

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO
DE LA HISTOLOGIA
Y CITOLOGIA DEL MAGUEY (AGAVE)

I

Por FRANCISCO VILLAGRAN PRADO
del Instituto de Biología

CON el presente trabajo iniciamos una serie de estudios acerca de la histología y citología de las principales plantas típicas de México.

Hemos escogido en primer término el maguey por tratarse de una planta cuyo estudio ha sido ya emprendido en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional de México; habiéndose iniciado la investigación acerca de las bacterias y levaduras que se desarrollan en el aguamiel y que intervienen en la fabricación del pulque, así como el estudio químico y bromatológico de estos dos productos.

Hacemos primeramente el estudio de la hoja por ser este el órgano donde se almacenan principalmente las substancias de reserva que habrán de intervenir en la formación del aguamiel.

ESTUDIO HISTOLOGICO Y CITOLOGICO DE LA HOJA DEL MAGUEY

Material y métodos de estudio.

Se emplearon hojas de *Agave cochlearis* Jacobi y de *Agave lehmanni* Jacobi en diferentes etapas de desarrollo, desde la hoja tierna de unos 10 centímetros de largo hasta la hoja adulta de un maguey en producción.

En todos los estudios hechos se empleó material fresco en cortes hechos a mano y por congelación, obteniéndose por este último método los mejores resultados. Se hicieron también estudios comparativos con material fijado e incluido en parafina.

Fijadores empleados:

Alcohol a 70°.

Formol al 10%.

Fijador cromoacético.

Fijador de Bouin.

Mezcla de Champy (especial para condrioma).

Formol-nitrato de cobalto (para vacuoma y condrioma).

Métodos generales de coloración:

Hematoxilina-eosina.

Erlich-Biondi-Heidenhein.

Azul de metileno-Sudán III.

Rojo Congo-Verde Iodo.

Métodos especiales:

a). Para condrioma:

Colorantes vitales (Rojo neutro principalmente).

Método Champy-Altmann.

Método de Drew.

b). Para vacuoma:

Colorantes vitales.

Método de C. de Luelmo.

Métodos de Guilliermond.

e). Reactivos histoquímicos:

Para monosacáridos: Método de Schimper, empleando Fehling.

Para disacáridos: Método de Sachs, citado por Zimmermann.

Para polisacáridos: Tintura de iodo; Lugol y Cloroyoduro de zine.

Para investigación de mucílagos intracelulares y extracelulares: Muscicarmín de Mayer; Azul de Toluidina, Violeta de genciana.

Para glicéridos: Vapores de tetraóxido de osmio; tintura alcohólica de chile mulato (**Capsicum annum** L. var. **grossum** Sendt.); Di-metil-amido-azo-ben-zol; Sudán III; Rojo escaarlata; Tintura de Ancusa.

Para colestéridos: Métodos de Golodetz al formol-ácido sulfúrico.

Para céridos: Tintura de Ancusa en caliente (Método de Zimmermann).

Para lignina: Floroglucina clorhídrica, principalmente.

HISTOLOGIA DE LA HOJA

La hoja del maguey es notable por el desarrollo que llega a alcanzar: dos metros o más de largo; hasta 35 centímetros de ancho y 12 o 15 centímetros de espesor son medidas frecuentes de las hojas de los magueyes en producción. La forma general de la hoja es pues alargada y su consistencia típicamente carnosa. Sus dos características externas más importantes son una púa lignificada terminal y espinas marginales también lignificadas. Se consideran estos dos caracteres como fundamentales desde el punto de vista taxonómico, ya que en la determinación de las diversas especies se toman muy en cuenta el tamaño, forma y distribución de las espinas que aparecen en el borde de las hojas y el desarrollo de la púa terminal.

Se encuentra la hoja totalmente recubierta por una gruesa capa de cutina, igualmente desarrollada en el haz y en el envés. La consistencia y aspecto general de esta cutícula la hacen asemejarse al pergamino, habiéndose usado como éste, en escritos o en pinturas antiguos.

Tejido epidérmico.—La epidermis de la hoja adulta de *Agave* está siempre formada por dos capas de células, de las cuales la capa

externa es de células muertas que miden, por término medio, 0.050 mm. por 0.100 mm., recubiertas por la cutícula de que ya se habló, que llega a tener de 0.025 mm. a 0.050 mm. de espesor. La segunda capa está formada por células vivas que miden 0.025 mm. de ancho por 0.035 mm. de largo.

El número de estomas por mm.² es por término medio de 30.

