensibles del cuerpo, la luz pasa por la córnea, cristalino y diversas estructuras refractarias y al traspasar el cristalino, éste enfoca la luz sobre una porción fotosensible de la túnica nerviosa del ojo, llamada retina, en cuyo interior se encuentran los bastoncillos y los conos, que son células sumamente fotosensibles. Posteriormente, el nervio óptico transmite la información visual hasta el encéfalo, a través de varias capas de células nerviosas y células de sostén para su procesamiento.<sup>10.1</sup>

El globo ocular se compone de tres túnicas o cubiertas: la túnica fibrosa, que constituye la capa externa y resistente del ojo, la túnica vascular, o capa media, pigmentada y vascularizada, y la túnica nerviosa, que es la más interna.<sup>10.2</sup>

En la cara anterior del globo ocular las capas se modifican para admitir y regular el paso de la luz. La retina nerviosa se continúa con el sistema nervioso central mediante el nervio óptico. La cavidad interna está llena de un gel transparente, o cuerpo vítreo, que contribuye a mantener la forma del ojo.<sup>10.3</sup>

#### **10.3.1. Túnica fibrosa.**

La túnica fibrosa del ojo se divide en esclera ó esclerótica y córnea. La primera es una capa blanca y opaca que cubre las cinco sextas partes posteriores del ojo, en tanto que la segunda, transparente e incolora, cubre la sexta parte anterior de este órgano.<sup>10.4</sup>

#### **10.3.2. Esclerótica.**

La esclerótica (Fig. 10.31) es la capa opaca de tejido conectivo fibroso, poco vascularizada, La integran haces de colágeno tipo I, que se alternan con redes de fibras elásticas; esta distribución da forma al ojo, que se conserva gracias a la presión intraocular del humor acuoso localizado por delante de cristalino y del humor o cuerpo vítreo situado por detrás de este último. Existen fibroblastos en el tejido conectivo (Fig. 10.38) y melanocitos extrínsecos del ojo se fijan a su tejido conectivo fibroso denso.<sup>10.5</sup>

### 10.3.3. **Córnea.**

La córnea (Fig. 10.30) es la capa anterior transparente, no vascularizada, que cubre la sexta parte restante del globo ocular. Se une a la esclerótica en una región llamada limbo, muy vascularizada y formada por cinco capas histológicas definidas: epitelio corneal, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet y endotelio corneal.<sup>10.6</sup>

El epitelio corneal es escamoso estratificado no queratinizado, posee microvellosidades en su capa superficial, estas microvellosidades atrapan la humedad para proteger a la córnea de su desecación.<sup>11</sup> Este epitelio también interviene en la transferencia de iones y agua desde el estroma hacia el saco conjuntival.<sup>10.7</sup>

La membrana de Bowman es una capa acelular homogénea que da forma a la córnea y le confiere estabilidad y resistencia.<sup>11.1</sup> Se encuentra inmediatamente por debajo del epitelio corneal. Es una lámina compuesta por fibras de colágeno del tipo I distribuidas al azar. Al parecer, el epitelio corneal y las células del estroma subyacente sintetizan la membrana de Bowman.<sup>10.8</sup>

El estroma corneal es la capa más gruesa de la córnea. Está formada por diversas capas de colágeno tipo A, paralelas entre ellas en el interior de cada fila y en ángulo oblicuo en las capas adyacentes. Las fibras de colágeno están inmersas en una sustancia basal de sulfato de condroitina y sulfato de queratán. En el estroma corneal también hay fibras elásticas delgadas y fibroblastos.<sup>10.9</sup> A nivel del limbo se encuentra un surco escleral cuya superficie interna está deprimida a nivel del estroma y alberga espacios revestidos por endotelio; se conoce como red trabecular y da origen al conducto de Schlemm, que es el sitio por donde sale el humor acuoso desde la cámara o segmento anterior del ojo hacia el sistema venoso.<sup>10.10</sup>

La membrana de Descemet es una lámina basal gruesa que separa el estroma del endotelio que reviste la córnea.<sup>11.2</sup>

El endotelio corneal reviste la superficie posterior de la córnea. Es un epitelio escamoso simple con células que presentan numerosas vesículas pinocíticas. Reabsorbe líquido del estroma, y de esta manera contribuye a la transparencia de la córnea, la cual determina la refracción de la luz.<sup>11.3</sup> Este tipo de endotelio se encarga de la síntesis de las proteínas requeridas para conservar la membrana de Descemet.<sup>10.11</sup>

#### **10.3.4. Túnica vascularizada.**

La túnica vascular (úvea) está formada por tres partes: La coroides, el cuerpo ciliar, y el iris.<sup>11.3</sup>

Es la capa pigmentada y muy vascularizada de la pared posterior del ojo que se halla laxamente unida a la túnica fibrosa. Se integra con tejido conectivo laxo, formado por fibroblastos, fibras de colágeno, fibras elásticas y vasos sanguíneos. El color negro de la coroides (véase la fig. 10.32) se debe a la gran cantidad de melanocitos.<sup>4.32</sup> Posee una capa coriocapilar profunda y una membrana de Bruch (membrana basal) que se extiende desde el disco óptico al borde en zigzag.<sup>11.4</sup>

#### **10.3.5. Cuerpo ciliar.**

Es la sección anterior engrosada de la túnica vascular y se ubica entre el iris y la coroides. El cuerpo ciliar (Fig. 10. 33) es la extensión en forma de cuña de la coroides que rodea de manera anular la pared interna del ojo a nivel del cristalino. El tercio anterior del cuerpo ciliar presenta alrededor de 75 surcos radiales o procesos ciliares.<sup>10.12</sup> Su superficie interna está revestida de dos capas de células: un epitelio cilíndrico externo pigmentado, rico en melanina, y un epitelio cilíndrico simple interno no pigmentado (Fig. 10.34).<sup>11.5</sup>

El proceso ciliar posee unos ligamentos suspensores (zonulas) que se originan en las expansiones y se insertan en la cápsula del cristalino, de manera que la mantienen en su lugar.<sup>11.6</sup>

El epitelio ciliar es una lámina doble de células epiteliales cilíndricas que proceden de las dos capas de la cúpula óptica. Tienen tres funciones principales:

1. Secretar el humor acuoso
2. Servir como principal componente de la barrera hematoacuosa (parte de la barrera hematoocular) y,
3. Producir y fijar las fibras de la zónula de Zinn, que forman el ligamento suspensor del cristalino.<sup>10.13</sup>

#### **10.3.6. Iris.**

El iris (Fig. 10.35) se origina a partir del borde ciliar. Está adherido a la esclerótica unos 2 mm por detrás de la unión esclerocorneal. La pupila es el orificio central de este delgado disco. El iris se apoya sobre el cristalino y lo empujan ligeramente hacia delante los constantes cambios de tamaño como reacción a la intensidad de la luz.<sup>10.14</sup>

