

de la cornea un objeto muy iluminado, una bujía encendida, por ejemplo, para ver distintamente reproducirse la imagen en la retina.

Las imágenes que se forman de esta forma son siempre invertidas, y la causa de tal fenómeno es fácil de encontrar. En efecto, si se observa la marcha que los rayos luminosos que parten de las dos extremidades de un objeto (fig. 104, *a*, *c*) deben seguir para llegar á la retina, se ve que deben siempre cruzarse antes de llegar; y que, por consiguiente, el que emerge de la extremidad superior del objeto (*a*) se encontrará en la parte inferior del espacio ocupado en la retina por el haz entero de rayos que forman

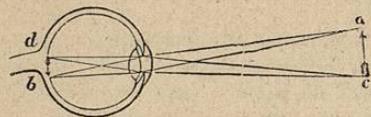


Fig. 104.

la imagen (*b*), mientras que el que viene de la extremidad inferior del objeto (*c*) ocupará la parte superior del mismo espacio (*d*): lo mismo sucederá á todos los demás rayos, de lo cual resulta que en el fondo del ojo aparezca el objeto invertido.

§ 235. La materia negra que se halla detrás de la retina, y que cubre todo el fondo del ojo, lo mismo que la faz posterior del iris, sirve para absorber la luz inmediatamente después que ha pasado la retina; si esta luz fuese reflejada hacia otros puntos de esta membrana, perturbaría considerablemente la vista é impediría la formación de imágenes bien claras en el fondo del ojo. Por eso en los hombres y animales albinos que carecen de este pigmento es extremadamente imperfecta la visión. Durante el día ven apenas para poder marchar, y sólo durante el crepúsculo, ó mejor aún la noche, es cuando su vista se vuelve clara.

§ 236. El globo del ojo sirve, como se ha visto, para conducir la luz y concentrarla en la retina; sirve como de una especie de anteojos. Pero es un instrumento de óptica más perfecto que todos los que los físicos han conseguido inventar; pues, á la vez que es en general acromático y que no presenta punto de aberración de esfericidad¹, su alcance puede variar considerablemente.

¹ La luz blanca está formada por la reunión de varios rayos elementales de diversos colores; que, estando separados, producen el espectro solar, y estos rayos no son igualmente refrangibles. De esto resulta que, cuando

En efecto, el hombre puede, por lo general, ver casi con tanta nitidez los objetos que se hallan á algunas pulgadas del ojo como los que están á una distancia muy grande de este órgano. En nuestros instrumentos de óptica, al contrario, la imagen que se forma en el foco de una lente adelanta ó retrocede, según la distancia á la cual se encuentra el objeto; hase, pues, supuesto que, para dar á nuestra vista alcances tan diferentes, el cristalino deberá acercarse ó alejarse de la retina, según las necesidades, y efectivamente así parece que sucede.

Pero el ojo no posee siempre en el mismo grado esta preciosa facultad: en ocasiones no se puede ver distintamente sino á distancia de muchos pies; más cerca son confusas todas las imágenes, y otras veces, al contrario, la vista no es clara sino cuando los objetos están á distancia de algunas pulgadas del ojo, y todo lo que se encuentra más lejos parece como envuelto en una nube.

La primera de estas imperfecciones, conocida con el nombre de *presbicia*, depende de un efecto de convergencia en los haces luminosos que atraviesan los humores del ojo. Los rayos que llegan á este órgano, de un objeto muy alejado, divergen muy poco,

se hace pasar la luz blanca á través de un cuerpo que la refracta, es más ó menos completamente descompuesta, y los objetos que la proyectan parecen tener los colores del espectro solar; pero si el cuerpo que refracta la luz se compone de varias capas dotadas de fuerzas refringentes diversas, es posible que los rayos elementales, que han sido muy separados de su camino por una de esas capas, no lo sean bastante por otra, y, que compensándose estas diferencias, no haya, en último resultado, ninguna descomposición semejante en la luz refractada, y, por consiguiente, ninguna producción de colores.

