

**ESTUDIO SOBRE LA ESTRUCTURA Y VARIABILIDAD  
DE LA OCA (Oxalis tuberosa Mol.)**

**Por**

**Guillermo Orbegoso Alvarez**

**Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas**

**Turrialba, Costa Rica**

**Setiembre de 1957**

Thesis  
064



**ESTUDIO SOBRE LA ESTRUCTURA Y VARIABILIDAD  
DE LA OCA (Oxalis tuberosa Mol.)**

**Tesis**

**Sometida al Consejo de Estudios Graduados  
como requisito parcial para optar al grado  
de**

**MAGISTER AGRICULTURAE**

**en el**

**Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas**

**Aprobado:**

----- *José* ----- Consejero

----- *Enrique* ----- Comité

----- *Andrés* ----- Comité

----- Comité

**Setiembre de 1957**



**A mis queridos padres.**



## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su profundo agradecimiento al Dr. Jorge León, Jefe del Departamento de Fitotecnia, por sus valiosos consejos en la dirección del presente trabajo.

A los Dres. Ludwig Müller y Ernesto H. Casseres, por su constante ayuda, como miembros del Comité Consejero y por la revisión de la tesis.

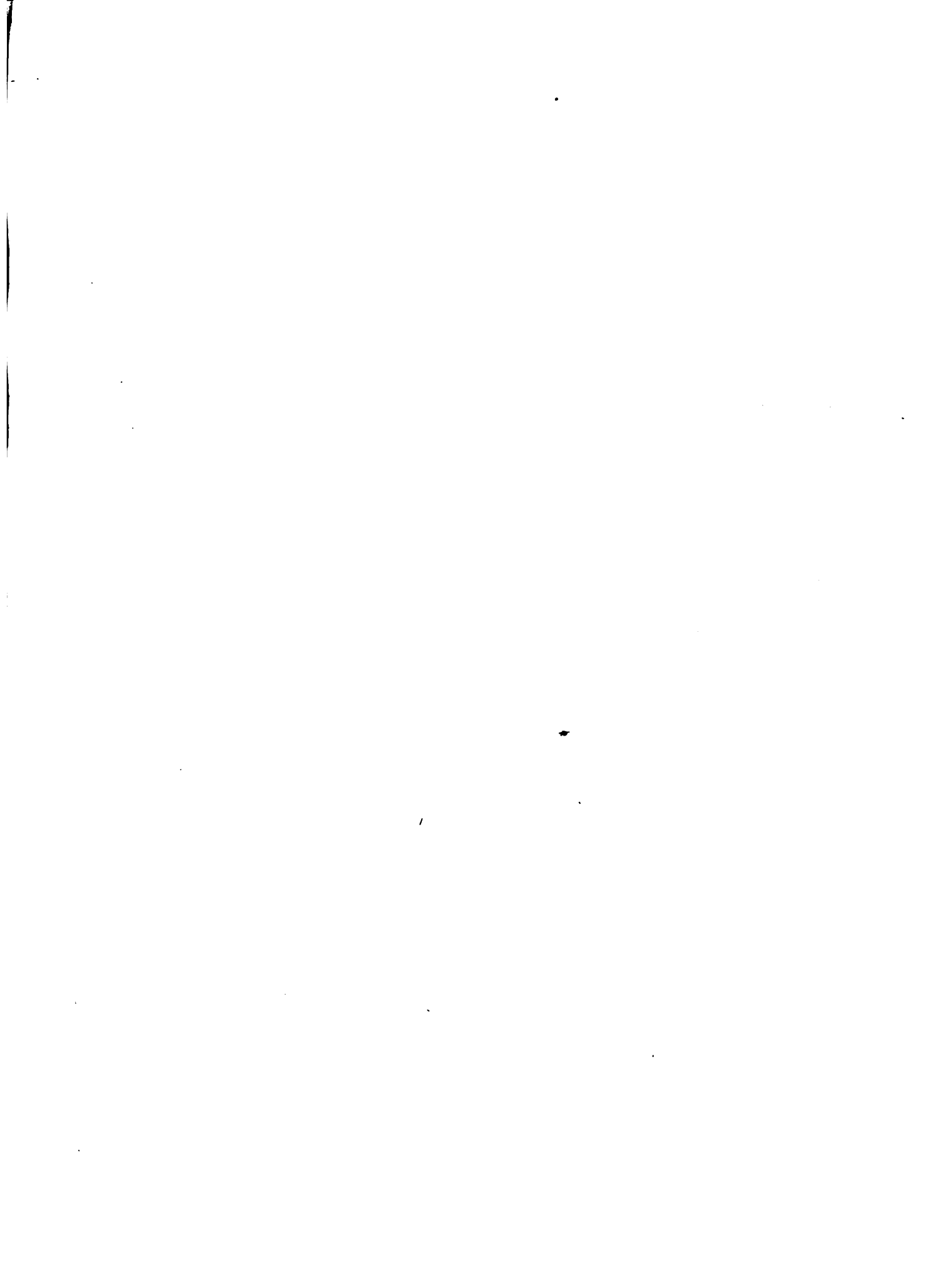
Al Dr. Carlos Madrid S., Director de la Zona Andina, Proyecto 39, Programa de Cooperación Técnica, Lima, Perú, por su cooperación en varias fases de este trabajo.

A la Sociedad Robert-Luján, de San José, Costa Rica por su valiosa cooperación en los trabajos de campo.

A la Srta. Angelina Martínez por haber revisado la Literatura Citada.

A Doña Aída Romero, por haber hecho la impresión de la tesis, como así mismo a todas las demás personas que me ayudaron a realizar el presente trabajo.

Este trabajo es parte de un proyecto para el estudio de plantas alimenticias nativas de las Américas, de gran importancia local, pero cuyo conocimiento no ha avanzado en forma sistemática. Se llevó a cabo con fondos donados generosamente por la Fundación Rockefeller.

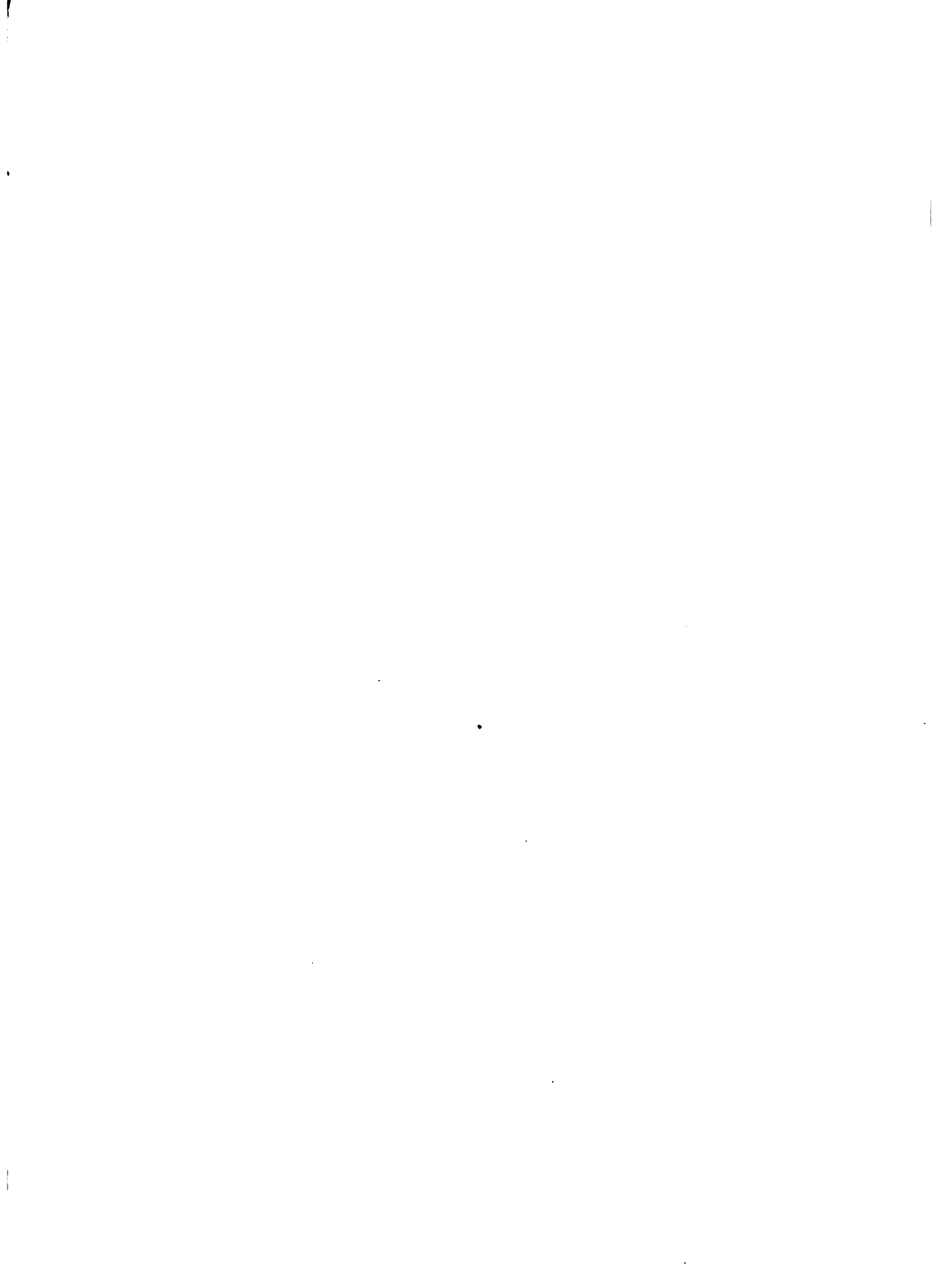




## BIOGRAFIA DEL AUTOR

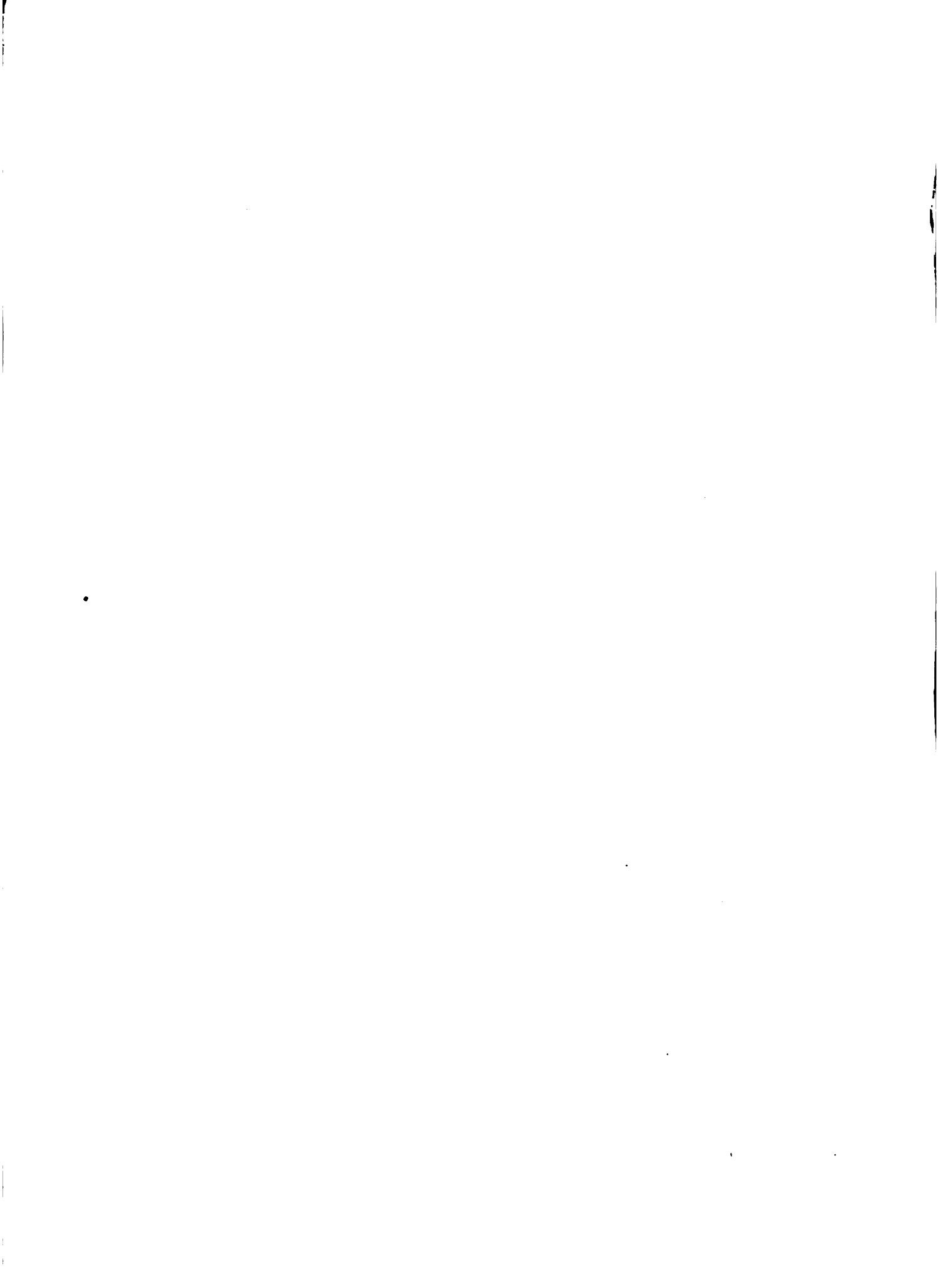
El autor nació en Trujillo (Perú) el 22 de julio de 1927. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio Seminario de esa ciudad, ingresando a la Universidad Nacional de la Libertad en el año 1946 donde cursó dos años de Ciencias Biológicas. Posteriormente ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura "La Molina" en Lima, de donde egresó el año 1954 con el título de Ingeniero Agrónomo.

En julio de 1956 ingresó en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en calidad de estudiante postgraduado habiendo terminado sus estudios en setiembre de 1957.



## TABLA DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTO .....	i
BIOGRAFIA DEL AUTOR .....	ii
TABLA DE CONTENIDO .....	iii
INTRODUCCION .....	1
Origen y Expansión del cultivo .....	2
Cultivo en la Sierra Peruana .....	3
REVISION DE LITERATURA .....	6
MATERIALES Y METODOS .....	18
POSICION SISTEMATICA .....	21
Clasificación dentro del género .....	23
Cariología .....	24
INTERRELACION DE CARACTERES .....	25
MORFOLOGIA Y ESTRUCTURA GENERAL .....	34
Tallo .....	34
Hoja .....	44
Inflorescencia .....	54
Flor .....	55
Fruto y semilla .....	61
Raíz .....	64
Estolón .....	65
Rizoma .....	66
CONCLUSIONES .....	81
SUMMARY .....	83
LITERATURA CITADA .....	85



## INTRODUCCION

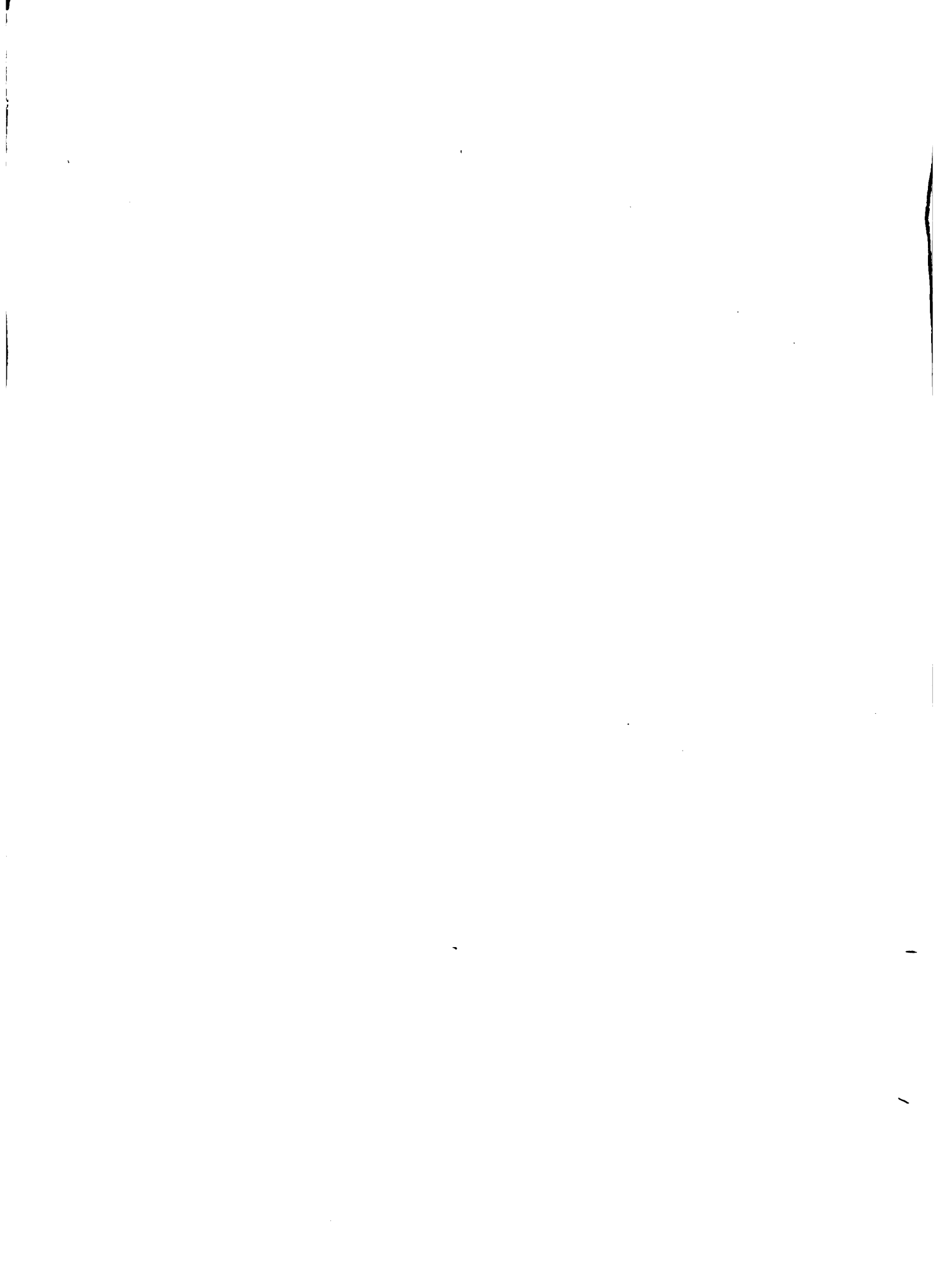
"Ningún sector de la Flora Peruana ha quedado inaccesible para el género Oxalis, y su configuración vegetativa ha tomado rumbos muy diversos".

Augusto Weberbauer.

Uno de los centros principales de domesticación de plantas en América ha sido la región andina, especialmente en Perú como lo demuestra el variado número de plantas alimenticias que fueron cultivadas por los antiguos peruanos. Indudablemente que entre esos cultivos endémicos desarrollados en la zona andina, la Oca (Oxalis tuberosa Mol.) es uno de los más antiguos.

Dadas las condiciones ecológicas en que se desarrolla, la oca ha permanecido vegetando hasta nuestros días en las regiones altas de los Andes, entre los 2,500 m. hasta cerca de los 4,000 m., sitios donde produce sus mejores rendimientos, proporcionando las regiones montañosas condiciones óptimas para la manifestación de su diversidad varietal, ya que constituyen excelentes aisladores y sirven de albergue a dicha diversidad. En esas áreas donde se reúnen y conservan la diversidad genética y específica de la flora nativa, también se ha reunido y conservado la diversidad racial de las plantas cultivadas.

Oxalis tuberosa es una especie de la familia de las Oxalidáceas, cuyos rizomas son muy consumidos como alimento por los habitantes de las sierras de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y ciertas regiones de Chile, constituyendo el alimento de mayor consumo después



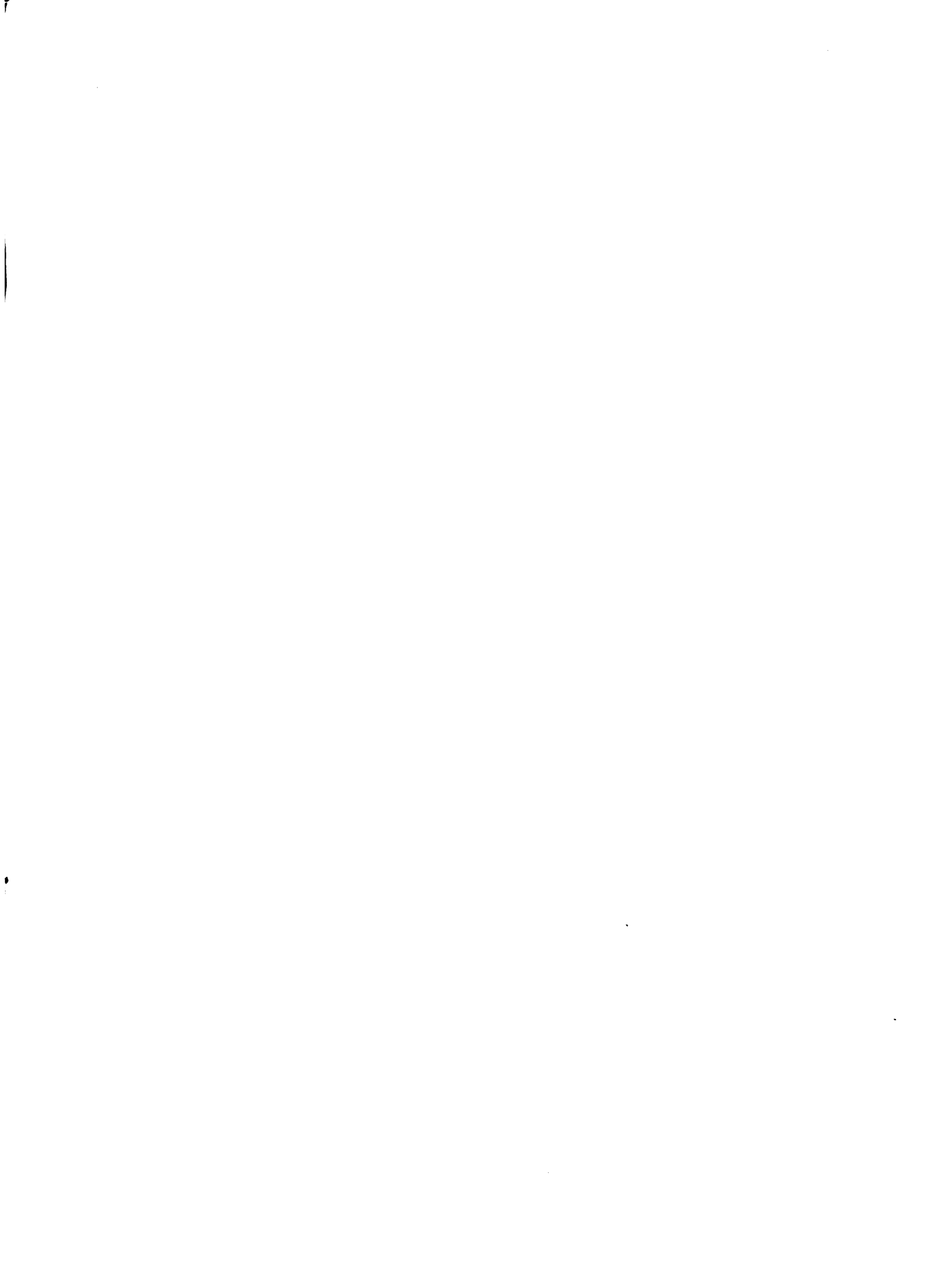
de la papa, pues su alto contenido en almidón, así como en otros principios alimenticios de gran valor nutritivo, la colocan en estrecha rivalidad con aquella, y se le considera en la actualidad como un cultivo de gran importancia económica.

Los rizomas de oca constituyen una gran parte de la dieta alimenticia de los habitantes de las tierras andinas, siendo consumidos de diferentes maneras: en forma fresca, deshidratados ó helados. La presencia de un alto contenido de ácido oxálico en los rizomas exigen un período de "curación" antes de ser consumidos; esto se consigue exponiéndolos al sol por varios días, después de los cuales se vuelven dulces y muy agradables. Contienen además de almidón, calcio, fósforo, hierro, etc., en lo cual son muy superiores al contenido de las papas deshidratadas. Presentan así mismo niacina, siendo bajo el contenido de fibra.

El "Ulluco" (Ullucus tuberosus, Lz.) y la "Mashua" (Tropaeolum tuberosum R. et P.) constituyen otro de los complementos alimenticios de los habitantes de la zona andina y son los dos rizomas que le siguen en importancia a la oca.

#### Origen y Expansión del Cultivo

En general, el origen de las plantas andinas cultivadas es muy oscuro o del todo desconocido, pues cuanto más antigua es una especie cultivada, tanto más difícil resulta descubrir sus relaciones taxonómicas con las especies actuales correspondientes. Por ello, en lo que respecta al origen de Oxalis tuberosa hasta hoy es incierto. De las altas tierras del sur del Perú donde se presume aparecieron los predecesores silvestres de la oca, el cultivo progresivo y las migraciones humanas las habrían extendido hacia el norte y sur. Se cree que estas migraciones tuvieron lugar en la época preincaica o tal vez coincidieron con la expansión del Imperio Inca; muestra de





ello, son los restos o representaciones fitomórficas de la oca en las culturas (Siglos IX y XI) sin embargo, no se sabe que distribución geográfica dentro del Perú pre-colombino tuvo esta especie, ni como se llevó a cabo la expansión de este cultivo hacia otros países. Según Hodge (16) en las tierras andinas del Perú el mayor centro de cultivo de la oca se encuentra en Cuyo-Cuyo, al norte del Lago Titicaca, famoso por sus terrazas ó "andenerías" incaicas, siendo en la actualidad la oca el principal cultivo de esas terrazas. Herrera (13) 1941 sostiene que la región situada entre Cuzco y Puno es el centro de origen de la oca, pues en esa "zona se concentra un gran número de variedades, mayor que en ningún otro sitio".

Los documentos históricos dicen poco sobre esta planta. El primero en anotar la oca en el Perú, fue el padre Vicente Valverde (39) en 1539, entonces Obispo del Cuzco, cuando escribió una carta dirigida al Emperador de España. Posteriormente Cieza de León y P. Pizarro (5) la mencionan al describir las provincias del Collao y la Sierra del Centro. Hasta ahora no se ha hallado aún sus restos en el litoral, pero sus tubérculos aparecen representados en la alfarería negra del norte (Chimú).

Originalmente la oca fue descrita por el naturalista chileno Juan Ignacio Molina (26) en 1782, pero los datos que proporciona son muy escasos, y dice:

" En el Perú crece una planta tuberosa, conocida con el nombre de oca, más la creo diferente de la cultivada en Chile".

En 1796, Reiche (34) la menciona y asevera:

" parece difícil de identificarla"

Posteriormente el mismo Molina (26) en 1810 vuelve a escribir:



" En el Perú crece una planta conocida con el nombre de oca, más viéndola, no sabría decir si es o no de la misma especie que la cultivada en Chile"

R. A. Philippi (30% en 1883, cree que las plantas de oca del sur de Chile

"proviene del Altiplano Peruano-Boliviano y que habrían sido llevadas hacia aquellas regiones, donde se han adaptado perfectamente como sucede en las provincias de Chiloé y Llanquihue".

Seguramente que la oca fue diseminada hace mucho tiempo por los nativos, tal vez primero hacia Chile, donde actualmente se cultiva; sin embargo, se sabe también que en Ecuador, Colombia y Venezuela esta planta está muy extendida; desgraciadamente se carece de noticias que nos indiquen como llegaron estas plantas a esos países.

Se sabe actualmente (3) que la oca fue llevada del Perú a Inglaterra en 1829 y que posteriormente pasó a Francia. En 1850, Boursier, Cónsul de Francia en Quito, envió al Museo de Historia Natural tubérculos de oca roja, agregando:

" En el Perú la consideran de mejor calidad que la oca amarilla". Actualmente se la cultiva en Bélgica, España y Rusia.

#### Cultivo en la Sierra Peruana

Existen plantaciones de importancia en los departamentos de Cajamarca, Libertad, (Prov. Otuzco), Ancash, Lima, Huánuco, Junín (Huancayo), Ayacucho, Apurímac, Huancavelica, Arequipa, Cuzco y Puno. La oca es popular en las altas sierras del Perú por varias razones: a) es una planta muy resistente al frío y a la sequía, soportando mejor las "heladas" que las papas; b) todas las especies de oca producen un alto rendimiento en el número de tubérculos por planta y tienen la ventaja de vegetar a grandes alturas, no necesitando los cuidados que tienen otros cultivos; c) resiste bien los ataques de



insectos, y no presentan ninguna enfermedad de importancia económica.

En la sierra, la época de siembra varía con las regiones y con las épocas de lluvia. Tanto en el norte como en el centro y sur, en la rotación de cultivos, la siembra de ocas invariablemente sigue a las papas, efectuándose los primeros sembrados cuando comienzan a caer las primeras lluvias (octubre-noviembre) denominándose a éstos "sembrados de temporal". En el sur, los nativos siembran juntas una mezcla de variedades sin tener en cuenta ningún grado de selección; esto no sucede en la zona norte que ahora acostumbran a separar las variedades por el color y la forma de los tubérculos, motivando esta selección un aumento de precio en la venta del producto.

La preparación del suelo es sencilla y la realizan dando un "barbecho", luego desterronan, dan una reja cruzada, surquean y siembran el tubérculo (o parte del mismo) en el talud del surco. El distanciamiento entre surcos varía entre 60, 70 y 80 cm., y la distancia entre plantas va desde los 40 cm. hasta los 50 cm. Se calcula que se utilizan 800 a 1200 kgs. de "semilla" por hectárea. La cosecha se hace generalmente de abril a mayo.

La oca es conocida con diferentes nombres vulgares según los países. Así en Venezuela la llaman Cuiba, Apio blanco, quiba, huisisai (Andes de Mérida). En Colombia (28) (alrededores de Bogotá y sur del país) es conocida como hibia. En el Perú, Bolivia y Chile la llaman por el nombre quechua de Oca.



### REVISION DE LITERATURA

La "Oca" fue mencionada por primera vez por Fray Vicente Valverde (39) en 1539 en una carta dirigida al Emperador de España. En ella le enumera una larga lista de plantas, en su mayoría alimenticias, comunes de la zona del Cuzco y aunque precisamente no menciona la "Oca" entre ellas, sin embargo nombra uno de sus productos, el "Cavi" y dice:

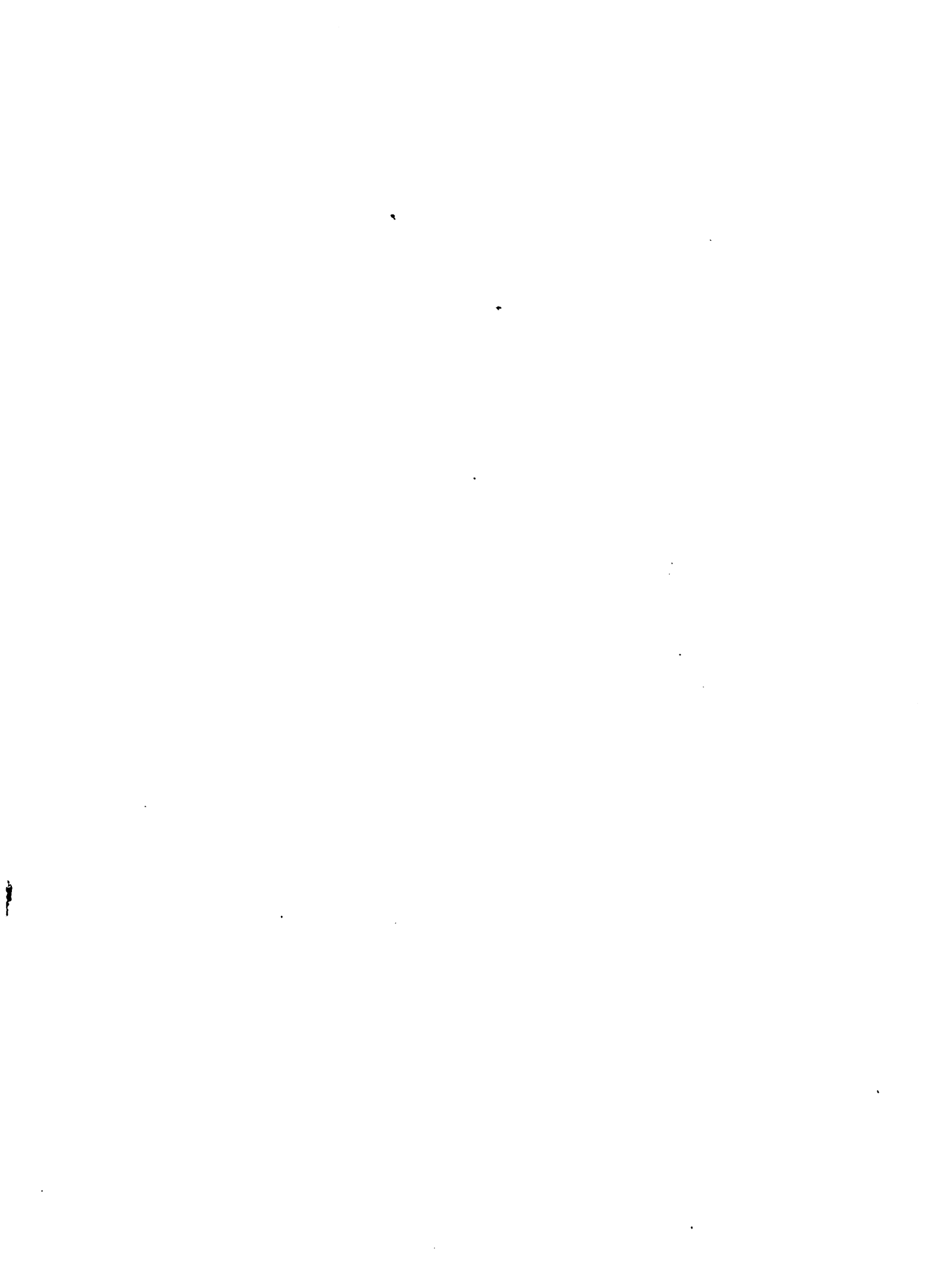
"es una raíz que pasada, es como higos pasados desas partes".