Cubre de manera incompleta la superficie anterior del cristalino. Su superficie anterior está cubierta por una capa incompleta de células pigmentarias (Fig. 10.36) y fibroblastos. Su superficie profunda está cubierta por dos capas de epitelio con células pigmentarias que impiden la entrada de luz al interior del ojo excepto a través de la pupila.<sup>11.7</sup>

El color del ojo es azul si sólo hay algunos melanocitos. Cantidades crecientes de pigmento confieren colores más oscuros al ojo.<sup>11.8</sup>

### **10.3.7. Cristalino.**

Es un disco transparente, flexible y biconvexo (Fig. 10.37) compuesto por células epiteliales y sus productos secretados. Lo integran tres partes: cápsula, epitelio subcapsular y fibras.<sup>11.9</sup>

La cápsula del cristalino es una lámina basal gruesa que envuelve enteramente al epitelio del cristalino. El epitelio subcapsular (solamente en las superficies anterior y laterales del cristalino) está formado por una única capa de células cúbicas que se comunican entre ellas a través de uniones de tipo gap y se interdigitan con las fibras del cristalino. Las fibras del cristalino son células alargadas altamente diferenciadas que una vez que maduran carecen tanto de núcleo como de orgánulos. Las fibras del cristalino están llenas de un grupo de proteínas llamadas cristalinas.<sup>11.10</sup>

El ligamento suspensor se extiende del cristalino al cuerpo ciliar; mantiene la tensión en el cristalino y le permite enfocar objetos distantes.<sup>11.11</sup>

El cuerpo vítreo es un gel refractario formado principalmente por agua, colágeno y ácido hialurónico. Este gel llena la parte del globo ocular que queda por detrás del cristalino.<sup>11.12</sup>

El humor acuoso es un líquido parecido al plasma, contenido en el compartimento anterior del ojo, que elaboran las células epiteliales que revisten los procesos ciliares. Es secretado a la cámara posterior del ojo y fluye hacia el interior, de allí pasa al sistema venoso a través del conducto de Schlemm.<sup>11.13</sup>

### **10.3.8. Retina.**

Procede de las capas externa e interna de la cúpula óptica y es la capa más interna de las tres concéntricas del ojo. Se compone de dos capas básicas:

- 1) La pars nervosa o capa neural de la retina, que es una capa interna con fotorreceptores.

- 2) El epitelio pigmentario de la retina, una capa externa que descansa sobre la capa coriocapilar de la coroides, a la cual está firmemente adherida.<sup>10.15</sup>

La capa neural muestra 10 capas celulares y sus prolongaciones:

1. Epitelio pigmentario
2. Capa de conos y bastones
3. Capa (membrana) limitante externa o límite apical de las células de Müller
4. Capa nuclear externa, que contiene los cuerpos celulares (núcleos) de los conos y los bastones
5. Capa plexiforme externa
6. Capa nuclear interna
7. Capa plexiforme interna
8. Capa de células ganglionares, que contiene los cuerpos celulares (núcleos) de las células ganglionares
9. Capa de fibras del nervio óptico, con las prolongaciones axónicas de las células ganglionares extendidas desde la retina hasta el encéfalo
10. Capa (membrana) limitante interna, compuesta por la lámina basal de las células de Müller.<sup>10.16</sup>

Solo los conos y bastones fotorreceptores, las células bipolares y las células ganglionares son neuronas que reciben, integran y transmiten impulsos al cerebro para que sean procesados.<sup>11.14</sup>

El epitelio pigmentario de la retina es una capa de células cilíndricas firmemente sujeta a la membrana de Bruch. Las células epiteliales pigmentadas de la retina poseen complejos de unión e invaginaciones basales que contienen mitocondrias, lo que sugiere que están implicadas en el transporte de iones. Las células epiteliales pigmentadas esterifican vitamina A (que los conos y bastones usan para la formación de pigmento visual). Fagocitan las puntas desechadas de los segmentos más externos de los bastones y sintetizan melanina, que absorbe la luz que ha estimulado los conos y los bastones.<sup>11.15</sup>

Los bastones poseen segmentos internos y externos, una región nuclear y una región sináptica. Pueden establecer sinapsis con células bipolares y originar un efecto de adición. Contienen un cilio incompleto que termina en un cuerpo

basal del interior del segmento interno. Los bastones miran hacia la parte posterior del ojo; por consiguiente, la luz tiene que atravesar todas las capas de la retina antes de alcanzar la región fotosensible.<sup>11.16</sup>

La fotorrecepción en los bastones se inicia cuando la luz interacciona con la rodopsina, que está formada por la proteína de membrana integral opsina unida al retinal, la forma aldehído de la vitamina A. La mitad retinal de la rodopsina absorbe la luz del espectro visible. El retinal se disocia de la opsina. Esta reacción, llamada aclaración, cierra temporalmente los canales de  $\text{Na}^+$ , lo que permite la difusión de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  al interior del citoplasma del segmento externo de una célula bastón. El exceso de  $\text{Ca}^{2+}$  actúa hiperpolarizando la célula, esto impide que el  $\text{Na}^+$  entre en la célula. Las alteraciones iónicas generan actividad eléctrica, que se traspa a otros bastones a través de uniones de tipo gap.<sup>11.17</sup>

Los conos son mucho menos numerosos que los bastones, pero proporcionan una agudeza visual mayor que éstos. Realizan la fotorrecepción de la misma manera que los bastones con las excepciones siguientes:

1. Los discos membranosos de los segmentos externos de los conos son invaginaciones de la membrana plasmática, mientras que en los bastones no lo son
2. Las proteínas sintetizadas en los segmentos internos de los conos pasan a todo el segmento externo, mientras que los bastones solo se añaden a los nuevos discos de forma acabada.
3. Los conos poseen yodopsina en los discos. La cantidad de este fopigmento varía en los distintos conos, lo que los hace sensibles a la luz roja, verde o azul
4. Cada cono establece sinapsis con una sola neurona bipolar, mientras que cada bastón puede establecer sinapsis con diversas neuronas bipolares.<sup>11.18</sup>

### **10.3.9. Estructuras accesorias de los ojos.**

- 1) **Conjuntiva** (membrana mucosa transparente). La conjuntiva (Fig. 10.40) reviste los párpados y la región anterior del globo ocular hasta la córnea, donde se continúa con el epitelio corneal. El epitelio es cilíndrico estratificado que posee unas cuantas células caliciformes. Una lámina basal lo separa de la lámina propia subyacente del tejido conectivo laxo.<sup>11.19</sup>