Llámanse *acromatismo* esta propiedad de desviar la luz de su marcha sin desarrollar los colores, y por consiguiente las lentes acromáticas son las que forman en su foco imágenes incoloras ó que no tienen sino los colores del objeto representado. Obtiénense las lentes acromáticas combinando diferentes vidrios, de los cuales corrijan unos la dispersión de la luz producida por los otros, de manera que reúnan todos los rayos en un mismo foco. Es probable que el acromatismo del ojo dependa de alguna disposición análoga; mas los físicos no están de acuerdo en la explicación de este fenómeno: unos piensan que depende de la diversidad de humores de aquel órgano; otros lo atribuyen á las diferencias de densidad que existen en las distintas capas del cristalino.

La *aberración de esfericidad* consiste en la reunión de los rayos que hieren diferentes partes de una lente en focos sensiblemente diferentes, de donde resulta un defecto de nitidez en las imágenes. Cuando las lentes son muy convexas, los rayos que pasan cerca de los bordes no se reúnen en el mismo foco que los que atraviesan la parte central del instrumento; y, para obtener imágenes nítidas, es necesario interceptar el paso de los primeros colocando delante de la lente un diafragma agujereado. Ahora bien, las imágenes que se forman detrás del cristalino del ojo nunca son difusas, y se atribuye esta ausencia de aberración de esfericidad al iris; que desempeña á función de los diafragmas que se colocan en el interior de los anteojos.

y pueden ser reunidos en el punto en que se encuentra la retina, aunque la fuerza refringente del ojo no sea considerable; pero los que emergen de un objeto muy próximo divergen mucho, y la fuerza refringente del ojo se encuentra muy débil para acercarlos de modo que se reúnan en un punto determinado de la retina. Por esto les presbítes tienen ordinariamente la pupila contraída como si hicieran un esfuerzo continuo para no dejar entrar en los ojos sino los rayos que hieren el centro del cristalino, y que no tienen necesidad de ser muy desviados de su camino para reunirse detrás del cristalino en el punto ocupado por la retina.

Este defecto de poder refringente en el ojo parece obedecer, en general, á un achatamiento de la córnea ó del cristalino, circunstancias que efectivamente deben tender á producir el presbismo, y que se presenta casi siempre en los ancianos.

La *miopia* resulta de un efecto contrario: los rayos que atraviesan el ojo son en este caso desviados de su camino con tanta fuerza, que á menos de ser muy divergentes, se cruzan antes de llegar á la retina. Esta imperfección del órgano visual depende, por lo general, de convexidad demasiado grande de la córnea ó aun del cristalino; pero también puede ser consecuencia de la costumbre que el ojo tome de adaptarse á la visión á corta distancia, y de este modo, por el uso de cristales de aumento, es posible volverse miope voluntariamente, estratagema de que se han servido algunos jóvenes para conseguir la exención del servicio militar.

Obsérvase que las personas que tienen la vista muy corta se vuelven menos miopes á medida que avanzan de edad. Y esto se comprende fácilmente, porque la secreción de los humores del ojo son siempre menos abundantes durante la vejez; luego, esta disminución, que tiende á hacer menos convexa la córnea, vuelve la vista más larga; en la mayor parte de los casos determina la presbicia, pero en éste no hace desde luego sino corregir los defectos del ojo y dar á la vista su alcance ordinario. De esto resulta que, generalmente, la vista de los miopes se mejora en la edad en que la de la mayoría de las personas se debilita; pero como la dicha disminución en la abundancia de los humores del ojo continúa siempre, llega un tiempo en que el ojo del miope se hace también poco refringente, y su vista, por consiguiente, demasiado larga, es decir como la de un presbíte.

Para corregir tales defectos naturales del ojo, se emplean medios cuya eficacia viene á confirmar la explicación que acabamos de dar de la causa de la miopia y de la presbicia. Colócanse delante de los ojos cristales cuyas superficies están dispuestas de modo que aumentan ó disminuyen la divergencia de los rayos

que las atraviesan. Los miopes usan cristales cóncavos que tienden á dispersar la luz, y los presbítes emplean cristales convexos que tienden al contrario á aproximar los rayos divergentes al eje del haz.

§ 237. Hemos dicho que el contacto de la luz sobre la retina, determina la visión; y efectivamente, cuando esta membrana se halla atacada de parálisis (estado que constituye la enfermedad conocida con el nombre de *gota serena*), está dicho sentido completamente destruído. Pero la sensibilidad de la retina es del todo especial: esta membrana nerviosa no goza sino muy poco ó nada de la sensibilidad táctil, y se puede tocarla y hasta pincharla y rasgarla en un animal vivo, sin que éste manifieste ningún signo de dolor.