Las células de la capa epidérmica externa que funcionan como células de cierre de los estomas, alcanzan un desarrollo mayor que el de las células epidérmicas normales y su forma general se modifica también como puede verse en las Figs. 1 y 2. También en la capa epidérmica profunda, formada como ya se dijo por células vivas, se presentan dos células modificadas que intervienen en la formación del estoma como células de cierre (Figs. 1 y 2), lo cual determina que haya en realidad dos aberturas que pudiéramos llamar ostiolo externo y ostiolo interno, con un atrio intermedio muy característico (Figs. 2 y 9). Estructura semejante se encuentra en la mayoría de las plantas xerófitas como consecuencia de su adaptación al medio. Además de su tamaño mayor caracteriza a estas células la presencia de un producto paraplasmaático abundante que existe también en las demás células de esta segunda capa epidérmica, pero que presenta en las de cierre una localización especial, producto del que hablaremos detalladamente más adelante.

Como derivados importantes del tejido epidérmico debemos mencionar las espinas marginales y la púa terminal de la hoja, de las que ya se habló por la importancia que tienen desde el punto de vista sistemático. Estos derivados epidérmicos arrastran en su formación masas más o menos importantes del tejido parenquimatoso, del tejido vascular y del tejido fibroso. Estudiando en cortes apropiados el proceso de formación de las espinas marginales, puede observarse que la lignificación comienza por la capa segunda de la epidermis, extendiéndose gradualmente al tejido parenquimatoso subepidérmico, el cual responde por una activación de la multiplicación celular que determinará un abultamiento, el cual, al impregnarse de lignina en su mayor parte, vendrá a formar la espina marginal.

Por lo que hace a la formación de la púa terminal de la hoja, puede decirse que en su desarrollo interviene de manera menos importante el parénquima, ya que no muestra ninguna reacción especial de sobre-erectamiento, sino que conserva la atenuación proporcional al estrechamiento apical de la hoja. En cambio intervienen notablemente los haces fibro-vasculares que se agrupan y terminan en

la púa, lignificándose juntamente con parte del tejido parenquimatoso y con la porción correspondiente del tejido epidérmico. Esta estructura explica claramente la dureza de estas púas terminales (Fig. 4).

Parénquima.—El tejido que forma la mayor parte de la hoja es el parénquima. Tratándose de una hoja erguida u oblicua, perteneciente a una planta monocotiledónea, encontramos en ella la distribución típica de las diversas variantes del parénquima. En ambas caras de la hoja se encuentra, bajo el tejido epidérmico, el parénquima clorofílico muriforme constituido por dos o más capas de células prismáticas rectangulares que miden por término medio 0.050 mm. de ancho por 0.085 mm. a 0.100 mm. de largo. Los cloroplastos de estas células son bastante abundantes y su tamaño medio es de 0.0015 mm. de diámetro. La relación núcleo-protoplásmica de estas células es normal, pues no muestran aumento notable de tamaño en su núcleo. Las cavidades estomáticas que vienen desde la epidermis miden 0.300 mm. a 0.500 mm. de largo por 0.050 mm. de ancho medio y se forman entre las células de este tejido muriforme sin pasar a las capas más profundas. (Fig. 1).

Entre el parénquima clorofílico muriforme del haz y el del envés de la hoja existe una masa de parénquima incoloro de tipo francamente conjuntivo-almacenador. Las células que constituyen este tejido han conservado, por la poca compresión a que están sujetas, su forma esferoidal u ovoide y miden de 0.100 mm. a 0.200 mm. de diámetro. Debido a la forma de los elementos celulares que integran este tejido, se constituye un aerénquima muy desarrollado que comunica con las cavidades estomáticas dando así origen a un sistema de creamiento muy perfeccionado. En las hojas de *Agaves* adultos, que alcanzan un espesor notable, este parénquima es el que más se desarrolla, lo cual está en relación con su función almacenadora. En los magueyes en producción es también este tejido el que primero se ve afectado, disminuyendo la turgencia de sus células que acaban por morir. La relación núcleo-protoplásmica de estos elementos parece algo aumentada (Figs. 7 y 8), lo cual se explica si se tiene en consideración que la función capital de estas células es el almacenamiento de sustancias de reserva. No se encuentra pues en la hoja de *Agave* la variedad de parénquima lagunoso, siendo intracelular el almacenamiento de agua y no extracelular como en otras plantas. Debe notarse además que aunque en la hoja tierna puede haber clo-

roplastos en las células del parénquima interior, en las hojas adultas sólo hay clorofila en el parénquima muriforme.

Tejidos de conducción y de sostén.—Se encuentran representados estos dos tejidos en la hoja de *Agave* conjuntamente en las nervaduras formadas por vasos leñosos y liberianos rodeados total o parcialmente por fibras, constituyéndose así haces fibro-vasculares típicos.