- 2) **Párpados.** Están revestidos internamente por la conjuntiva, y externamente por una piel elástica que cubre una estructura de soporte de placas tarsales. Contiene glándulas sebáceas muy modificadas (Glándulas de Meibomio), glándulas sebáceas modificadas (Glándulas de Zeis) y glándulas sudoríparas (Glándulas de Moll).<sup>11.20</sup>
- 3) **Aparato lagrimal.** La glándula lacrimal (Fig. 10.39) es túbuloalveolar compuesta por unidades secretoras rodeadas por una capa incompleta de células mioepiteliales. El líquido lagrimal (lágrimas), está formado mayoritariamente por agua y contiene lisozima, una enzima antibacterial. Las lágrimas drenan a través de 6-12 conductos en el fornix conjuntival, a partir del cual las lágrimas fluyen por la córnea y la conjuntiva, que así se mantienen húmedas. A continuación las lágrimas penetran en el punto lagrimal, de donde pasan a los canaliculos lagrimales.<sup>11.21</sup>

Los canaliculos lagrimales están revestidos por un epitelio escamoso estratificado y se unen para formar un canaliculo común, que desemboca en el saco lagrimal. El saco lagrimal está revestido por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado. El conducto nasolagrimal es la parte inferior del saco lagrimal y también está revestido por un epitelio cilíndrico ciliado pseudoestratificado. El conducto desemboca en el piso de la cavidad nasal.<sup>11.22</sup>

#### **10.4. Oído. Órgano vestibulococlear.**

Las funciones de este órgano son la audición y el equilibrio. Desde el punto de vista morfológico, el oído se divide en tres partes: oído externo, medio e interno. A nivel funcional, el oído externo recibe las ondas sonoras; en el oído medio las ondas se convierten en vibraciones mecánicas a través de los huesecillos localizados en la cavidad timpánica; por último, en el oído interno tales vibraciones estimulan a las células receptoras, las cuales generan impulsos nerviosos conducidos por el octavo par craneal (auditivo) hasta el encéfalo.<sup>10.17</sup>

##### **10.4.1. Oído externo.**

Lo forman la oreja o pabellón auricular, el conducto auditivo externo o meato auditivo y la membrana timpánica.<sup>10.18</sup>

Pabellón auricular. Está formado por placas irregulares de cartílago elástico cubierto por piel delgada y pelos muy finos, así como glándulas sebáceas y sudoríparas. En la entrada del conducto auditivo existen pelos muy gruesos llamados —~~el~~ pelos del trago”, que cubren de manera parcial el acceso a dicho conducto, lo que evita el ingreso de partículas extrañas o insectos hacia el interior del oído.<sup>10.19</sup>

El meato auditivo externo está revestido de piel que contiene folículos pilosos, glándulas sebáceas y glándulas ceruminosas. Estas últimas son glándulas sudoríparas modificadas que producen cera (cerumen).<sup>11.23</sup>

Membrana timpánica (tímpano). Es una membrana fina y transparente que separa la cavidad timpánica del conducto auditivo externo. Es la placa de cierre localizada entre el primer surco y el primer saco faríngeos, puntos en los que están muy juntos el ectodermo, mesodermo y endodermo. La membrana timpánica se integra por fibras de colágeno, elásticas y fibroblastos; en la capa interna, las fibras de colágeno se disponen en forma radial y en la capa externa de manera circular. Las fibras están tensadas en la mayor parte de la membrana, lo que constituye la pars tensa, en cambio en la parte superior existe una pequeña zona denominada pars flácida, o membrana de Shrapnell, porque carece de fibras de colágeno.<sup>10.20</sup>

En el conducto auditivo externo la membrana timpánica se recubre de piel delgada sin glándulas, que procede del ectodermo; la superficie interna se forma con epitelio escamoso simple, o cuboideo derivado del endodermo. La función de la membrana timpánica es recibir las ondas sonoras que proceden del conducto auditivo externo, que la hacen vibrar. De esta manera, las ondas sonoras se convierten en energía mecánica, que se transmite hacia los huesecillos del oído medio.<sup>10.21</sup>

#### **10.4.2. Oído Medio.**

Lo constituyen la cavidad timpánica y la trompa auditiva (de Eustaquio).<sup>10.22</sup>

Cavidad timpánica. La cavidad timpánica contiene los huesecillos (martillo, yunque y estribo) que transmiten el movimiento de la membrana timpánica (tímpano) a la ventana oval (un orificio en la pared del hueso cubierto por una membrana). Está conectado a la faringe a través de la trompa auditiva (trompa de Eustaquio). Esta revestido por un epitelio escamoso simple, que es sustituido por un epitelio cilíndrico ciliado pseudoestratificado cerca de la apertura de la trompa auditiva. Posee una lámina propia formada por tejido conectivo denso firmemente adherido a la pared ósea.<sup>10.23</sup>

#### **10.4.3. Oído Interno.**

Su función es alojar los órganos sensoriales, contiene el órgano de la audición y participa en la postura normal del cuerpo al intervenir en el equilibrio. El oído interno se ubica en el peñasco del hueso temporal y se conoce como laberinto debido a su compleja forma. En el espesor de la porción petrosa del temporal hay un sistema de cavidades y conductos llamado laberinto óseo, dentro

del cual se dispone un laberinto semejante pero de paredes blandas, el laberinto membranoso. El laberinto óseo está lleno de perilinfa y el membranoso de endolinfa, por lo cual el límite entre ambos líquidos lo representan las paredes del laberinto membranoso.<sup>10.24</sup>

**Laberinto óseo.** Lo forman tres conductos semicirculares (superior, posterior y lateral), un vestíbulo y un caracol o cóclea. Posee un recubrimiento de endostio y lo separa del laberinto membranoso el espacio perilinfático.<sup>10.25</sup>

**Conductos semicirculares.** Suspendidos dentro de los conductos óseos están los conductos semicirculares, que son continuaciones regionales del laberinto membranoso.<sup>10.26</sup>

**Vestíbulo.** Es la porción central del laberinto óseo y se encuentra entre el caracol y los conductos semicirculares. Su pared lateral contiene la ventana oval (ventana vestibular) la ventana redonda (ventana coclear). El laberinto membranoso contiene regiones especializadas conocidas como sáculo y utrículo.<sup>10.27</sup>

**Cóclea o caracol.** (Fig. 10.41) Se origina como una estructura espiral ósea hueca, que gira sobre sí misma como la concha de un caracol.<sup>10.28</sup>

**Laberinto membranoso.** Se compone de un epitelio derivado del ectodermo embrionario que invade el hueso temporal en desarrollo. Este está conformado por dos pequeños sacos llamados utrículo y sáculo, los cuales se conectan entre sí por un conducto. También lo conforman los de Corti. Tanto el utrículo como el saco presentan engrosamientos, conocidos como máculas, que contienen dos clases de células neuroepiteliales, las denominadas células vellosas tipos I y II.<sup>10.29</sup>

**Conducto coclear.** Es un órgano receptor en forma de cuña que se encuentran en el caracol óseo, rodeado por arriba y debajo de la perilinfa, pero separado de ella por dos membranas. Una de éstas forma el techo y es la membrana vestibular (de Reissner); la otra, que forma el piso, es la membrana basilar. De esta manera se crean tres cavidades dentro del caracol óseo: la rampa vestibular, arriba, la rampa timpánica, abajo y el conducto coclear o rampa media entre las dos anteriores.<sup>10.30</sup>