Posteriormente los documentos históricos la mencionan principalmente al ser descritas las provincias del Collao y la Sierra del Centro por Pedro Cieza de León (5) en 1553 y por Pedro Pizarro en 1571. A comienzos del siglo XVII, aparece la célebre obra de Garcilaso de la Vega (40) 1617; en ella presta bastante atención a la Flora del Perú y a la designación correcta de los nombres en los idiomas del país. Fue el primero en ocuparse de la historia de las especies introducidas al Perú por los españoles. Al hablar de la "Oca" dice:

"Hay otra (legumbre) que se llama oca, es de mucho regalo, es larga y gruesa como el dedo mayor de la mano; cōmenla cruda porque es dulce, y cocida y en sus guisados, y la pasan al sol para conservarla y sin echarle miel ni azúcar parece conserva, porque tiene mucho dulce; entonces se llama "cavi"..."

Una de las mejores obras escritas sobre las plantas existentes en las tierras conquistadas por los españoles, fue hecho por Bernabé de Cobo (6) en 1639. En ella nos proporciona una descripción minuciosa y a menudo exacta, de las plantas que describe y no olvida de apuntar los nombres quechuas y aimará de las mismas. Al escribir sobre la "Oca" dice:

"Son las ocas unas raíces comestibles que se dan en las tierras frías donde las papas. La planta desta raíz se llama Chulco; es de linaje de acederas, pequeña, de una





"tercia más o menos de alto; tiene las ramas recogidas que la hacen copada; las hojas son muy pequeñas, de tres en tres, como las de las acederas. Las raíces desta planta son larguillas medio jeme, no lisas, son desiguales y como ñudosas; unas blancas, otras moradas y de otros colores, como las papas; son muy tier-nas y harinosas; cómenlas los indios verdes asadas y también partidas por medio a la larga las secan al sol para guardar, y las secas desta manera se llama "Cavi", y son de buen sabor, algo dulces, como higos pasados, las cuales se comen crudas o cocidas. Se llama en aimará, apillas".

El primero que describió la planta de oca (Oxalis tuberosa) fue Juan Ignacio Molina (26) en 1782. Por ser la primera descripción original y como dato de interés histórico se reproduce a continuación el texto completo:

"L'Oca Oxalis tuberosa: Nel Perú cresce una pianta tuberosa, che porta il medesimo nome, ma io la credo differente da questa. L'Oca Chilense rassomiglia nella forma, e nella fruttificazione all'Alleluja gialla, fa le foglie parimente ternate, e acide ma le sue foglioline sono ovali, e la sua radice getta, come quella del pomo di terra, sei o sette tubercoli lunghi tre, o quattro pollici, e ricoperti di una pellicola sottile, e liscia. Questi tubercoli, che sono bianchi, teneri, e di un sapore tra il dolce, e l'acido, si mangiano cotti e servono anche di semente per la riproduzione della pianta".

En la página 352 de su obra, aparece la diagnosis latina: "Oxalis tuberosa pedunc. umbelliferis, caule ramoso, radice tuberosa".

En la segunda edición de su libro publicado el año 1810 (pag. 109), Molina repite las descripciones anteriores con algunas variantes:



"L'Oca, *Oxalis tuberosa*. Nel Perú cresce una pianta conosciuta sotto il medesimo nome, ma non avendola io veduta, non saprei dire se sia o no della stessa specie. L'Oca Chilense rassomiglia nella forma e nella fruttificazione all'Alleluja o acetosella gialla; fa le foglie parimente ternate e acide, ma le sue fogliole sono ovali, e la sua radice getta, come quella del pomo di terra, sei o sette tubercoli lunghi tre o quattro pollici, e ricorpeti di una pellicola sottile, liscia, e verdigna; questi tubercoli, che sono internamente bianchi, teneri, a di un sapore trail dolce e l'acido, si mangiano cotti, e servono anche alla riproduzione della pianta, la quale non si coltiva fuorché nelle Provincie australi".

Los datos que anota son muy escasos, más aún, no indica el sitio exacto donde se cultiva esta planta, sólo añade: se cultiva "nelle provincie australi" de Chile. Es por ésto que algunos botánicos atribuyen la descripción de *Oxalis tuberosa* a Savigny, pero se ha visto que no hace más que repetir lo dicho ya por Molina con ligeras variantes de redacción sin añadir mayores datos habiéndose dudado de su autenticidad. Es por esto que *Oxalis tuberosa* Molina, es el nombre más corrientemente usado para esta especie.

Conociéndose posteriormente el consumo que tenían los tubérculos de "Oca", como alimento sano y agradable, M. Payen (27) en 1835 realiza el análisis químico de unas muestras, cuyas determinaciones son: agua, tejidos vegetales, oxalato de potasio, albúmina, materiales azoados solubles, clorofila, materias gomosas, sustancias aromáticas y azúcar. El hace una crítica y anota:

"Sin duda alguna, en un estado de madurez más avanzado, la proporción de fécula será mayor".



"El jugo de "Oxalis crenata Jacq." (sinónimo con que registra a O. tuberosa Mol.) se asemeja a una sustancia de consistencia ligeramente siruposa dando directamente cristales de oxalato de potasio, que son higroscópicos, éstos aislados y disueltos dan una solución que filtrada y evaporada dejan ver después de enfriarse, unos cristales incoloros. El agua madre saturada por el carbonato de sodio y calentada, deja separado un coágulo albuminoideo que retiene todavía el material nitrogenado soluble que tanto al calor como en frío, es una sustancia gomosa".

Más tarde, Weddel (41) en 1852, hace un estudio sobre las cuatro tuberosas andinas: papa, oca, ulluco y mashua. Al ocuparse de la oca dice:

"es una legumbre agradable en las comidas, cuyo cultivo se efectua muy fácilmente".

Añade además:

"se ha notado que los tubérculos presentan diferentes grados de acidez de acuerdo con las variedades, siendo las blancas menos ácidas que las rojas".

Trata así mismo del cambio que experimentan los tubérculos al ser expuestos al sol por la desaparición de su principio ácido volviéndose dulces. Compara esto con el sabor de las ocas blancas que no dejan nada que desear al de las papas, porque toman una constitución harinosa con un agradable sabor como de castañas.

"La pérdida total de sus jugos, da a los tubérculos una consistencia como de higos secos, adquiriendo una gustación azucarada muy pronunciada, llamándose a esto cavi".

En 1863, R. A. Philippi (29) hace un comentario sobre las plantas descritas por Molina y en él discute algunas de las especies que éste



estudió. Hay muchos errores que trata de poner en claro; sin embargo, al comentar sobre la oca anota:

"Pag. 109 dice nuestro autor (Molina) que la oca Oxalis tuberosa se cultiva en las provincias del sur. Ningún botánico moderno, ni Poeppig, ni Gay, ni yo, he jamás visto eso, acaso se cultivó en el siglo pasado? o es simplemente una falta de memoria de Molina o más bien de un paisano suyo que le comunicaría esta noticia, pues que sabemos, Molina nunca visitó esas provincias".

Mas tarde Philippi debió convencerse de que era cierto lo que describía Molina; es decir, que la oca (Oxalis tuberosa) se cultivaba en Chile porque pocos años después (31) 1867 escribía:

"Me aprovecho de esta oportunidad para rectificar un error que he cometido cuando dije, que creía que Molina se había equivocado aseverando que la oca se cultivaba en las provincias del sur de Chile. Se cultiva en efecto en la de Chiloé y de Llanquihue como me lo hizo ver el Dr. Francisco Fonck el cual estudia con tanto empeño como acierto las producciones naturales"....

Dieciseis años más tarde, Philippi (30) 1883, publica en Alemania un artículo sobre "el cultivo de la oca en Chile" basado en el material que había sido recogido en las vecindades de Puerto Montt. Proporciona datos interesantes cuando dice que:

"las ocas que había hecho cultivar en Santiago, nunca florecieron y lo atribuye al exceso de calor".

Añade además:

"Creo que estas plantas del sur de Chile provienen de los altiplanos bolivianos y que habrían sido llevados al sur del país".





Posteriormente Reiche (34) en 1896 efectua un estudio sobre la Flora de Chile y al tratar de la oca, dice:

"esta especie parece difícil de identificarla".

Rothéa (35) en 1922 hace un estudio sobre ciertos productos alimenticios del Perú. Respecto a la oca, él está de acuerdo en que este rizoma es un alimento nutritivo muy agradable. Describe someramente su forma y coloración. Tratando sobre el contenido libero-leñoso del rizoma y otras partes del mismo dice:

"la oca es un rizoma y no una raíz como lo prueba su estructura histológica, pues los haces libero-leñosos son en efecto como los del tallo".

Además:

"este rizoma ha conservado su estructura primaria porque no se encuentra ninguna formación secundaria".

Da énfasis al contenido nutritivo del rizoma y a la gran cantidad de sustancias nitrogenadas, además de la proporción considerable de almidón y de azúcares proveniente de una

"hidrólisis avanzada del almidón, porque una cosecha demasiado tarde o porque comienza la brotación"

Dice que:

"la hidrolización del almidón habría sido particularmente intensa en la parte periférica del parénquima cortical, donde los granos de almidón son más escasos que en el centro".

Agrega además que:

"ciertas células de este parénquima y de la cutícula, contienen un pigmento rojo que es semejante a la antocianina".

Da unos dibujos esquemáticos sobre el corte transversal de un rizoma,



así como la forma de los granos de almidón y agrega:

"los granos de almidón son de forma característica. Los análisis químicos no nos permiten constatar la presencia del oxalato de calcio".

O. F. Cook (7) 1925, publica sus trabajos sobre Perú como centro de domesticación de plantas y animales. En su acápite sobre las plantas endémicas de cultivo de la región peruana anota:

"Por ciento que ninguna otra parte de América puede competir con la región peruana en el número de plantas endémicas de cultivo"...

Da a continuación los nombres de las plantas nativas peruanas y agrega:

"La identificación de los nombres y términos nativos, es con toda probabilidad la mejor evidencia de la existencia de las plantas en el Perú en tiempos pre-hispánicos".

Inserta unas fotografías de las dos principales tuberosas andinas: papa y oca, anotando a continuación:

"La oca, (Oxalis tuberosa), es una de las cuatro raíces comestibles de las altitudes, le sigue en importancia a la patata, pero es más importante que el ullucu y el anyu. El gusto del tubérculo crudo es ácido como el de la acedera, pero se hace más dulce cuando se expone al frío. Las ocas como las papas se conservan en el ambiente fresco y seco".

Pittier (32) en 1926 reporta que la oca fue observada por el Dr. Jahn en los páramos de Mérida a 3,500 m. de altura. Más adelante agrega:

"No hay absoluta seguridad sin embargo, acerca de si se trata de una o de varias especies. Se la conoce con los nombres de cuíba, quíba, huisisai, apio blanco".

Dice así mismo que en Colombia la cultivan más y la conocen con los



nombres de cúba e ibias.

En 1930 aparecen los estudios efectuados por Doroshenko (9) sobre la "influencia de la longitud del día en la formación de los tubérculos en papa y otras plantas" (Oxalis tuberosa y Ullucus tuberosus). Los resultados que proporciona son muy interesantes.

"La longitud del día es uno de los factores más importantes para determinar los procesos de tuberización".

Continúa diciendo que:

"una inadecuada longitud del día no solamente cambia el grado de producción de tubérculos, sino que puede suspender completamente estos procesos, pues se ha observado la extrema susceptibilidad de Oxalis tuberosa a los cambios en la duración del día, mayormente pronunciada que con la papa".

Establece según sus experimentos que:

"la longitud del día óptimo para la formación de tubérculos es de 9 horas. Con longitud de día de 12 horas, no obstante que la tuberización se efectúa, ésta es considerablemente retardada y la cosecha de tubérculos es muy baja. La longitud de día óptimo para el desarrollo vegetativo es de 13 horas".

Un año más tarde, Razumov (33) 1931, obtiene análogos resultados a los de Doroshenko, particularmente en lo que se refiere a la tuberización, siendo mejor cuando la planta ha tenido su primer estado de desarrollo bajo días largos y es seguido de días cortos. Hace hincapié en la particular reacción fototrópica de los estolones, cuando cambia la longitud del día, el cual repercute en el carácter del tropismo y la dirección de los estolones varía, sea hacia la formación de rizomas o hacia el desarrollo de vástagos aéreos.



"Si los días se acortan, los estolones en lugar de emerger, se introducen en la tierra é inician la formación de rizomas. Si cambia el régimen de luz a días largos, los estolones buscarán la luz y la formación de rizomas no se realiza".

Los conocidos estudios sobre Botánica Etnológica de Yacovleff y Herrera (43) aparecidos en 1934, nos traen los aspectos de la fitología pre-colombina peruana, perpetuada en las representaciones fitomórficas y fuentes históricas donde basaron sus estudios, afianzados en sus conocimientos botánicos. Hacen una descripción de la planta, é indican como son preparadas para ser consumidas, y enumeran cinco variedades de oca, diferenciándolas por el color de sus tubérculos. Se insertan ciertos párrafos escritos por Garcilaso de la Vega y Bernabé de Cobo y se reproducen pintura Tiahuaqueñese donde se observa claramente una planta de oca, así como un dibujo de un "huaco" de barro negro que semeja un rizoma de oca de la cultura Chimú.

Hill (14) 1939, hace en Bolivia un estudio sobre la oca y sus variedades. Dice:

"estas plantas son siempre reproducidas por tubérculos y nunca por semilla. De su perpetua reproducción vegetativa han surgido algunos resultados interesantes, los cuales yo creo, no tienen paralelo en otras plantas".

Sugiere que las flores de Oxalis tuberosa son "trimórficas". El encontró que las plantas con tubérculos amarillos, llevaban solamente flores de estilo largo, las que tenían tubérculos blancos llevaban flores con estilo medio, mientras que las flores con estilos cortos provenían de plantas con tubérculos rojos. En general, él asocia la longitud del estilo con el color del tubérculo. Más adelante continua





diciendo que:

"después de esas diferencias, existen otras en las hojas, en el color del tallo, pilosidad y en el color de los pétalos".

Sin embargo, Cárdenas (4) 1948, afirma enfáticamente que:

"todas las ocas cultivadas, son de flores amarillas".

En 1940, Chevalier (8) realiza una revisión de algunos Oxalis útiles y nocivos. Dice:

"estas plantas son endémicas de América del Sur (especialmente de la Cordillera de los Andes) y de Africa Austral, siendo Madagascar otro país donde se encuentra un gran número de especies silvestres".

Al mencionar a la oca, agrega:

"estas plantas se distinguen por la forma y el color de sus tubérculos, existiendo una gran variabilidad en el Perú y Bolivia".

Explica que en México se cultiva una especie afín, la Oxalis tetraphylla Cav., utilizada también por sus tubérculos. Divide los Oxalis en siete grupos: Acetosellae, Corniculatae, Xanthoxalis, Bolboxalis, Ionoxalis, Articulatae y Tripartitae purpureae. A la oca la coloca en el grupo III Xanthoxalis Small.; hace una descripción somera de la planta y anota su distribución geográfica.

Herrera (13) en 1941, hace mención de la oca cuando describe la Flora del Cuzco y da los nombres quechuas de algunas variedades y explica el proceso de la elaboración del "Chufío".

En 1945, Balsac (1) hace un estudio sobre el cultivo de la oca en Francia y comienza diciendo:



"el tubérculo de Oxalis del Perú, (Oxalis crenata Jacq.) se la consume corrientemente en su país de origen, donde se la conoce con el nombre de "OCA", mereciendo de nosotros nuestra entera consideración como alimento, ocasionalmente de lujo".

Proporciona datos acerca de su cultivo en Francia:

"cuyos tubérculos, provenientes de escasos cultivos son vendidos regularmente en las tiendas de productos exóticos".

La variedad roja del Perú se ha venido cultivando por más de 20 años. Menciona a Payen (27) como el que efectuó un análisis químico de los tubérculos de oca, y adjunta además los análisis comparativos entre oca, papa y topinambur.

Hodge (15) en 1946, hace un estudio sobre las tres tuberosas andinas: oca, ulluco y mashua, cultivadas a 9,000 y 14,000 pies de altura y cuyos sembrados se extienden sólo en la Cordillera de los Andes, produciendo sus mejores rendimientos en la zona de la papa. Considera que en las áreas separadas como Nariño en Colombia y Puno en el Perú, la oca tiene mayor importancia que la papa, pero el más intensivo centro de cultivo de la oca en el Perú está en Cuyo-Cuyo, a 11,500 pies de altura, al norte del Lago Titicaca. Continúa describiendo las características de la planta y nombra algunas variedades.

Blin (2) en 1947, discute para Francia las formas de cultivo de las ocas y se refiere después a su empleo como alimento, pudiendo prepararlas de diferentes maneras. Sugiere que las ocas de color amarillo son superiores en calidad y más productivas que las ocas rojas. Informa que estas especies resisten muy bien las heladas en el sur de Francia.



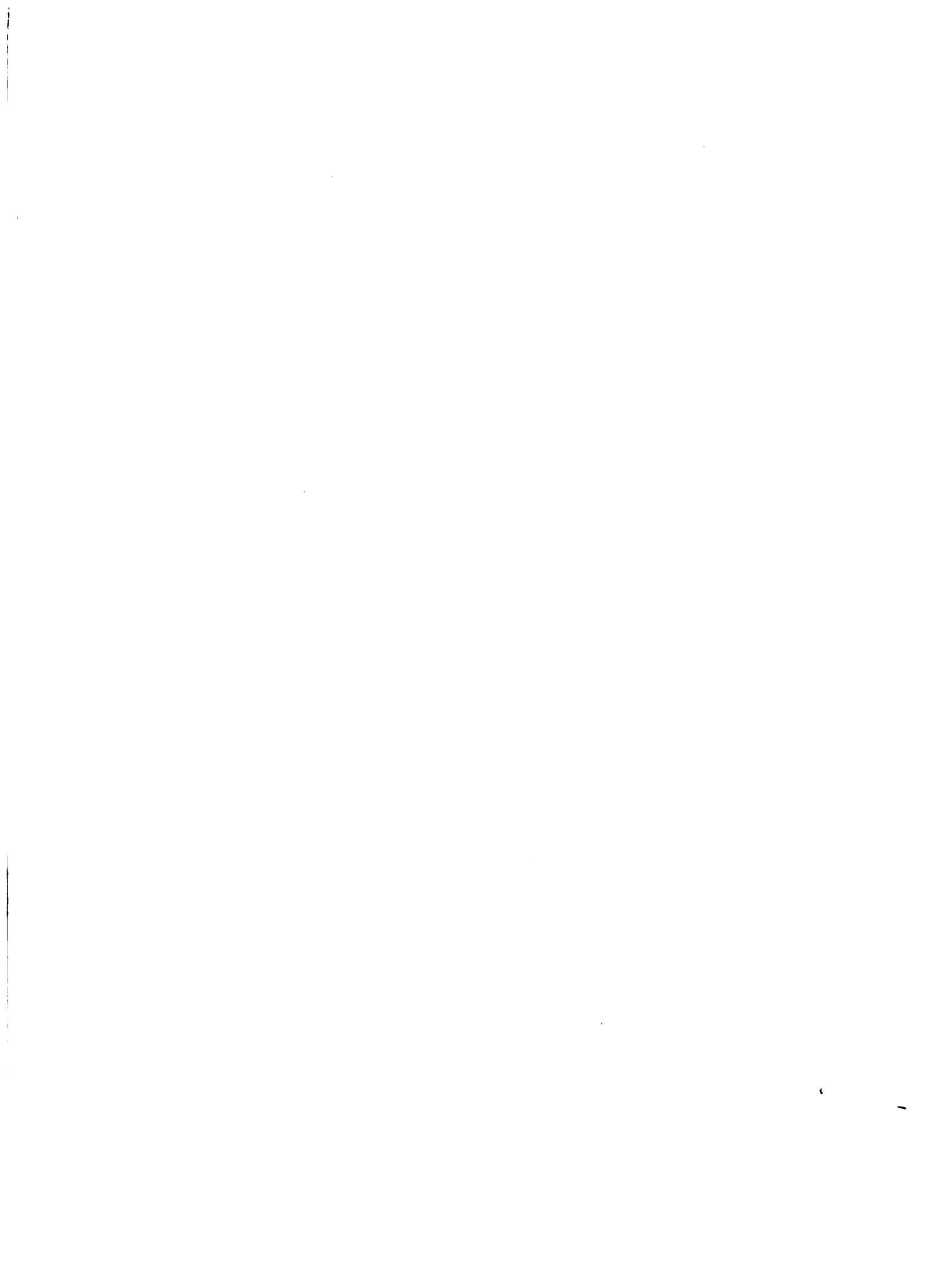
Según este autor, las hojas tiernas de la planta pueden ser consumidas como ensalada.

El cultivo de la oca en Chile es comentado en 1954 por Looser (21). En su trabajo trata de afianzar lo dicho por Molina reproduciendo las descripciones que dió éste en 1782. Dice que:

"es indudable que el cultivo de la oca ha desaparecido hace mucho tiempo de Chile central; pero no podría ser tan categórico respecto al norte del país, (provincias de Tarapacá y Antofagasta) donde sobreviven todavía núcleos aborígenes de alguna importancia"....

Continúa después haciendo críticas sobre los trabajos que varios autores han hecho respecto a esta oxalidácea.

En 1956 se han efectuado trabajos sobre el mejoramiento del cultivo de las ocas (24) en el Perú, por la División de Experimentación Agrícola del Ministerio de Agricultura, que desde hace algunos años está interesado en hacer resaltar la importancia de los productos agrícolas nativos. Los trabajos consisten en experimentos sobre las variedades de ocas en los departamentos de Puno y Junín. De los resultados se ha deducido que la capacidad rendidora promedio de este cultivo ha sido de 4,000 a 5,000 kilos por hectárea; sin embargo, esta cifra puede llegar a elevarse, mediante métodos racionales de cultivo, a 27,000 kilos por hectárea como sucedió con una de las mejores variedades de oca, la "Ckeni", que además de ser una gran rendidora, posee buenas cualidades culinarias.



### MATERIALES Y METODOS

Para este estudio, la totalidad del material de Oxalis tuberosa Mol. fue colectado y seleccionado en Otuzco, Puno y Cuzco (Perú), de donde se trajo a Costa Rica para esta finalidad. Parte de los trabajos se llevaron a cabo en los laboratorios del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Turrialba (600 m.) y los de campo fueron hechos en la zona papera del volcán Irazú (Provincia de Cartago), a 2,750 metros sobre el nivel del mar.

El material en mención consistió en una colección de plantas disecadas, colectadas en las zonas productoras de la sierra peruana, así como gran cantidad de rizomas que sirvieron como medio vegetativo de propagación para la obtención de plantas, las cuales sirvieron para efectuar los estudios morfológicos y anatómicos.

Del primer lote que se trajo fueron separadas las variedades por la forma y el color de sus rizomas, en 12 grupos perfectamente distinguibles. Este material fue sembrado en macetas de barro y colocadas en el invernadero en Turrialba. La siembra se efectuó el día 22 de agosto de 1956. La gran mayoría de las plantas llegaron a tener su forma adulta normal, pero sólo 5 de ellas produjeron rizomas de tamaño pequeño. Ninguna llegó a florecer, exceptuando la variedad "Negra" de Otuzco.

En el segundo lote que se trajo, vinieron 6 variedades las cuales fueron sembradas en una parcela preparada especialmente para este fin en una finca de la zona papera del volcán Irazú. Los trabajos de campo se iniciaron el 6 de diciembre de 1956. Las plantas han llegado a vegetar en forma normal y todas florecieron.

La morfología se discutirá sobre los caracteres del tallo, hojas,





flores y rizomas. Para determinar las características morfológicas de la planta, las experiencias indican que el mejor período para esto es alrededor del tiempo en que comienza la floración.

Las características del tallo fueron tomadas del tallo principal y no de las ramas laterales. El color del mismo, usado para la identificación varietal, es un poco variable, depende de la edad de la planta y de la intensidad de radiación que recibe. Se observó como los pigmentos están distribuidos a lo largo del tallo, y su localización en otras partes de la planta. Se determinó el tipo de tallo, su forma de ramificación y la pubescencia del mismo.

Los caracteres morfológicos de la hoja fueron tomados de aquellas que se encuentran localizadas sobre una porción definida del tallo, preferentemente entre la mitad y los dos tercios de la distancia desde la base al extremo distal del mismo. Se describen las estípulas, pecíolos y folíolos; su disposición con respecto al tallo, coloración, pubescencia y coloración de las nervaduras, etc.

En las características morfológicas de la flor, se tomó en cuenta la forma de su inflorescencia así como su inserción respecto del tallo principal, ya que el punto de inserción del pedúnculo floral puede ser un carácter de importancia taxonómica. Se determinó la clase de inflorescencia y el número de flores que contiene. Se hizo una descripción de sus partes y se determinó el trimorfismo floral (heterostilia) de las variedades, y la relación que existe entre la longitud del estilo y el color de los rizomas. Esto podrá servir a la vez para efectuar la diferenciación varietal entre las plantas. Se hizo un estudio de la semilla.

Para la descripción morfológica del rizoma, se inició el estudio desde su estado de estolón, longitud del mismo, y coloración como posible



carácter diferenciativo; formación de rizomas a partir de los estolones; color y formas de las yemas y catáfilos; disposición de las yemas en el rizoma; color y forma de los rizomas.

El estudio anatómico de la planta será tratado a continuación de cada descripción morfológica, y en el se insertarán los dibujos correspondientes.

El material de estudio siguió el proceso de preparación previa según lo indicado por E. Sass (37) 1957 que consiste en el seccionamiento del material escogido y su introducción en el siguiente fijador: alcohol 95% 250 cc.; ácido acético glacial 25 cc.; formaldehído 40% 50 cc.; agua destilada 175 cc. Luego se procedió a la extracción del aire por medio de una bomba neumática y a la deshidratación por alcohol a diferentes concentraciones (30, 50, 60, 70, 80, 95%, alcohol absoluto: 3 veces), en cada concentración permaneció de 5 a 6 horas, luego se trató con las siguientes mezclas: 1) alcohol absoluto 75% - xilol 25%; 2) alcohol absoluto 50% - xilol 50%; 3) alcohol absoluto 25% - xilol 75%. Posteriormente se introdujeron los cortes en xilol puro y después en xilol 90% - cloroformo 10%. Una vez llegado a este estado, se añadió parafina líquida hasta que aparecieron cristales (3 días) luego se fue renovando la parafina hasta que se perdió todo el xilol y quedó solamente la parafina. Al último cambio (40) se agregó la mezcla siguiente: parafina 100 grs., cera de abejas 1 gr.; parafina-hule 4 grs.

Una vez bien embebido el material en esta mezcla, se vació en cajitas de cartulina impregnadas con parafina, se arreglaron ordenadamente los cortes y se dejaron que endurecieran. Posteriormente se montaron en cubos de madera y se llevaron al micrótopo donde se hicieron los cortes



respectivos. Estos se fijaron a un porta-objeto mediante la solución siguiente: albúmina 2.5 cc.; formaldehído 5.0 cc.; agua 92.5 cc. Se dejaron secar y después se colorearon siguiendo el método Safranina-Fast Green que consiste en introducirlos sucesivamente en las siguientes soluciones: xilol (2 a 5 minutos); alcohol absoluto; alcohol 95%; alcohol 70%; alcohol 50%; alcohol 30%; lavar con agua; safranina (1 a 12 horas); lavar con agua. Alcohol 30%, alcohol 50%, alcohol 70%, alcohol 95%, Fast Green (5 a 30 segundos), alcohol 95%, alcohol absoluto I, alcohol absoluto II, carboxilol, xilol I, xilol II, xilol III, resina fijativa, cubre-objeto.

Por este método se llegaron a colorear 250 muestras de cortes histológicos, habiéndose dibujado los de mayor interés como ilustración del trabajo y a fin de facilitar su descripción y estudio.

#### POSICION SISTEMATICA

La posición sistemática que ocupa Oxalis tuberosa en la Clasificación General de los Vegetales según Engler, es la siguiente (20):

DIVISION	II	: Spermatophyta
SUB-DIVISION	II	: Angiospermas
CLASE	II	: Dicotiledoneas
SUB-CLASE	I	: Arquiclamideas (Diploclamideas)
ORDEN		: Geraniales
SUB-ORDEN		: Geraniíneas
FAMILIA		: Oxalidáceas
GENERO		: Oxalis
ESPECIE		: O. tuberosa Mol.



La especie Oxalis tuberosa Mol (1782), tiene varios sinónimos, muchos de los cuales son registrados en los escritos que sobre esta planta se han realizado; estos sinónimos son:

Oxalis crenata Jacq. (1794)

Oxalis crassicaulis Zucc. (1823-24)

Oxalis aracatcha Hort. Zucc. (1830)

Oxalis aracacha G. Don. (1831)

Por lo que se ha revisado, parece que existe cierta confusión en lo que concierne a los autores de los siguientes sinónimos: Chevalier (8) dice que:

"H. Baillón cita como reemplazante de la papa, a la especie chilena de oca: Oxalis crenata Thunb.

(= O. tuberosa Mol. = O. carnosa Lindl.)"

sin embargo, al hablar más adelante de esta Oxalidácea la anota como Oxalis crenata Jacq. Además vemos que O. carnosa Lindl. es mencionada por R. Knuth (17) como O. carnosa Mol.

Este cambio en los nombres de los que han identificado esta especie, crea confusiones en lo que respecta a la correcta identidad de los sinónimos.

Las Oxalidáceas son muy abundantes y en su mayoría endémicas de América del Sur (especialmente de la Cordillera de los Andes) y de Africa Austral; en Madagascar se encuentra un gran número de especies silvestres. En la región andina, estas especies han sido estudiadas por Macbride (22) en el Perú; él anota 82 especies pertenecientes a diferentes países, de las cuales 50 son endémicas del Perú, lo que viene a constituir el 61% del total de las especies estudiadas por este autor, siendo Oxalis tuberosa la más importante económicamente por sus tubérculos alimenticios. Según él, todas las especies





peruanas de Oxalis son trifolioladas, excepto Oxalis fritillariiformis Knuth.

### Clasificación dentro del Género

El género Oxalis se distingue por el crecido número de sus especies. Las exploraciones efectuadas en los últimos cincuenta años han permitido reunir una gran cantidad de material en los grandes herbarios de Europa y América, habiéndose podido apreciar el crecido número de las especies existentes, así como su vasta diseminación por el mundo. En la monografía que sobre las Oxalidáceas publicó R. Knuth (18) en 1930, hace constar que las especies de Oxalis ascienden a 791.

La familia de las Oxalidáceas, ha sido una de las más discutidas por la posición de las especies dentro del género, existiendo varias clasificaciones.

Small (10) 1907 anota 850 especies de las cuales, 25 han sido domesticadas. El reúne estas especies en 4 géneros: OXALIS, BOLBOXALIS, IONOXALIS y XANTHOXALIS.

Chevalier (8) 1940, reúne las especies en 7 grupos o sub-géneros de la siguiente manera:

Grupo	I	:	ACETOSELLAE	Reiche
Grupo	II	:	CORNICULATAE	Knuth
Grupo	III	:	XANTHOXALIS	Small
Grupo	IV	:	BOLBOXALIS	Small
Grupo	V	:	IONOXALIS	(Small) Knuth
Grupo	VI	:	ARTICULATAE	Knuth
Grupo	VII	:	TRIPARTITAE PURPUREAE	Knuth

Coloca a Oxalis tuberosa Mol. dentro del Grupo III Xanthosalis Small.

En una monografía del género, Knuth (17) 1914, divide al género en 31 secciones; más tarde, (18) 1930, distingue 37 secciones de las cuales



5 contienen las especies surafricanas. Salter (36) 1944 da una clasificación del material surafricano y describe 208 especies en 11 secciones. Esto permite dividir las secciones de ambos, porque las especies de Sur Africa será la de Salter, mientras que la clasificación de Knuth será usada para las especies suramericanas.

Marks (25) 1956 da las secciones del género Oxalis, agrupando las especies americanas y cosmopolitas en una clasificación después de Knuth (1930) ? como sigue: Thamnoxys Prog., Hetrophyllum Prog., Ortgieae Knuth, Lexae Reiche, Roseae Reiche, Corniculatae Reiche, Austro-Americanae, Articulatae Knuth, Tuberosae Knuth, Angustifoliae Reich., Acetosellae Reiche, Palmatifoliae Reiche, Ionoxalis (Small) Knuth, Polyoxalis.

A diferencia de Chevalier, Marks coloca a Oxalis tuberosa Mol. dentro de la sección Tuberosae Knuth.

### Cariología

Ninguna tentativa seria se ha hecho para distinguir el número cromosómico de las especies para relacionarlas con las agrupaciones taxonómicas, ya que son pocos los recuentos que se han llevado a efecto en este género.

Heitz (12) 1927 estudió el número cromosómico de 31 especies de Oxalis, tres de las cuales tuvieron 5, 10 y 40 cromosomas (haploides), mientras que el resto tuvieron 7, 14 y en el caso de Oxalis tuberosa, 21 cromosomas; dicho autor considera 7 cromosomas como número básico para esta especie.



Kostoff (19) 1935 estudió a Oxalis tuberosa citológicamente en un material enviado del Instituto de Fitotecnia de la URSS. En algunas formas dice, fueron contados 63 a 64 cromosomas somáticos, mientras que en otros 68 a 70 cromosomas somáticos. Estos, concluye, "se caracterizan por su tamaño muy pequeño".

Por el número de cromosomas contados para O. tuberosa, vemos que el grado de poliploidismo es muy alto, siendo el poliploide de mayor nivel cromosómico entre las especies conocidas. Esto es importante en trabajos de selección, ya que la naturaleza ha reunido en estas plantas el mayor número de cromosomas; por tal motivo, los trabajos de fitomejoramiento respecto a la obtención de clones por métodos vegetativos o forzando las mutaciones, será más fácil.

#### INTERRELACION DE CARACTERES

Para la interrelación de caracteres de las variedades en estudio, se han tomado aquellos que con más facilidad pueden ser identificados a simple vista. Los clones que se emplearon en este trabajo, fueron clasificados de acuerdo a su color y a su forma, pues el color en las diferentes variedades es muy variable, constituyendo un carácter diferenciativo quizá de los más característicos; éste y la forma de los rizomas, constituyen los factores esenciales en la identificación de las variedades de Oxalis tuberosa.