Todos los puntos de la retina son aptos para recibir la impresión de la luz; pero la parte central de esta membrana tiene sensibilidad mucho más exquisita que el resto de ella, y sólo cuando las imágenes de los cuerpos exteriores se forman en esta parte, las vemos bien distintamente: por eso, cuando miramos un objeto cualquiera, tenemos cuidado de dirigir á él el eje de nuestros ojos.

Por lo demás, esta sensibilidad particular de la retina tiene sus límites: una luz demasiado débil no tiene acción sobre esta membrana, y una luz demasiado intensa la lastima imposibilitándola para obrar. Pero, respecto á esto, la influencia de la costumbre es extrema: cuando se ha permanecido mucho tiempo en la oscuridad, una claridad aunque sea muy débil deslumbra los ojos y hace que durante algunos instantes quede la retina incapacitada para desempeñar sus funciones, mientras que las personas acostumbradas á la claridad del día no experimentan estos mismos efectos sino mirando los objetos más brillantes, tratando, verbigracia, de mirar fijamente al sol.

Cuando se mira durante mucho tiempo el mismo objeto, sin cambiar de posición, no tarda en fatigarse el punto de la retina que recubre la imagen del mismo; y esta fatiga, llevada más allá de cierto límite, priva durante algún tiempo la parte que la experimenta de su sensibilidad habitual. Así, cuando miramos durante cierto tiempo una mancha blanca sobre un fondo negro y en seguida dirigimos la vista sobre un fondo blanco, creemos ver en él una mancha negra, porque el punto de la retina ya cansado por la luz blanca se ha vuelto insensible.

El cansancio que experimenta la retina por el ejercicio de sus funciones depende también en parte de los esfuerzos que se hacen para mirar los objetos colocados á nuestra vista. Si se trata de ver con atención cuerpos débilmente iluminados, se experimenta

pronto una sensación dolorosa en las órbitas y hasta en la cabeza.

También debe observarse que la impresión producida en la retina por el contacto de la luz persiste durante cierto tiempo después que ha cesado dicho contacto: además, cuando imágenes diferentes se dibujan sucesivamente en el mismo punto de dicha membrana, con bastante rapidez para que la impresión de una no haya desaparecido aún antes que la de otra comience, estas imágenes se confunden, y la sensación que de ellas resulta no difiere de la que dependiese de una sola y misma imagen. Por esta razón, cuando un cuerpo describe un círculo con mucha rapidez, parece que se ve un anillo, y cuando una rueda gira con velocidad no parece que tiene radios separados por intervalos, sino se asemeja á un disco.

§ 238. El nervio óptico, que, al dilatarse en el fondo del ojo, forma la retina, transmite al cerebro las impresiones producidas sobre dicha membrana por el contacto de la luz: por esto su sección determina inmediatamente una ceguera completa.

En los hemisferos del cerebro parece que reside la percepción de estas sensaciones, así como de tantas otras; pues cuando se destruyen se vuelve ciego inmediatamente el animal. Pero hay otras partes del encéfalo que ejercen también la mayor influencia sobre este sentido: los lóbulos ópticos ó tubérculos cuadrigéminos (pág. 148, fig. 85, *g*). Si se destruyen en un ave (donde estas partes están muy desarrolladas), se determina igualmente la ceguera, debiendo notarse que los animales que tienen la retina más desarrollada y los nervios ópticos más gruesos, son también en los cuales adquieren los dichos lóbulos mayor volumen y estructura más complicada; hasta se pueden considerar estos órganos como una dependencia de los nervios ópticos y como los lazos que los unen á los hemisferios cerebrales.

Pero lo que más admira en estos experimentos sobre el encéfalo, es observar que la destrucción del hemisferio cerebral ó del lóbulo óptico de un lado no determina la pérdida de la vista del mismo lado: el que ciega es el ojo del lado opuesto. La anatomía nos da, hasta cierto grado, la explicación de este hecho; pues los nervios ópticos, poco después de su salida del cerebro, se reúnen y entrecruzan de modo que el que viene del lóbulo derecho envía una gran parte de sus fibras, ó todas, al ojo izquierdo, y viceversa (fig. 86).