En cuanto al conducto coclear, su epitelio varía de acuerdo a su localización. Hacia la membrana vestibular su epitelio es plano, sobre el limbo espiral es más alto e irregular, afuera es estratificado y por debajo de él hay tejido conectivo denso con gran cantidad de capilares. A esta última zona se le conoce

como estría vascular y se conforma de tres tipos celulares: basales, intermedios y marginales.<sup>10.31</sup>

En la rampa timpánica el epitelio es muy especializado y constituye el órgano de Corti. Entre éste y la rampa timpánica se halla el ligamento espiral. El órgano de Corti es el receptor especializado de los estímulos auditivos. Se compone de células ciliadas (neuroepiteliales) y células de sostén, cuya base es la membrana basilar. Las células de sostén se clasifican en 6 tipos:

- 1) Células pilares internas. Son células altas con bases amplias; tienen la forma de una "I" alargada. Estas células suministran sostén a las células ciliadas del órgano de Corti.
- 2) Células falángicas internas (de Deiters); su base descansa sobre la membrana basilar y su extremo apical no alcanza la superficie; rodean por completo a las células ciliadas internas y las apoyan.
- 3) Células falángicas externas (de Deiters); su porción apical posee forma de cáliz para proporcionar sostén a las células ciliadas externas, por lo que no llegan a la superficie del órgano de Corti.
- 4) Células del borde. Delimitan los bordes interno y externo del órgano de Corti, son células delgadas que sostienen la superficie interna del órgano de Corti.
- 5) Células ciliadas internas. Se unen en una sola fila a lo largo de todo el órgano de Corti. Son células cortas con cuello muy delgado, núcleo central y en la superficie poseen estereocilios en forma de V. Las superficies basales de estas células hacen sinapsis con fibras aferentes de la porción coclear del nervio acústico.
- 6) Células ciliadas externas. Se distribuyen en filas de tres o cuatro células a todo lo largo de este órgano. En la superficie apical existen hasta 100 estereocilios en forma de W. Estas células en su porción basal reciben fibras nerviosas aferentes y eferentes.<sup>10.32</sup>

Un material gelatinoso llamado membrana tectoria, formado por una proteína y muchas fibrillas, recubre la superficie del órgano de Corti (Fig. 10.42). Su composición es semejante a la de la queratina y se encuentra incluida en una matriz rica en mucopolisacáridos (glucosaminoglicanos).<sup>10.33</sup>

## Referencias Bibliográficas.

- 1) Geneser F. Atlas a color de Histología, México: Editorial Medica Panamericana, 1998.
- 2) Gartner L.P., Hiatt J.L. Atlas de Histología. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002.
- 3) Thibodeau G. A., Patton K T. Estructura y función del cuerpo humano. 13ª ed. Madrid: Elsevier, 2008. Ref. 3.1-3.4: pág. 109;
- 4) Welsch U, Sobotta J. Histología. México: Médico Panamericana, 2008. Ref. 4.1-4.4: pág. 127; Ref. 4.5-4.11: pág. 128; Ref. 4.12-4.19: pág. 129; Ref. 4.20-4.24: pág. 130; Ref. 4.25-4.30: pág. 132; Ref. 4.31: pág. 133; Ref. 4.32: pág. 588.
- 5) Young B, Heath JW. Wheater's Histologia Funcional. Elsevier España; 2000. Ref. 5.1, 5.2: pág. 148; Ref. 5.3: pág. 160; Ref. 5.4, 5.5: pág. 151; Ref. 5.6-5.8: pág. 152; Ref 5.9, 5.10: pág. 153.
- 6) Ross M. H, Pawlina W., Negrete J. H. Histología: texto y Atlas color con biología celular y molecular. 5ª ed. Buenos Aires: Medica Panamericana, 2007. Ref. 6.1, 6.2: pág.130; Ref. 6.3: pág. 132; Ref. 6.4: pág. 133; Ref. 6.5-6.9: pág. 134; Ref. 6.10-6.14: pág. 148; Ref. 6.15: pág. 149.
- 7) Cediell JF, Cárdenas M H, García M, Chuaire, Payán C, Villegas V, *et al.* Manual de Histología: Tejidos fundamentales. Facultad de Medicina Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2009. Ref. 7.1: pág. 153; Ref. 7.2, 7.3: pág. 155; Ref. 7.4; pág. 154; Ref. 7.5- 7.7: pág. 156.
- 8) Fandos T B, Navarro M V, Lucio M J, Barranchina L. Enfermería médico-quirúrgica: necesidad de movimiento. 2ª ed. Barcelona: MASSON, 2000. Ref. 8.1: pág. 115.
- 9) Stevens A, Lowe J S. Histología Humana. Madrid: Elsevier, 2006. Ref. 9.1, 9.2: pág. 234;
- 10) La práctica histológica. Facultad de Medicina. Manual Departamental. 2º ed. México: Mc Graw Hill, 2002-2003. Ref. 10.1-10.8: pág. 89; Ref. 10.9-10.13: pág. 90; Ref. 10.14-10.16: pág. 91; Ref. 10.17-10.21: pág. 96; Ref. 10.22-10.28: pág. 97; Ref. 10.29-10.32: pág. 98; Ref. 10.33: pág. 99
- 11) Gartner L., Hiatt J.L., Sturm J.M. Biología Celular e Histología. 8º ed. España: Williams y Wilkins, 2007. Ref. 11.1, 11.2: pág. 304; Ref. 11.3-11.8: pág. 304; Ref. 11.9-11.13: pág. 305; Ref. 11.14-11.16: pág. 307; Ref. 11.17, 11.18: pág. 308; Ref. 11.19-11.22: pág. 309; Ref. 11.23: pág. 310.

## **ANALISIS Y DISCUSIÓN**

La primer problemática a la que nos enfrentamos fue decidir el material a seleccionar para incluirlo dentro de este trabajo. Esto debió realizarse por sistemas siguiendo la organización del cuerpo humano, ya que si lo hubiéramos realizado por órganos habría sido mucha información. Aún así es tan basta, que este trabajo queda abierto para aquellas personas que les interese ampliarlo.

Los diez capítulos incluidos en este trabajo están categorizados de acuerdo a su complejidad. Iniciando con una introducción hacia el conocimiento de lo que es la célula y sus componentes. El estudio de como un conjunto de células conforma un tejido y como están dispuestas en los diferentes tejidos del cuerpo humano.

En el primer capítulo se investigaron las técnicas histológicas, de tinción y microscopía, para poder comprender los siguientes 9 capítulos de este trabajo. Puesto que sin estos conocimientos básicos sería muy difícil lograr este objetivo.

La información de los siguientes nueve capítulos está dispuesta de manera tal que estudiando cada uno de los componentes de cada aparato o sistema del cuerpo humano, se logre comprender como funciona este de manera íntegra.