El color de los tubérculos tiene una amplia variación, y va desde el blanco hasta el rojo-violáceo oscuro o morado oscuro, pasando por colores intermedios tales como el amarillo-limón, amarillo oscuro, salmón, rosado, anaranjado, rojo, violeta, rojo-violáceo claro y el rojo-violáceo oscuro. (Para la identificación de los colores, se usó



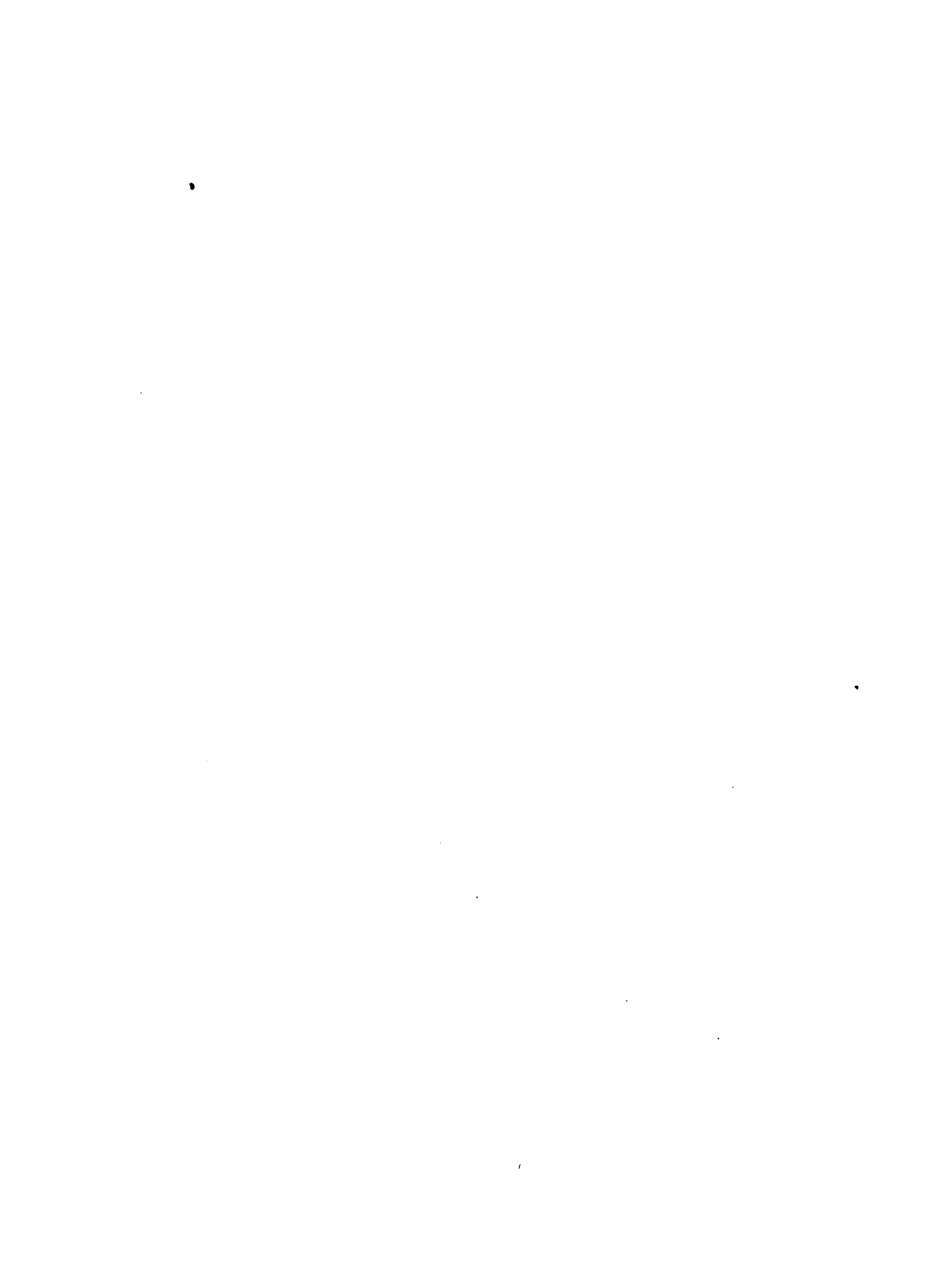
el Dictionary of Color) de Maerz A. y Paul M. Rea (23).

Las variedades pueden ser determinadas durante el período formativo de rizomas, puesto que los colores antociánicos, rosado y violáceo de la piel, son evidentes en un estado temprano de crecimiento, la presencia o ausencia de tales colores pueden ser determinados cuando los rizomas son pequeños localizándose con mayor intensidad en los catáfilos y hacia su unión con el tallo aéreo. El color puede estar distribuido con igual intensidad por todo el estolón, sin embargo, la coloración no se desarrolla hasta que el tamaño de los rizomas es casi completo. La pigmentación varía dentro de cada clón, pero la forma característica de los rizomas ayuda a su identificación.

En cuanto a las formas de los rizomas, en general éstas son variadísimas; sin embargo, una cierta forma determinada está casi relacionada con un color característico. Así, las formas alargadas y cilíndricas son generalmente blancas o amarillas; las cónicas chicas, rosadas; las ovales, color salmón, pudiendo ser también blancas; las cilíndricas medianas o las cónicas alargadas, rosadas o negras; se presentan variaciones dentro de cada forma tomada como base, encontrándose también ocas piriformes, ahusadas y hasta las falcadas.

Interesantes son las diferencias que pueden ser encontradas en la longitud, grado de curvatura o ángulo distal de los catáfilos, pues se ha observado que estos varían de una variedad a otra.

Al igual que los rizomas, los tallos aéreos son también partes del vegetal que permiten establecer diferenciaciones varietales, aunque no con la seguridad con que se hace con los rizomas, ya que la coloración del mismo es un poco variable; depende sobre todo de





la edad de la planta y en particular de la intensidad de luz recibida.

Los tallos en algunas variedades son enteramente verdes, pero en otras pueden ser rosados o rojo-violáceo oscuro como resultado de la presencia de antocianina. Se ha observado que aquellas plantas que presentan rizomas coloreados (excepto amarillo y blanco), sus tallos muestran también color, aunque no precisamente de la intensidad de aquellos.

El color se encuentra distribuído irregularmente a lo largo del tallo según las variedades. Así, la pigmentación más intensa en algunas de ellas, se encuentra localizada en la base del tallo, disminuyendo su intensidad hacia el ápice, pudiendo encontrarse más intenso el color en otras partes del mismo, particularmente en los nudos; sin embargo, hay variedades cuya coloración más intensa se encuentra en el ápice, haciéndose más tenue hacia la base donde se torna el tallo verde. Existen otras variedades que presentan la coloración de sus tallos en una intensidad uniforme en todo el largo de los mismos. Todas estas formas de coloración encierran grupos característicos de ocas, encontrándose cierta relación entre el color del tubérculo y del tallo, pues aquellas variedades que muestran rizomas de color rojo-violáceo oscuro, sus tallos presentan un color más intenso que aquellas variedades que tienen rizomas de color rosado claro. En general, las variedades de oca con rizomas de color amarillo y blanco, presentan tallos verdes o verde-amarillento.

Las características foliares casi no presentan diferencias distinguibles a simple vista. Los folíolos de las distintas variedades presentan una forma que casi no varía de una variedad a otra, habiéndose imposible poder identificarlas por este medio; sin embargo, se



ha notado como la pilosidad ocupa parcial o totalmente los folíolos pudiendo servir ésto para establecer ciertas diferencias entre variedades. Así existen folíolos que presentan la pilosidad distribuída sólo en los bordes del mismo, comenzando desde la nervadura principal en la base del folíolo, dejando a éste libre de pelos. Otras veces no nacen desde la nervadura principal, sino que se separan de ésta dejando esta parte glabra. Otras hojas presentan pilosidad en la nervadura principal abarcando los dos tercios aproximadamente de su largo, existiendo folíolos que están cubiertos completamente de pelos unicelulares. En éstos la única diferencia que se encuentra para distinguir dos variedades que presentan este carácter, es la coloración que se observa en la cara inferior del folíolo, generalmente en la nervadura principal y en los bordes del mismo. No se han encontrado folíolos glabros en ninguna de las variedades en estudio, ni se cree que existan en esta especie.

El color en las hojas generalmente se encuentra distribuído en la cara inferior y varía con las variedades y con la intensidad de éste; casi se ajusta en algunas variedades a la coloración del tallo, habiendo variedades que presentan en sus folíolos una coloración muy intensa Roman Violet: (44 K-9) Ver. 23) mayor que la del tallo. La coloración es más tenue en algunas variedades pasando en todos los casos por rosados de diferentes tonalidades hasta llegar al verde de las variedades de oca amarilla y blanca. La coloración abarca todo el folíolo o simplemente el extremo distal, dejando libre de color la nervadura principal y las laterales secundarias; sin embargo, pueden haber hojas verdes que tienen las nervaduras coloreadas, pudiendo



diferenciar las variedades que presentan este carácter de otras que no la presentan. La coloración verde de las hojas aparentemente parece ser más intensa en la cara superior que en la inferior, debido a que en ésta, la cantidad de pelos blancos es mucho mayor que en la cara superior, motivo por el cual, la tonalidad verde se hace más clara.

El punto pulvinar o pulvino de los folíolos, presenta también coloraciones aunque no siempre coincide la coloración del tallo con la del pulvino porque éste puede ser verde no obstante el color de aquél; sin embargo, en la generalidad de los casos, se presenta coloreado excepto en variedades de oca blanca y amarilla en que es verde.

El color dominante de los pecíolos es generalmente el verde, aunque cambia a un tinte rosado según la variedad. El color se localiza en la base del pecíolo, teniendo su mayor intensidad un poco más arriba de la unión con la estípula (más raramente en el extremo distal); no obstante, esta unión puede presentar una coloración intensa, mayor que la del pecíolo, principalmente en aquellas variedades de oca rojo-violáceo o morado oscuro.

La forma de las estípulas no varía de una especie a otra, solamente la coloración. La disposición del color a lo largo de la misma es variable según las variedades; unas veces se localiza con más intensidad en la base de las alas laterales; en otras, el color se encuentra presente tiñéndolas tenuemente. Todas las estípulas de color verde tienen sus "alas" laterales blancas.

La disposición de los pelos en las estípulas se encuentran reunidos en mayor número en la unión de la estípula con el tallo, y se distribuyen sobre la cara externa de las "alas" y parte de la estípula, volviéndose más densos en la unión del pecíolo con la estípula. No se ha



encontrado pilosidad en la cara interna de las estípulas en todo el material estudiado.

Las inflorescencias proporcionan una útil distinción varietal en el caso de O. tuberosa; éstas se encuentran agrupadas en inflorescencias solitarias umbeliformes ó en cimas dicótomas irregulares que nacen de la axila de una hoja. En general, todas las inflorescencias son terminales porque en todos los casos rematan en una flor; lo único que cambia es la inserción de las flores laterales, presentando una gran variabilidad de formas; por lo tanto, es imposible poder asumir una forma particular de inflorescencia para cada variedad. Sin embargo, se ha encontrado entre el material estudiado una variedad de oca blanca que presenta una inflorescencia típica de umbela, que difiere de todas las restantes; esta variedad presenta rizomas pequeños a diferencia de las ocas blancas de rizomas largos cuya inflorescencia es una cima dicótoma irregular.

Todas las ocas cultivadas presentan flores de color amarillo-anaranjado con estrías radiales púrpura. La diferencia esencial se encuentra principalmente en el gineceo, y este carácter está estrechamente relacionado con el color de los tubérculos como se ha podido corroborar.

Las variedades de oca se encuentran reunidas en tres grupos definidos: blanco, amarillo y rojo; alrededor de estos colores giran las demás tonalidades existentes con mayor o menor intensidad pues parece que estos tres colores son los básicos.

Hill (14) anota que en Bolivia el color de las variedades de oca está asociado con diferencias florales, así las ocas amarillas poseen





flores de estilo largo (longistila), las ocas blancas, flores con estilo medio (mediostila) y las ocas rojas flores con estilo corto (brevistila); es decir, son plantas que presentan heterostilia.

A esta tres formas de heterostilia se ajustan las tres formas de coloración y se ha notado que todas aquellas ocas que poseen color rosado hasta las rojo-violáceo oscuro, caen dentro de las flores con estilo corto (brevistilas) de las ocas rojas. Lo mismo ha sido corroborado con las ocas blancas; no así con el grupo amarillo por falta de plantas en el material estudiado. Los colores correspondientes pueden consultarse en los cuadros Nos. 1 y 2.

La apariencia general de la planta puede ser característica en algunos casos, pero ésto sólo puede ser determinado si se tiene mayor experiencia con este cultivo, pues su aspecto externo varía muy poco. Hay variedades como las de tubérculo rosado y morado oscuro que se mantienen casi completamente erectas formando una mata de vistoso aspecto, existiendo aquellas que se tornan decumbentes como en las ocas blancas por el desarrollo que toman sus tallos.

El tamaño y vigor de la planta puede ser característico, pero puede también variar con el medio ambiente y con la fertilidad del suelo.

La oca es una planta que se cultiva en la zona Andina, y la altura máxima donde llega a vegetar, es quizá una de las más altas entre las plantas cultivadas. En la sierra peruana se encuentra desde los 2,500 m. hasta cerca de los 4,000 m. de altura, donde sus rendimientos son máximos. Es práctica corriente en estas áreas la de efectuar las siembras de oca en los terrenos donde se acaba de cosechar papas, sirviendo



CUADRO No. 1

Diferentes coloraciones que presentan las plantas de Coxalis tuberosa estudiadas

INTENSIDAD DE COLOR						
No. clave	Risoma	Tallo aéreo <sup>x</sup>	Punto Pulvinar	Reverso del foliolo	Peciolo	Heterostilia
1	Blanco	Verde amarillento claro Rojo oscuro	Verde claro	Verde claro	Amarillo verdoso	Mediostila
2	Blanco	Verde amarillento claro Rojo oscuro	Amarillo verdoso	Verde claro	Amarillo verdoso	Mediostila
3	Rosado	Rosado claro Cereza Malva Rosa	Verde violáceo	Verde claro	Amarillo verdoso	Mediostila
4	Salmon	Gris verdoso Malva Rosa Granate	Rojo grisáceo	Verde grisáceo	Verde rosado claro	Brevistila
5	Anaranjado	Verde claro	Verde claro	Verde grisáceo	Verde amarillento	Brevistila
6	Negro	Rojo perla Rojo gris Rojo vinoso	Verde claro	Verde grisáceo	Verde amarillento	Brevistila

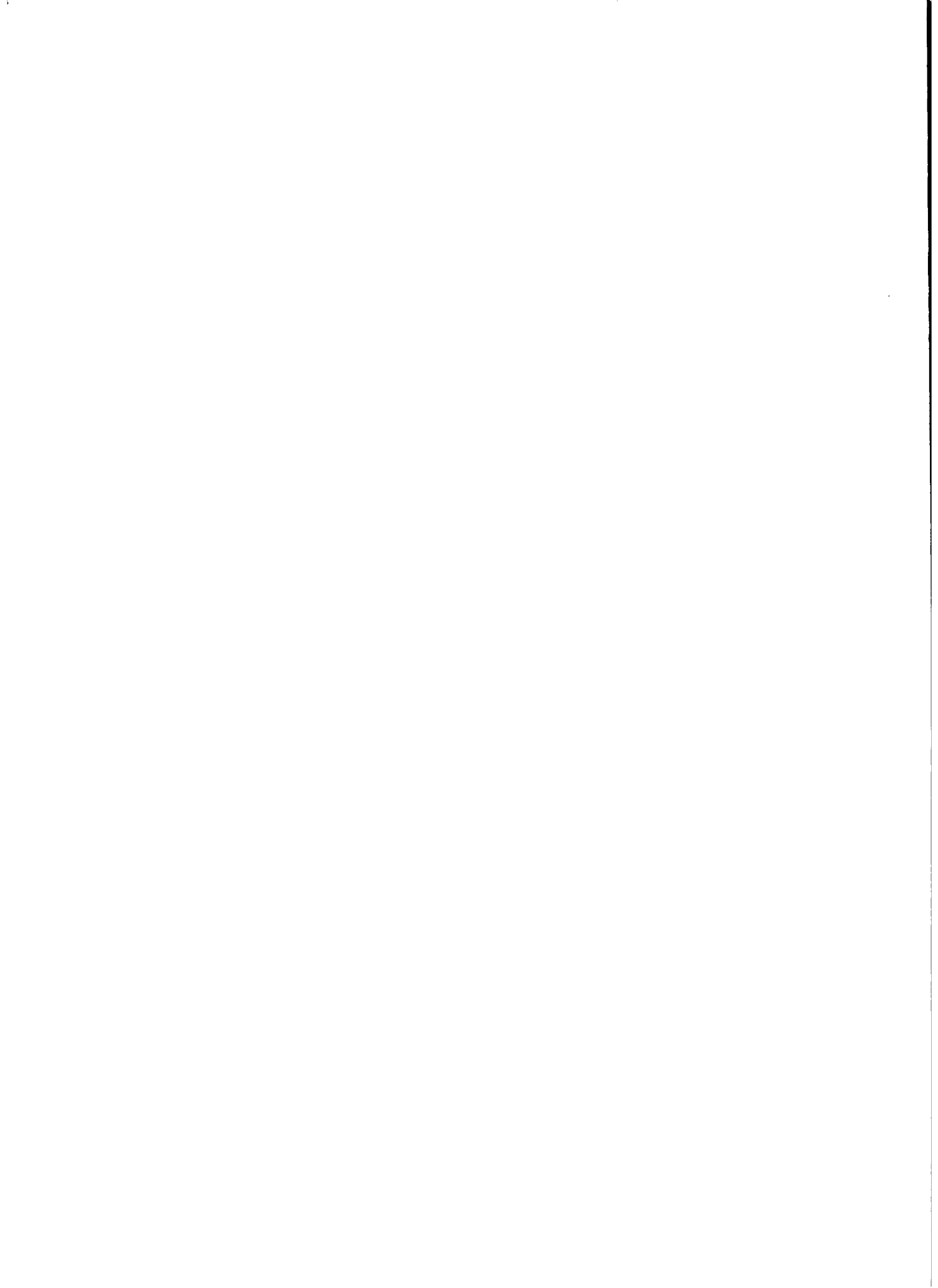
<sup>x</sup> La coloración está determinada de la base al ápice del tallo.

CUADRO No. 2

Coloraciones según Maers a Paul (23)

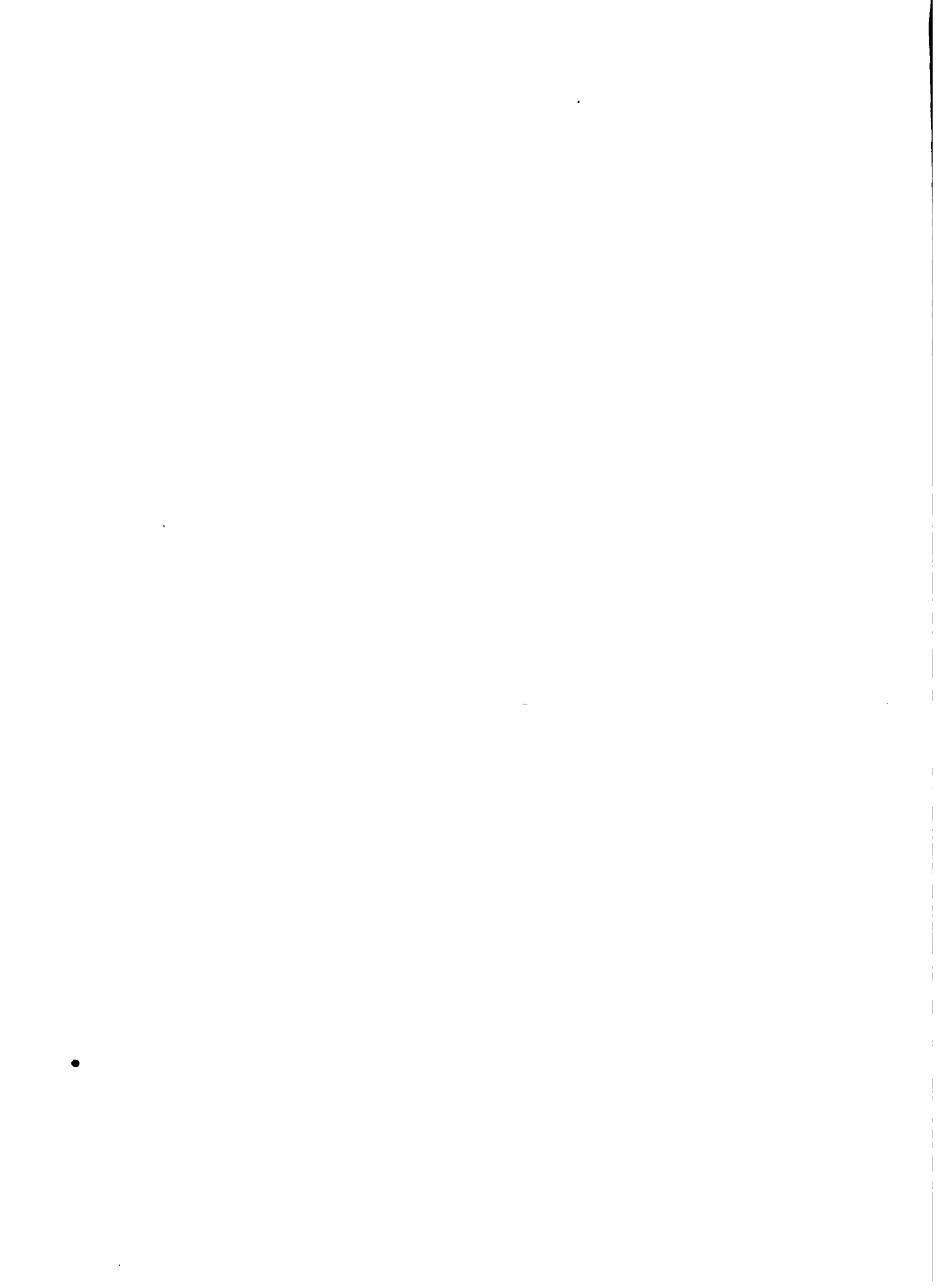
INTENSIDAD DE COLOR						
No. clave	Risoma	Tallo aéreo <sup>x</sup>	Punto Pulvinar	Reverso del foliolo	Peciolo	
1	9 A - 1	17 H - 4 5 H - 3	17 F - 6	21 B - 3 47 E - 3	20 L - 5	
2	9 C - 1	17 H - 5 5 H - 3	19 E - 4	20 B - 4	19 G - 6	
3	2 F - 1	4 E - 1 4 J - 7 8 E - 5	30 A - 2	22 I - 6 22 B - 2	21 H - 2	
4	10 A - 2	14 B - 7 7 E - 4 7 E - 6	7 H - 2	15 C - 2	14 E - 1	
5	9 I - 2	17 H - 4	17 F - 6	23 C - 7 20 A - 30	17 G - 5	
6	47 J - 11	12 A - 5 54 F - 4 53 L - 3	17 F - 5	21 C - 3	21 G - 1	

<sup>x</sup> La coloración está determinada de la base al ápice del tallo.



ésta como elemento de rotación.

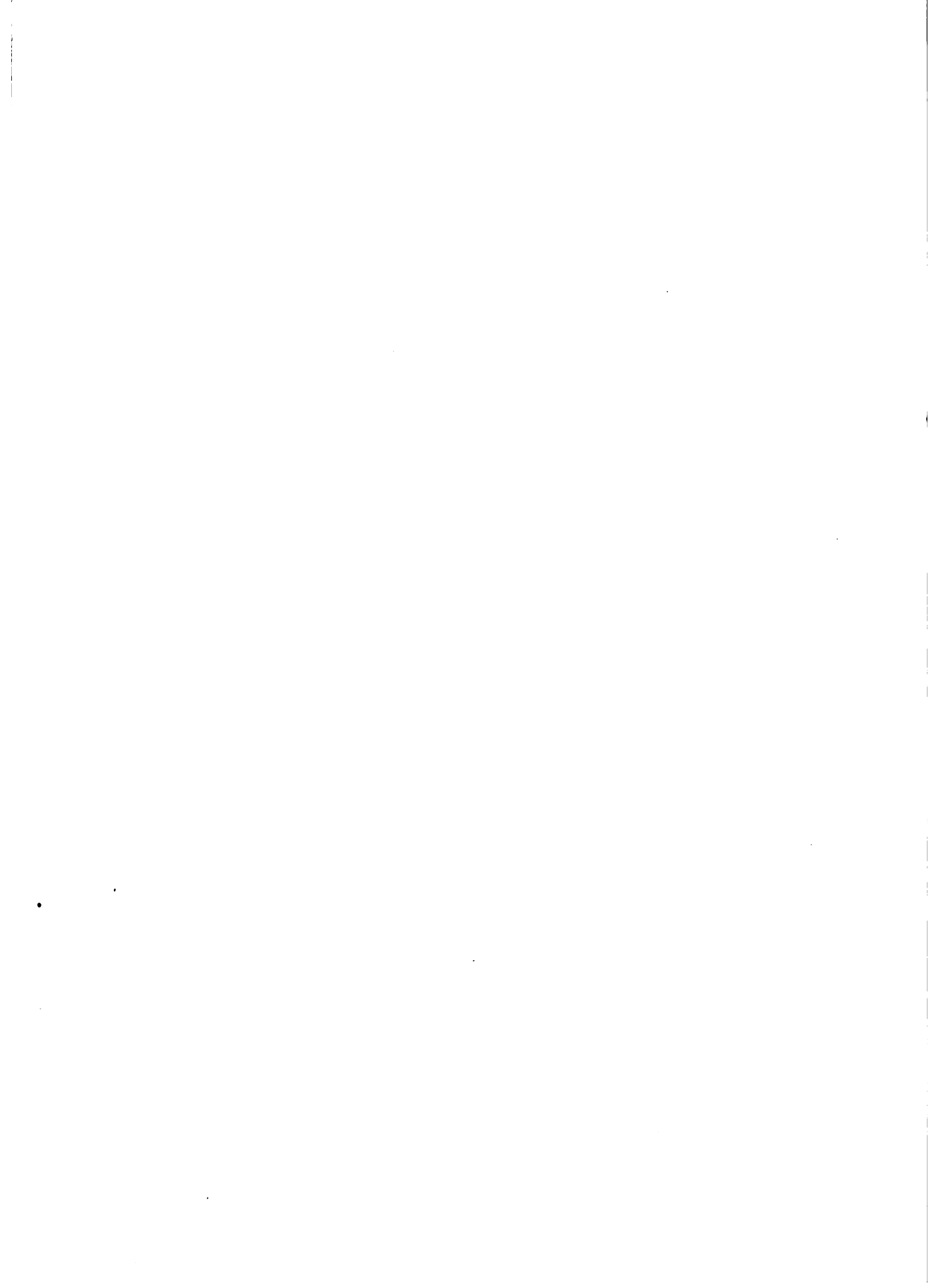
Los terrenos donde se efectúan los sembrados son algo irregulares y escabrosos por encontrarse sobre la cordillera, haciéndose los sembrados en las faldas de los cerros, salvo ligera excepciones. El suelo arable es poco profundo y los sembrados casi no se abonan; sin embargo, dada la rusticidad que presenta esta planta, sus rendimientos por unidad de superficie y en particular por planta, son muy buenos. En promedio los rendimientos en campos corrientes ascienden de 5,000 a 7,000 kilos por hectárea; sin embargo, empleando métodos racionales de cultivo, se ha llegado a obtener hasta más de 20,000 kilos por hectárea, como en el caso de la variedad precoz "Ckeni" que además de haber dado un rendimiento de 27,000 Kgs/Ha., se distingue por la proporción de rizomas de primera clase, en mayor porcentaje que las demás variedades (36%). Estas cifras fueron obtenidas en un experimento conducido en el departamento de Puno y sin duda alguna, una de las más altas del país, siendo ésto suficiente para dar idea acerca de la capacidad productora de ciertas variedades. En la Hacienda Monchacap (provincia de Otuzco) tuve la oportunidad de ver en un sembrado de ocas, una planta de la variedad "Shulmoca" que tenía 27 rizomas cuyo largo fluctuaba entre los 10 y 12 cm., así como otros de menor tamaño totalizando 43 rizomas. Podemos atribuir ésto a varios factores: primeramente a su capacidad altamente productora y a la natural resistencia que ofrece al ataque de insectos y enfermedades. No obstante esto, se ha reportado que en Puno y Chucuito (departamento de Puno) se han encontrado sembrados de oca atacados por larvas barrenadoras del rizoma, las mismas que atacan a la papa; este es el



"gorgojo de los Andes" (Premnotrypes solani (fam. Curculionidae), que muchas veces ha producido pérdidas hasta del 50% de la cosecha.

Ha sido constatado también (42) que las raíces de la oca son atacadas por el nematodo Heterodera rostochiensis, pero que al parecer, no producen pérdidas de consideración. Todo esto quizá tiene su explicación en el hecho de que estas plantas son sembradas en los mismos terrenos que las papas; por tal motivo, los insectos han ido adaptándose a ellas y en la actualidad se van notando fuertes gradaciones de insectos.

Respecto a enfermedades fungosas, no se ha encontrado ninguna de carácter económico.





## MORFOLOGIA Y ESTRUCTURA GENERAL

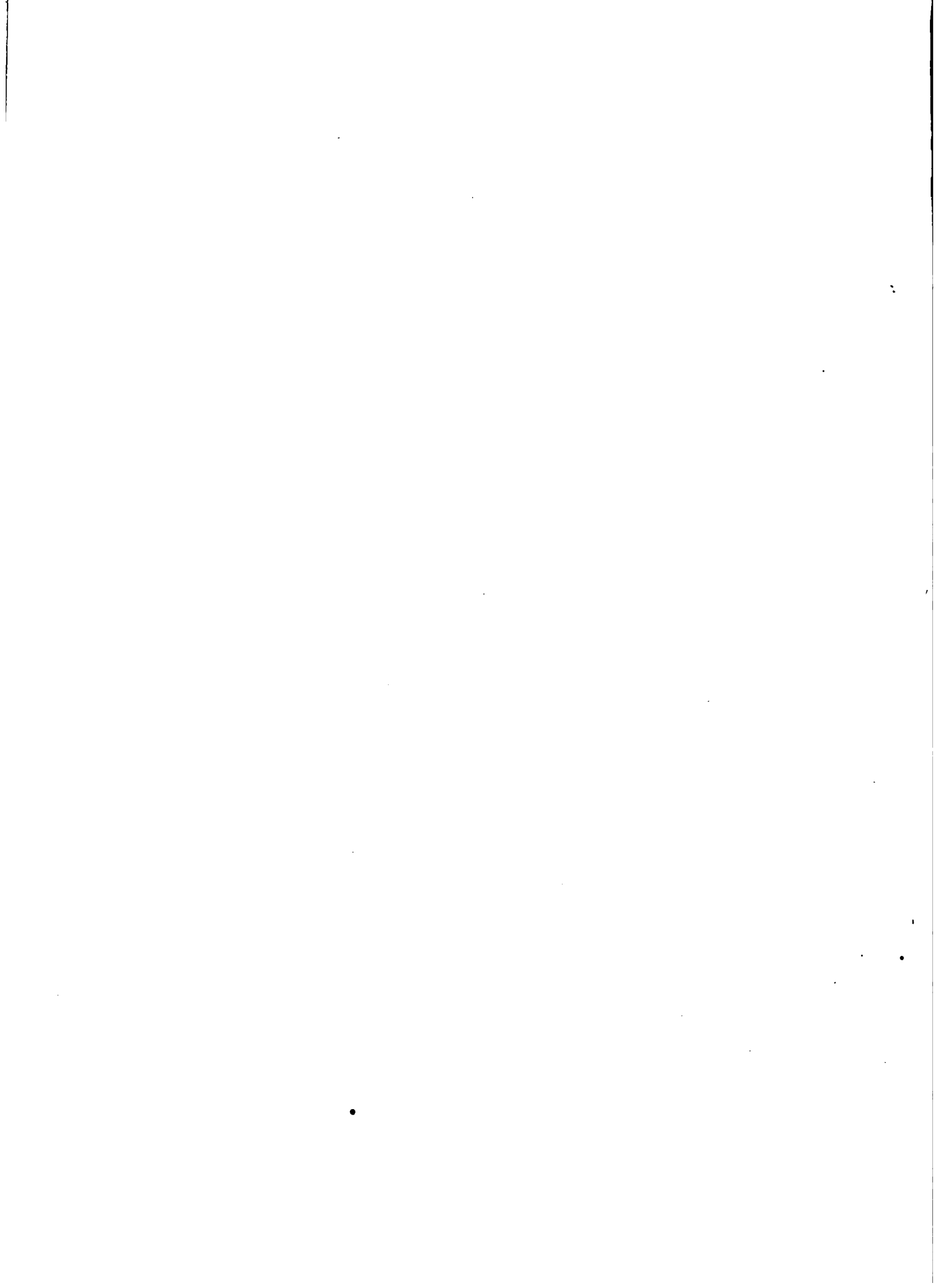
El hábito vegetativo de la oca (Oxalis tuberosa Mol.), es la de una dicotiledónea herbácea anual, aunque puede considerársela como potencialmente perenne, debido a su capacidad para reproducirse vegetativamente por medio de rizomas derivados de estolones, de los que posteriormente salen vástagos aéreos.

A diferencia de la papa, la oca sólo produce una yema por "ojo", y las plantas adultas nacidas de una de estas yemas, presentan la forma de matas cuyo tallo puede ser simple o ramificado, de 45 a 65 cm. de alto, densamente foliado en la mitad y en la copa del mismo.

En el aspecto externo que presentan las plantas se puede advertir ciertas variaciones en su configuración, debido a la forma como se ramifica el tallo principal. Durante la primera edad, la planta es erecta; generalmente la ramificación comienza en la mitad o en el segundo tercio del tallo, pero a medida que va desarrollándose, postra sus ramas en el suelo volviéndose decumbente por la longitud alcanzada por éstas, dando la apariencia de ser una planta de menor altura y diferente ramificación. Sin embargo, existen plantas que se ramifican desde la base del tallo dando el aspecto falso de una planta de ramas decumbentes, pues la ramificación del tallo puede ser basal o terminal, variando con esto su aspecto externo; sin embargo, no se quiere afirmar que sólo estas formas de ramificación existan, sino que pueden presentarse tipos intermedios.

### T a l l o

El tallo aéreo en la oca cultivada es herbáceo y erecto durante



las primeras fases de su desarrollo, pero cuando va alcanzando su madurez, pueden extenderse y hacerse semi-postrados, produciendo ramas axilares.(Fig. No. 1).

Los primeros entrenudos inferiores del tallo son cortos, de menor grosor y más fibrosos que los de la parte media, presentándose éstos más largos y succulentos, los que posteriormente van ahusándose hacia el ápice. Los pseudonudos del tallo pueden notarse o no, localizándose en la unión del pecíolo con el tallo el que presenta un ligero ensanchamiento o ser simplemente liso. El tallo como se dijo anteriormente al tratar sobre las características generales de la planta, puede ser simple o ramificado. Estas ramificaciones pueden brotar de la base (tercio inferior), o estar localizadas en la parte media, existiendo posiblemente otras variaciones de este tipo.