La disposición de las nervaduras en la hoja es la característica en las plantas monocotiledóneas, encontrándose distribuidas paralelamente en el seno del parénquima sin presentar ramificaciones laterales. (Fig. 5).

Los haces fibro-vasculares cercanos a la superficie de la hoja difieren de los haces profundos en la disposición de sus elementos constitutivos y en la composición de la cápsula de secreción de las fibras. En los haces superficiales encuéntrase un reducido número de vasos leñosos y liberianos rodeados de abundantes fibras ligeramente lignificadas, lo cual pone de relieve la importancia de estas agrupaciones desde el punto de vista de la resistencia. Los haces profundos están constituidos por un número mayor de vasos leñosos y liberianos y las fibras que entran en su formación no se lignifican o se lignifican poco, conservando a menudo su cápsula de secreción de celulosa pura con la forma y disposición típicas de los elementos colenquimatosos, lo cual nos hace pensar en su adaptación a una resistencia flexible que vendría a completar la resistencia más o menos rígida debida a las fibras lignificadas de los haces superficiales (Figs. 6 a. y b.).

La longitud de las fibras es siempre grande, pues hay elementos aislados de dos o tres milímetros de largo, en tanto que la mayoría alcanza varios centímetros; su espesor medio es de 0.025 mm. y el grosor de su cápsula de 0.004 mm.

El calibre de los vasos leñosos llega hasta 0.025 mm. siendo de 0.0025 mm. a 0.003 mm. el grosor de su pared lignificada. Los vasos liberianos miden unos 0.015 mm. de diámetro por término medio y su pared celulósica, mucho más delgada que la de los elementos mencionados con anterioridad, sólo tiene 0.002 mm. en su mayor espesor, en tanto que en partes cercanas a las puntuaciones a veces no llega ni a 0.001 mm. de grueso.

ESTUDIOS CITOLOGICOS

a). Célula típica del parénquima.

Hemos escogido para el estudio citológico la célula del parén-

quima fundamental de la hoja por considerar que es éste tipo de célula el que mejor se presta para la investigación citológica, tanto por su tamaño cuanto porque es la que se encuentra especialmente adaptada para realizar las funciones de elaboración y almacenamiento características en la hoja de **Agave**, órgano cuyo estudio emprendimos en primer término por las razones que quedaron expuestas al principio de este trabajo.

Hecha ya referencia a las medidas y caracteres morfológicos generales de las células del parénquima incoloro de la hoja, en la parte histológica general que antecede, nos concretamos al estudio del condrioma y del vacuoma reservando el estudio del núcleo para cuando emprendamos el del bohordo floral en cuyas células puede llevarse a cabo de mejor manera.

Condrioma.—En las células del parénquima incoloro de la hoja se presenta el condrioma constituido, en su mayor parte, por condriomitos, es decir, por agregaciones arrosariadas de mitocondrios que han conservado su individualidad, encontrándose también mitocondrios aislados en número menor (Figs. 7, 8 y 10). Considerando en conjunto el número de unidades del condrioma que pueden encontrarse en las células, puede afirmarse que es abundante. Concuerdia enteramente esta observación con el papel que desempeñan en la economía de la planta las células que estudiamos, ya que en ellas habrán de elaborarse y almacenarse las substancias de reserva que, en condiciones normales, aprovechará la planta en su período de mayor actividad que es el de la floración.

Las observaciones que hemos efectuado al estudiar el condrioma concuerdan en todo con las de nuestro Maestro Ochoterena en un estudio que hizo del condrioma en diversas células del **Agave**, único trabajo de citología especial relacionado con el maguey, que hemos podido encontrar (1).

Como se ha dicho hemos concretado nuestro estudio al condrioma en las células del parénquima incoloro de la hoja, sin intentar su estudio comparativo en células de diferentes tejidos.

Por término medio el tamaño de las unidades que integran el condrioma en las células estudiadas es de 0,0025 mm. a 0,003 mm. de diámetro (2). Comparando la relación entre el número de mitocondrios, condriomitos y condriocentos, estudiados sucesivamente en ma-

(1) El proceso íntimo de la secreción de las células del maguey del pulque.—Mem. de la Soc. Cient. Antonio Alzate, T. 35, 1919.