El número de imágenes recopiladas fueron 428, las cuales fueron obtenidas de atlas de histología, las cuales están debidamente referenciadas dentro del trabajo. Se consultaron un total de 54 referencias de las cuales 25 son de redes electrónicas y los restantes libros, que se encuentran, en las bibliotecas de campus I y II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Como se señalo en la introducción de este trabajo, la información se encuentra disponible en una plataforma educativa denominada Moodle, versión 1.8, para que sea consultada por los alumnos y las personas interesadas en el estudio de las células humanas.

El objetivo final de este trabajo fue entender cómo funciona la célula como ente independiente y como funciona en integración con las demás células que la rodean, para dilucidar como un organismo (ser vivo) realiza su metabolismo, con el auxilio de la herramienta visual, por medio de imágenes claras y de calidad.

## **CONCLUSIONES**

- 1) Se propuso una categorización para las imágenes incluidas en el catalogo de células.
- 2) El estudio del número y variedad de las células es tan complejo que resultó necesario el uso de materiales gráficos que permitieran aprovechar y reforzar los conocimientos adquiridos durante la formación profesional.
- 3) Los objetivos planteados en los programas de Bioquímica Celular y de los Tejidos I y II, serían de mayor interés para los alumnos si se tuvieran recursos como las plataformas educativas con diversos temas, como el propuesto en este trabajo.
- 4) Lo más complicado de la selección de imágenes para este catálogo de células fue encontrar aquellas imágenes con calidad e información detallada relacionada con la célula.
- 5) En la propuesta de este trabajo se planteo la comparación de una célula sana con una patológica, sin embargo esto no se realizó debido a la enorme cantidad de información conjuntada.
- 6) El punto anterior queda abierto a siguientes investigaciones por parte de estudiantes que les interese ampliar los conocimientos planteados en este trabajo.
- 7) En los tiempos actuales es necesario la actualización tanto de los docentes como de los alumnos de los diferentes recursos electrónicos, para crecer en la formación profesional, y hacer del conocimiento una forma divertida para aprender.

## *Listado de imágenes*

- 2.1. *Piel gruesa*
- 2.2. *Piel fina*
- 2.3. *Piel gruesa*
- 2.4. *Epidermis*
- 2.5. *Epidermis de la piel fina*
- 2.6. *Epidermis, mostrando un melanocito*
- 2.7. *Epitelio plano estratificado queratinizado de la epidermis*
- 2.8. *Epidermis, mostrando reacción de dopa para melanocitos*
- 2.9. *Raíz de un pelo*
- 2.10. *Papila de un pelo*
- 2.11. *Pelo*
- 2.12. *Uña*
- 2.13. *Glándula sebácea*
- 2.14. *Glándula sebácea de la piel*
- 2.15. *Glándulas sudoríparas*
- 2.16. *Glándula sudorípara apocrina*
- 2.17. *Glándula sudorípara apocrina de la axila*
- 2.18. *Glándula sudorípara ecrina*
- 2.19. *Glándula sudorípara ecrina en una cresta epidérmica*
- 2.20. *Tejido adiposo*
- 2.21. *Células adiposas*
- 3.1. *Labio*
- 3.2. *Lengua (papila fungiforme)*
- 3.3. *Lengua (papila caliciforme)*
- 3.4. *Lengua (corpúsculo gustativo)*
- 3.5. *Corpúsculo gustativo*
- 3.6. *Músculo esquelético estriado de la lengua*
- 3.7. *Músculo esquelético estriado de la lengua*
- 3.8. *Células cebadas*
- 3.9. *Glándulas salivares de la lengua*
- 3.10. *Glándula salivar lingual anterior*
- 3.11. *Glándula submaxilar mostrando acinos mixtos seromucosos*
- 3.12. *Glándula submaxilar*
- 3.13. *Glándula submaxilar mostrando la estructura de una glándula exocrina.*
- 3.14. *Glándula submaxilar mostrando conductos excretores*
- 3.15. *Glándula salivar submandibular*
- 3.16. *Glándula salivar submandibular mostrando acinos mixtos*
- 3.17. *Glándula salivar sublingual*
- 3.18. *Glándula salivar sublingual mostrando acinos mucosos*
- 3.19. *Glándula sublingual*
- 3.20. *Glándula salivar parótida*
- 3.21. *Glándula parótida*

- 3.22. *Tejido conjuntivo*
- 3.23. *Glándula parótida*
- 3.24. *Cabeza de un feto mostrando el primordio de un diente*
- 3.25. *Primordio dental*
- 3.26. *Primordio dental, en fase de “campana”*
- 3.27. *Primordio dental después del inicio de formación del esmalte*
- 3.28. *Diente*
- 3.29. *Diente mostrando el cemento celular*
- 3.30. *Ligamento periodontal*
- 3.31. *Estrato córneo del esófago*
- 3.32. *Epitelio plano estratificado no queratinizado del esófago*
- 3.33. *Esófago*
- 3.34. *Células musculares lisas en la pared del esófago*
- 3.35. *Células musculares lisas en la pared del esófago*
- 3.36. *Esófago, sección transversal*
- 3.37. *Esófago mostrando el epitelio plano estratificado no queratinizado*
- 3.38. *Estómago*
- 3.39. *Estómago mostrando la mucosa del fondo*
- 3.40. *Estómago mostrando glándulas fúndicas*
- 3.41. *Glándulas gástricas del estómago*
- 3.42. *Mucosa del cuerpo del estómago*
- 3.43. *Epitelio de revestimiento del estómago*
- 3.44. *Epitelio de revestimiento del estómago teñido por el método de PAS*
- 3.45. *Epitelio cilíndrico o prismático simple de la mucosa del estómago*
- 3.46. *Epitelio de revestimiento de la mucosa gástrica*
- 3.47. *Mucosa del cuerpo del estómago*
- 3.48. *Cuerpo del estómago*
- 3.49. *Mucosa de la región pilórica del estómago*
- 3.50. *Glándulas pilóricas*
- 3.51. *Glándulas pilóricas*
- 3.52. *Estómago pilórico*
- 3.53. *Yeyuno*
- 3.54. *Yeyuno*
- 3.55. *Microvellosidades intestinales*
- 3.56. *Intestino delgado*
- 3.57. *Fondo de una cripta de Lieberkún en la mucosa del intestino delgado*
- 3.58. *Célula D (productora de somatostatina) en la mucosa del intestino delgado*
- 3.59. *Ileón*
- 3.60. *Duodeno*
- 3.61. *Duodeno, mostrando las glándulas de Brunner*
- 3.62. *Mucosa duodenal*
- 3.63. *Células musculares lisas de la pared del intestino delgado*
- 3.64. *Células musculares lisas de la pared del intestino delgado*
- 3.65. *Células musculares de la pared del intestino delgado. Corte longitudinal*
- 3.66. *Tejido conjuntivo laxo*