La epidermis es en la totalidad de los casos densamente pubescente. La pubescencia se encuentra distribuida uniformemente por toda la planta, aunque aparentemente parece más densa en el ápice por los entrenudos cortos. No obstante, se ha notado que ciertas variedades de tallo coloreado presentan una pubescencia mayor por unidad de superficie que las variedades de tallo verde.

Debajo de la epidermis existen dos a tres capas de células inmediatas a ésta que contienen clorofila o pigmentos antociánicos disueltos en el jugo celular. La coloración es generalmente verde, pero hay variaciones en el color los que van desde el rosado pálido hasta el rojo vinoso oscuro, pudiendo estar uniformemente distribuido a lo largo del tallo o localizarse en la base o en el ápice. Muchas veces la coloración es más acentuada en la base y va disminuyendo hacia el ápice, o puede

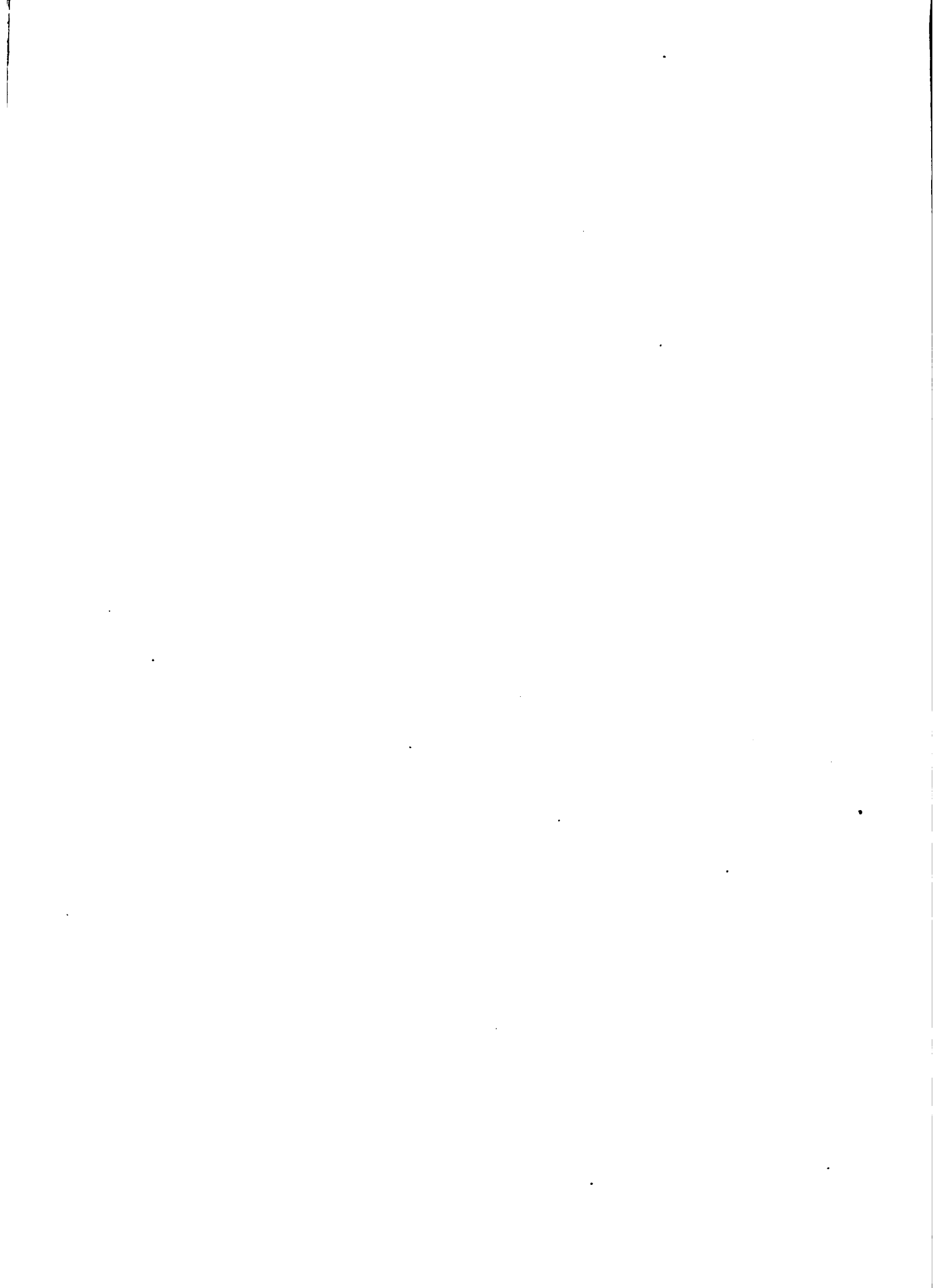
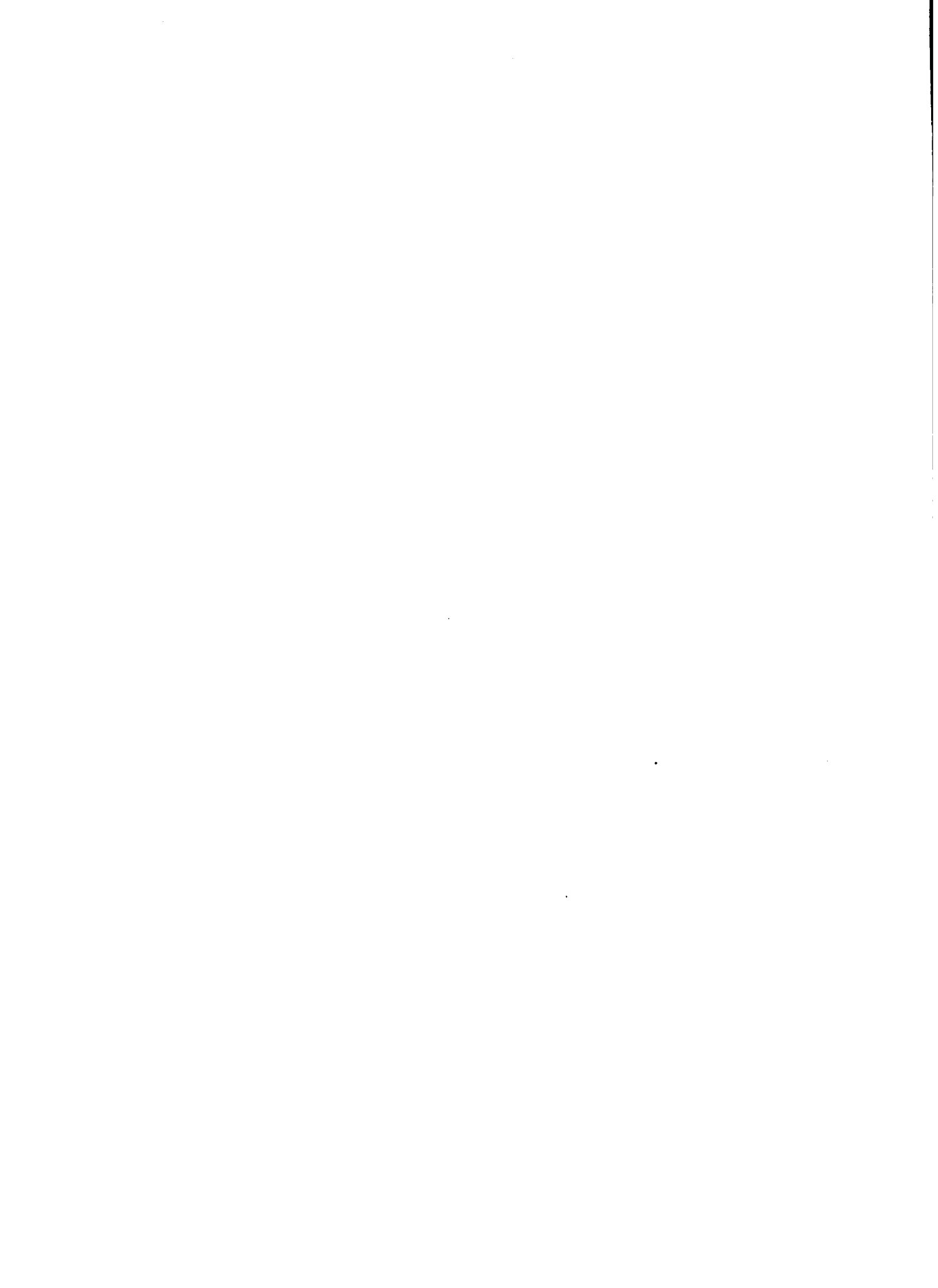
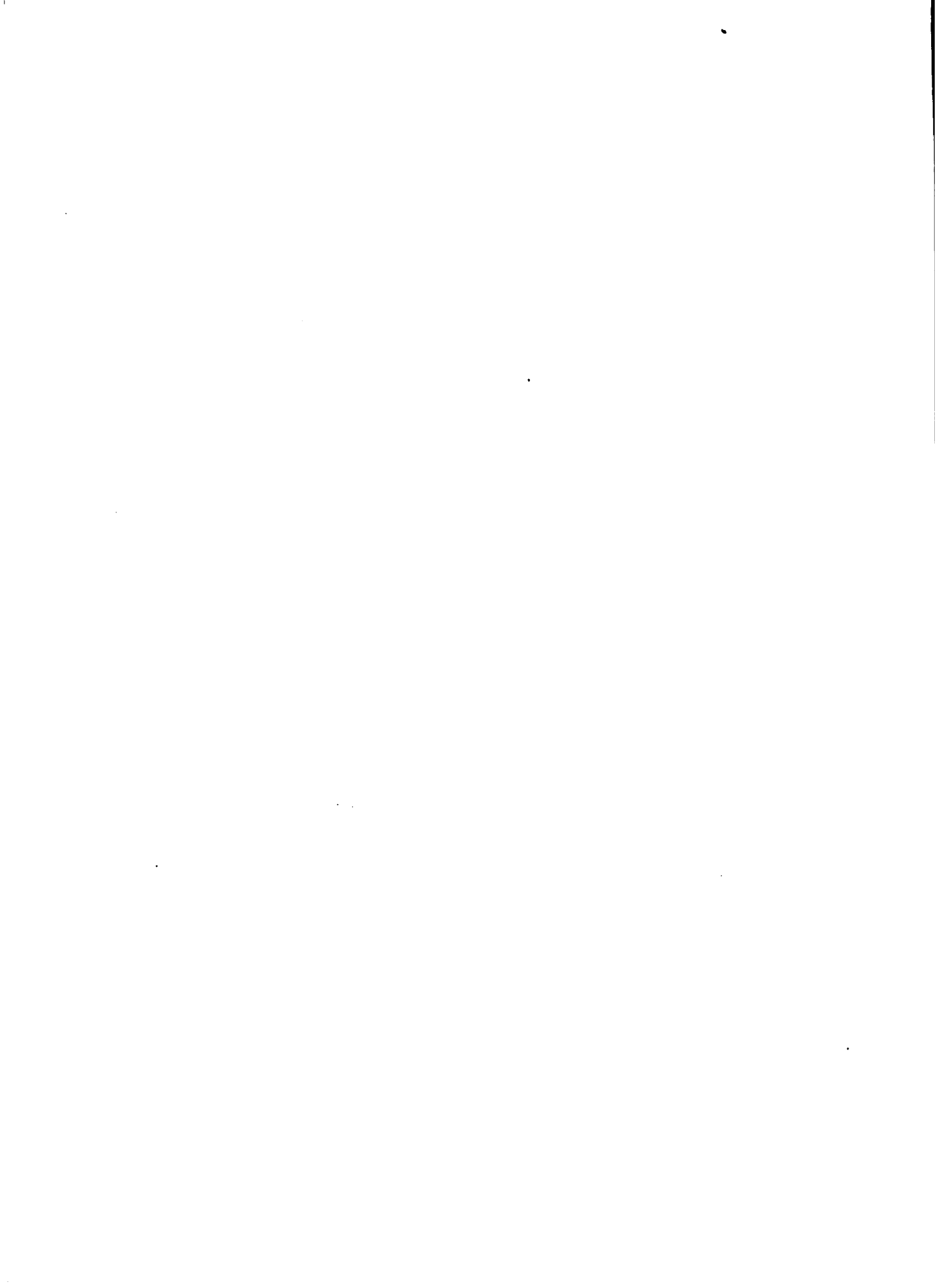


FIGURA No. 1

Aspecto de un brote joven de Oca (Oxalis tuberosa Mol.)  
mostrando su follaje, estolón y raíces adventicias de  
éste.







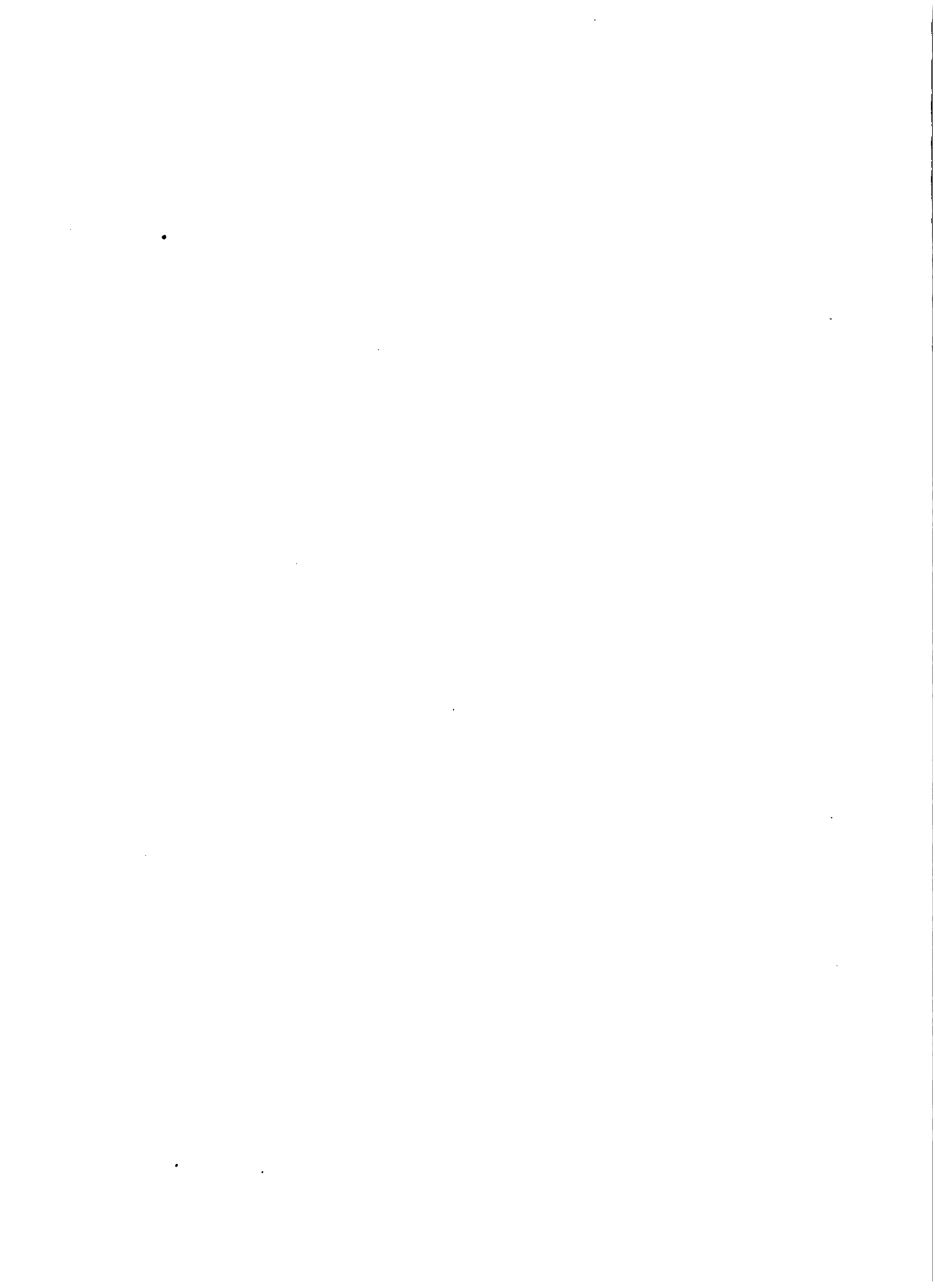


ser más intenso en el tercio medio que en los extremos. En algunas variedades, la coloración puede estar más acentuada en los nudos que en los entrenudos.

En corte transversal, la sección del tallo no es completamente circular, sino que presenta ligeros ensanchamientos en todo su largo, haciéndolo algo irregular. Esta configuración coincide con la inserción del pecíolo de las hojas con el tallo, que descienden desde cada nudo, debido al hábito decurrente del pecíolo.

La epidermis es una capa de células muy pequeñas y estrechamente unidas, de sección cuadrangular; en ésta se insertan los pelos unicelulares. La base del pelo que se encuentra dentro de la epidermis, es cilíndrica y de menor diámetro que el pelo mismo, una vez que éste emerge, se produce un estrangulamiento o garganta, a partir del cual comienza ya el verdadero pelo cuya forma es cilíndrica y ahusado hacia su ápice, terminando en una punta muy aguda. La parte externa del mismo presenta un gran número de pequeñísimas protuberancias (Fig. No.5).

Debajo de la epidermis hay una capa de células parenquimáticas y sobre la cara interna de éstas se encuentran dispuestas 3 a 4 capas de células colenquimáticas con engrosamientos en sus ángulos, y cuyos diámetros aumentan radialmente en forma centripeta, tomando las células a esta altura un tamaño homogéneo con ligeras variantes, constituyendo esta parte la corteza. Las células que forman este tejido son grandes, de paredes delgadas y los ángulos de las mismas en sus uniones con otras células, son triangulares dejando espacios intercelulares. El tamaño de las células de la corteza disminuyen bruscamente cuando llegan a los haces.



La región estelar del tallo está limitada externamente por la endodermis, un estrato celular constituido por células prismáticas que se hallan muy juntas, sin meato alguno entre ellas, notándose un ligero engrosamiento en las paredes radiales (Fig. No. 2); este último estrato de la corteza no suele estar muy bien diferenciado. Aunque corresponde a la endodermis, no tiene las características de ésta, ni desempeña su función protectora por no llegar a suberificarse como sucede con otras plantas.

La endodermis envuelve a modo de vaina alrededor de cada haces-cillo vascular, constituyendo así una endodermis parcial o fascicular por el carácter individual de los haces; sin embargo, en algunos casos, cuando dos o tres haces se encuentran muy cerca unos de otros, la endodermis rodea a todos juntos.

Los haces fibrovasculares del tallo están dispuestos circularmente alrededor de la porción medular, y son colaterales. El fascículo del floema y xilema se hallan sobre el mismo plano radial de forma que la porción interna del floema se aplica directamente sobre la parte externa del xilema (Fig. No. 2).

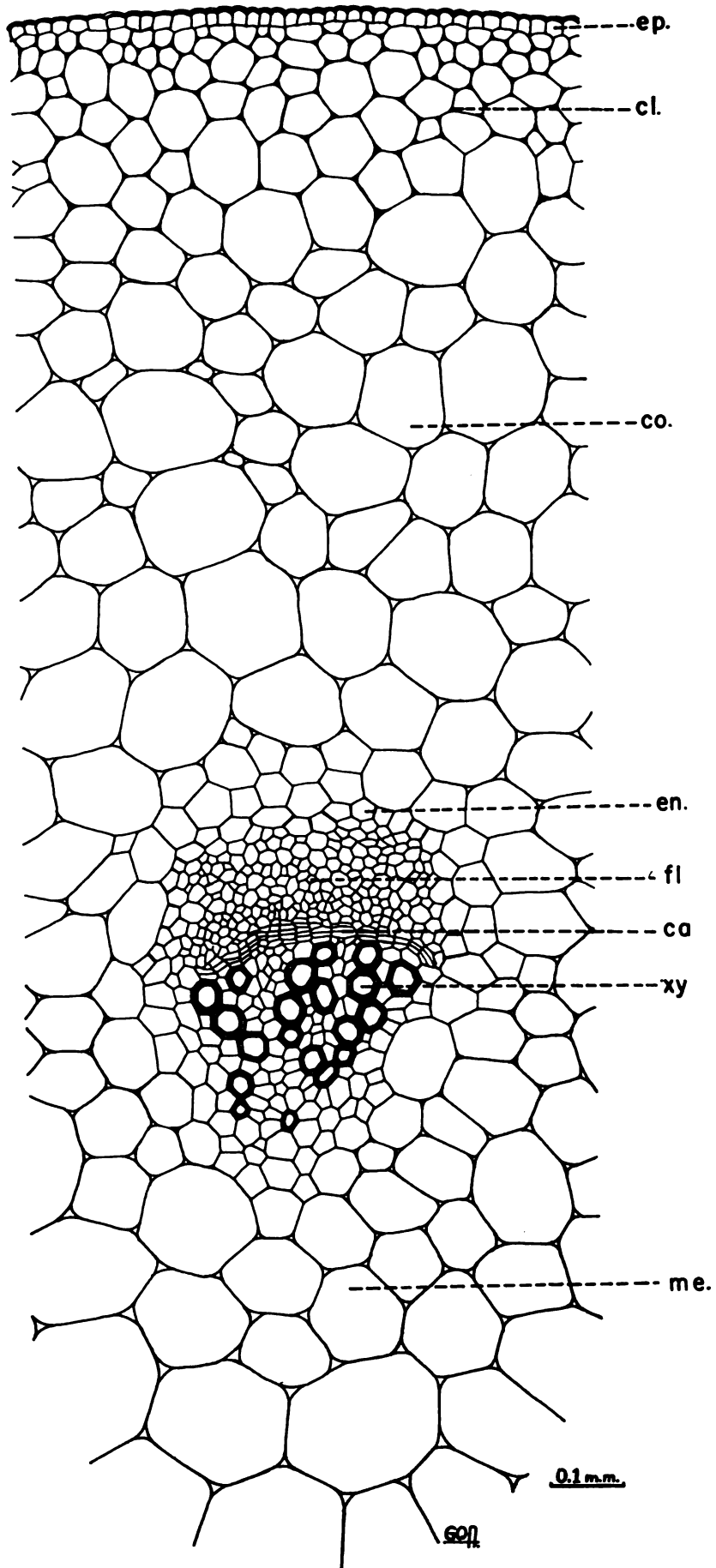
Los componentes del parénquima xilemáticos están dispuestos irregularmente dentro del haz mismo, no tienen una disposición simétrica; sin embargo, algunos vasos están depositados en hileras radiales y consisten en vasos grandes y traqueidas; éstos son casi en su totalidad helicados, habiéndose encontrado escasos reticulados y anillados. Todos estos vasos se encuentran rodeados de un parénquima cuyas células están también dispuestas en filas radiales, como radios del xilema.



FIGURA No. 2

Corte transversal por un sector del tallo maduro mostrando:  
ca, cambium; co, corteza; cl, colénquima; en, endodermis;  
ep, epidermis; fl, floema; me, médula; xy, xilema.









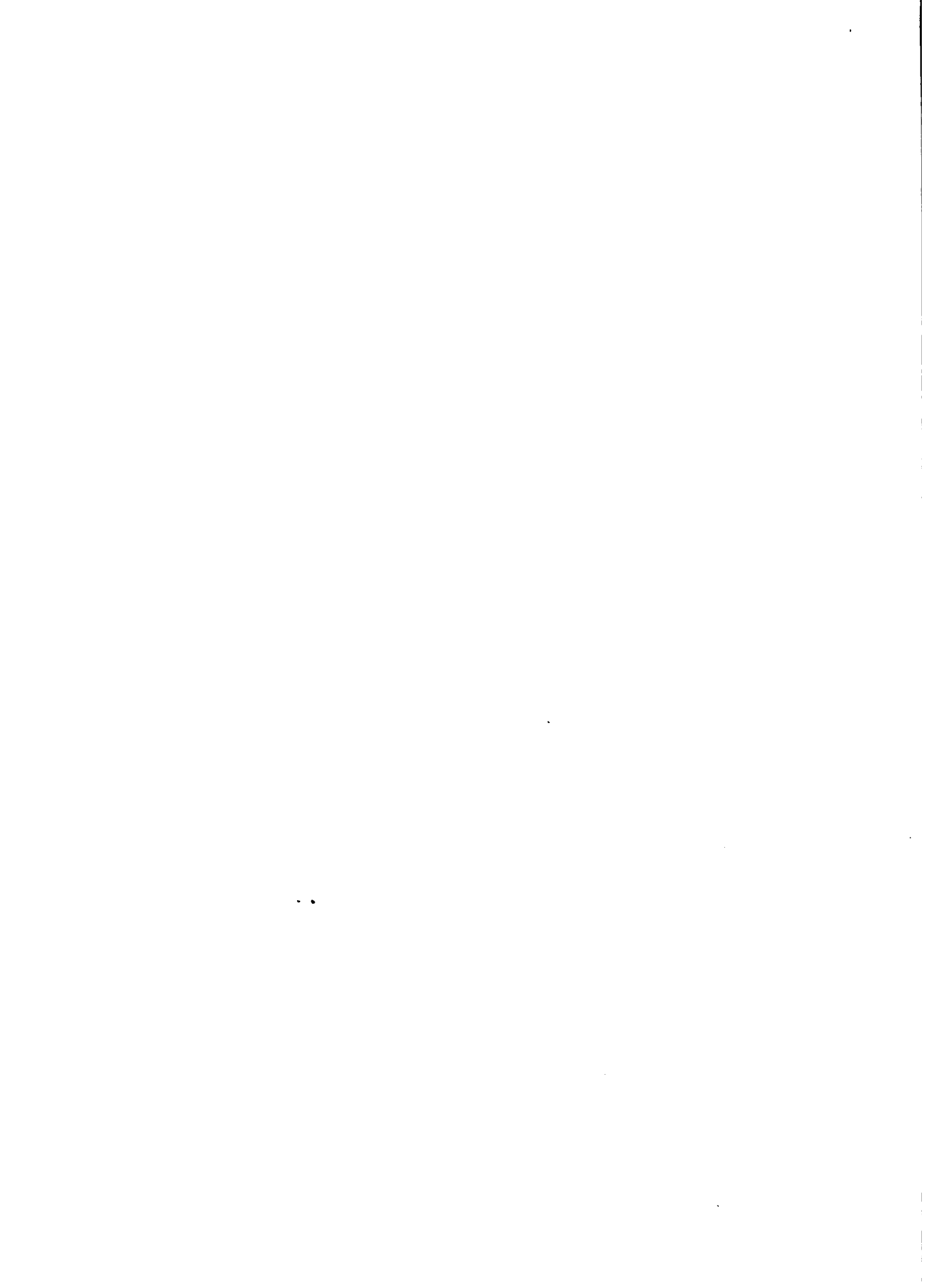
Los elementos del floema presentan casi igual tamaño entre sí; son tubos cortos, cilíndricos, de paredes delgadas, relativamente anchos donde se anastomosan pero de menor longitud que los elementos xilemáticos. Este es un ejemplo en que sólo pocos tubos cribosos iniciales se dividen longitudinalmente, existiendo por lo tanto pocas células anexas.

Hacia la parte interna de los haces, se observa un parénquima medular (Fig. No. 2) constituido de células grandes, redondeadas, de paredes delgadas, dejando meatos intercelulares triangulares en sus uniones con otras células. La médula forma un núcleo central, presentando esta región en cortes transversal un aspecto irregularmente estrellado.

Hacia el ápice del tallo, la primera diferenciación en el meristema apical, es la delimitación del dermatógeno, capa celular periférica que origina la epidermis y la aparición del anillo procambial que separa el tejido parenquimático de la médula de la corteza. Las células de este último tejido son alargadas más pequeñas y de paredes delgadas; su contenido celular es más denso, ellas se distinguen fácilmente de las células parenquimáticas adyacentes de la corteza y de la médula que son menos densas, mucho más grandes, de paredes gruesas, y más isodiamétricas.

A medida que crecen y se desarrollan los primordios foliares originados en el punto vegetativo del tallo, los hacecillos comienzan a aparecer en el anillo procambial, diferenciándose con mayor nitidez en dirección descendente y a partir más o menos del séptimo al décimo primordio foliar.

Los primeros elementos vasculares que se forman, son las células protoxilemáticas localizadas en la parte interna del anillo procambial;



Éstas son alargadas y delgadas, con engrosamientos parietales helicados, cuyas espirales están bien espaciadas.

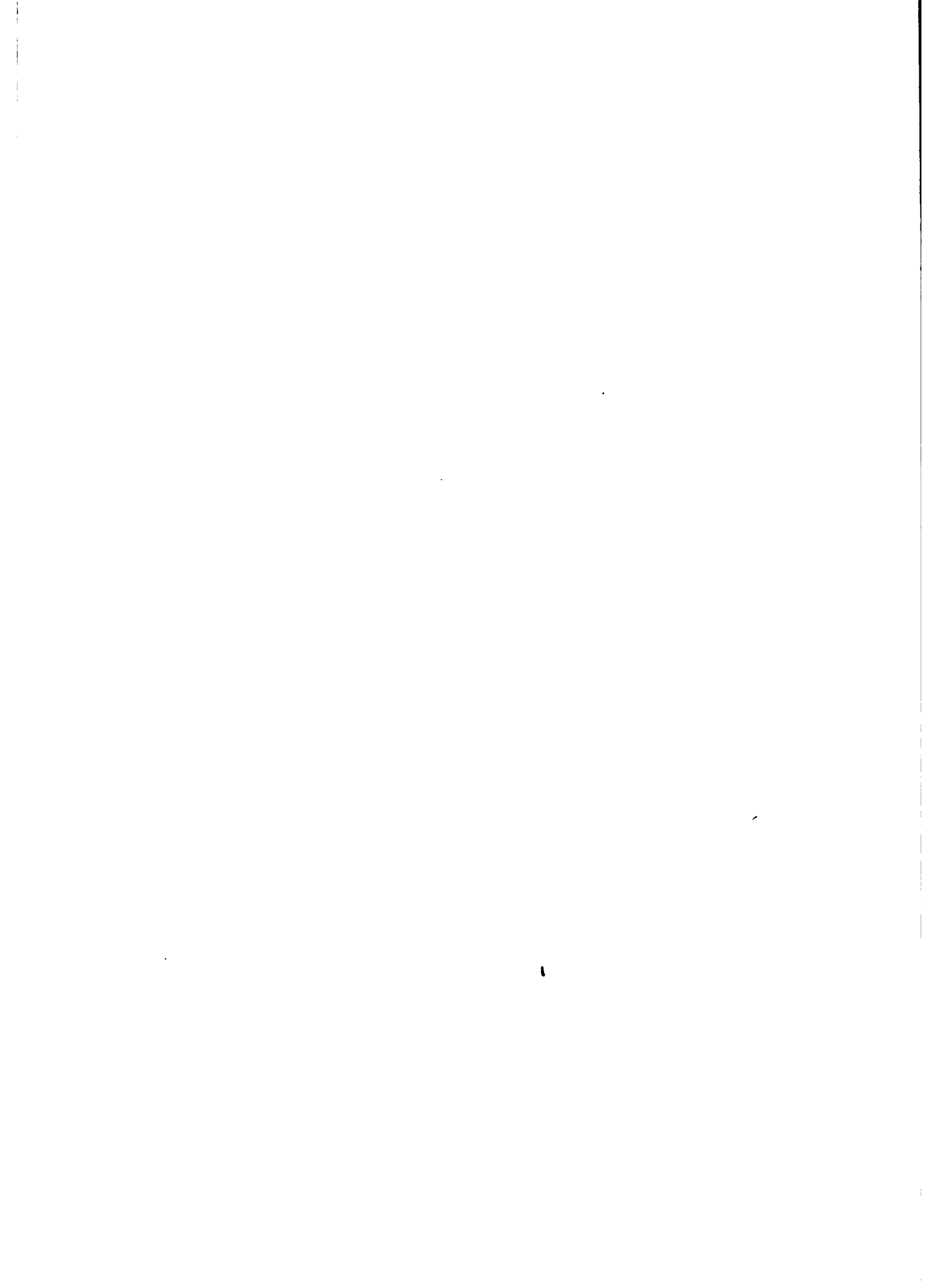
Las células protofloematosas pueden diferenciarse de las del protoxilema porque aquellas son más pequeñas y menos alargadas que las del protoxilema cuyas paredes son más gruesas y más largas.

Los subsiguientes elementos xilemáticos primarios se desarrollan centrífugamente y por tanto, su orientación es endarca. Los elementos protoxilemáticos finales presentan un diámetro mayor que los iniciales y sus engrosamientos parietales se caracterizan por lo apretado de sus espirales. Una vez formados estos elementos, comienza la diferenciación floemática con la aparición de tubos cribosos que poco a poco se van diferenciando más nítidamente.

Mientras prosigue la diferenciación vascular en aquellas células indiferenciadas del anillo procambial, entre el xilema primario y el protofloema, se disponen las células en forma muy regular debido a una serie de divisiones tangenciales que señalan la iniciación del cambium; esta actividad no es continua y se notan ciertos sectores discontinuos del cambium.

Cuando están madurando los tejidos del haz conductor el cambium se activa y forma 2 a 4 capas de células entre el xilema primario y el floema. Mientras se forma el cambium interfascicular, se produce una extensión lateral del floema y se dispone abarcando todo el lado externo del xilema primario, estando sus células un poco apretadas.

A medida que el proceso anterior se van realizando, se producen ciertas variaciones en las primeras células externas de la corteza. Los 3 a 4 estratos inmediatos a la epidermis se vuelven colenquimáticos por engrosamientos de sus ángulos en sus uniones con otras células.



El recorrido que tienen los haces vasculares en el tallo se puede observar con gran nitidez en las partes maduras del anillo procambial cuando los elementos fibrovasculares han llegado a tomar su forma definitiva. Siguiendo la dirección ascendente de los haces en su recorrido por el entrenudo, éstos se disponen en forma circular delimitando la corteza de la parte medular.

En cortes transversales sucesivos (Fig. No. 3) se observa perfectamente el recorrido que tienen los haces a lo largo del tallo (se han observado 28 haces como máximo y 12 como número mínimo). Generalmente un haz grande se alterna con uno pequeño, pero muchas veces se encuentran 3 a 4 haces pequeños sucesivos y más raramente tres haces juntos.

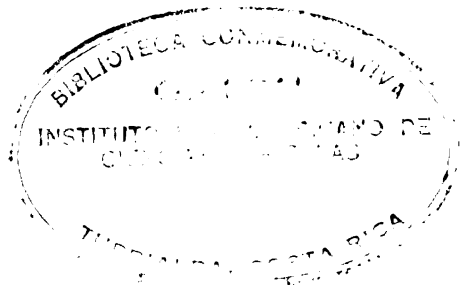
Se ha observado que el grupo de haces (7 haces) destinados a ramificarse en la hoja y yema axilar a medida que van llegando a su nivel de ramificación, toman una disposición característica. Los tres pequeños haces vasculares que formaran el rastro foliar, se alternan entre ellos con dos pares de haces grandes que siguen esta misma dirección, pero que están muy juntos. Los tres más pequeños a medida que ascienden, van separándose un poco de los haces caulinares del tallo, situándose más cerca de la epidermis, comenzando a tomar la dirección del pecíolo, transformándose en los rastros medios de las hojas. (Ninguno de ellos se ramifica sino que entran directamente en el pecíolo). La forma de derivación es uniforme para todas las hojas y los tres haces que intervienen es, en cada oportunidad, diferente de los que recorren la hoja inmediata inferior.