§ 239. **Órganos motores del ojo.** — Al empezar el estudio de la visión, hemos dicho que el aparato encargado del ejercicio de este sentido se componía de una parte esencial, que es el globo del ojo y el nervio óptico, y de diversas partes accesorias destinadas á mover ó á proteger al primero.

§ 240. Los órganos motores destinados á hacer variar la dirección de los ojos son seis músculos que rodean el globo del ojo y que se insertan en la esclerótica por su extremidad anterior, mientras que por su extremidad posterior se fijan en los huesos situados detrás de dicho órgano (fig. 105). El globo del ojo mismo descansa sobre tejido celular grasiento sin adherirse mucho á él, resultando de esto que al contraerse cada uno de los músculos, lo atrae de su lado, de modo que obliga al ojo á girar sobre sí mismo y á cambiar la dirección de su eje.

Los nervios que dan movimiento á estos músculos pertenecen exclusivamente al aparato de la visión; son los del tercero, cuarto y sexto par (fig. 85). Unos están enteramente sometidos á la voluntad; otros obran á menudo con independencia de ella, y de la contracción de estos últimos depende que los ojos se vuelven hacia arriba en el síncope.

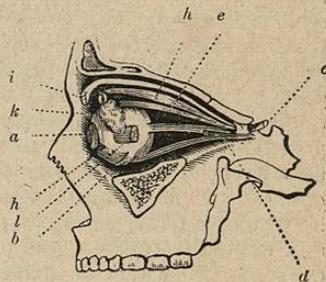


Fig. 105^a.

§ 241. **Partes protectoras del ojo.** — Las partes protectoras

del aparato de la vista merecen también fijar nuestra atención. Las que primeramente debemos señalar son las cavidades óseas que contienen á los ojos y que se llaman *órbitas*. Estas son dos agujeros hondos que hay en la cara, formados por diversos huesos de la cabeza (fig. 115), y que tienen mucha grasa que constituye como un cojín elástico al rededor de cada ojo.

§ 242. Por delante se halla este órgano protegido por las cejas, por los párpados, y por un líquido especial, las lágrimas, que baña siempre su superficie.

Las cejas son dos salientes transversales formadas por la piel, que en este punto está guarnecida de pelos y provista de un músculo especial destinado á moverla. Sirven para proteger los ojos contra las violencias exteriores; impiden que el sudor que corre por la frente caiga sobre los ojos, irritando la superficie de ellos;

^a Corte vertical de la órbita para mostrar la posición del ojo y de sus músculos: — *a*, cornea; — *b*, esclerótica; — *c*, nervio óptico, cuya extremidad opuesta penetra en el globo del ojo; — *d*, músculo recto inferior del ojo; — *e*, músculo recto superior del ojo; — *f*, porción del músculo recto externo del ojo: en el fondo de la órbita se ve la otra extremidad de este músculo, del que se ha separado toda la parte media para mostrar el nervio óptico situado *detrás de ella*; — *g*, extremidad del músculo oblicuo menor;

y en fin, les libra de la impresión de una luz demasiado intensa, sobre todo cuando ésta emerge de un punto elevado.

§ 243. El hombre y todos los demás animales mamíferos tienen dos párpados, situados uno por encima del otro, y distinguidos, por esta razón, en superior y en inferior. Son dos especies de túnicas móviles colocadas delante de la órbita y cuya forma se acomoda á la del globo del ojo, de modo que al aproximarse cubren completamente la faz anterior de este órgano. Exteriormente están formadas por la piel que en este punto es finísima, semitransparente y sostenida por una lámina fibro-cartilaginosa (*cartilago tarso*). Su faz interna se halla cubierta por una membrana mucosa llamada *conjuntiva*, que se proyecta sobre el globo del ojo, cubre toda la parte anterior de la esclerótica y se confunde con la córnea transparente. El borde libre de los párpados está guarnecido de una línea de pestañas y presenta detrás de estos pelos una serie de agujeritos que comunican con las *glándulas de Meibomio*, folículos que se hallan en el espesor de los cartílagos tarsos que sirven para secretar un humor especial, que, cuando se espesa y seca, como sucede á menudo después del sueño, se conoce con el nombre de *legañas*. Finalmente, se encuentran también en el espesor de los párpados músculos destinados á moverlos: uno de éstos rodea su abertura como un anillo y los contrae con más ó menos fuerza (*k*, fig. 42, p. 35); el otro se extiende del párpado superior hasta el fondo de la órbita y sirve para elevar esta túnica (fig. 105, *i*).