(2) Mitocondrios aislados o agrupados formando condriomitos.

terial tomado de hojas tiernas, de hojas en una etapa media de desarrollo y de otras adultas tomadas de un **Agave** en producción, encontramos en cada caso un predominio de ciertas formas del condrioma que viene a comprobar la hipótesis de que las diversas formas que se encuentran deben considerarse como evolutivas de una forma inicial. En efecto, en las células de las hojas tiernas el condrioma se encuentra formado por mitocondrios, unidades aisladas, con sus contornos perfectamente deslineados y con un gran apetito por los colorantes especiales. En las células de las hojas de magueyes en pleno desarrollo, pero no aptos aún para entrar en producción, no obstante que han almacenado ya abundantes reservas, predominan los condriomitos, siendo fácil observar cómo alrededor de esta forma más evolucionada del condrioma se encuentra a menudo una zona formada por el producto elaborado. En las células de las hojas de **Agaves** adultos en producción, la forma predominante en las unidades del condrioma está representada por condriocentos, es decir, por elementos constituidos por la coalescencia de mitocondrios arrosariados que en un principio conservaron su individualidad, perdiéndola posteriormente y formando típicos bastoncitos más o menos irregulares, alrededor de los cuales puede observarse también con frecuencia la acumulación del producto elaborado como se señaló ya en el caso de los condriomitos. (Figs. 7 y 10).

Por lo que hace a la abundancia de condrioma, debemos señalar que aunque éste existe en todas las células del parénquima incoloro no es en todas igualmente abundante. En las preparaciones estudiadas pudimos notar una mayor abundancia de condrioma en las células parenquimatosas que rodean a los haces fibro-vasculares, abundancia muy fácilmente explicable si tenemos en cuenta que es por el tejido conductor por donde llega a las células del parénquima la savia elaborada de la que tomarán las sustancias que, previa elaboración por el condrioma, habrán de quedar como reserva en las células de este tejido, esencialmente almacenador; y que, cuando llegue el momento en que dichas reservas hayan de ser aprovechadas, ya sea porque se requieran para el desarrollo de los órganos florales o porque el maguey haya sido puesto en producción, serán también los elementos del tejido vascular los que habrán de llevarlas, ya transformadas, a las zonas de aprovechamiento.

Vacuoma.—El vacuoma, que estudiamos también en las células del parénquima incoloro de la hoja por ser el tejido almacenador

principal, presenta modalidades diversas según la edad de la planta. En las plantas tiernas se observan en las células de este tejido canaliculos discontinuos del tipo de los canales de Holmgren, que miden por término medio 0.030 mm. de largo por 0.0035 mm. de diámetro. Es de notarse que el diámetro de estos canaliculos no es uniforme pues a menudo se observan ensanchamientos irregulares que en algunos casos constituyen verdaderas vacuolas pequeñas; por lo general, las extremidades de los elementos del sistema canalicular se presentan atenuadas (Fig. 7).

En plantas de edad más avanzada existe en las células del mismo tejido un tipo distinto de vacuoma constituido por numerosas vacuolas pequeñas que miden de 0.003 mm. hasta 0.030 mm. de diámetro y que en el estudio en vivo son fácilmente visibles, pudiendo precisarse la colocación de los elementos del condrioma en las masas protoplásmicas que limitan estas vacuolas (Fig. 8). La disposición del condrioma en relación con el vacuoma nos hace notar la dependencia fundamental de estas dos diferenciaciones metaplasmáticas, ya que los productos elaborados por el condrioma se almacenan en el sistema canalicular o vacuolar.

Solamente en las células de la hoja de los *Agaves* adultos fué posible encontrar vacuolas que ocupan casi la totalidad de la luz celular, quedando el protoplasma, el núcleo y el condrioma replegados hacia la periferia.

Substancias de reserva.—En las células del parénquima incoloro de la hoja tierna de *Agave*, que es donde se almacenan las substancias de reserva, pudimos identificar por medios histoquímicos la presencia de abundantes sacáridos reductores tratando los cortes por Fehling según la técnica recomendada por Schimper.

En la hoja adulta predominan como reserva disacáridos, (demostrables fácilmente por la acción sucesiva de la potasa y el sulfato de cobre en solución saturada, según el método de Sachs, citado por Zimmermann), cuya naturaleza química íntima no es aún bien conocida, pues algunos autores estiman que se trata de un disacárido particular (*Agavosa*) con propiedades rotatorias diferentes de las de la sacarosa y capaz de ser fermentado por microorganismos que no atacan a este azúcar. (1).

Los diversos métodos histoquímicos empleados no nos permitie-

(1) Los estudios correspondientes a este asunto se llevan a cabo actualmente en las Secciones de Química y Microbiología del Instituto de Biología.

ron identificar en el parénquima almacenador de la hoja ningún polisacárido.

b). Células epidérmicas.

En el curso de los estudios histológicos generales emprendidos en la hoja de **Agave**, nos llamó la atención la existencia constante de un producto paraplasmaático especial en todas las células de la capa epidérmica viva y su distribución particular tanto en las células epidérmicas normales como en las células de cierre de los estomas (1).