Antes de hacer su ingreso al pecíolo el haz central cambia bruscamente de dirección y los dos haces laterales siguen completamente por fuera del círculo vascular, haciendo su ingreso en el pecíolo al mismo nivel que el haz central.



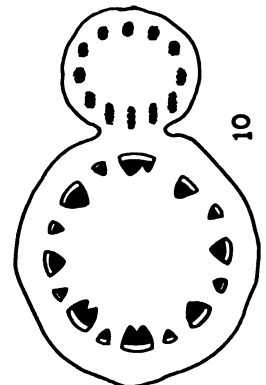
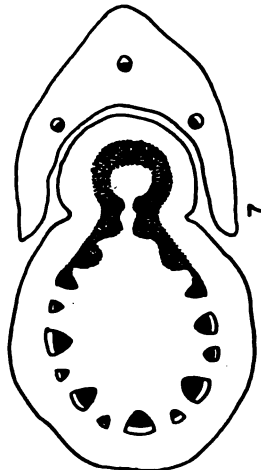
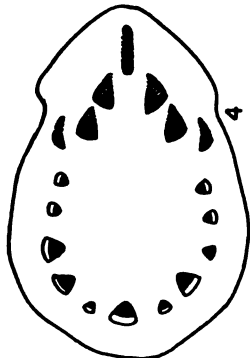
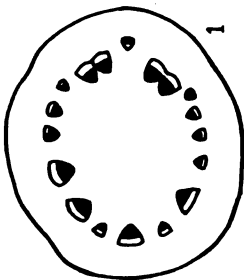
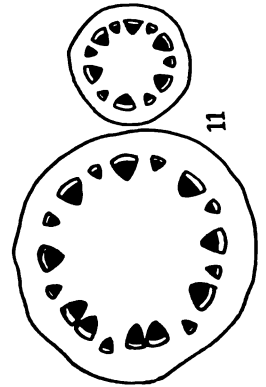
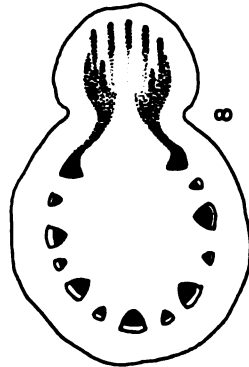
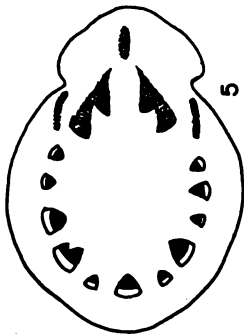
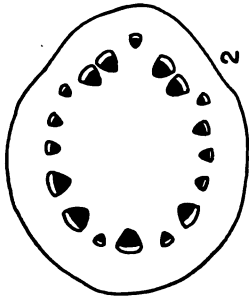
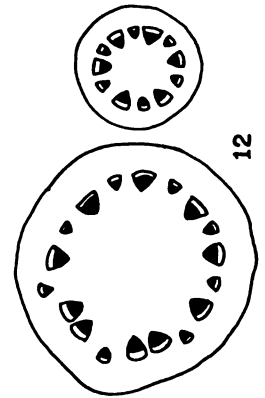
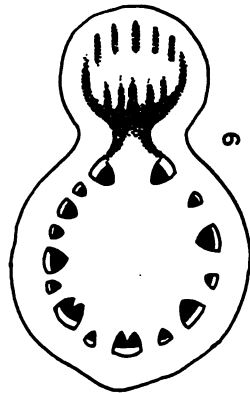
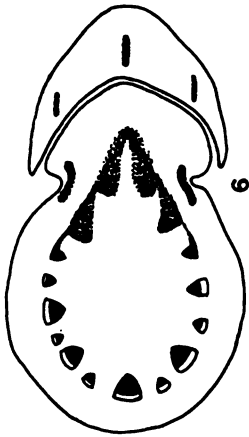
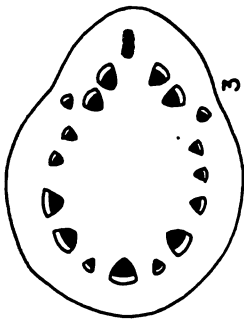
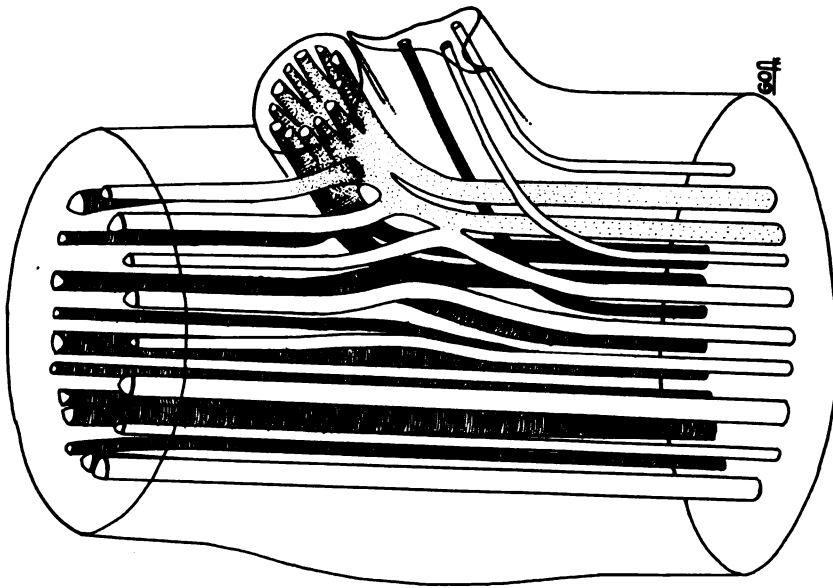
FIGURA No. 3

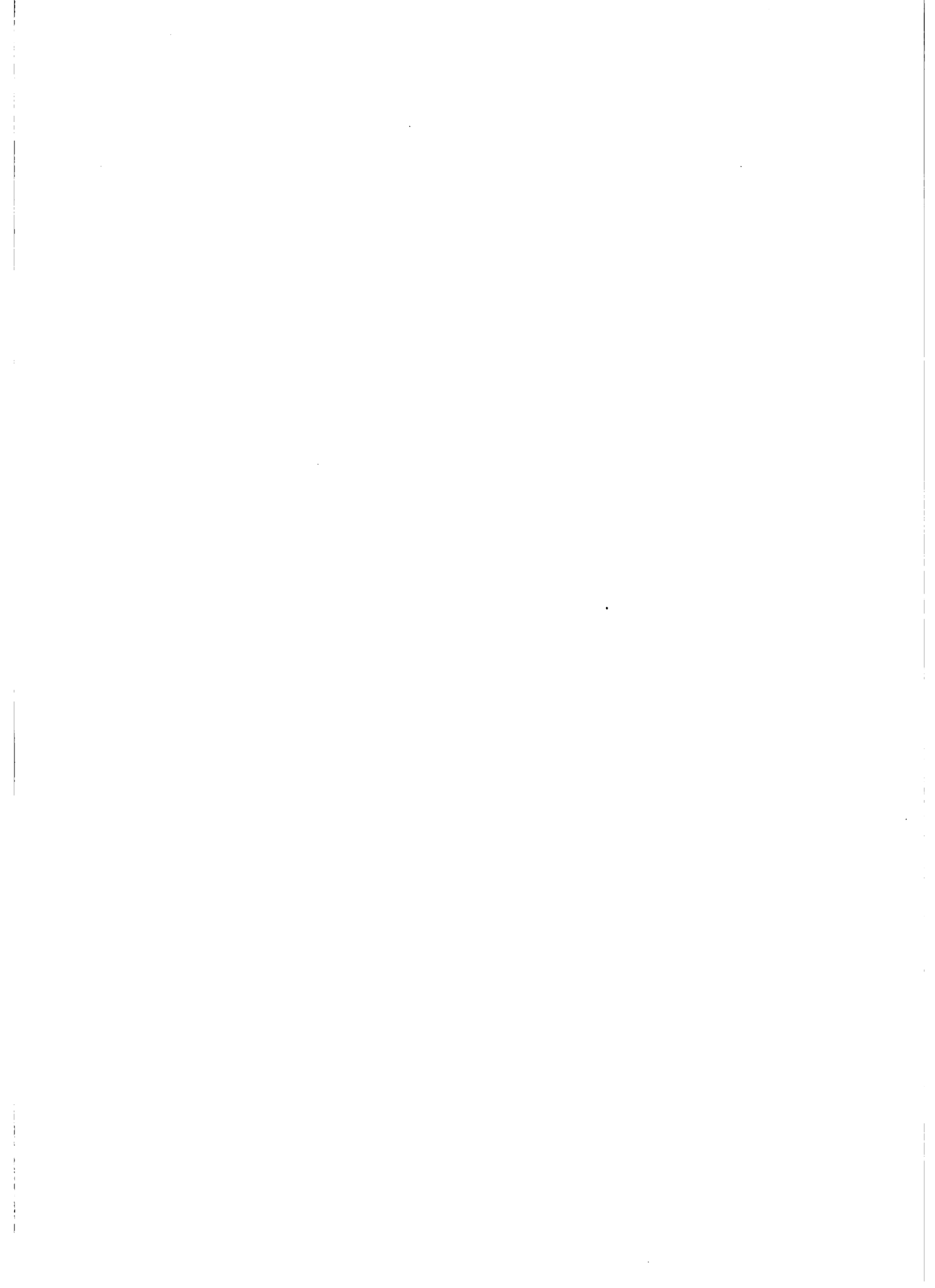
Serie de cortes transversales del tallo (diagramas 1-12), mostrando el recorrido de los haces vasculares dentro del tallo, y esquema del corte longitudinal de un tallo mostrando el curso de los haces para la hoja y yema axilar.











Los cuatro grandes haces intermedios, siguen similar recorrido hasta pasar el nivel peciolar en que comienza a ingresar en la yema axilar curvando sus rastros en esa dirección. Cuando han llegado a este punto, se anastomosan estos cuatro haces y forman un anillo vascular cerrado siguiendo así unidos un pequeño trecho, después del cual se ramifica en varios haces pequeños que formarán el conjunto vascular que recorrerá la futura rama,

De la parte superior del anillo vascular que forman los haces que ingresan en la yema, surge un haz grande que ingresa en el conjunto caulinar, dividiéndose en dos haces, uno grande y otro pequeño. Otra ramificación se efectúa en uno de los haces que forma el rastro yemal, generalmente el que va hacia afuera y se produce antes de que éstos se anastomosen, constituyendo así una continuación de éste. Posteriormente todos los haces caulinares siguen en forma normal su recorrido hasta cerca del pseudonudo inmediato superior en que el grupo de haces que se ramificarán en la hoja van tomando su disposición respectiva.

### H o j a

Las hojas de Oxalis tuberosa son trifolioladas, pinnaticompuestas (Fig. No. 1) porque el folíolo medio se articula más arriba que los folíolos laterales; son alternas y con una filotaxis de 2 /5.

En su unión con el tallo, el pecíolo presenta estípulas adnatas a manera de apéndices laminares aleznados, simétricos, que siguen un pequeño trecho (0.8 a 1 cm.) a cada lado del pecíolo. Las estípulas son de sección semicircular con una superficie abaxil convexa y una adaxil ligeramente cóncava, presentando en sus bordes y en la cara inferior



de la misma, pelos unicelulares, excepto en la cara superior que es glabra.

El pecíolo comienza en un ligero abultamiento de tejido parenquimático, marcado circularmente por una leve hendidura, éste es el punto de abscisión del pecíolo con las estípulas cuando la hoja llega a la madurez y cae. El pecíolo es largo (5 a 9 cm.), cilíndrico, mostrando en corte transversal una sección circular y una pequeña hendidura en la parte media superior; esta hendidura nace en la unión de los tres folíolos y termina antes de llegar a las estípulas.

Cerca de la unión con los folíolos, el pecíolo se hace levemente angosto ramificándose en dirección a éstos por medio de los pulvinos correspondientes. Los folíolos son obcordiformes y obovado-oblongos, de bordes lisos, subsésiles, articulándose al pecíolo por medio de la base foliar engrosada en forma de un cojinete de tejido parenquimático, que por variaciones de turgencia en sus células, puede provocar en las hojas movimientos násticos; a esta parte se le denomina pulvino.

Los folíolos presentan una gran pilosidad y ésta cubre completamente en mayor o menor densidad la cara inferior de los mismos, no así la cara superior en que la distribución de los pelos presenta variaciones que van desde la pilosidad total del haz, hasta su presencia sólo en los bordes del folíolo pasando por estados intermedios diferentes.

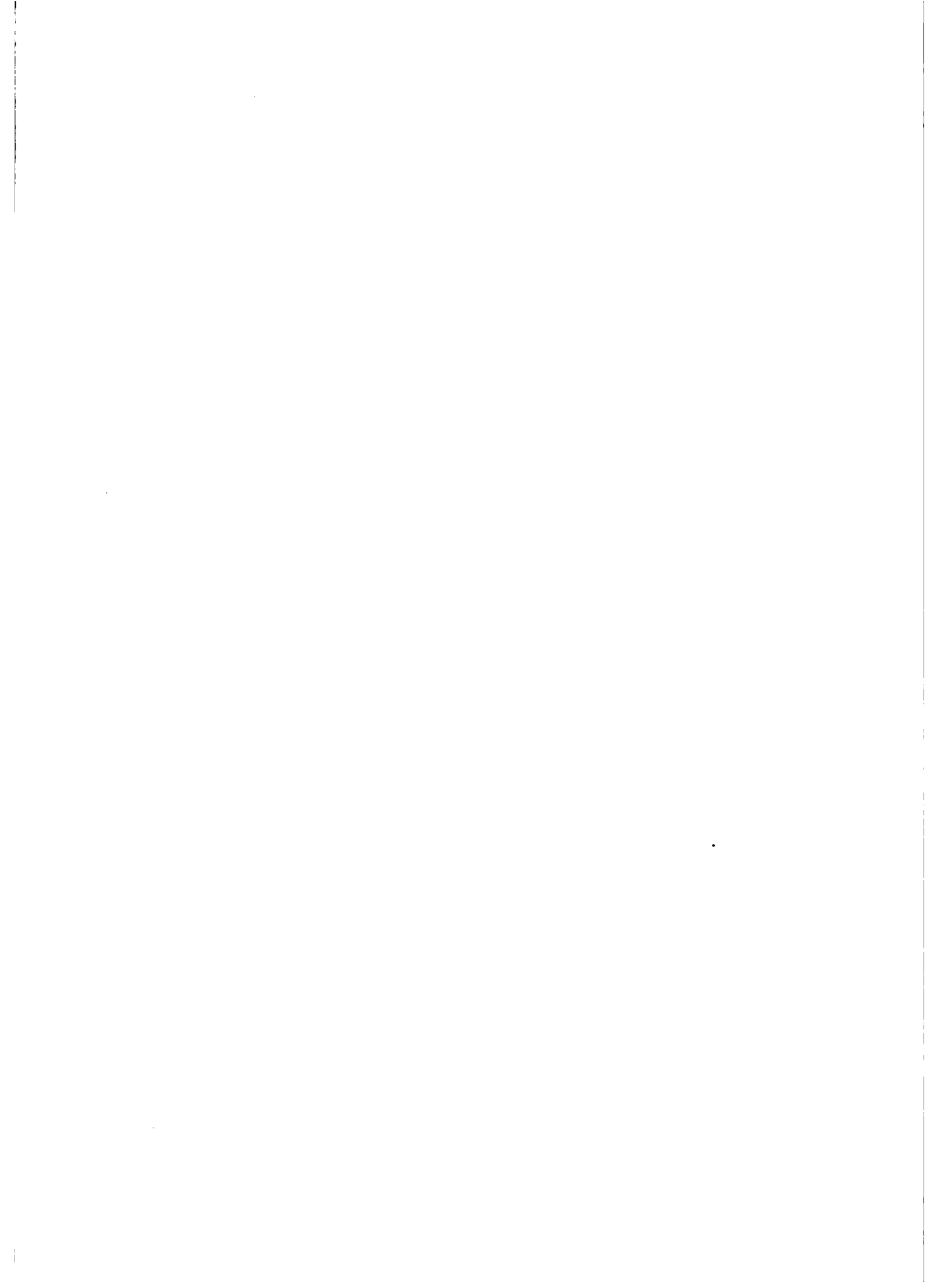
Las hojas que se desarrollan sobre las porciones subterráneas del tallo experimentan modificaciones, estas son pequeñas y escamiformes.

La coloración de las hojas es verde (claro u oscuro) en variedades con rizoma blanco o amarillo, pero puede presentar diversas intensidades de coloración antociánica que les da tonalidades rosadas hasta

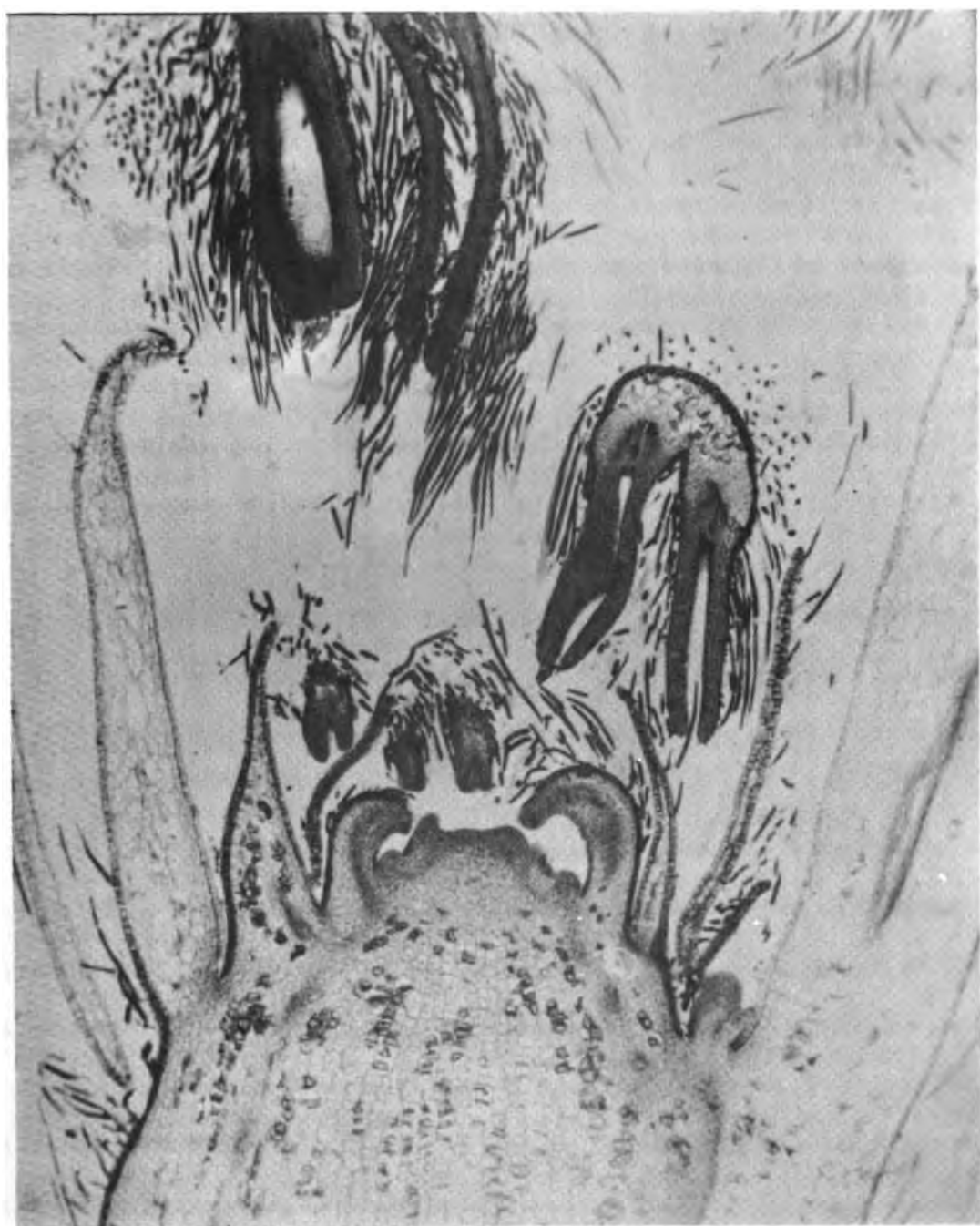


FIGURA No. 4

Microfotografía. Corte longitudinal medio del ápice del tallo mostrando la formación de las hojas y yemas florales.









el púrpura violáceo para aquellas variedades de rizomas coloreados. Se ha observado que las hojas tiernas de ciertas variedades de rizoma blanco, presentan en el extremo distal del folíolo un color rosado pálido, el que posteriormente se pierde a medida que la hoja va creciendo.

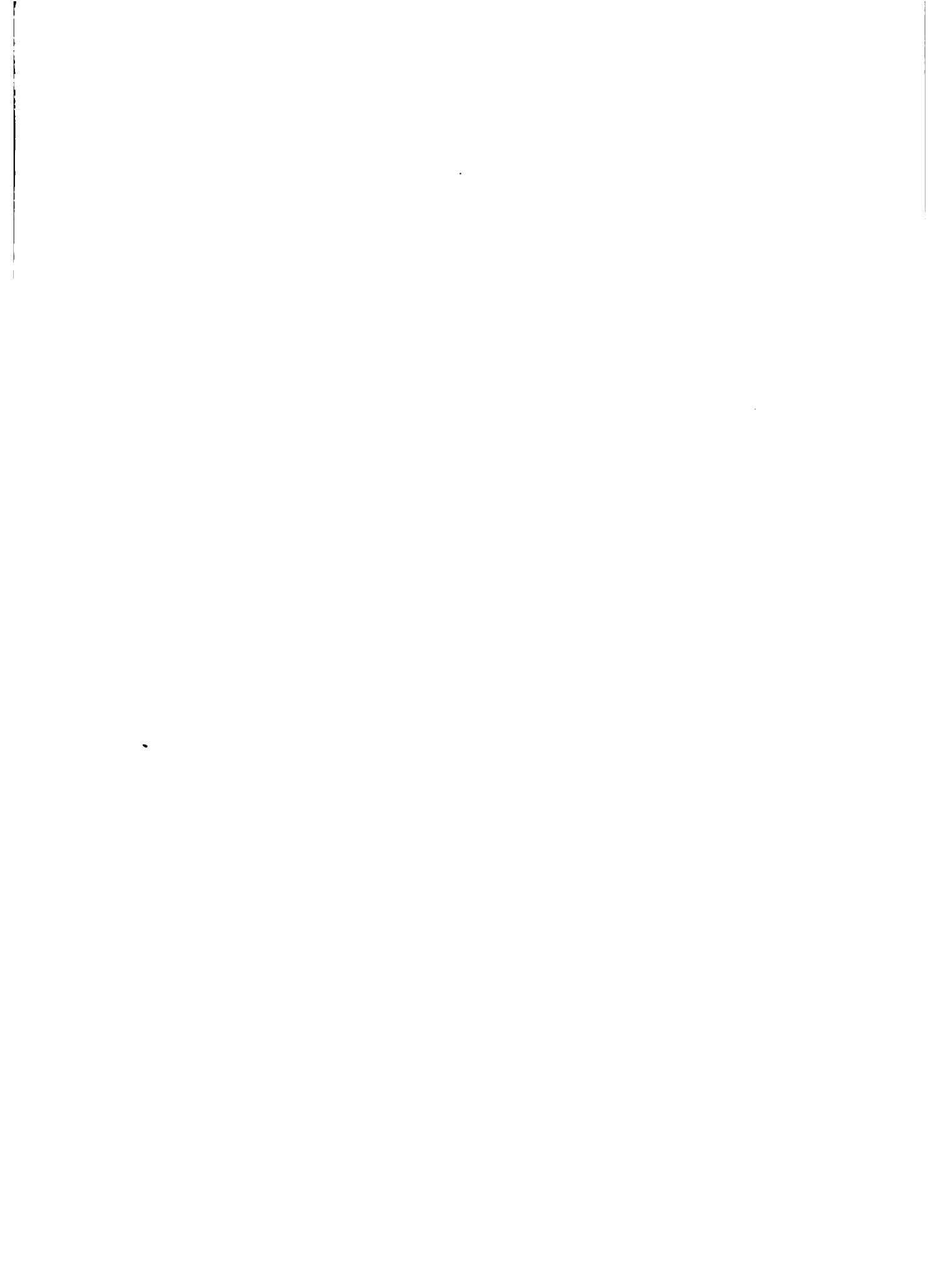
La coloración aparece siempre en la cara inferior de los folíolos con ligeras excepciones en que se nota un tenue tinte morado en el haz, encontrándose que algunas muestran la coloración sólo en los bordes y con mayor intensidad en el ápice del folíolo.

El pecíolo puede ser o no coloreado, pero esta coloración es menos intensa que en los folíolos, notándose en parte cierto dominio de las sustancias clorofílicas sobre las antociánicas. Si el pecíolo es coloreado, ésta disminuye grandemente al llegar al punto de abscisión, hasta desaparecer en la mayoría de los casos; sin embargo, el anillo circular hendido que marca esta separación se presenta con color brillante.

Las estípulas también son coloreadas, pero la coloración está confinada sólo a las alas libres de éstas en que es más acentuada, disminuyendo hacia su unión con el tallo. En la cara superior de la estípula se observa una franja coloreada que abarca todo el largo de la misma.

Las hojas son solamente un tipo especial de órgano lateral que brota del ápice del tallo o de las ramas de manera exógena y llega a adquirir una determinada forma y desarrollo; por lo tanto, contiene haces vasculares y otras partes representativas de las estructuras del tallo.

Los primordios foliares se originan en los estratos externos de células (dermatógeno) en el punto apical germinal del tallo, y se muestran en un principio como pequeñas protuberancias que se alargan y encorvan



adaxilmente sobre el punto vegetativo (Fig. No. 4). Originalmente consiste de un conjunto de células muy juntas, que surgen del ápice como una pequeña prominencia, la que va alargándose poco a poco hasta tener un pedicelo corto y en el extremo distal un ensanchamiento, notándose en corte longitudinal, un nervio medio embriónico que recorre todo su largo. El desarrollo apical cesa, y las estípulas crecen notablemente comenzando posteriormente a notarse el pecíolo así como la diferenciación de los meristemas foliares, que se encuentran orientados hacia el ápice. El desarrollo del folíolo central marcha durante algún tiempo más adelantado que el de los otros dos laterales, siendo de mayor tamaño y cuya diferenciación es gradual a medida que se produce el alargamiento del eje de la hoja (Figs. 6-7). La aparición de los folíolos laterales se produce casi al mismo tiempo que el folíolo central, pero se nota que su desarrollo es mucho más lento.

Los primeros pelos epidérmicos aparecen sobre la superficie abaxil cuando la futura hoja es todavía un primordio foliar, desarrollándose acropetamente; mucho más tarde aparecen pelos sobre la superficie adaxil y en el mismo orden. Su número aumenta grandemente y maduran antes de que el mesofilo esté completamente diferenciado.

Los primeros elementos celulares que se distinguen en el desarrollo del mesofilo foliar son las células en empalizada. Esto se forma por el alargamiento del estrato contiguo a la epidermis superior, llegando a aumentar notablemente su altura original y formar un compacto estrato celular. Las células parenquimáticas que componen la región esponjosa son algo isodiamétricas y más distendidas. La división y el alargamiento celular son desiguales en duración e intensidad en los varios tejidos

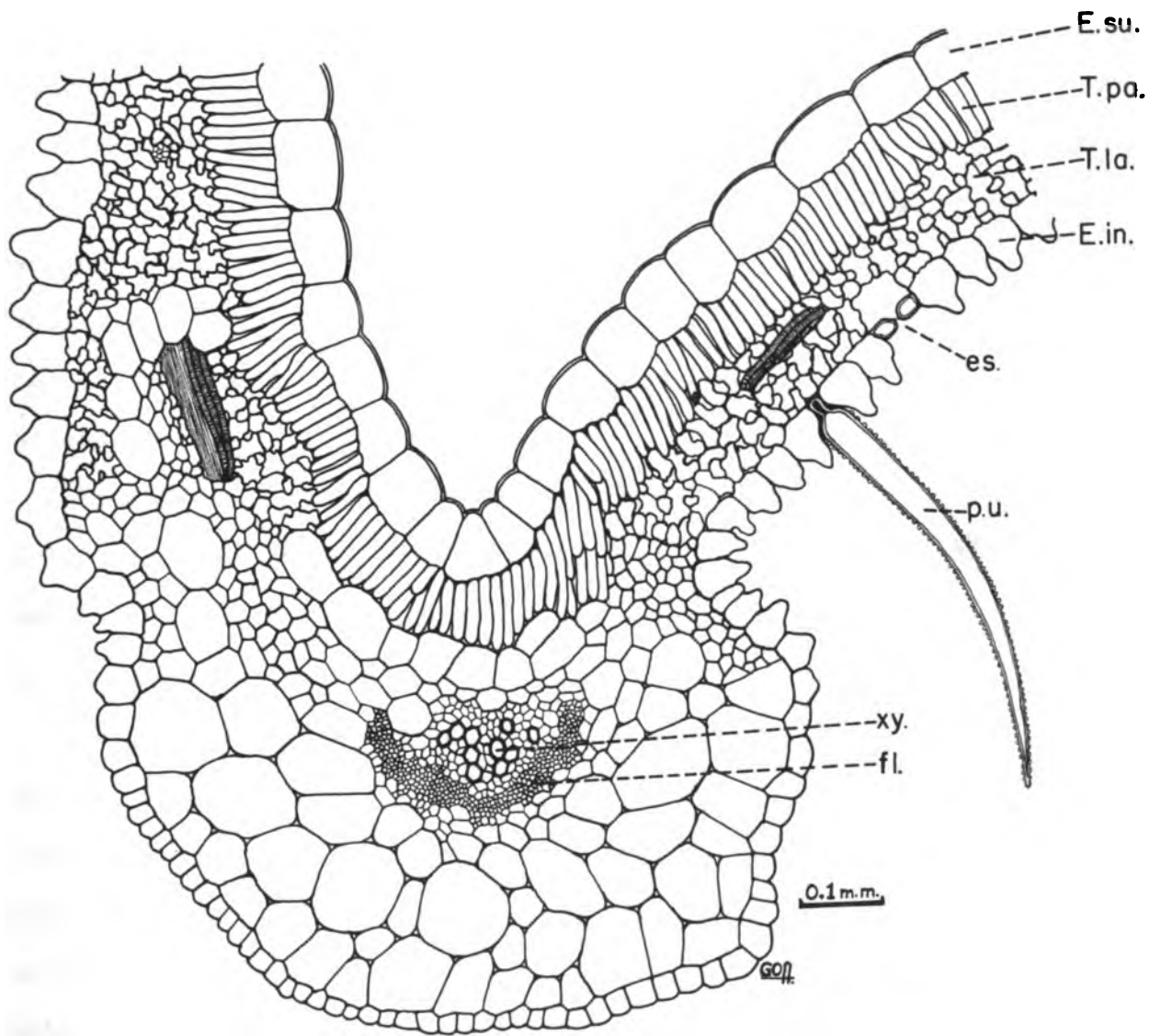


FIGURA No. 5

Corte transversal de un trozo de folíolo a través del nervio medio. E.si, epidermis inferior; E.su, epidermis superior; es, estoma; fl, floema; T.la, tejido lagunoso; T.pa, tejido palisádico; xy, xilema.









de la hoja, y el resultado de estas fuerzas y tensiones provoca la ruptura de las células subepiteliales, formándose así los espacios de aire del tejido esponjoso, el cual está constituido por más o menos 4 a 5 hileras de células irregularmente dispuestas. Es curioso anotar que la epidermis superior difiere notablemente de la inferior (Fig. No.5), tanto en forma como en tamaño y disposición de sus células. El estrato epidérmico adaxil presenta sus células grandes, casi rectangulares, de paredes delgadas y no presenta estomas o son escasísimos. Las células de la epidermis abaxil son más pequeñas, irregulares y con prominencias grandes; en este estrato celular se encuentra gran cantidad de estomas rodeados por células oclusivas.

La diferenciación del sistema vascular se completa cuando los folíolos han llegado a su completo desarrollo. Sus detalles generales son semejantes a los del tallo, exceptuando la posición, número y tamaño de los elementos conductores.

El recorrido de los haces conductores por la hoja es el siguiente: los tres haces vasculares que forman el rastro foliar, entran del tallo a las estípulas a diferentes nivales. Los laterales van siempre a un nivel más alto que el haz central, el cual recorre la parte abaxil de las estípulas; éste se anastomosa con los dos haces laterales en el punto de abscisión del pecíolo en un solo haz de tipo anficribal. Al entrar en el pecíolo este haz se ramifica en cinco haces que forman el rastro peciolar y lo recorren paralelamente en todo su largo hasta llegar a la unión de los folíolos, donde se anastomosan y vuelven a dividirse para ingresar a través del pulvino al folíolo respectivo, transformándose en los nervios medios de los mismos. El nervio medio



recorre toda la longitud del folíolo, y las ramas laterales presentan una disposición pinnada. Estas vuelven a ramificarse en la parte media y en el borde del limbo formando un sistema de nervios reticulados. Los nervios laterales mayores se extienden directamente hasta el mismo borde y junto con los anteriores nervecillos terminales constituyen la red circulatoria del folíolo.

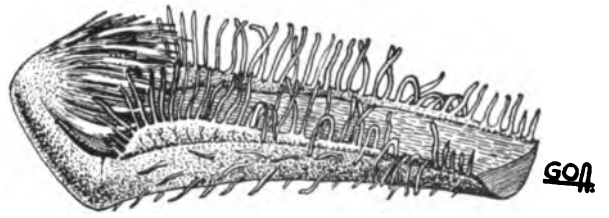


FIGURA No. 7

Estados más avanzados en el desarrollo de las hojas.