Los párpados impiden el acceso de la luz al ojo durante el sueño. Durante la vigilia, se acercan ó separan á fin de no dejar pasar sino la cantidad de luz necesaria á la visión, pero insuficiente para molestar la retina: también libran al ojo del contacto de los cuerpos extraños que están en suspensión en el aire, lo preservan de los choques por su oclusión casi instantánea, y se oponen á los efectos del contacto prolongado del aire por movimientos continuos que se suceden á intervalos casi iguales.

Una de las funciones de la conjuntiva es facilitar dicho movimiento, llamado *pestañeo*. Esta membrana, cuya sensibilidad es exquisita, secreta un humor que aumenta la lisura de su superficie y que suaviza el frotamiento continuo de la porción palpebral de la conjuntiva sobre la porción ocular; pero este líquido no es suficiente á tal objeto, y para que la conjuntiva llene convenientemente sus funciones, es necesario que su superficie se lubrique continuamente por las *lágrimas*.

— *h*, músculo oblicuo mayor, cuyo tendón pasa por una pequeña garrucha antes de fijarse en la esclerótica; — *i*, músculo elevador del párpado superior; — *k*, glándula lagrimal.

§ 244. Las lágrimas, que se componen de agua con algunas milésimas partes de materia animal en disolución, y de las sales que se encuentran en todos los líquidos de la economía animal, se forman en una glándula bastante voluminosa situada debajo de la bóveda de la órbita, detrás de la parte externa del borde de esta cavidad y por encima del globo del ojo (fig. 105, *k*).

Esta *glándula lagrimal* vierte las lágrimas en la superficie de la conjuntiva por seis ó siete canalitos que desembocan en esta membrana, hacia la parte superior y externa del párpado superior. Las lágrimas se extienden en seguida por toda la superficie de la conjuntiva, impidiendo la desecación, y formando una capa uniforme, que da al ojo su tersura y brillantez. Deben también servir para evitar la evaporación de los humores del globo del ojo y la de los líquidos de que está empapada la córnea: y efectivamente, cuando después de la muerte cesan las lágrimas de extenderse del modo indicado por la superficie del ojo, no tarda éste en volverse blando y la córnea pierde su transparencia.

Las lágrimas que no se evaporan, ó que no son absorbidas por la conjuntiva, pasan á las fosas nasales, atravesando conductos cuyas aberturas se ven en el borde libre de cada párpado cerca del ángulo interno del ojo, en el punto en que estos órganos se separan del globo del ojo para dirigirse á la *carúncula lagrimal*, cuerpos salientes y de color rosado formados principalmente de una agrupación de foliculillos. Estas dos aberturas, llamadas *puntos lagrimales*, son muy estrechas y comunican con conductos finísimos, situados en el espesor de los párpados, que se dirigen directamente hacia dentro para desembocar en el *conducto nasal*. Este último conducto se extiende desde el ángulo interno del ojo hasta el meato inferior de las fosas nasales, y atraviesa, para llegar á ellas, un conducto óseo practicado entre la órbita y la nariz.

En el estado ordinario, la absorción de las lágrimas por los puntos lagrimales se efectúa con mucha lentitud; pero cuando aquéllas son abundantes y corren por los ojos, su paso á las fosas nasales se hace tan rápido que á cada instante se experimenta la necesidad de sonarse. Algunas veces, en ciertas emociones vivas del alma, por ejemplo, la secreción de las lágrimas se vuelve tan abundante, que este líquido se desborda de los párpados y cae sobre las mejillas.

§ 245. La estructura del aparato de la visión y el mecanismo de la vista son, con poca diferencia, iguales en el hombre y en todos los demás mamíferos, lo mismo que en las aves, los reptiles, los batracios y peces. El ojo de algunos moluscos, tales como los pulpos, se parece igualmente mucho al nuestro; pero, en la

mayor parte de los animales de esta clase es muy diferente su estructura, y en los arácnidos, crustáceos é insectos, apenas tienen estos órganos algunos puntos de semejanza con los ojos de los animales superiores. Más adelante haremos conocer estas particularidades.

MOVIMIENTOS.

Contracción muscular.