Aunque muy probablemente no tienen estos cuerpos ninguna relación directa con los productos que se extraen del **Agave**, creímos que su estudio sería de gran interés desde el punto de vista histofisiológico.

Los productos paraplasmaáticos a que hemos hecho referencia se encuentran en forma de pequeñas esferitas aisladas repartidas uniformemente en el seno del protoplasma de las células de la capa epidérmica viva (segunda capa). (Fig. 11). El número de estas esferitas oscila por lo regular entre 5 y 14 en las células normales, en tanto que en las células diferenciadas como células de cierre de los estomas se encuentra el mismo producto en un solo corpúsculo de forma ovoide que mide de 0.018 mm. a 0.020 mm. de diámetro transversal por un diámetro longitudinal de 0.026 mm. a 0.030 mm.

Observadas en material fresco y sin coloración alguna presentan estas inclusiones una refringencia particular que nos hace pensar desde luego que se trate de lípidos. Siguiendo esta orientación procedimos a aplicar los diversos reactivos apropiados, con los resultados que a continuación mencionamos:

- a). **No se tiñen** con los vapores de tetraóxido de osmio; con la tintura de chile mulato (**Capsicum Annum L.**, var. **grossum** Sendt.) señalada por nuestro Maestro Ochoterena como reactivo de las grasas; ni con dimetil-amido-azo-benzol, reactivo de las grasas neutras.
- b). **Se tiñen** con Sudan III, con Rojo Escarlata y con tintura de Ancusa.

Deducimos de la manera como obran sobre ellos los reactivos, que se trata de sustancias sudanófilas de carácter distinto a las gra-

(1) Según Guillermond en su *Citología Vegetal*, Zimmermann encontró en la epidermis de **Agave americana** y otras plantas cuerpos semejantes a oleopastos; pero, que sepamos no se ha tratado hasta ahora de investigar la verdadera naturaleza química de estos cuerpos ni de explicar su función en la fisiología general de la planta.

sas comunes, puesto que no son tingibles por algunos reactivos que tiñen estas grasas.

Visto, pues, que no se trata de glicéridos, orientamos nuestra investigación hacia los colestéridos empleando el método histoquímico de Golodetz con resultado negativo, por lo cual quedó descartada la posibilidad de que se tratase de algún compuesto de este grupo.

Eliminados los glicéridos y los colestéridos, consideramos la posibilidad de que se tratase de céridos; tanto más cuanto que estas substancias son frecuentes en el tejido epidérmico aunque comúnmente se presentan en forma distinta. La investigación por la tintura de Ancusa en caliente (método señalado por Zimmermann), dió resultados positivos, en lo que se refiere a la coloración y en cuanto hace a la aglutinación de las gotitas en la base de la célula (Fig. 12). Deseando confirmar estos resultados empleamos el método de la aplicación de diversos disolventes con resultados también afirmativos, por lo cual estamos en aptitud de decir que los productos paraplasticos de las células epidérmicas vivas del maguey pertenecen al grupo de los céridos.

Resta, solamente, interpretar cuál es la función que desempeñan estas substancias en la fisiología general de la planta.—Al aplicar los diferentes colorantes-reactivos notamos que la cápsula de secreción de las células de la primera capa epidérmica (muerta) así como la cutícula, tomaban coloración semejante a la que daban los reactivos a las inclusiones celulares de la segunda capa epidérmica. Este hecho nos confirma más en que se trate de céridos, ya que su función en el tejido epidérmico es perfectamente explicable en plantas suculentas como el maguey, en las cuales es de gran importancia fisiológica la existencia de mecanismos apropiados que regulen la transpiración evitando la pérdida de gran parte del agua almacenada, dada su adaptación a condiciones ecológicas particulares. Por su naturaleza, los céridos están en aptitud de contribuir a la regulación de la transpiración y la manera como se encuentran en el tejido epidérmico tendería a favorecer su acción reguladora, toda vez que al impregnar no sólo la cutícula sino también las partes internas de la cápsula de secreción de las células muertas de la primera capa epidérmica, favorecen la conservación de un medio estable en temperatura y humedad en el interior de estos elementos muertos, formando así una capa defensiva entre el medio interior de la planta y el medio externo.

Puede pues considerarse que las células de la segunda capa epi-

dérmica tienen como función especializada el elaborar este producto particular que, transformándose después de su salida de la célula, va a impregnar la capa muerta exterior cuya función discutimos en anteriores líneas.