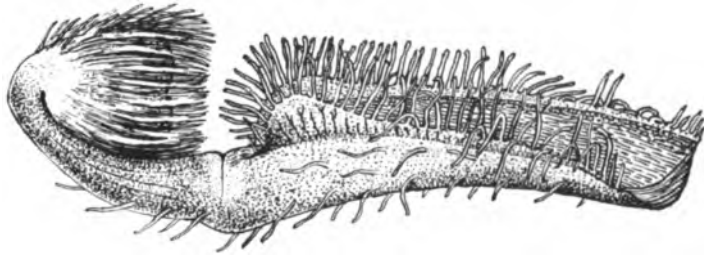




504

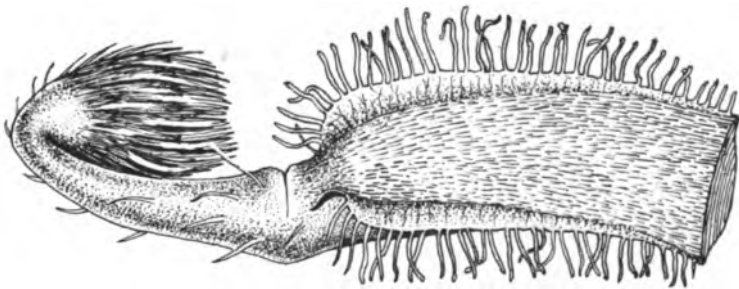
x 9

7



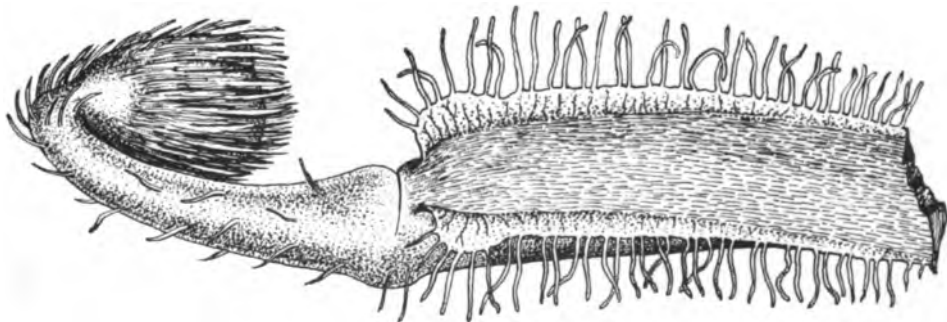
x 9

8



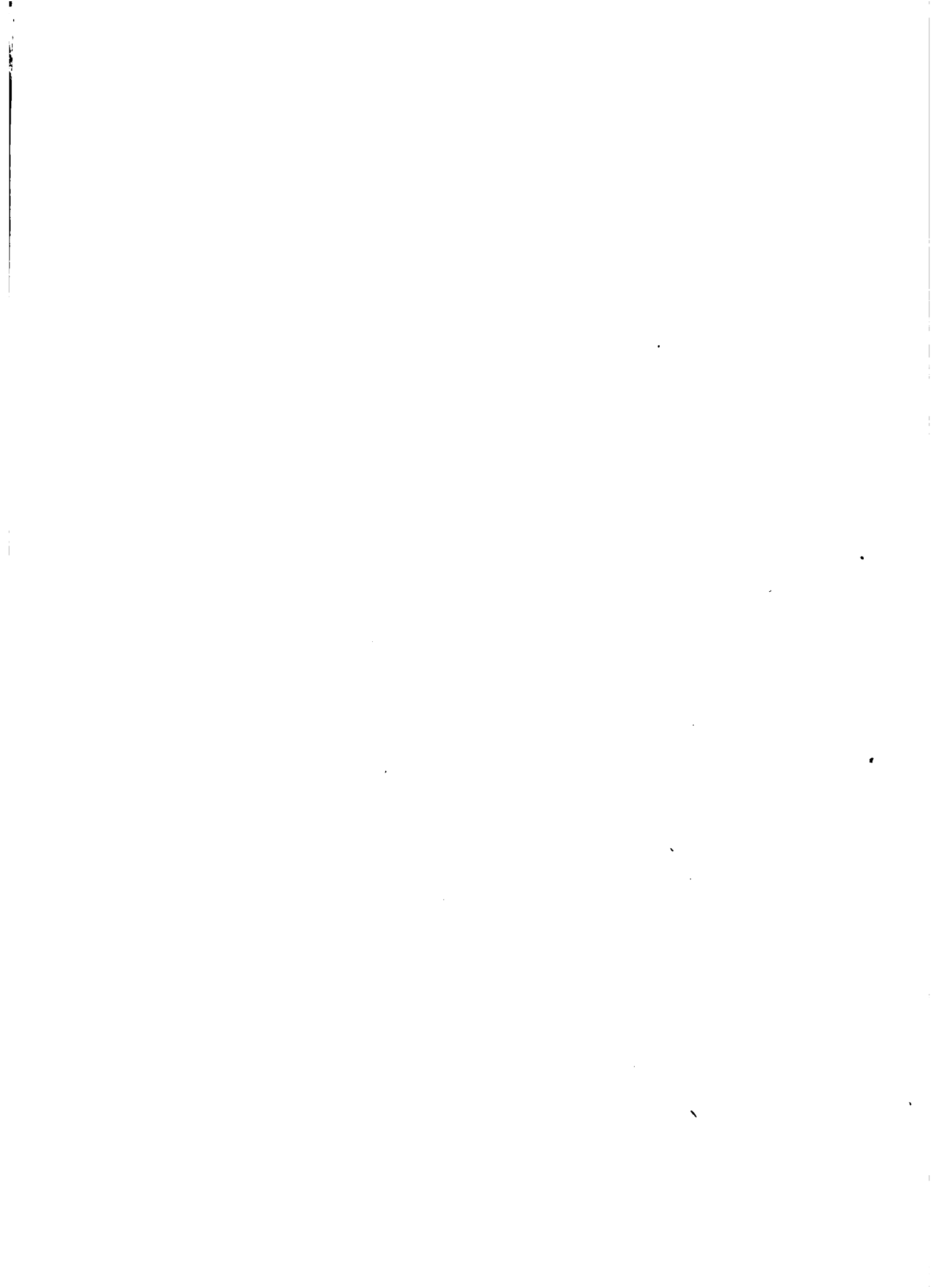
x 7 1/2

9



x 9

10



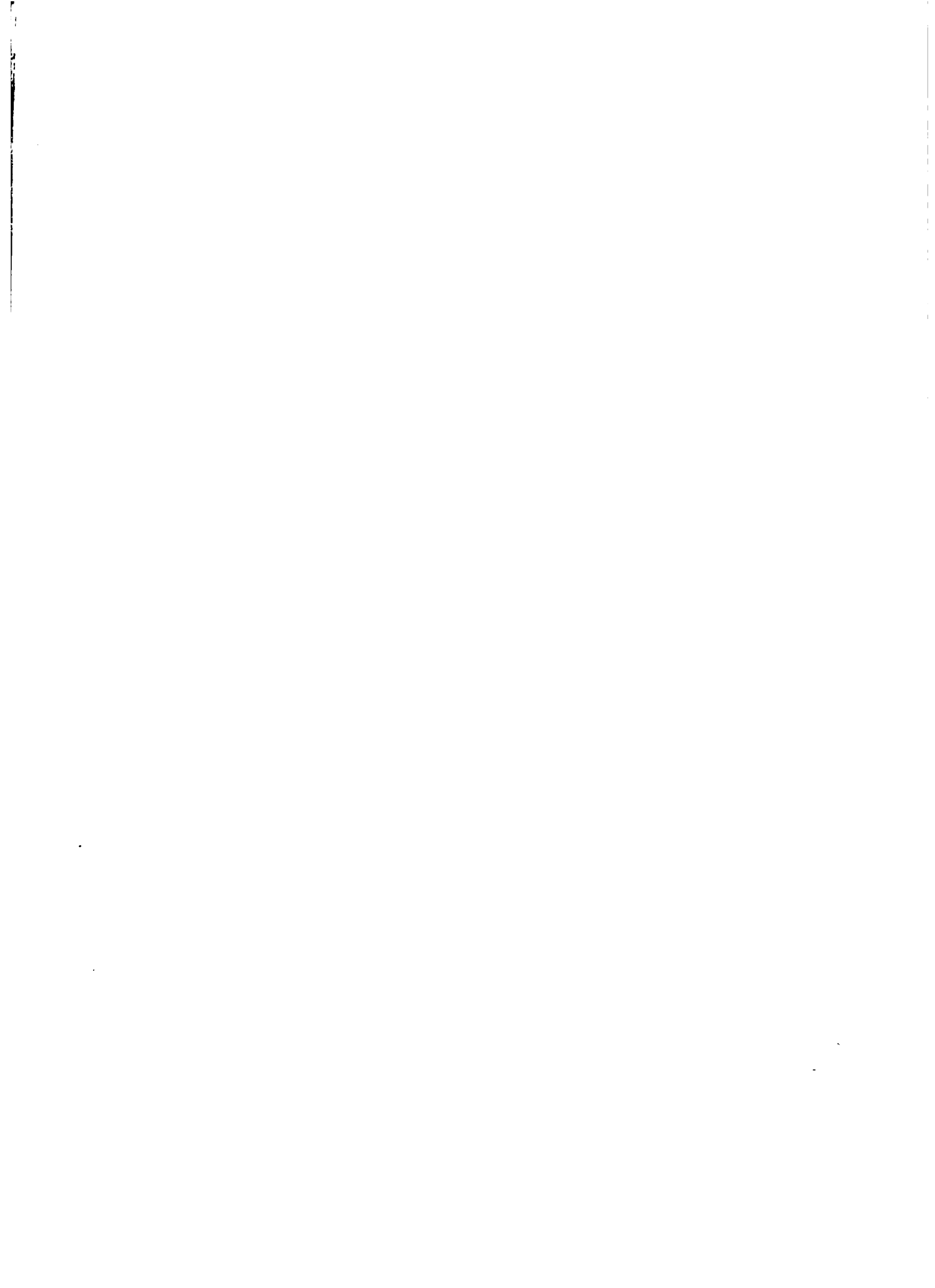
### Inflorescencia

La inflorescencia de la oca es muy variable, en algunos casos umbeliforme, y en otros cimas irregulares; pero en ambos casos, sólo una flor es producida por el pedúnculo principal de cada planta y las diferentes flores agrupadas en cimas simpodiales irregulares, aparecen en sucesivos estados de desarrollo.

La inflorescencia nace generalmente en la axila de una hoja, y no es terminal, ya que el crecimiento monopodial del tallo ha terminado su completo desarrollo cuando ésta aparece. El primordio floral tiene el mismo origen que el foliar, pero su constitución desde su formación es diferente. Se ha observado en la gran mayoría de los casos que al lado opuesto de una inflorescencia, se encuentra siempre una hoja, tal vez producida por un acortamiento del entrenudo. Este carácter es constante en todas las plantas, con ligeras excepciones en que la hoja se encuentra bajo ó sobre la inflorescencia.

Cada inflorescencia lleva de 5 a 12 flores pedunculadas y en cierto modo, su número serviría para la identificación de variedades. Los pedúnculos de las inflorescencias varían grandemente en longitud con una misma planta; miden de 6 a 15 cm. de largo, y en su extremo distal se dividen en ejes sucesivos menores, y están provistos de una articulación o anillo corchoso cuya posición es variable, por la cual se produce la abscisión de la flor.

En la unión de las cimas al eje principal de la inflorescencia, se observan dos brácteas pequeñitas, así como al lado opuesto de los pedúnculos florales.



El desarrollo de la inflorescencia se inicia como un punto vegetativo redondeado del cual van diferenciándose en sucesión acrópeta las partes de la futura inflorescencia, sostenidas en línea recta por un eje principal, en el que se nota un nervio embriónico que lo recorre longitudinalmente (Fig. No. 4). Este cordón vascular constituye el rastro de la inflorescencia que cuando alcanza su madurez se ramifica en hacecillos vasculares a cada flor.

### F l o r

Las flores pentámeras de la oca cultivada presentan todas un color amarillo-anaranjado más o menos pronunciado, y están colocadas sobre pedúnculos delgados, provistos en su base de brácteas pequeñas. Las flores son bisexuadas y se autopolinizan; no obstante, existe en estas plantas un alto grado de alogamia.

El cáliz está constituido de cinco sépalos imbricados y soldados entre sí hasta cierta altura, formando la espiral más externa del ciclo floral; los sépalos tienen 12 mm de largo y 2 a 3 mm de ancho. Su ápice es truncado, presentando éste dos pequeñas alas redondeadas que se unen en el extremo distal del nervio principal (Fig. No. 8).

La corola está integrada por cinco pétalos festoneados, de color amarillo anaranjado, recorridos en todo su largo por delgadas estrías pupúreas. Los pétalos se encuentran unidos basalmente entre sí, y por medio de una uña al receptáculo floral (Fig. No. 8); tiene 2 cm de largo y su mayor ancho varía entre 8 a 9 mm. El crecimiento de la corola se produce después que el cáliz ha alcanzado su completo desarrollo y llega a la madurez con la ántesis floral, siendo el diámetro de

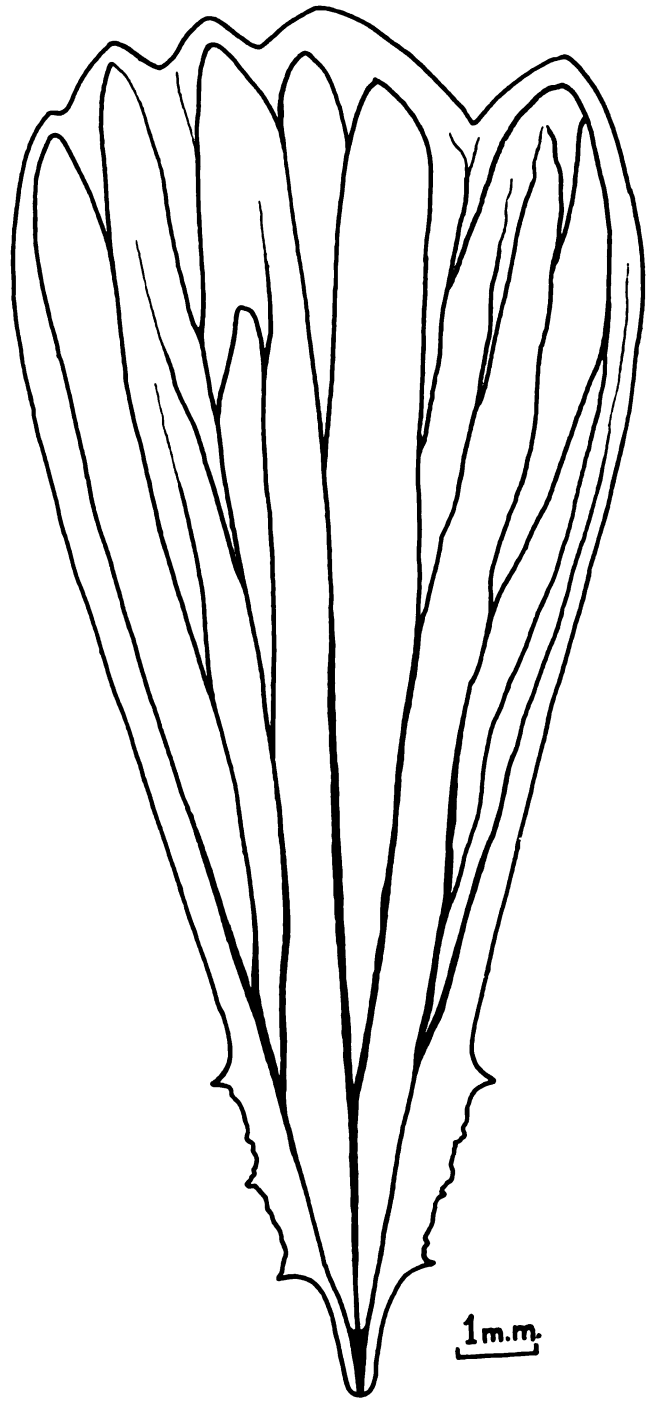
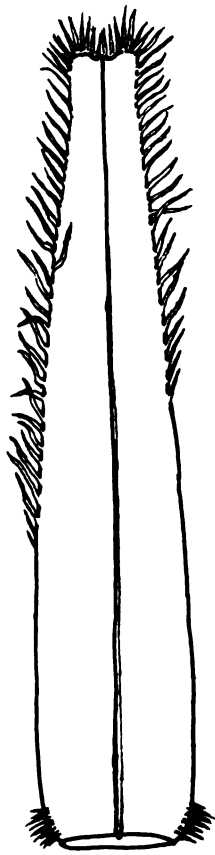


FIGURA No. 8

Dibujos: de un sépalo y un pétalo mostrando la nervadura del mismo.









la corola en este estado de 2.5 a 2.8 cm.

Los estambres se encuentran en número de 10, dispuestos en dos verticilos. El primer verticilo externo alterna con los sépalos y el segundo, con los pétalos, siendo los estambres del primer verticilo más pequeños que los del segundo. El verticilo estaminal se encuentra soldado desde la base hasta cierta altura en que todos siguen libres (monadelfos); los estambres del verticilo externo se encuentran soldados hasta la mitad y los del verticilo interno lo están sólo en un tercio de su largo, a partir del cual se nota en estos estambres una pequeña prominencia que sale hacia atrás y arriba, encontrándose a continuación de ésta, unos pequeños pelos unicelulares. Los filamentos estaminales son acuminados y en su ápice llevan una antera con dos sacos polínicos, que a la madurez presentan una dehiscencia longitudinal (Fig. No. 9).

El gineceo está constituido de un pistilo compuesto de 5 carpelos (pentaloculado), soldados axilarmente. El ovario es súpero y aloja en su interior 20 o más óvulos anátropos sujetos a la placenta central. Cada carpelo termina en un estilo y un estigma propios, persistentes, habiéndose corroborado lo dicho por Hill (14) sobre la característica en longitud que presenta el estilo, permitiendo ésta, dividir las flores en tres grupos: longistilas, mediotilas y brevistilas. Las flores de Oxalis tuberosa son pues, trimórficas y se ha comprobado que estas tres formas de flores tienen estrecha relación con el color de los tubérculos; así: las flores longistilas corresponden a la variedad de oca de tubérculo amarillo, las flores mediotilas a los tubérculos de color blanco, mientras que las flores



FIGURA No. 9

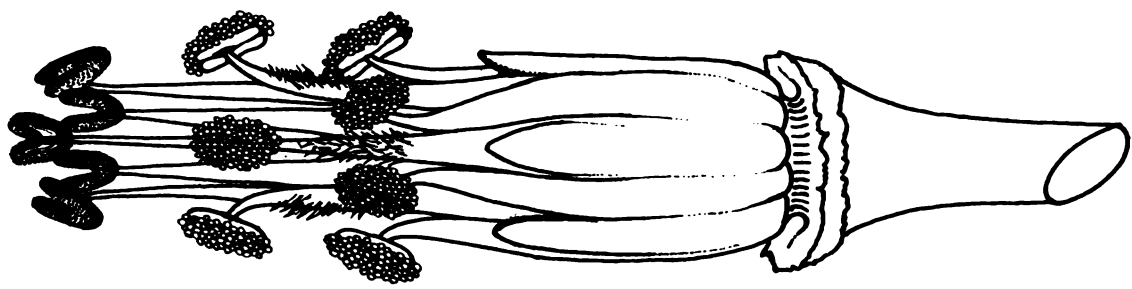
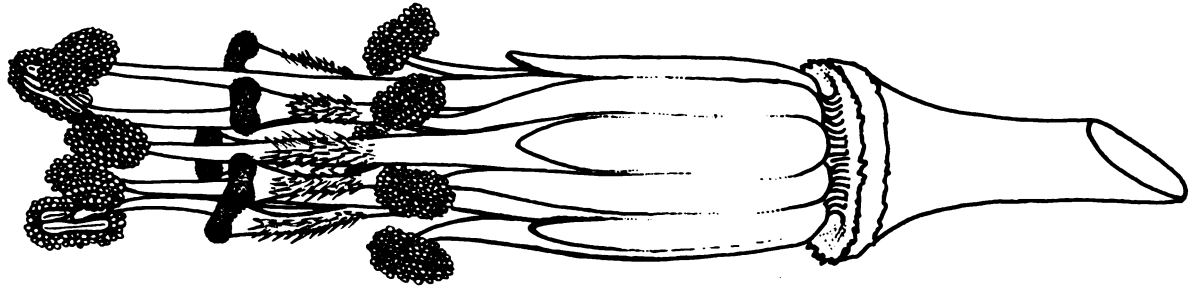
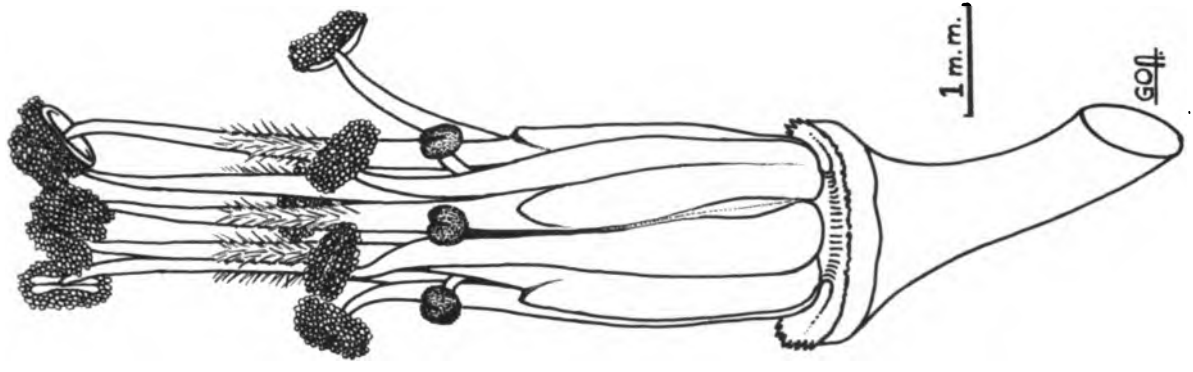
Aspecto que presentan los órganos sexuales de las flores de Oca, mostrando su heterostilia (Tristilia).



Brevistila

Mediostila

Longistila







brevistilas nacen de tubérculos rojos (Fig. No. 9). Los estigmas correspondientes a cada una de estas tres formas de flores son también diferentes. En las flores con estilo largo, los estigmas están profundamente divididos y cada división se prolonga hacia arriba. En las flores mediostilas el estigma se extiende lateralmente sobre el estilo, siendo estas partes más densas que la parte central. En las brevistilas el estigma es redondeado mostrando una hendidura en la parte superior. A diferencia de las formas mediostilas y brevistilas, los estambres de las flores longistilas son más cortos que en las dos formas anteriores, porque en ésta son los estigmas los que ocupan la parte más alta de la flor.

Esta adaptación de algunas plantas superiores a la heterostilia, provoca en alto grado la exogamia favoreciendo la interfertilización. "No es solamente la posición relativa de las anteras y estigmas lo que favorece la alogamia, sino que existen además otras diferencias morfológicas cuya acción es muy importante (38)", y estas las podemos resumir así: posición de los estigmas, posición de las anteras, tamaño de los granos de polen, reacción de incompatibilidad del estilo, etc., etc.

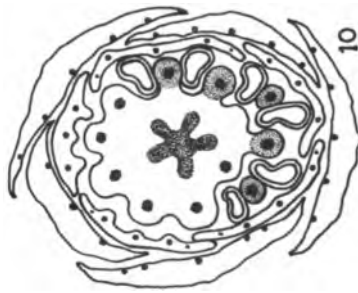
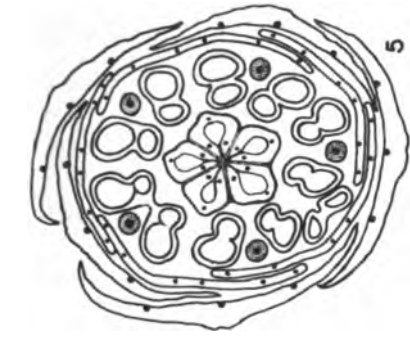
El tejido vascular constituye en el pedicelo de la flor una región más o menos continua pero cuando éste se ensancha para formar el receptáculo floral, sepáranse de este cilindro poco a poco cinco pequeños hacecillos que se inclinan hacia afuera y arriba los que formarán los rastros vasculares de los sépalos. Los intervalos de parénquima dejados entre ellos en dicho punto de divergencia, se cierran un poco más arriba y el cilindro vascular parece nuevamente



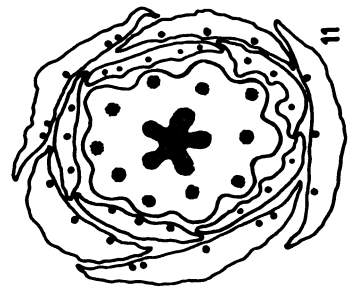
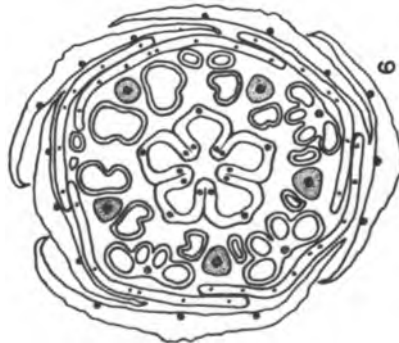
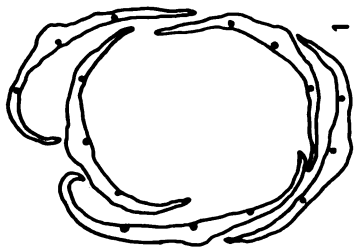
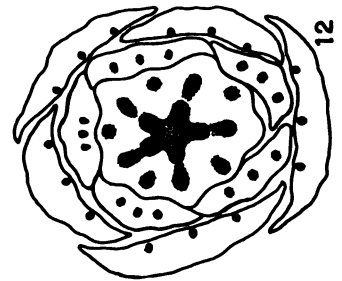
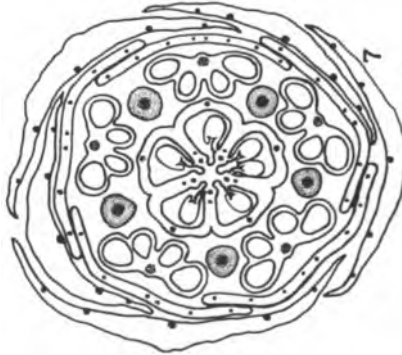
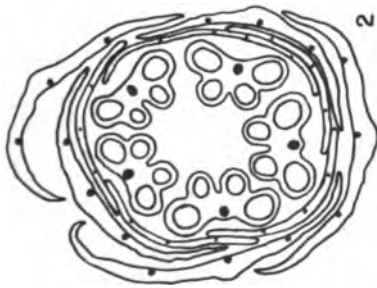
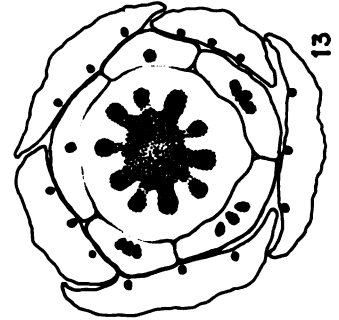
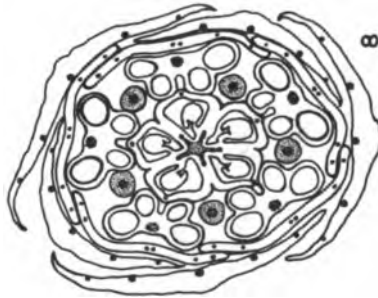
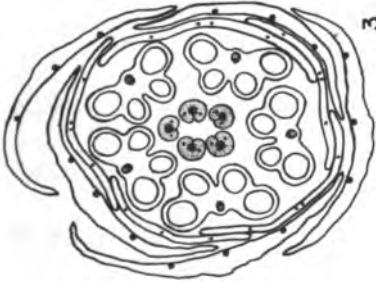
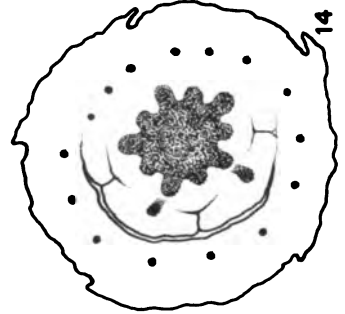
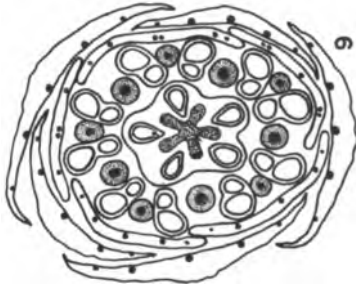
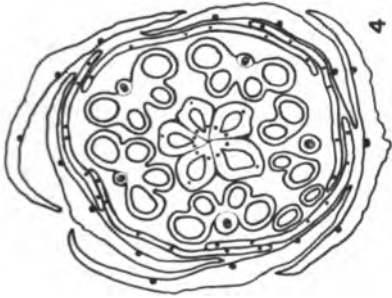
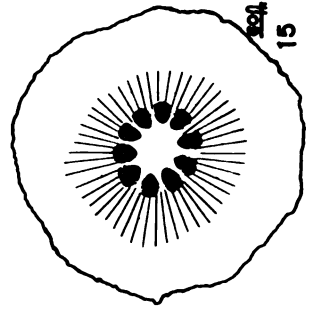
FIGURA No. 10

Cortes transversales sucesivos de un botón floral, mostrando sus partes constitutivas y la disposición de los haces vasculares.





1 m.m.





continuo. A esto sigue la divergencia de cinco haces que constituyen los rastros de los pétalos que alternan con los rastros de los sépalos. Los cinco haces se dividen al entrar en cada pétalo en tres haces que recorren gran parte de éstos y se ramifican en otros más pequeños, llegando muy divididos al extremo distal del mismo.

Encima del punto de separación de los rastros de los pétalos, divergen cinco haces que serán los que ingresen al verticilo externo de estambres que alternan con los sépalos y enfrentan a los pétalos, divergiendo casi al mismo tiempo y un poco más arriba los otros cinco haces que formarán los rastros del segundo verticilo estaminal que alternan con el rastro de los pétalos y son opuestos a los rastros de los sépalos (Fig. No. 10).

Más arriba del nivel en que divergen los rastros estaminales el sistema vascular queda reducido en cinco haces casi reunidos a manera de una estrella; éstos formarán los rastros carpelares. Cada haz se divide en tres hacecillos uno de los cuales es externo y recorre la pared carpelar del ovario y los otros dos siguen por la placenta a lo largo de todo el ovario, habiendo ramificaciones hacia los óvulos; así entran en el estilo y llegan hasta el estigma donde se anastomosan (Fig. No. 11).

### Fruto y Semilla

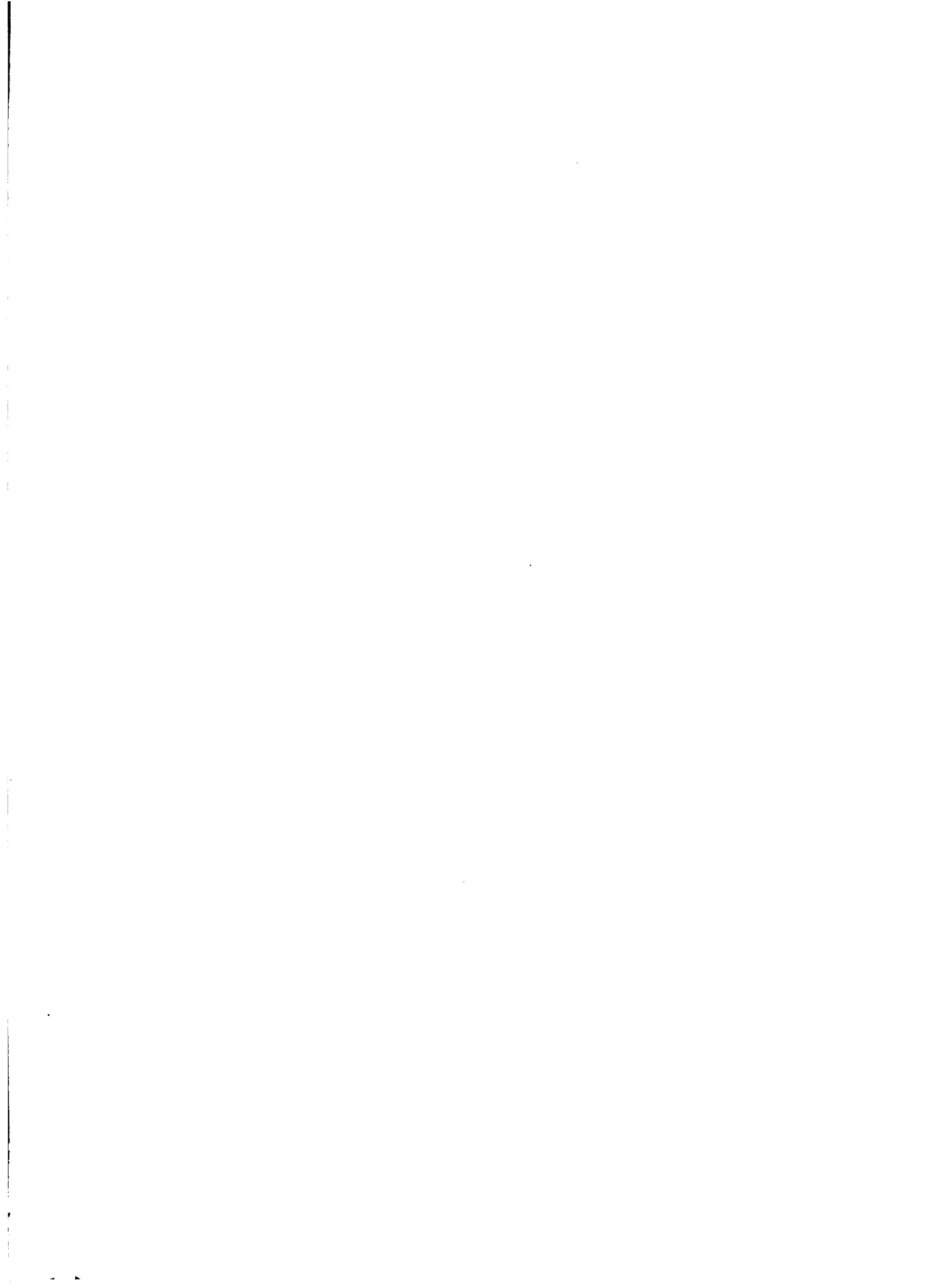
El fruto es una cápsula con dehiscencia loculicida que a la madurez expelle la semilla en forma explosiva al separarse el arilo de la cubierta seminal elástica. Las semillas castaño-amarillentas son pequeñas (0.8 mm) redondeadas y ariladas. Durante el desarrollo el óvulo

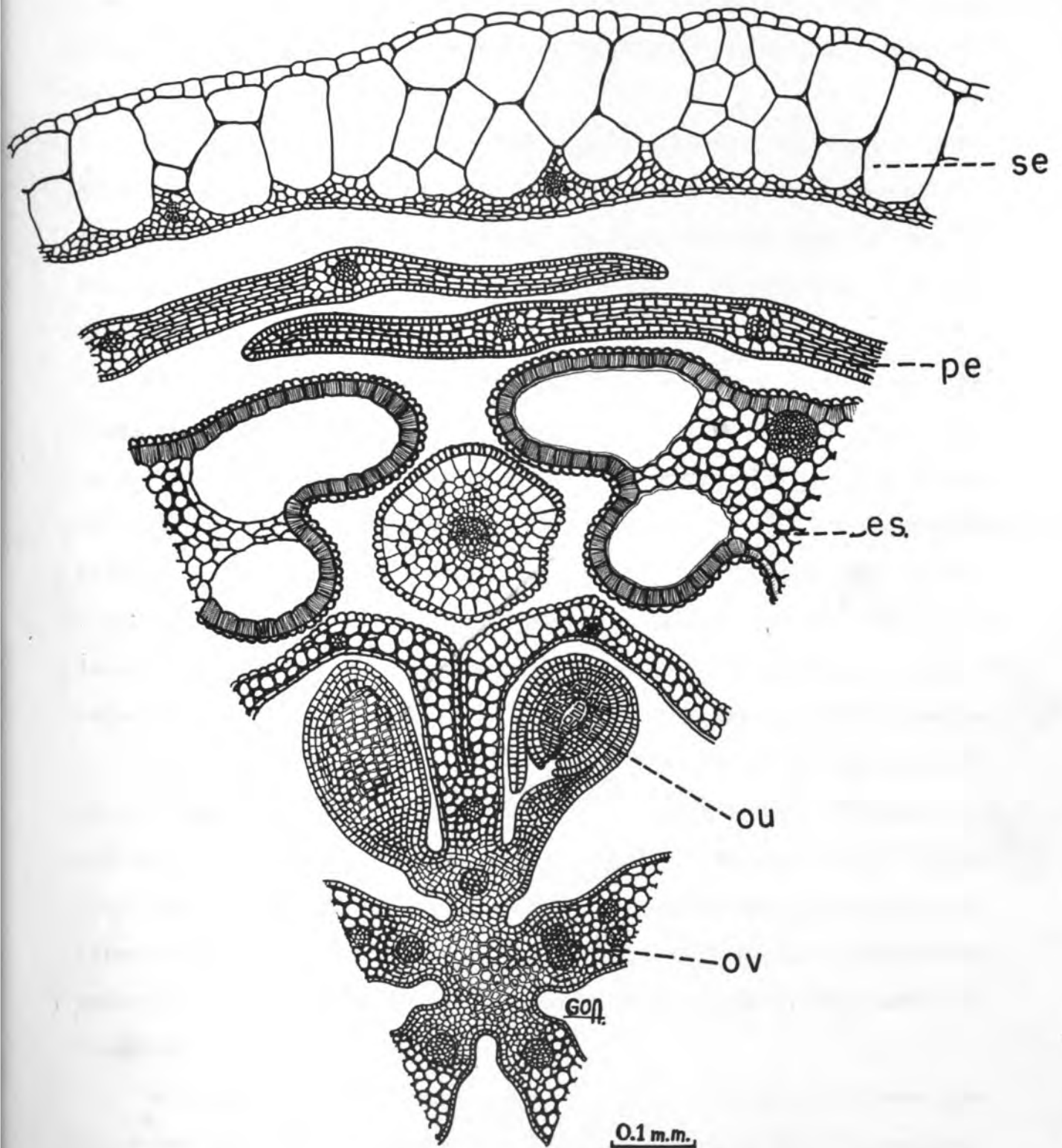




FIGURA No. 11

Corte transversal por un sector de una flor: es, estambre;  
ou, óvulo; ov, ovario; pe, pétalo; se, sépalo.