- 3.67. *Células caliciformes*
- 3.68. *Células caliciformes*
- 3.69. *Epitelio Cilíndrico simple*
- 3.70. *Células plasmáticas*
- 3.71. *Plexos capilares en las vellosidades de la mucosa del intestino delgado*
- 3.72. *Sección transversal de la pared del colon,*
- 3.73. *Sección transversal de la pared del colon, criptas de Lieberkühn*
- 3.74. *Sección transversal de la pared del colon, células caliciformes*
- 3.75. *Sección transversal de la pared del colon, células caliciformes y criptas*
- 3.76. *Criptas de Lieberkühn*
- 3.77. *Apéndice vermiforme*
- 3.78. *Apéndice*
- 3.79. *Glándulas tubulares simples del intestino grueso*
- 3.80. *Conducto anal*
- 3.81. *Páncreas*
- 3.82. *Páncreas*
- 3.83. *Páncreas humano que muestra acinos secretorios*
- 3.84. *Páncreas humano que muestra acinos exocrinos y un islote de Langerhans*
- 3.85. *Células de las glándulas acinares del páncreas exocrino*
- 3.86. *Células Glandulares de los acinos del páncreas*
- 3.87. *Gránulos de Secreción*
- 3.88. *Conducto excretor interlobulillar en el páncreas*
- 3.89. *Acinos de Páncreas exocrino*
- 3.90. *Islote de Langerhans, mostrando a las células  $\alpha$*
- 3.91. *Islote de Langerhans, mostrando a las células  $\beta$*
- 3.92. *Islote de Langerhans, mostrando a las células D*
- 3.93. *Islote de Langerhans, mostrando a las células PP*
- 3.94. *Gránulos de glucógeno de las células hepáticas*
- 3.95. *Células hepáticas*
- 3.96. *Porción del hígado mostrando cordones de células hepáticas*
- 3.97. *Fibras de reticulina*
- 3.98. *Hígado*
- 3.99. *Lobulillo hepático*
- 3.100. *Parte central de un lobulillo hepático*
- 3.101. *En el hígado, las células de Kupffer se demuestran mediante la inyección de carmín de litio*
- 3.102. *Células de Kupffer teñidas vitalmente mediante la inyección de tinta china*
- 3.103. *Sección del hígado mostrando los canalículos biliares*
- 3.104. *Sección del hígado mostrando los canalículos biliares*
- 3.105. *Vesícula biliar*
- 3.106. *Vesícula biliar*
- 4.1. *Cavidad nasal*
- 4.2. *Mucosa olfatoria en la cavidad nasal*

- 4.3. *Mucosa olfatoria, se observa el epitelio pseudoestratificado ciliado*
- 4.4. *Epiglotis*
- 4.5. *Mucosa laríngea*
- 4.6. *Tráquea*
- 4.7. *Epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado de la mucosa traqueal*
- 4.8. *Mucosa de la tráquea*
- 4.9. *Tráquea, se observa el epitelio pseudoestratificado ciliado*
- 4.10. *Pulmón*
- 4.11. *Sección transversal de un bronquio*
- 4.12. *Bronquio*
- 4.13. *Macrófagos en un ganglio linfático bronquial*
- 4.14. *Sección transversal de un bronquiolo*
- 4.15. *Sección transversal de un bronquiolo respiratorio*
- 4.16. *Bronquiolo*
- 4.17. *Pulmón*
- 4.18. *Alvéolos*
- 4.19. *Alvéolos pulmonares*
- 4.20. *Conducto alveolar humano*
- 4.21. *Pulmón, se observan fibras elásticas*
- 4.22. *Macrófagos alveolares sobre el epitelio de un bronquiolo pequeño*
- 4.23. *Pulmón, se observa el tejido conjuntivo subpleural y los alvéolos*
- 4.24. *Pulmón embrionario*
- 5.1. *Sección longitudinal de la pared de la aorta*
- 5.2. *Sección longitudinal de la pared de la aorta*
- 5.3. *Sección longitudinal de la pared de la aorta*
- 5.4. *Túnica media de la aorta*
- 5.5. *Sección transversal de la pared de una arteria muscular*
- 5.6. *Arteria muscular se observa las láminas elásticas*
- 5.7. *Arteria muscular se observan las tres capas*
- 5.8. *Arteria muscular a poco aumento*
- 5.9. *Arteria muscular de pequeño calibre*
- 5.10. *Arteria muscular, sección transversal a poco aumento*
- 5.11. *Arteria elástica*
- 5.12. *Arteriola*
- 5.13. *Arteriola*
- 5.14. *Capilar*
- 5.15. *Vasos sanguíneos*
- 5.16. *Músculo esquelético estriado*
- 5.17. *Músculo esquelético estriado*
- 5.18. *Corte longitudinal de músculo esquelético*
- 5.19. *Sección transversal del miocardio*
- 5.20. *Músculo cardíaco en un corte longitudinal*
- 5.21. *Corte transversal del músculo cardíaco*
- 5.22. *Células de músculo cardíaco en un corte longitudinal*
- 5.23. *Sección transversal de músculo cardíaco*
- 5.24. *Sección longitudinal de músculo cardíaco*
- 5.25. *Músculo cardíaco, mostrando capilares sanguíneos*

- 5.26. *Lobulillo hepático mostrando el aspecto de los sinusoides*
- 5.27. *Sección longitudinal de una vénula muscular*
- 5.28. *Sección transversal de una vena de pequeño calibre*
- 5.29. *Sección transversal a poco aumento de una vena de mediano calibre*
- 5.30. *Sección transversal de la pared de una vena de gran calibre (cava inferior)*
- 5.31. *Pared del ventrículo izquierdo del corazón*
- 5.32. *Endocardio*
- 5.33. *Sección longitudinal del miocardio*
- 5.34. *Sección del epicardio (capa visceral del pericardio) y de la parte más externa del miocardio*
- 5.35. *Sección del endocardio mostrando el aspecto de las células de Purkinje*
- 5.36. *Fibras de Purkinje*
- 5.37. *Vasos linfáticos*
- 5.38. *Eritrocitos*
- 5.39. *Células precursoras en la formación de eritrocitos y granulocitos*
- 5.40. *Eritrocitos y plaquetas*
- 5.41. *Granulocito neutrófilo*
- 5.42. *Granulocito eosinófilo*
- 5.43. *Granulocito basófilo*
- 5.44. *Linfocitos*
- 5.45. *Monocito*
- 5.46. *Granulocitos neutrófilo y eosinófilo*
- 5.47. *Megacariocitos*
- 5.48. *Megacariocitos en médula ósea humana*
- 5.49. *Médula ósea primitiva*
- 5.50. *Médula ósea roja*
- 5.51. *Reticulocitos*
- 5.52. *Médula ósea, donde se observa un eritroblasto basófilo*
- 5.53. *Promielocito y mielocito*
- 5.54. *Mielocito y metamielocito*
- 5.55. *Eritroblastos policromatófilos*
- 5.56. *Normoblasto*
- 5.57. *Célula en metafase*
- 5.58. *Megacariocito*
- 5.59. *Megacarioblasto*
- 6.1. *Neurona de la corteza cerebral*
- 6.2. *Neurona de un ganglio cervical superior*
- 6.3. *Neurona motora del asta anterior de la médula espinal*
- 6.4. *Neurona motora de médula espinal humana*
- 6.5. *Neurona motora del asta anterior de la médula espinal*
- 6.6. *Neurona multipolar de bulbo raquídeo*
- 6.7. *Neurona sensitiva de un ganglio espinal, mostrando los cuerpos de Nissl*
- 6.8. *Célula de Purkinje de la corteza del cerebelo*
- 6.9. *Célula de Purkinje de la corteza del cerebelo*