En lo que respecta a las células de cierre, la disposición de la substancia que estudiamos varía, como ya dijimos, de la que se observa en las células normales de la epidermis viva. Creemos también que será distinta su función o, mejor dicho, que además de la función general pudieran tener una propia en estas células de cierre. La manera como se encuentra dispuesta (Figs. 2, 3 y 9); los cambios de posición y de volumen de los corpúsculos según las condiciones de apertura del estoma y el comportamiento de los céridos en relación con el agua, nos hace pensar en la posibilidad de que esta substancia desempeñe un papel regulador del contenido en agua de las células de cierre, y por lo tanto, de su turgencia; haciendo variar la apertura del ostiolo y controlando así la transpiración y, en general, el intercambio de gases entre la hoja y el medio externo.

SUMMARY.

The present paper is the first of a series of histological and cytological studies of the typical plants of Mexico. It deals with the general histological structure of the leaf of the "Maguey" (**Agave**), studied in **Agave cochlearis** Jacobi and **Agave lehmani** Jacobi. A special cytological study of the condriome and vacuome is made in the cells of the connective-storage system. In the epidermal cells a description is made of a particular product, appearing as small droplets which have been identified as "cerids" (waxes) by means of histochemical methods. A discussion as to the function of these substances in the plant establishes them as peculiar defensive means related to the ecological conditions in which the Maguey lives.

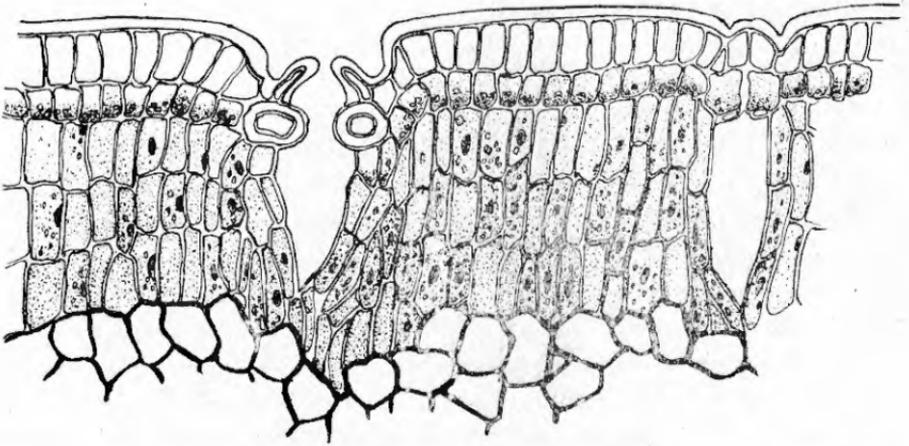


Fig. 1.—Esquema de conjunto de la parte periférica de una hoja de Agave, incluyendo la epidermis y el parénquima clorofílico muriforme.

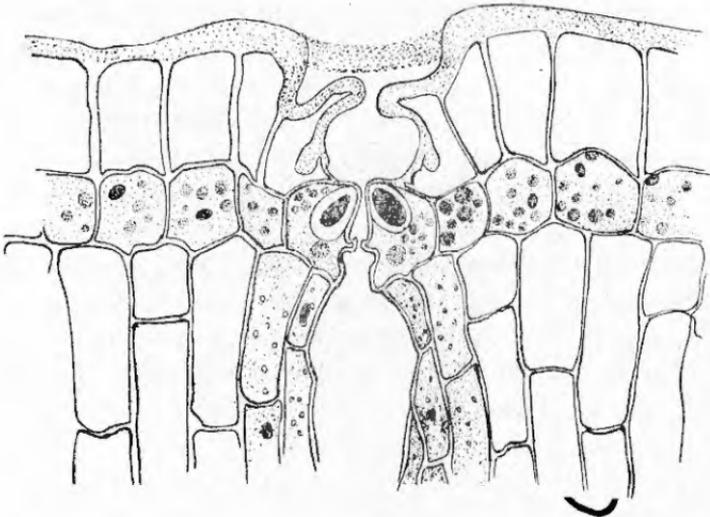


Fig. 2.—Esquema de la parte periférica de una hoja de Agave mostrando la cutícula, las dos capas epidérmicas y el conjunto de un estoma en el que se notan dos pares de células de cierre, el atrio estomático, la substancia particular de las células de cierre profundas y parte de la cavidad estomática.