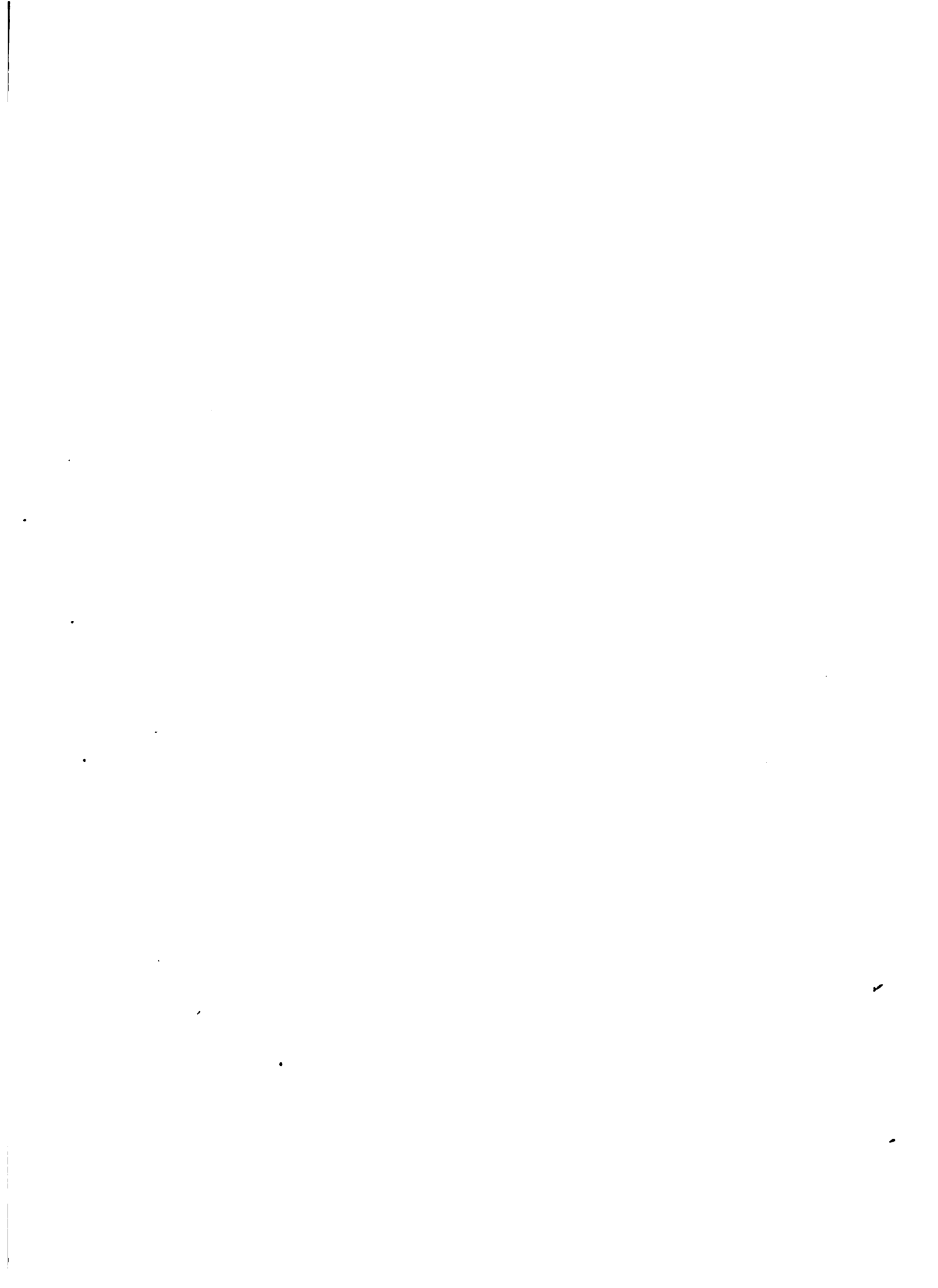


aparece en una placenta macisa axil. La orientación del óvulo es anátropo y siempre el arilo se encuentra dirigido hacia la cubierta ovárica.

Originalmente el tegumento tiene algunas células de espesor, pero a medida que avanza su madurez se hace duro y se nota una diferenciación definida en sus tejidos; dentro de ésta, hay una zona intermedia constituida por un endosperma blando, succulento, en medio del cual flota un embrión derecho que tiene la forma de un tridente.

Es curioso que en Oxalis tuberosa la obtención de semilla sea casi nula; de ordinario ocurre que la abscisión de la flor tiene lugar antes de que maduren éstas. Se han expuesto varios criterios sobre esta anomalía. Se cree que esto se deba a influencias fisiológicas que actúan independientemente del desarrollo del polen y del pistilo, pero se ha visto que en el pedúnculo floral existe una pequeña articulación; en este punto se observa una estrangulación del pedicelo, debajo del cual, las células son más pequeñas que en los tejidos situados inmediatamente en su derredor. La capa de células meristemáticas se multiplican hacia abajo y el pedúnculo se hincha debajo de la constricción, entonces el tejido activo forma un callo sobre la superficie de ruptura y la flor se cae. Esto sucede en la gran mayoría de las flores de oca, por lo que, raras veces se encuentran semillas; sin embargo, se han encontrado algunas flores fecundadas que no sufrieron la abscisión y cuyas semillas eran normales.

Es necesario hacer presente aquí que no ha sido posible hacer germinar semillas por no haber tenido material a disposición, no pudiendo explicar el proceso germinativo. Todo el trabajo ha sido estudiado de material reproducido vegetativamente.



### R a í z

La propagación vegetativa de la oca determina la formación de vástagos aéreos, raíces adventicias, estolones y rizomas. Todo el sistema radical es adventicio y fasciculado, y a diferencia de la papa, se han observado algunas raíces emitidas por el tubérculo. En la generalidad de los casos, las raíces adventicias se encuentran en los pseudonudos de los brotes tiernos desarrollados de las yemas ú "ojos" de la "semilla". Toda la raíz es muy ramificada, teniendo numerosas raíces laterales que a su vez se ramifican llegando a penetrar profundamente en el suelo, por lo que el sistema absorbente es muy eficaz.

Estas raíces se presentan en los pseudonudos del vástago, y su punto de origen se encuentra en la región pericíclica de la parte subterránea de la estela. El primer indicio de formación de una raíz adventicia consiste en la activación de las células pericíclicas que primero se alargan radialmente y luego se dividen tangencialmente comenzando a emerger a través de la endodermis, abriéndose paso mecánicamente a través de la corteza hasta salir al exterior. Las raíces adventicias son frecuentemente poliarcas. En todos los casos, el xilema primario es centrípeto, y la disposición del floema primario es radial. Posteriormente cuando el xilema primario ha llegado a su completa madurez, se inicia la actividad cambial en la zona entre el xilema y el floema. Cuando esto sucede, aparecen elementos xilemáticos secundarios centrípetos y floema secundario dispuesto centrífugamente. Los vasos del xilema son grandes y están dispuestos en hileras radiales,





rodeados de parénquima o de vasos de menor diámetro. El floema secundario consiste en tubos cribosos, parénquima y algunas células anexas.

En los estados finales del desarrollo, la corteza se hiende y fragmenta hasta cerca de la endodermis; las células externas de la corteza mueren, las cercanas a la endodermis engrosan sus paredes tangenciales y las pericíclicas forman una peridermis.

### Estolón

En la axila de cada hoja de la porción subterránea del tallo, hay una sola yema simple (a diferencia de la papa que tiene una yema compuesta) que consiste en una rama abreviada; esta rama se desarrolla y forma los estolones; por lo tanto, éstos son de tipo caulinar ya que nacen de una yema axilar, y su ontogenia se asemeja a la de un vástago aéreo (Fig. No. 1).

En un comienzo los estolones son delgados, cilíndricos y poseen pequeñas hojas rudimentarias triangulares a manera de escamas. Más tarde llegan a tener mayor diámetro y a crecer en longitud hasta alcanzar cerca de 30 cm. en muchos casos. Los estolones pueden ser únicos o tener ramificaciones secundarias laterales en gran número, de cada cual formará un rizoma. Generalmente tiene raíces y éstas salen en número de tres por debajo de la hoja rudimentaria, dos de las partes laterales y una central un poco más arriba de la yema axilar; sin embargo, hay ligeras modificaciones y se han observado una o dos solamente.

Los estolones pueden ser coloreados o no y la intensidad del color depende de la variedad, pues en lasocas "Negras" la coloración rojo-



vinoso del estolón es muy pronunciada, pudiendo estar ésta diluída uniformemente o ser más intensa en los pseudonudos, así como en su unión con el eje caulinar.

La formación de los rizomas comienza generalmente al final del período de floración. Existen variedades tempranas en que la formación de rizomas invariablemente comienza cuando los botones florales están completamente desarrollados mientras que en las variedades tardías, la formación de rizomas no se realiza sino hasta que los botones florales se han abierto completamente.

### Rizoma

Morfológicamente el rizoma de la oca es un tallo engrosado, corto, con hojas escamiformes la mayoría de las veces prominentes, en cuyas axilas u "ojos" se encuentra una sola yema simple.

La formación de los rizomas ocurre solamente en el extremo distal del estolón y cuando son ramificados, al fin de éstos. Se ha observado que los rizomas se presentan en mayor tamaño cuando provienen de un estolón único, no así si son de estolones ramificados. Se sabe además que la longitud del estolón y el tamaño del rizoma están asociados con la posición de éste sobre la porción subterránea del tallo, habiéndose establecido que aquellos estolones que se encuentran en los nudos más inferiores producen rizomas de mayor peso, siendo los estolones más largos aquellos que se encuentran más cerca de la superficie del suelo.

Para que se produzca el desarrollo del rizoma, cesa el crecimiento apical del eje del estolón y se produce una gran proliferación de



FIGURA No. 12

Cortes transversales sucesivos (Diagramas 1-8) del ápice de un estolón joven mostrando la divergencia de sus catáfilos y la disposición de los haces vasculares.



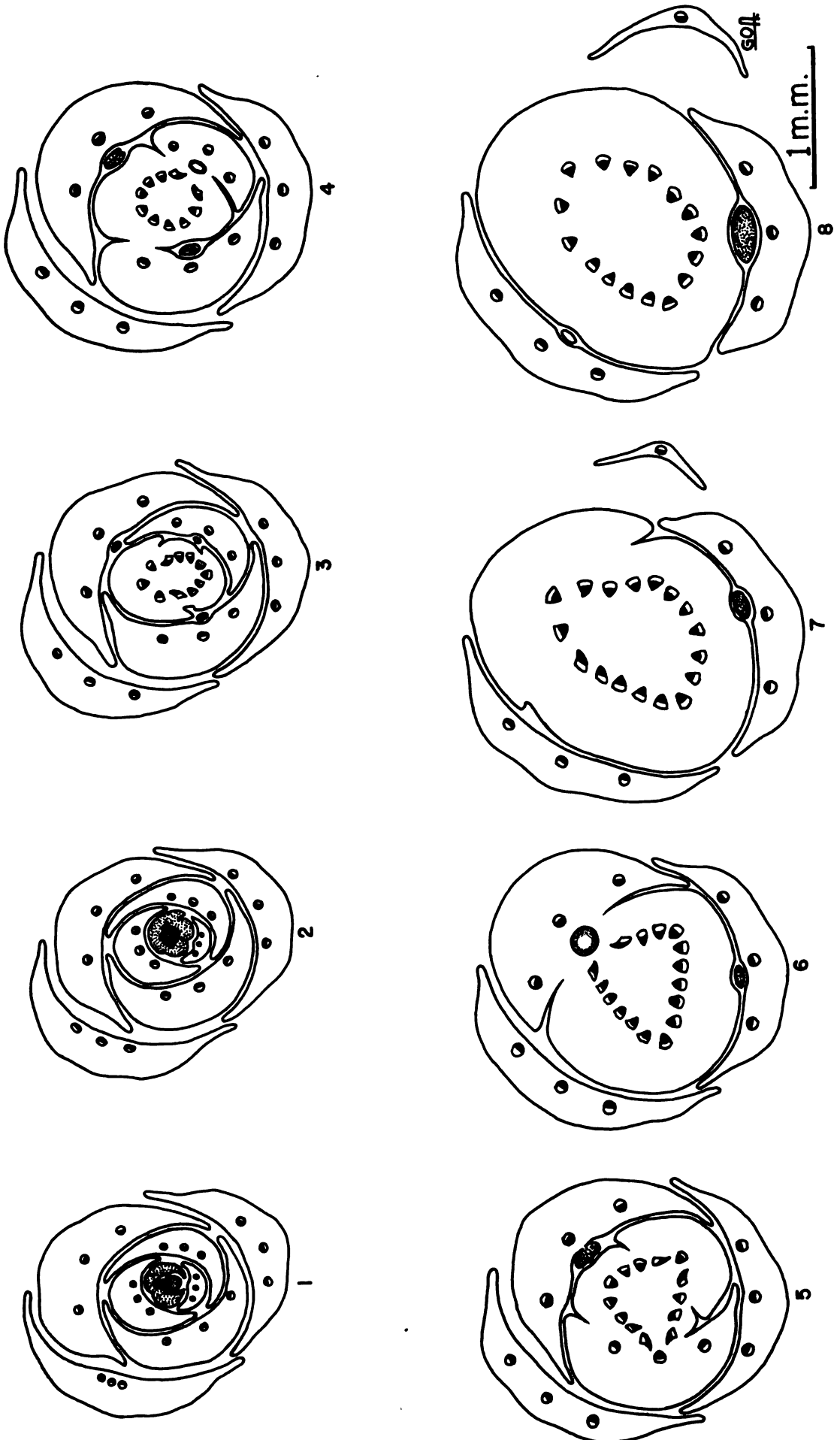


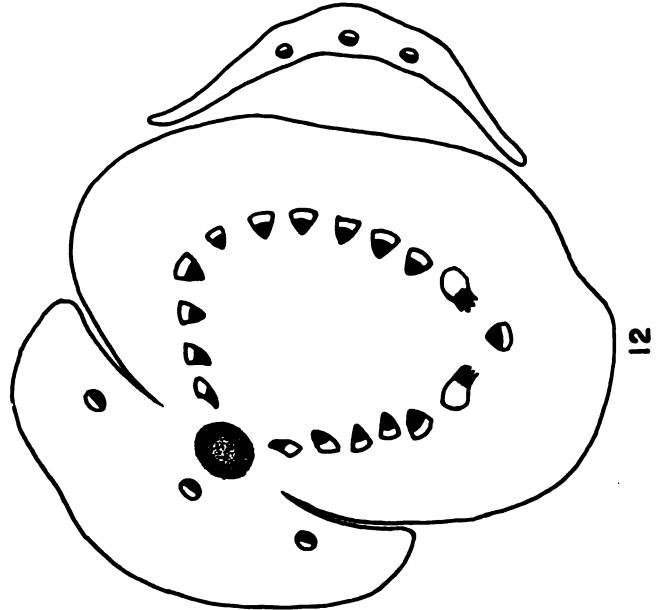
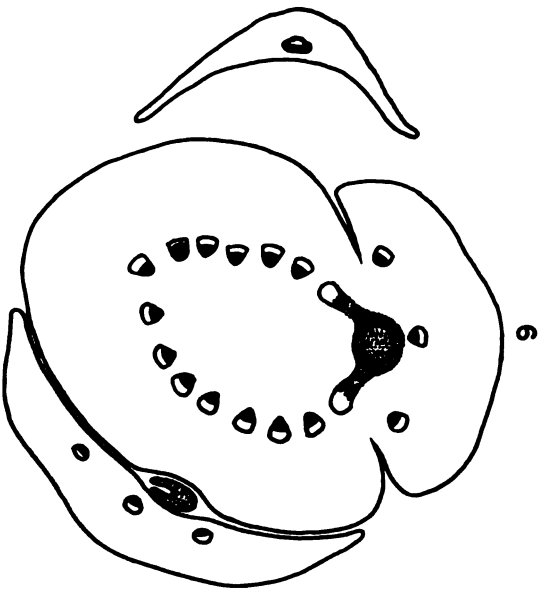
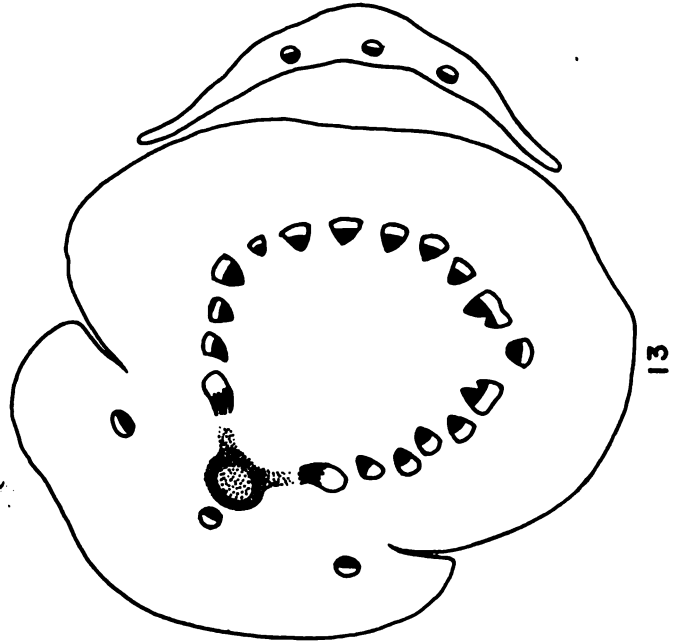
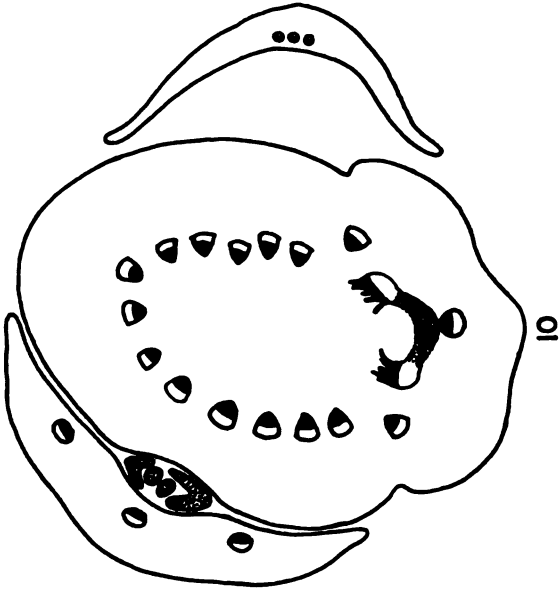
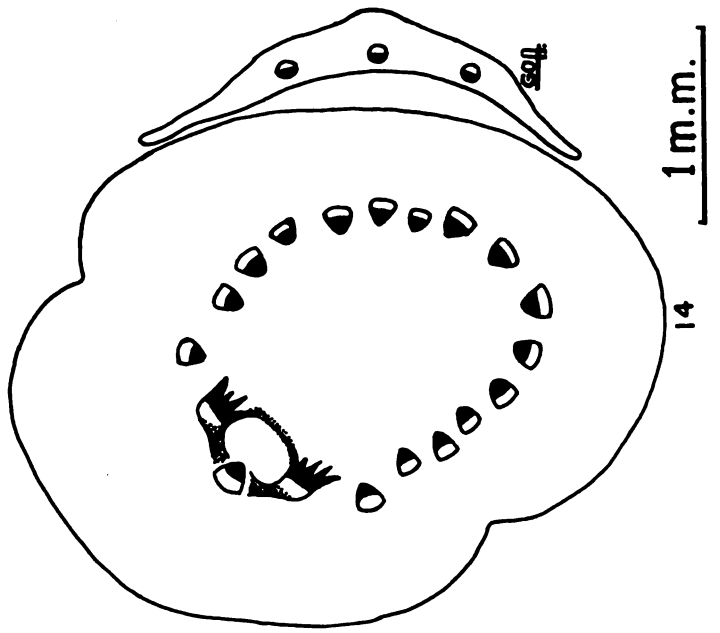
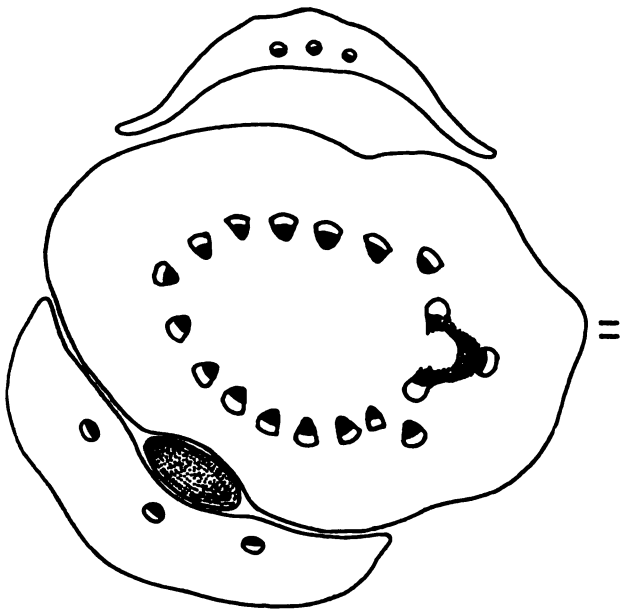




FIGURA No. 13

Cortes transversales sucesivos (Diagramas 9-14) de un estolón que comienza la proliferación celular para formarse un rizoma.







los tejidos de reserva que forman la parte principal del rizoma maduro. La actividad inicial se produce en la médula y la corteza, pero la zona perimedular es la más activa y produce la mayor parte del tejido del rizoma maduro. La médula es la primera región que crece activamente y como resultado de su aumento de tamaño, los elementos vasculares se desvían oblicuamente hacia afuera del curso normal que siguen en el eje del rizoma (Fig. Nos. 12-13). Para compensar el crecimiento medular, en las regiones cortical, perimedular y vascular, se produce un ensanchamiento tangencial y divisiones radiales de células.

Durante este período en que comienza la formación del rizoma, las células corticales acumulan gran cantidad de almidón y queda claramente definido que este es tejido de reserva; pues en esa área se encuentra la mayor concentración de almidón principalmente cerca de los haces vasculares.

Después que se ha realizado el crecimiento celular anteriormente indicado, las zonas pericíclica y perimedular se convierten en las regiones de máxima actividad de crecimiento (Fig. No. 14). Las células pericíclicas que rodean a los grupos floematosos se dividen y al igual que la corteza, acumulan también almidón; además, parece que la proliferación celular es grande porque en estados más avanzados, los haces vasculares se encuentran más distanciados por el parénquima celular acumulado entre ellos motivado por esa proliferación celular (Fig. No. 14-a). Posteriormente la capa endodérmica cuando aumenta el contenido celular en esa región, desaparece como capa distinta, como puede observarse en los gráficos que se adjuntan (Fig. Nos. 15-16).

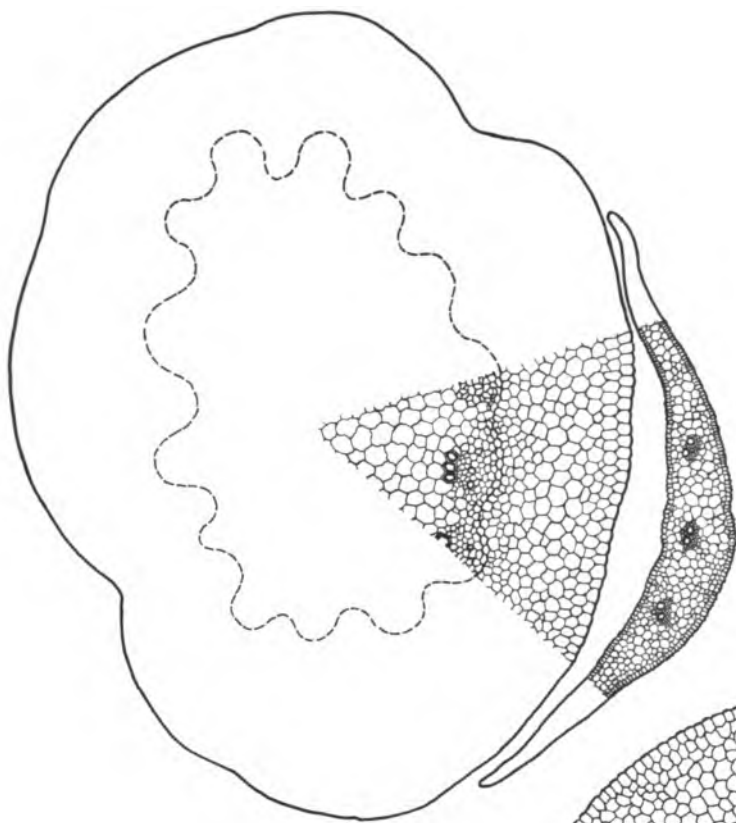


FIGURA No. 14

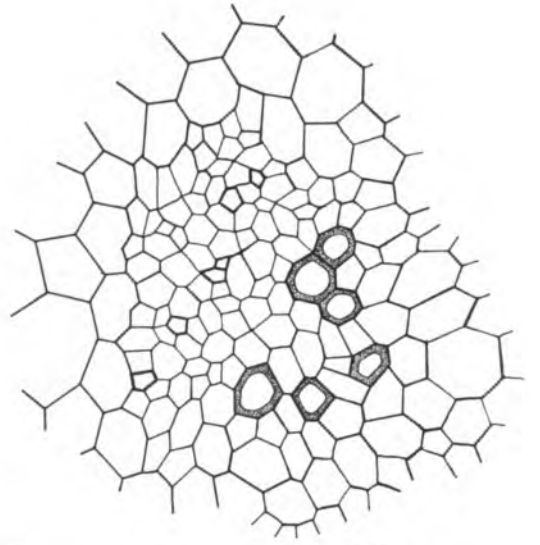
Cortes transversales de un estolón mostrando la cantidad proporcional de tejido en las zonas principales.



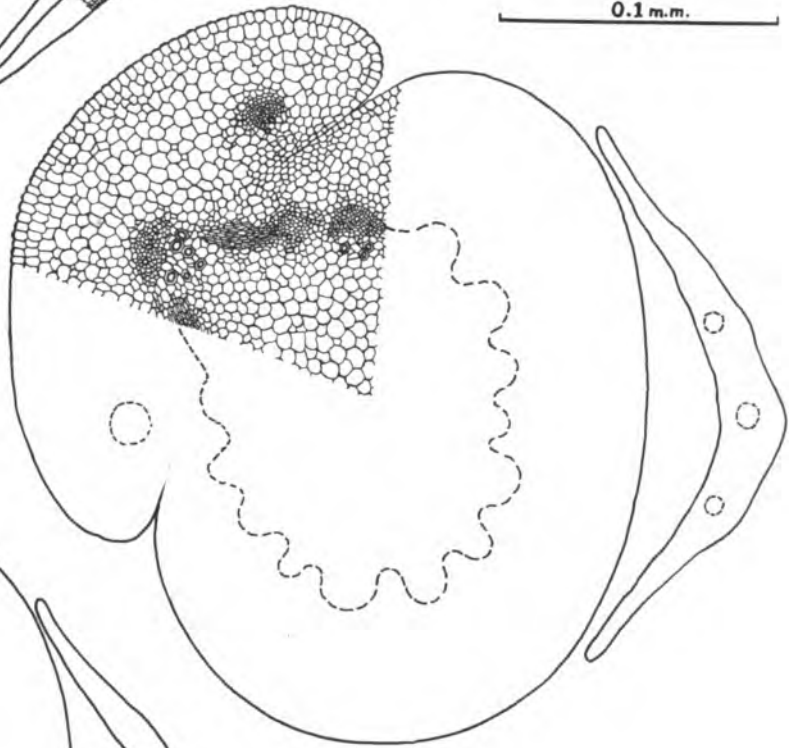




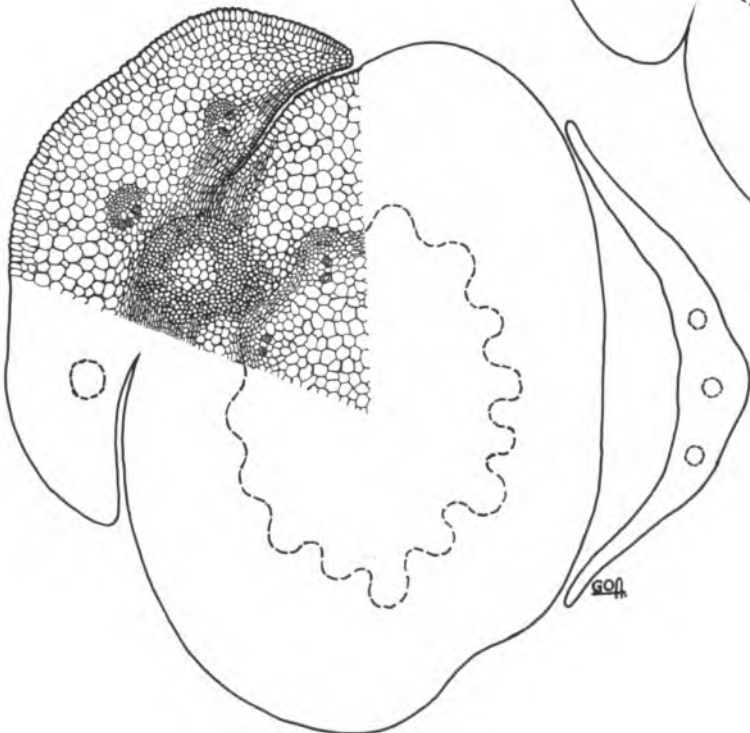
1



0.1 m.m.



2



3

1 m.m.