- 6.10. *Célula de Purkinje*
- 6.11. *Cerebelo*
- 6.12. *Células piramidales de la corteza cerebral*
- 6.13. *Astrología en el sistema nervioso central*
- 6.14. *Astrocito fibroso de cerebelo humano*
- 6.15. *Microglía*
- 6.16. *Sustancia blanca del sistema nervioso central mostrando oligodendrocitos*
- 6.17. *Epéndimo tapizando el canal central del bulbo raquídeo*
- 6.18. *Médula espinal*
- 6.19. *Sección transversal de un nervio periférico, donde se observan las vainas mielinicas*
- 6.20. *Sección transversal de un nervio periférico*
- 6.21. *Corte longitudinal de un nervio periférico, se observan los nódulos de Ranvier*
- 6.22. *Corte transversal del nervio periférico*
- 6.23. *Fibra nerviosa mielínica*
- 6.24. *Células de Schwann*
- 6.25. *Sección transversal de un ganglio espinal*
- 6.26. *Ganglios sensoriales*
- 6.27. *Gránulos de lipofucsina (cuerpos residuales) en las neuronas de un ganglio simpático*
- 6.28. *Plexo coroideo*
- 7.1. *Epitelio cúbico simple de los folículos tiroideos*
- 7.2. *Glándula tiroides*
- 7.3. *Glándula tiroides y paratiroides*
- 7.4. *Glándula tiroides mostrando folículos esféricos*
- 7.5. *Vista a mayor aumento de la glándula tiroides*
- 7.6. *Glándula tiroides teñida con el método de PAS*
- 7.7. *Tinción específica para la demostración de células parafoliculares (células C) en la glándula tiroides*
- 7.8. *Demostración inmunohistoquímica de las células C (células parafoliculares) de la glándula tiroidea*
- 7.9. *Glándula paratiroides*
- 7.10. *Glándula paratiroides mostrando las células oxífilicas*
- 7.11. *Hipófisis*
- 7.12. *Vista a pequeños aumentos de la parte distal de la hipófisis*
- 7.13. *Vista a mayor aumento de la parte distal de la hipófisis*
- 7.14. *Hipófisis, mostrando los tipos celulares basófilos y acidófilos*
- 7.15. *Sección histológica de la parte distal de la hipófisis teñida con PAS y Naranja G*
- 7.16. *Parte intermedia de la hipófisis*
- 7.17. *Sección horizontal de la parte tuberal de la hipófisis*
- 7.18. *Parte nerviosa de la hipófisis*
- 7.19. *Glándula hipófisis que muestra diferentes células*
- 7.20. *Glándula suprarrenal*
- 7.21. *Glándula suprarrenal, se observa la médula y la corteza*

- 7.22. *Glándula suprarrenal, sección a nivel de la zona glomerular*
- 7.23. *Glándula suprarrenal, sección a nivel de la zona fascicular*
- 7.24. *Glándula suprarrenal, sección a nivel de la zona reticular*
- 7.25. *Sección a nivel de la médula suprarrenal*
- 7.26. *Glándula pineal*
- 7.27. *Sección sagital completa de la glándula pineal o epífisis*
- 7.28. *Vista a gran aumento de la glándula pineal*
- 7.29. *Parte de la glándula pineal teñida específicamente para la demostración de fibras nerviosas*
- 7.30. *Parte de la glándula pineal mostrando una concreción de arena cerebral*
- 7.31. *Sección histológica del timo de un niño*
- 7.32. *Timo de un adulto*
- 7.33. *Timo de un niño*
- 7.34. *Parte de la corteza del timo*
- 7.35. *Médula del timo mostrando un corpúsculo de Hassal*
- 7.36. *Lóbulo del timo*
- 7.37. *Sección histológica a poco aumento de un ganglio linfático completo*
- 7.38. *Corteza de un ganglio linfático*
- 7.39. *Corteza del Ganglio linfático*
- 7.40. *Corteza del Ganglio linfático. Sección de la zona cortical*
- 7.41. *Folículo linfoide en la corteza externa de un ganglio linfático*
- 7.42. *Corteza de un ganglio linfático*
- 7.43. *Tejido conjuntivo reticular de un ganglio linfático*
- 7.44. *Tejido conjuntivo reticular en los senos medulares de un ganglio linfático*
- 7.45. *Médula de Ganglio linfático*
- 7.46. *Médula de Ganglio linfático, se observan los senos linfáticos*
- 7.47. *Médula de Ganglio linfático a mayor aumento*
- 7.48. *Médula de un ganglio linfático bronquial*
- 7.49. *Vénula postcapilar en la zona cortical profunda de un ganglio linfático*
- 7.50. *Porción superficial del bazo*
- 7.51. *Parte del bazo mostrando una arteria y una vena en el interior de la trabécula*
- 7.52. *Parte del bazo mostrando el aspecto general de la pulpa blanca*
- 7.53. *Parte del bazo ilustrando el aspecto general de la pulpa roja*
- 7.54. *Aspecto parcial a gran aumento de la pulpa roja del bazo*
- 7.55. *Capilares envainados en la pulpa roja del bazo (vaina de Schweigger- Seidel)*
- 7.56. *Amígdala palatina*
- 7.57. *Amígdala palatina mostrando una cripta*
- 7.58. *Nódulo linfoide de la amígdala faríngea*
- 8.1. *Riñón*
- 8.2. *Podocitos*
- 8.3. *Sección longitudinal de riñón*
- 8.4. *Corteza Renal*
- 8.5. *Parte de la corteza de un riñón, mostrando un glomérulo*