§ 246. Las diversas modificaciones de la facultad de sentir que hemos estudiado en las precedentes lecciones hacen al hombre y á los animales aptos para conocer lo que les rodea; pero sus relaciones con el mundo exterior no consisten solamente en tales fenómenos, en cierto modo pasivos. Dichos seres pueden también obrar sobre los cuerpos extraños, imprimirles cambios materiales, moverse, y á veces hasta expresar de modo más ó menos preciso sus sentimientos ó sus ideas.

Esta nueva serie de funciones, en las que vamos ahora á ocuparnos, dependen esencialmente de una propiedad que no es menos general en los animales que la sensibilidad: la *contractilidad*.

Dase este nombre á la facultad que tienen ciertas partes de la economía animal de acortarse de pronto y de extenderse alternativamente.

En algunos animales de estructura extremadamente sencilla, como las hidras (fig. 10), todas las partes del cuerpo parecen susceptibles de contraerse de este modo; pero, por poco que uno se eleve en la serie de los seres animados, se ve á esta facultad convertirse en atributo de órganos especiales, que se llaman *músculos*. Estos músculos, que son los instrumentos activos de todos nuestros movimientos, forman la mayor parte de la masa del cuerpo, y constituyen lo que vulgarmente se llama carne. Su color es en general blanquizo; en algunos animales, son, al contrario, de color rojo más ó menos intenso; pero este color no les pertenece propiamente á ellos y depende sólo de la sangre que contienen.

§ 247. **Estructura de los músculos.**— Cada músculo está formado por la reunión de cierto número de manojos musculares, que están unidos por tejido celular y compuestos de manojos más pequeños; éstos á su vez se hallan formados por manojos de menor volumen, y, de división en división, se llega á fibras de una

tenuidad extrema, que son rectas, dispuestas paralelamente entre sí, y que, vistas con un microscopio poderoso, parecen en general formadas cada una por una serie de discos pequeñitos. Después de la muerte el tejido muscular es blando y fácil de rasgar; pero durante la vida es muy elástico y resistente. En fin, se compone esencialmente de una materia que ya hemos encontrado en la sangre, y que los químicos llaman *fibrina ó sintonina*. Encuéntrase también en el músculo albúmina, creatina y algunas sales.

§ 248. Bajo la influencia de ciertas causas excitantes, las fibras musculares se contraen bruscamente, y al mismo tiempo se ve á los manojos que forman hacerse más gruesos y duros que en el estado de aflojamiento. Todos pueden observar en sí mismo este fenómeno: basta para ello ejecutar un movimiento cualquiera y observar los cambios que sobrevienen en los músculos puestos en acción para producirlo. Si se dobla con fuerza el antebrazo sobre el brazo, por ejemplo, se verá en el acto que los músculos de la parte anterior del brazo aumentan de volumen y se endurecen.

El mecanismo por el cual se efectúa la contracción muscular no se conoce bien aún. Por medio del microscopio, se ha llegado á conocer que en el momento en que este fenómeno se manifiesta, las estriás transversales fáciles de observar en la mayor parte de las fibras carnudas, se acercan¹. Luego, esta aproximación determina necesariamente una contracción correspondiente en la longitud total de los músculos. Las dos extremidades de éstos se acercan, pues, y como se hallan insertadas en las partes destinadas á ser puestas en movimiento, por su acción deben necesariamente llevarlas tras sí; y, en efecto, así operan ellas el cambio de posición.

§ 249. Esta inserción de los músculos sobre las partes móviles no se verifica directamente; sino que se efectúa por medio de una sustancia intermediaria, de textura fibrosa, que penetra en la sustancia de dichos órganos, de manera que envían un prolongamiento á cada una de las fibras de que se componen. Unas veces es blanco y nacarado este tejido fibroso, toma la forma de una membrana, y se le da el nombre de *aponeurosis*; otras se

¹ Cuando se publicó la primera edición de esta obra, pensaban los fisiólogos que la contracción muscular dependía de un plegamiento en zigzag que se observa á menudo en las fibras de un músculo en acción, pero nuevos trabajos han demostrado que este plegamiento es un accidente, y no la causa del fenómeno: pues se ha adquirido la evidencia que se manifiesta en las fibras que no se contraen á la vez que las que están próximas, y que, encontrándose en dicho caso más largas que aquellas á que están adheridas, están obligadas á arrugarse.