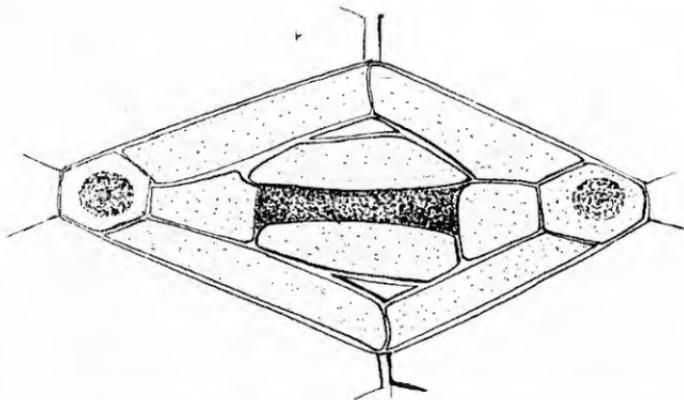


Fig. 3.—Aspecto exterior del ostiolo del estoma mostrando la disposición peculiar de las células de cierre y limítrofes.

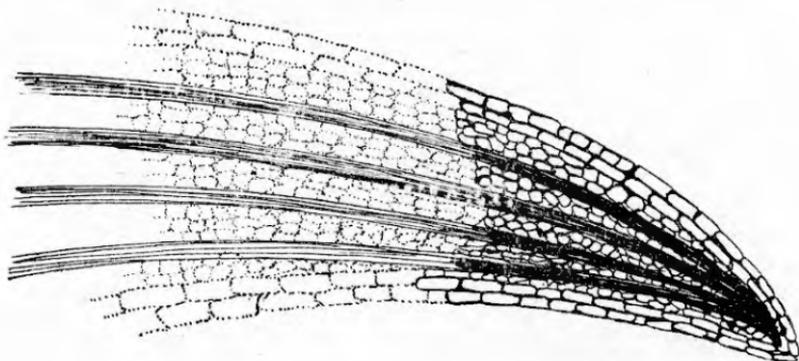


Fig. 4.—Esquema que muestra los elementos histológicos que intervienen en la formación de una espina marginal de la hoja de Agave.

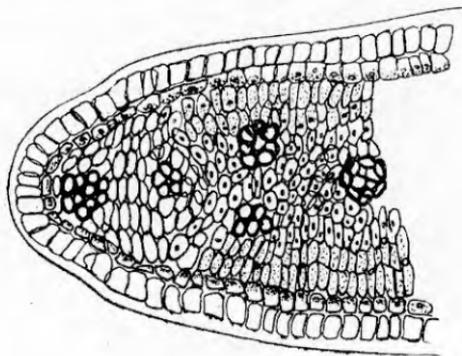


Fig. 5.—Esquema de conjunto de la región marginal de la hoja de Agave, mostrando la distribución de los haces fibro-vasculares.

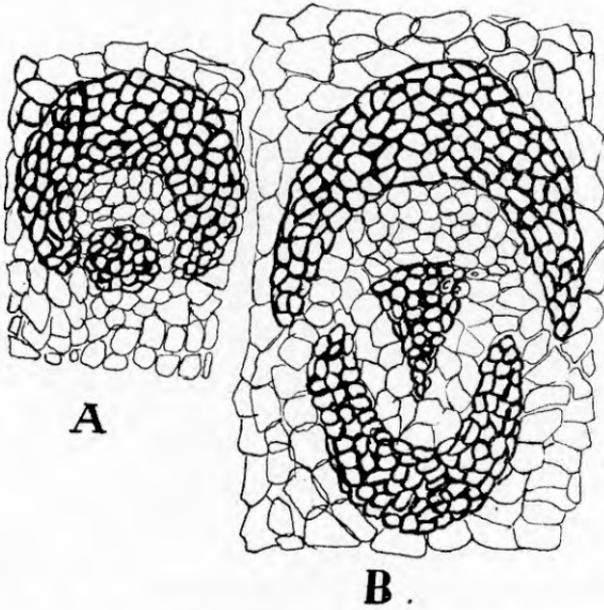


Fig. 6.—Esquema de la sección transversal de los haces fibro-vasculares de la hoja de Agave: a) haz cercano a la superficie; b) haz profundo.