- 8.6. *Corteza renal, mostrando un glomérulo*
- 8.7. *Sección de corteza renal teñida con la técnica de PAS*
- 8.8. *Parte de la corteza renal mostrando el polo vascular con el aparato yuxtaglomerular*
- 8.9. *Médula renal*
- 8.10. *Corteza renal mostrando túbulos colectores*
- 8.11. *Sección longitudinal de la médula renal*
- 8.12. *Riñón en el que la arteria renal fue inyectada con tinta china en el animal vivo*
- 8.13. *Papila renal*
- 8.14. *Uréter*
- 8.15. *Mucosa de la Vejiga urinaria*
- 8.16. *Epitelio transicional de la vejiga*
- 8.17. *Epitelio de transición de la mucosa de la vejiga urinaria*
- 8.18. *Sección transversal de la uretra femenina*
- 8.19. *Mucosa de la uretra femenina. El epitelio contiene glándulas intraepiteliales (glándulas de Littré)*
- 8.20. *Uretra femenina*
- 8.21. *Sección transversal del cuerpo esponjoso de la uretra masculina*
- 9.1. *Ovario*
- 9.2. *Parte superficial del ovario mostrando diferentes grados de desarrollo de los folículos*
- 9.3. *Folículo primordial en la corteza del ovario*
- 9.4. *Folículo primario en la corteza del ovario*
- 9.5. *Corteza del ovario*
- 9.6. *Folículo ovárico*
- 9.7. *Folículo secundario del ovario*
- 9.8. *Sección de la pared de un folículo secundario*
- 9.9. *Folículo secundario*
- 9.10. *Parte del ovario mostrando un folículo atrésico*
- 9.11. *Cuerpo lúteo del ovario*
- 9.12. *Cuerpo lúteo*
- 9.13. *Cuerpo amarillo*
- 9.14. *Cuerpo albicans*
- 9.15. *Trompa de Falopio*
- 9.16. *Sección transversal de la trompa uterina a nivel del istmo*
- 9.17. *Mucosa de la trompa de Falopio, con epitelio cilíndrico pseudoestratificado*
- 9.18. *Corte transversal de un oviducto*
- 9.19. *Pared del útero*
- 9.20. *Mucosa endometrial del útero*
- 9.21. *Útero en la fase lútea*
- 9.22. *Vellosidades coriónicas de una placenta humana temprana*
- 9.23. *Corte transversal de las vellosidades coriónicas de la placenta*
- 9.24. *Endometrio*
- 9.25. *Arterias espirales en el endometrio*
- 9.26. *Endometrio en fase proliferativa del ciclo menstrual*

- 9.27. *Endometrio en la fase secretora del ciclo menstrual*
- 9.28. *Células deciduales del endometrio hacia el día 21 del desarrollo embrionario*
- 9.29. *Mucosa del endocérvix*
- 9.30. *Miometrio del útero*
- 9.31. *Sección transversal del cordón umbilical a término*
- 9.32. *Sección transversal de la pared de la vagina*
- 9.33. *Frotis vaginal hecho durante la fase folicular tardía del ciclo menstrual*
- 9.34. *Frotis vaginal hecho durante la fase luteínica del ciclo menstrual*
- 9.35. *Glándula mamaria*
- 9.36. *Parte de un lobulillo de una glándula mamaria en reposo*
- 9.37. *Lobulillo de una glándula mamaria en reposo*
- 9.38. *Parte de un lóbulo de una glándula mamaria durante el embarazo*
- 9.39. *Parte de la glándula mamaria durante el embarazo vista a mayor aumento*
- 9.40. *Parte de un lóbulo de una mama durante la lactancia*
- 9.41. *Glándula mamaria durante la lactancia mostrando alvéolos secretores*
- 9.42. *Testículo*
- 9.43. *Parénquima testicular*
- 9.44. *Epitelio seminífero mostrado las diferentes etapas del desarrollo de las células germinales*
- 9.45. *Epitelio seminífero*
- 9.46. *Células de Leydig*
- 9.47. *Epidídimo*
- 9.48. *Epitelio cilíndrico pseudoestratificado del conducto del epidídimo*
- 9.49. *Epitelio cilíndrico simple de los conductos eferentes del epidídimo*
- 9.50. *Sección del epidídimo*
- 9.51. *Conducto del epidídimo, donde el epitelio es cilíndrico pseudoestratificado*
- 9.52. *Epidídimo*
- 9.53. *Conducto eferente*
- 9.54. *Conducto deferente*
- 9.55. *Mucosa de la vesícula seminal*
- 9.56. *Vesícula seminal*
- 9.57. *Próstata*
- 9.58. *Alvéolo prostático*
- 9.59. *Alvéolos de la Glándula prostática*
- 9.60. *Sección transversal completa del pene*
- 9.61. *Cuerpo cavernoso del pene*
- 10.1. *Cartílago embrionario de un feto de tres meses*
- 10.2. *Cartílago embrionario*
- 10.3. *Cartílago traqueal*
- 10.4. *Cartílago epiglótico*
- 10.5. *Cartílago fibroso de la superficie articular de una vértebra*
- 10.6. *Cartílago hialino*

- 10.7. *Cartílago elástico*
- 10.8. *Fibrocartílago*
- 10.9. *Hueso compacto descalcificado mostrando un sistema de Havers (osteona)*
- 10.10. *Sistema de Havers de un hueso compacto*
- 10.11. *Hueso compacto mostrando numerosos sistemas de Havers y laminillas intersticiales*
- 10.12. *Hueso esmerilado descalcificado*
- 10.13. *Hueso compacto descalcificado*
- 10.14. *Hueso compacto descalcificado*
- 10.15. *Centro primario de osificación en el primordio de un hueso plano de la bóveda craneal de un feto humano*
- 10.16. *Centro primario de osificación en el primordio de un hueso plano de la bóveda craneal de un feto humano de tres meses*
- 10.17. *Osificación intramembranosa*
- 10.18. *Osificación intramembranosa, se forman trabéculas de hueso*
- 10.19. *Hueso esponjoso primitivo del primordio de un hueso plano de la bóveda craneal de un feto humano de tres meses*
- 10.20. *Hueso compacto primitivo del primordio de un hueso plano de la bóveda craneal de un feto humano de tres meses*
- 10.21. *Osteogénesis*
- 10.22. *Centro primario diafisario de osificación*
- 10.23. *Centro primario diafisario de osificación*
- 10.24. *Centro primario diafisario de osificación*
- 10.25. *Osificación endocondral*
- 10.26. *Formación endocondral de hueso*
- 10.27. *Sección longitudinal de la transición entre epífisis y diáfisis en un hueso largo*
- 10.28. *Sección horizontal de un disco intervertebral*
- 10.29. *Membrana sinovial del tipo adiposo*
- 10.30. *Córnea*
- 10.31. *Sección meridional de la esclerótica*
- 10.32. *Sección meridional de la coroides*
- 10.33. *Sección meridional del cuerpo ciliar*
- 10.34. *Cuerpo Ciliar*
- 10.35. *Sección meridional del iris*
- 10.36. *Epitelio posterior del iris*
- 10.37. *Cristalino*
- 10.38. *Sección meridional de la conjuntiva ocular*
- 10.39. *Glándula lacrimal*
- 10.40. *Sección meridional completa del primordio de un ojo*
- 10.41. *Sección transversal de la cóclea*
- 10.42. *Órgano de Corti*