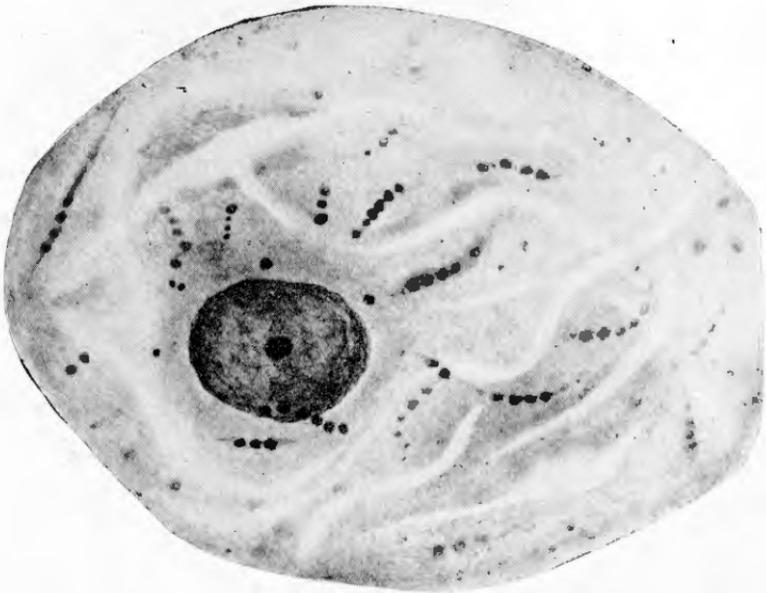


Fig. 7.—Esquema de una célula del parénquima incoloro profundo de la hoja de Agave, mostrando el condrioma y el tipo canalicular de vacuoma.

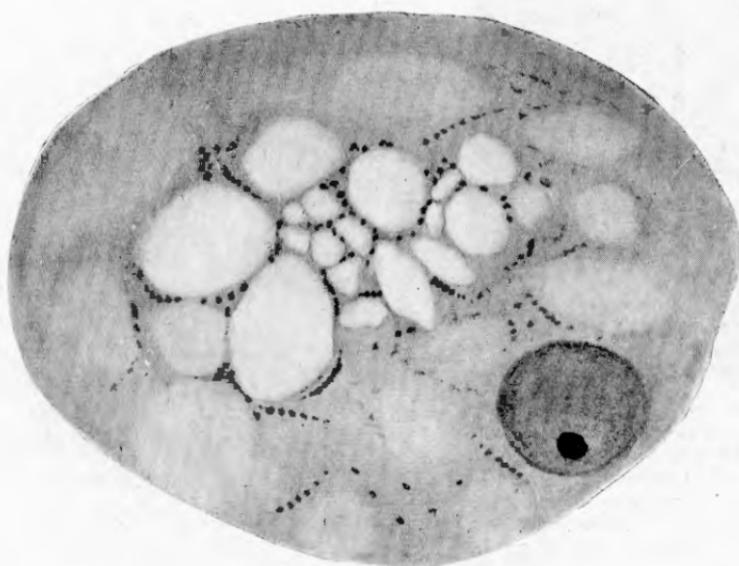


Fig. 8 - Esquema de una célula del parénquima incoloro profundo de la hoja de Agave mostrando el condrioma y el tipo vacuolar de vacuoma.

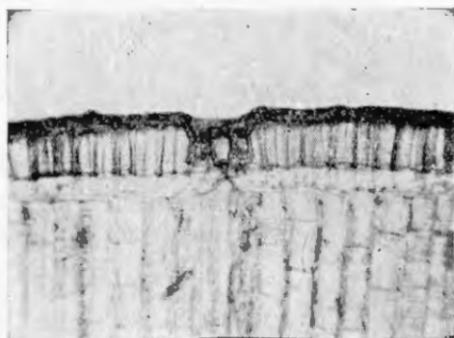


Fig. 9.—Microfotografía de la sección transversal de la hoja de Agave mostrando la cutícula, la capa epidérmica viva, el aparato estomático y el parénquima clorofílico muriforme.

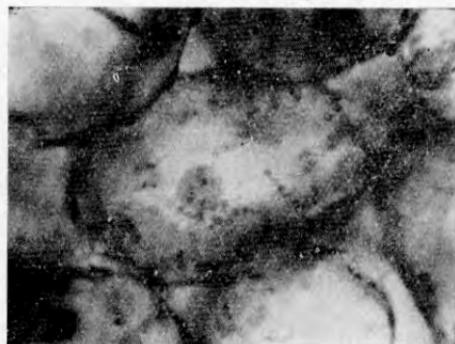


Fig. 10.—Microfotografía de una célula del parénquima incoloro profundo de una hoja de Agave mostrando el condrioma.

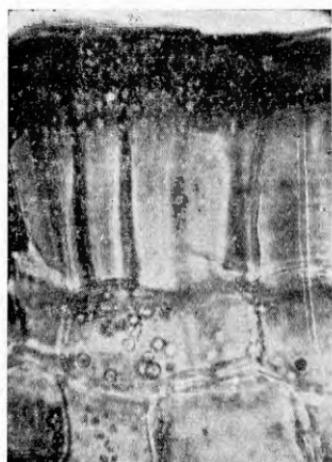


Fig. 11.—Microfotografía de una célula de la segunda capa epidérmica (viva) de la hoja de Agave mostrando los corpúsculos característicos, en su distribución natural.



Fig. 12.—Microfotografía de una célula de la segunda capa epidérmica, mostrando sus corpúsculos característicos aglutinados por la acción del reactivo señalado por Zimmermann para los céridos.