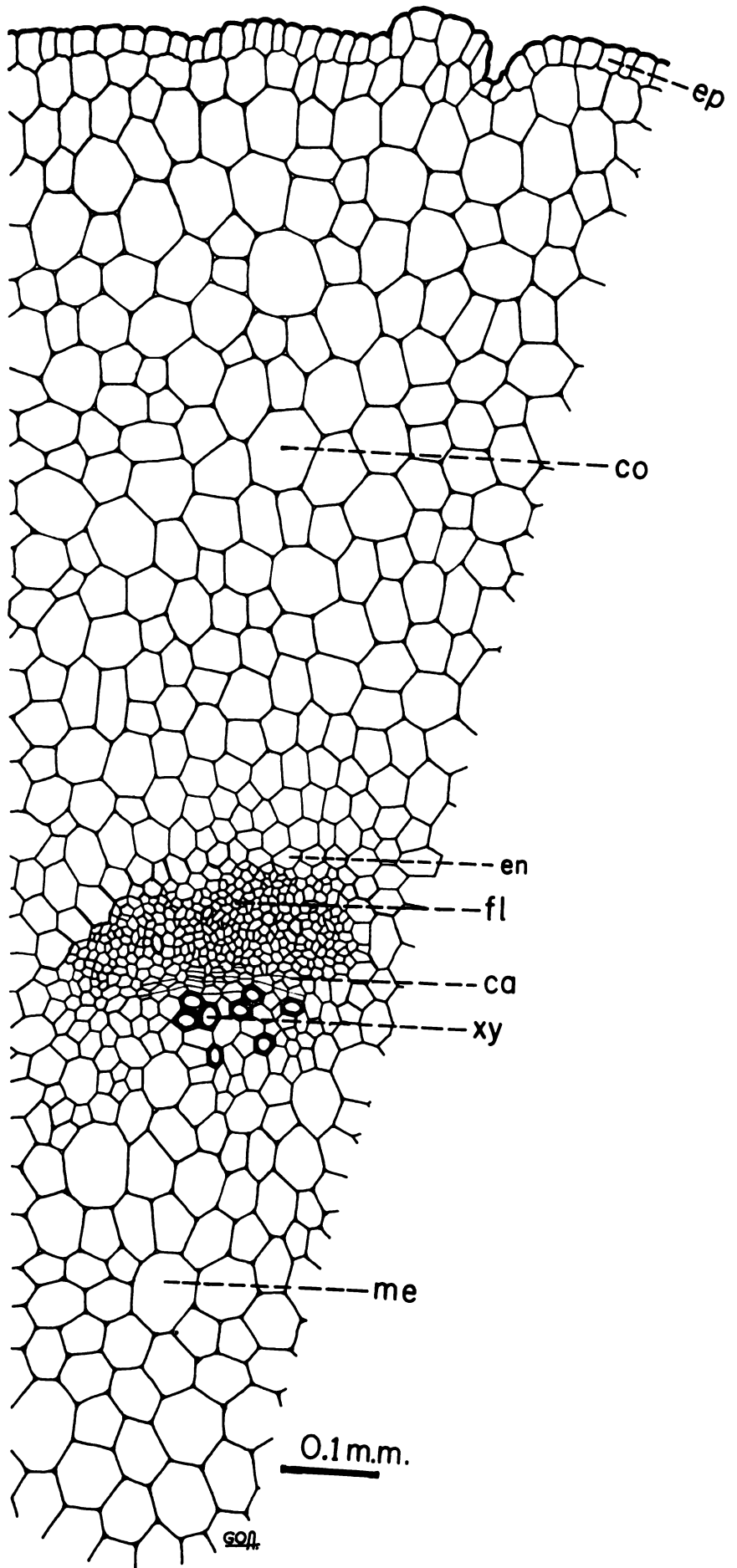
3



FIGURA No. 14-a

Corte transversal por un sector de un estolón de 3 mm de diámetro mostrando: ca, cambium; co, corteza; en, endodermis; ep, epidermis; fl, floema; me, médula; xy, xilema.





ep

co

en

fl

ca

xy

me

0.1 m.m.

500



En algunas zonas de la parte perimedular se producen variaciones semejantes a las que tienen lugar en el periciclo, lo que lleva a la extensión y desviación centripeta del protoxilema.

Mientras esto sucede, las células epidérmicas se alargan notablemente en forma radial y forman una capa compacta, sin espacios intercelulares, cubriendo su superficie con una cutícula brillante y lisa. Esta capa y algunos de los estratos inferiores de ésta, contienen los pigmentos que dan el color característico al rizoma.

Cuando ha llegado el rizoma a su desarrollo completo, las yemas u "ojos" se van diferenciando detrás de las pequeñas hojitas escamiformes (catáfilos) que están dispuestas con la misma filotaxis que en las hojas del follaje, estableciendo las yemas conexiones vasculares definitivas con la estela del rizoma.

Estructuralmente el estolón se asemeja a la del vástago aéreo y consta de dermatógeno, procambium y meristema fundamental. El dermatógeno forma la epidermis de una sola capa compuesta de células cuadradas que al principio son casi isodiamétricas, pero que después se alargan radialmente, poseyendo una cutícula delgada.

La zona del meristema se agranda sin diferenciarse y forma la zona cortical por fuera del anillo procambial y la zona medular por debajo de él. La corteza contiene un gran número de estratos celulares cuya capa adyacente a la epidermis es colenquimática, pero en menor grado que en el tallo aéreo (Ver. Figs. 2 y 14).

Las células contiguas a la endodermis son de menor tamaño y este grupo rodea los haces vasculares. Las células periféricas generalmente carecen de almidón, pero éste se presenta con mayor densidad en los

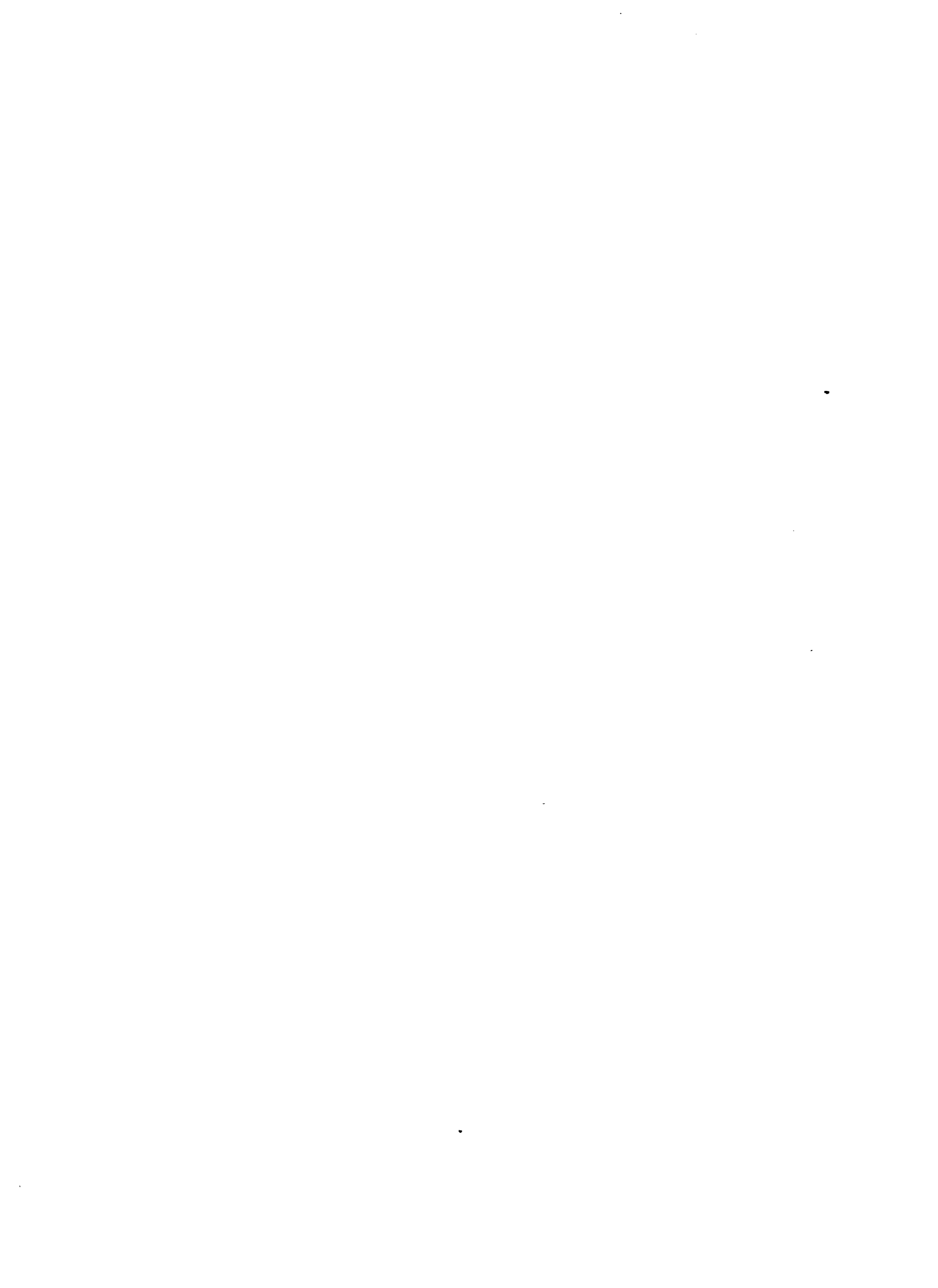
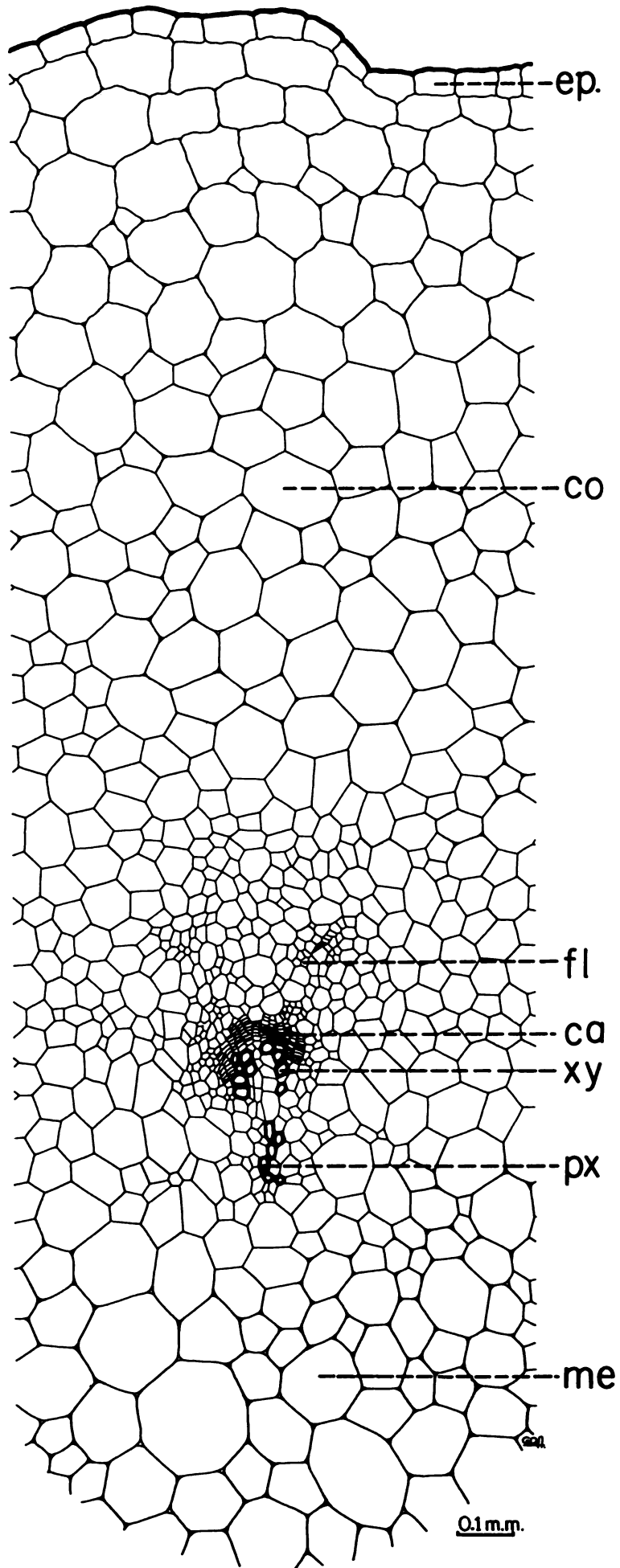




FIGURA No. 15

Corte transversal del sector de un rizoma de 7 mm de diámetro. Ca, cambium; co, corteza; ep, epidermis; fl, floema; me, médula; px, protoxilema; xy, xilema.







estratos cercanos a los haces. La médula del rizoma joven es relativamente más pequeña en comparación con la corteza.

El desarrollo del tejido vascular a partir del procambium es semejante al del tallo aéreo, pero en proporción, se forma más floema que xilema. El grupo del floema forma un conglomerado celular grande, limitado por la endodermis. Los elementos xilemáticos son poquísimos. Entre el floema y xilema primario, hay una capa de cambium que más tarde originará floema y xilema secundarios.

El xilema primario del rizoma joven consiste de algunos elementos helicados, esparcidos y rodeados de parénquima.

La anatomía del rizoma maduro se conduce casi como la del tallo aéreo, pero con ciertas modificaciones por su carácter especializado. Desde la periferia hacia el centro del rizoma, podemos diferenciar las siguientes partes: epidermis, corteza, haces vasculares y médula central.

La epidermis está constituida de una capa de células unidas entre sí por sus paredes radiales y hacia la parte interna, con un estrato celular casi similar al anterior, pero éste es algo colenquimático, sin espacios intercelulares.

La corteza consiste de una estrecha franja de tejido de reserva que sigue a la epidermis conteniendo sus células periféricas, pigmentos antociánicos que dan el color al rizoma en aquellas variedades coloreadas. Estos estratos contienen escasos granos de almidón, encontrándose la mayor concentración en los estratos cercanos a los haces.

La médula forma un parénquima central presentando en corte un aspecto irregularmente estrellado, cuyas ramificaciones de tejido

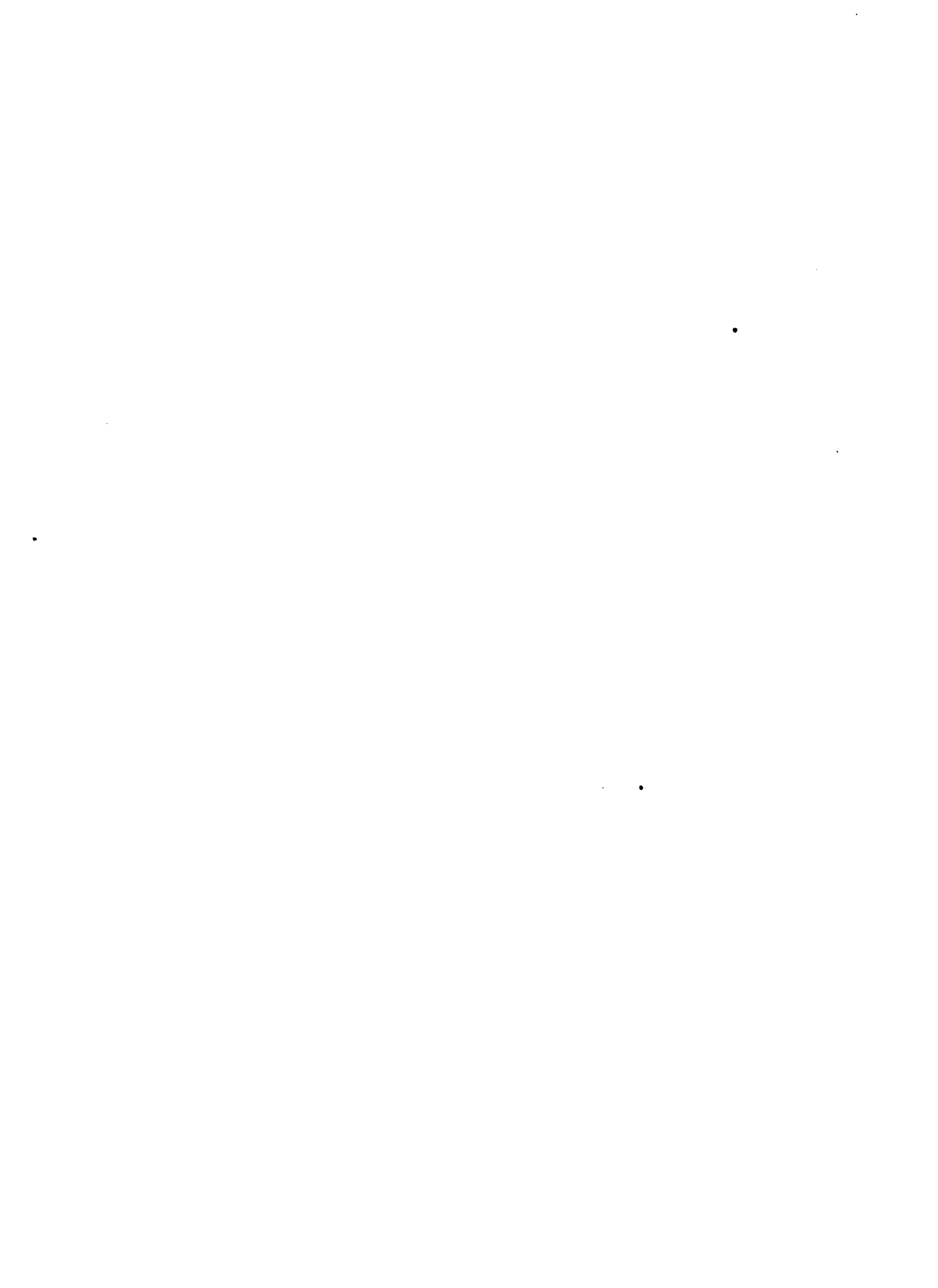
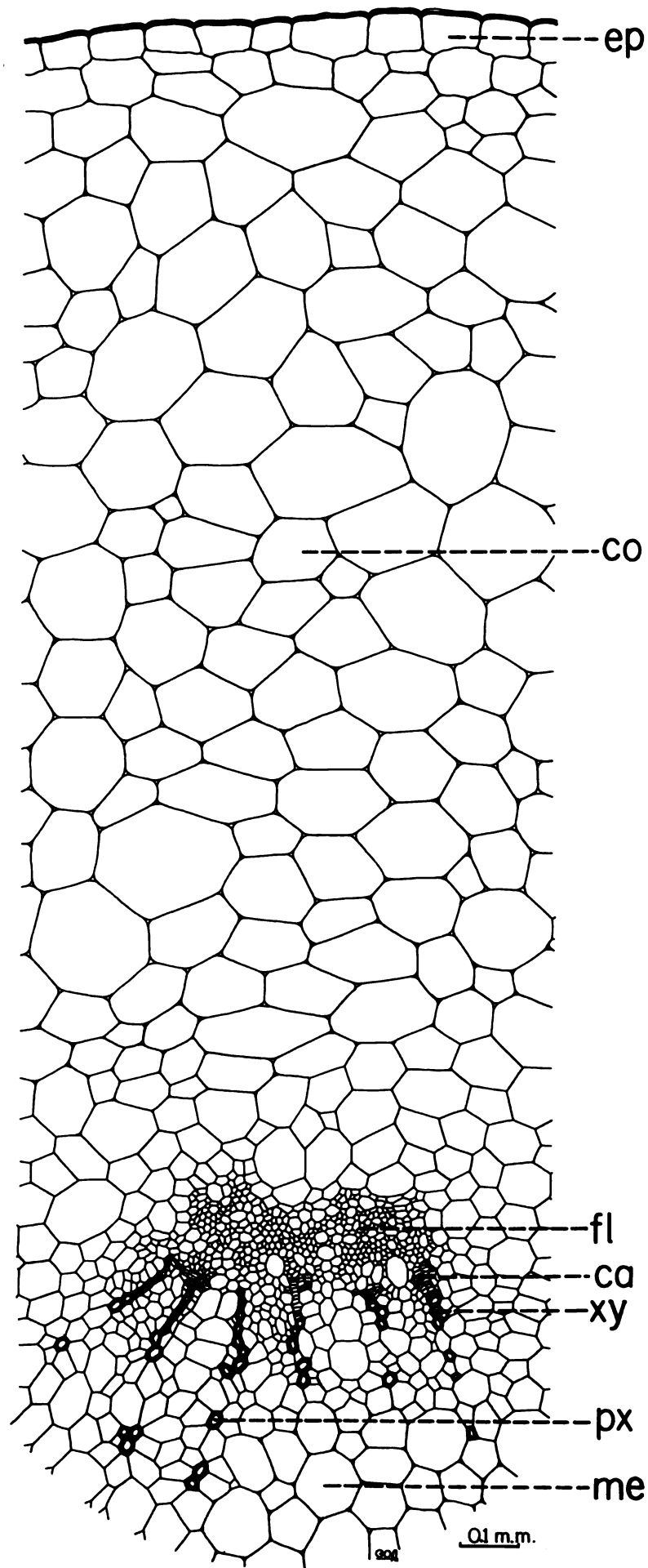


FIGURA No. 16

Corte transversal del sector de un rizoma de 28 mm de diámetro mostrando: ca, cambium; co, corteza; ep, epidermis; fl, floema; me, médula, px, protoxilema; xy, xilema.









parenquimático, separan los haces vasculares. El contenido amiláceo de las células es relativamente bajo, alojando un mayor contenido de agua.

Los haces vasculares situados entre la corteza y la zona medular son aislados, colaterales, conteniendo floema y xilema secundario. Los elementos floemáticos se encuentran reunidos más o menos simétricamente no así los elementos de xilema, cuya disposición vascular es muy dispersa encontrándose algunos en forma radial debido a la proliferación celular de la zona perimedular motivada por el crecimiento diametral del rizoma. Estos elementos consisten de conductos helicados y escasos anillados (Fig. No. 16).

La forma de los rizomas, así como también la coloración de la epidermis, son muy variadas, tanto como las variedades mismas. Esto se ha podido comprobar en el material de estudio, así como también en los sembrados visitados en el país de origen.

Siendo el rizoma la parte vegetativa que sirve de gran ayuda para la identificación de las variedades, se hará a continuación una breve descripción de sus características, principalmente en cuanto a forma y color.

Es necesario hacer presente que en el Perú las variedades no son conocidas con nombres especiales, sino que a éstas se las designa de acuerdo con la forma y el color o simplemente con el color, excepción de algunas variedades que reciben nombres tales como "Espeja", "Cañara", "Huaricaña", "Shulmoca", "Ckeni", "Ruqui", etc., etc. (Las formas de los rizomas que se describen a continuación están dibujados en la Fig. No. 17.)



VARIEDAD No. 1: se conoce con el nombre corriente de "Blanca Chica"; sus rizomas varían entre los 6 a 7 cm de largo y 2.5 a 3 cm de diámetro. Es cilindro-cónica y presenta sus catáfilos puntiagudos, cónicos, de base muy amplia, encontrándose los más grandes en la base y tercio medio, disminuyendo hacia el ápice en que se encunetran pequeños vestigios. El rizoma presenta una acidez muy marcada, es de pulpa dura, empleándose generalmente para hacerlas "heladas". Tienen poca aceptación en el mercado como rizoma fresco, no así cuando ha sido "helada", siendo de esta manera consumida en grandes cantidades.

VARIEDAD No. 2: conocida como "Blanca Larga" por el color y el tamaño de sus rizomas, alcanzando 12 a 14 cm de largo y un diámetro de 2 cm, su forma es cilíndrica, larga, articulándose bruscamente con el estolón. Sus catáfilos a diferencia de la anterior son pequeños, tanto que sólo cubren la yema axilar; este tamaño es invariable en todo el largo del rizoma, sólo se pierden en el ápice del mismo. La pulpa es más harinosa y algo más dulce que los rizomas de la variedad anterior. Se consume relativamente poco en forma fresca, ya que su empleo es mayor para la elaboración del "Chuño de oca", conocido con el nombre quechua de "Cjaya" ó "Ckaya".

VARIEDAD No. 3: se conoce con el nombre de "Rosada" por el color de sus rizomas. Su forma es marcadamente cónica, disminuyendo su diámetro hacia el estolón en una forma muy pronunciada lo que le dá esa forma característica. Tiene un largo de 7 a 8 cm y un diámetro mayor de 3.2 a 3.5 cm. Sus catáfilos están formados de una parte pulposa que comienza en la base y se continua hasta la mitad de su tamaño, después del cual,



sigue una membrana pergaminosa transparente. Es una variedad muy solicitada y consumida por su agradable sabor dulce. Su rendimiento por unidad de superficie es grande.

VARIEDAD No. 4: "Espeja" es de todas las variedades de oca quizá la más solicitada por su exquisito sabor dulce característico, además de la fineza de su pulpa.

Es la única que se puede consumir cruda por las propiedades anotadas anteriormente, su color es salmón claro, transparente; su tamaño varía entre 5 a 7 cm de largo y 3.5 a 3.8 cm de diámetro. Sus catáfilos son pequeños cónicos, con una hendidura doble en su ápice; visibles hasta casi la mitad del rizoma, después del cual se hacen muy pequeños. Los "ojos" son profundos, presentando un ensanchamiento pronunciado más abajo del catáfilo.

A la cocción, los rizomas no se abren por efecto del calor, sino que conservan su forma. La forma es variada y va desde las redondeadas hasta las ovales y cónicas.

VARIEDAD No. 5: es una variedad muy similar a la variedad No. 2 en cuanto a forma y tamaño, pero difiere en el color del rizoma que es anaranjado y al sabor dulce de su pulpa. Sus catáfilos son alados en cuyos bordes presentan pequeños pelitos unicelulares; su forma es cónica y su ápice redondeado. Es una de las variedades más consumidas por su agradable sabor y las buenas cualidades culinarias que presenta, muy similares a las que tiene la "Espeja" (variedad No. 4).

VARIEDAD No. 6: llamada "Negra" por el color morado vinoso oscuro de su epidermis. Es una variedad de pulpa muy harinosa y su color se presenta hasta en el interior del rizoma (estratos premedulares). Su





tamaño varía entre los 6 a 9 cm y su diámetro pasa los 3 cm. Sus catáfilos son cónicos, ligeramente alados, de "ojos" profundos. En los mercados tiene regular aceptación, tal vez por el color de la epidermis, pero su sabor y lo harinoso de su pulpa, la colocan en una buena posición dentro de las ocas de consumo diario.

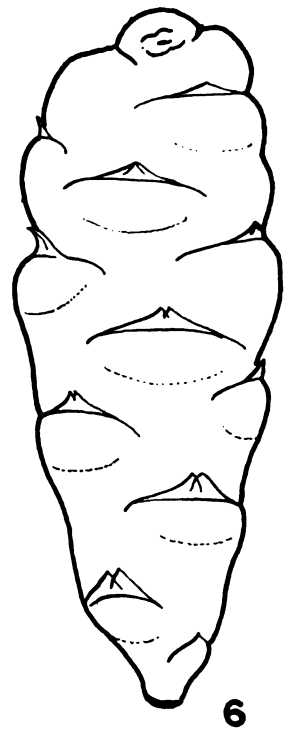
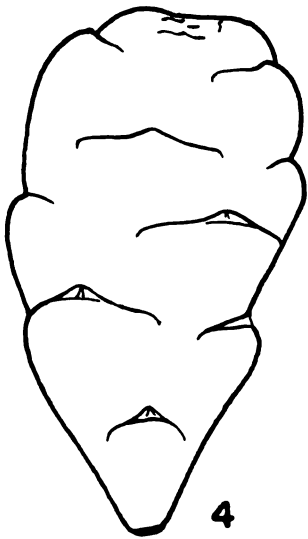
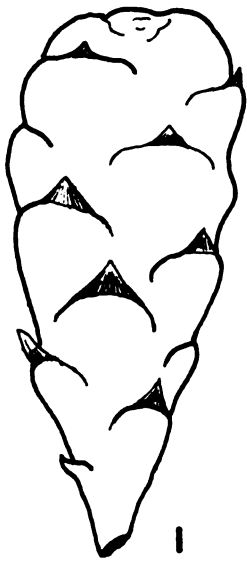


FIGURA No. 17

Forma y tamaño de los rizomas de oca empleados en este trabajo:

- |    |                |   |                    |
|----|----------------|---|--------------------|
| 1. | Variedad No. 1 | - | "Blanca Chica"     |
| 2. | "              | 2 | "Blanca Larga"     |
| 3  | "              | 3 | "Rosada"           |
| 4  | "              | 4 | "Espeja"           |
| 5  | "              | 5 | "Anaranjada larga" |
| 6  | "              | 6 | "Negra"            |







## CONCLUSIONES

Habiendo concluido el trabajo que se llevó a cabo con el fin de estudiar la morfología, estructura y variabilidad de la oca (Oxalis tuberosa Mol.), se pueden enumerar las siguientes conclusiones:

1. Oxalis tuberosa Mol., es una planta dicotiledónea herbácea anual, que se reproduce generalmente por vía vegetativa.
2. Es una especie cuyo grado de poliploidismo es muy alto (68 a 70 cromosomas somáticos); por tal motivo, la obtención de clones por vía vegetativa no está tan expuesta a mezclas varietales, siendo más fácil su mejoramiento por métodos usuales.
3. Existe cierta confusión en cuanto a su posición dentro del género, colocándolo Chevalier (8) dentro del grupo III Xanthoxalis Small., y Marks (25) dentro de la sección Tuberosae Knuth.
4. Bajo condiciones ambientales diferentes a su sitio de origen, las plantas responden en cierta forma diferente afectando en varios grados algunas de sus características como hábito de crecimiento, profusión de floración e intensidad de pigmentación.
5. Los estolones son de origen caulinar y su estructura se asemeja a la del vástago.
6. Las variedades de oca son fáciles de distinguir por el color y la forma de los rizomas y éste es el modo más corriente de identificarlas. Se ha visto además que la intensidad de la coloración en el tallo, está directamente relacionada con la pigmentación del rizoma. Todas las plantas de tallo verde, poseen rizomas de color blanco.
7. El almidón de los rizomas se encuentra en mayor cantidad en los estratos internos (cerca de los haces) de la corteza, siendo menor en la parte medular.





8. Se confirmaron las conclusiones de Cárdenas (4), de que todas las flores de oca cultivada tienen un color amarillo-anaranjado, y las características de los estigmas son diferentes en las tres formas florales, ya sean longistilas, mediotilas o brevistilas.
9. Se ha corroborado lo dicho por Hill (14) acerca del trimorfismo floral que está directamente relacionado con el color de los rizomas, y esta relación se presenta de la siguiente manera: las flores longistilas provienen de plantas con rizoma amarillo, las flores mediotilas de plantas con rizoma blanco y las brevistilas de plantas con rizomas de color rojo.
10. De todas las variedades estudiadas, sólo una, la variedad No. 1 "Blanca Chica" presenta una inflorescencia de forma invariable, no así las otras variedades cuyas inflorescencias son muy polimorfas.
11. Oxalis tuberosa es una planta que no conserva su estructura primaria como lo asevera Rothéa (35), pues por los estudios histológicos realizados se ha visto la presencia del cambium (tejido de origen secundario), además de corroborarse la formación de elementos fibrovasculares secundarios.
12. Se ha comprobado que los estratos colenquimáticos del tallo son más numerosos que los del rizoma.
13. Para la formación de los rizomas, cesa el crecimiento del estolón, se produce una gran proliferación de los tejidos de reserva que forman la parte principal del rizoma maduro (corteza y médula), convirtiéndose en las regiones de máxima actividad de crecimiento.
14. El desarrollo del tejido vascular del rizoma a partir del procambium es semejante a la del tallo aéreo, pero en proporción, se forma más floema que xilema.
15. Los estudios efectuados pueden tener una utilidad amplia en las fases aplicadas del cultivo y mejoramiento de la oca.



SUMMARY

From the study on the morphology, structure and variability of the Andean tuber "Oca" (Oxalis tuberosa Mol.), the following conclusions may be drawn:

Oxalis tuberosa Mol. is an annual dicotyledonous herbaceous plant, which is usually propagated by tubers. It is a polyploid (68-70 somatic chromosomes) and as such the most promising selection work will be the establishment of clones. Under different environmental conditions outside its own habitat these plants behave in a different manner in regard to their growth habit, flower abundance and color. Stolons are cauline and their structure is similar to shoots. Oca varieties are easily identified by the color and form of their rhizomes. This is the usual way to make the identifications. It was found that the intense coloring of the stem is closely related to the color of the rhizomes. All plants with green stems have white rhizomes.

Great quantities of starch are found in the inner layers of the cortex and less in the medullar part.

Cárdenas' statement that all cultivated oca flowers are yellow-orange in color is corroborated; differences in stigma characteristics in regard to the flower form were found.

Hill's statement that floral trimorphism is directly related to the color of the rhizomes was corroborated, as follows: plants with long styles come from yellow rhizomes; plants with medium styles from white rhizomes, and plants with short styles come from re rhizomes.



Of all the varieties studied, variety No. 1 "Blanca Chica" has a constant type of inflorescence; in other varieties the inflorescences are quite variable.

Contrary to the opinion of Rothéa, it was determined that Oxalis tuberosa has secondary tissues, but the cambium activity is rather reduced.

The main structural differences between stem and rhizome are the thicker collenchyma layers in the former.

Rhizome formation occurs when stolon growth ceases, producing a great proliferation of the reserve tissues which form the principal part of the ripe rhizome (medulla and cortex). The development of the vascular system follows the same lines as the aerial stem, but considerable more phloem is found in the rhizomes.

These studies may be very useful in the applied aspects, such as selection and breeding, and the improvement of cultural practices.



LITERATURA CITADA

1. BALSAC, H. H. DE & LEROUX, D. Le tubercule alimentaire d'oca - Oxalide du Pérou. Académie d'Agriculture de France. Comptes Rendus 31:373-375. 1945.
2. BLIN, HENRI. Cultivez l'oxalis tubéreux, légume excellent trop peu cultivé. Aclimatation 74:141. Mai 1947.
- ✓ 3. BOIS, DESIRE G. Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les ages. Paris, Paul Lechevalier, 1927. v. 1, pp. 79-83.
4. CARDENAS, MARTIN. Plantas alimenticias nativas de los Andes de Bolivia. Folia Universitaria (Universidad de Cochabamba, Bolivia) 2(2):36-51. 1948.
5. CIEZA DE LEON, PEDRO. Crónica general del Perú. Madrid, 1880. (Original no disponible para consultar; citado por Yacovleff & Herrera (43).)
6. COBO, BERNABE. Historia del nuevo mundo. Sevilla, 1891-93. (Original no disponible para consultar; citado por Yacovleff & Herrera (43).)
- \* 7. COOK, O. F. Perú as a center of domestication: tracing the origin of civilization through the domesticated plants. Journal of Heredity 16(2):32-46; (3):94-110. 1925.
8. CHEVALIER, AUGUSTE. Révision de quelques Oxalis utiles ou nuisibles; répartition géographique et naturalisation de ces espèces. Revue de Botanique Appliquée d'Agriculture Tropicale 20(230-231):657-694. Oct. - Nov. 1940.
9. DORESHENKO, A. V., CARPETCHENKO, H. D. & NESTEROV, H. Influence of the length of day on the tuber set in potatoes and several other plants. (Translated title.) Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding 23(2):31-60. 1930. (English summary, pp. 59-60).
10. HANKS, L. T. & SMALL, J. K. Oxalidaceae. North American Flora 25:25-58. 1907. (Original no disponible para consultar; citado por Lawrence (20).)
11. HAYWARD, HERMAN E. Estructura de las plantas útiles. Versión española por Ovidio Nuñez. Buenos Aires, Editorial Acme, 1953. 667 p.





12. HEITZ, E. Uber multiple and aberrante Chromosomenzahlen. (Multiple and aberrant chromosome numbers.) Abhandl. Gebiete Naturwiss. Naturwiss. Ver., Hamburg 21(3-4):47-58. (Original no disponible para consultar; compendiado en Biological Abstracts 3(4-6):396. 1929.)
13. HERRERA, FORTUNATO L. Sinopsis de la flora del Cuzco. I. Parte sistemática. Lima, San Marti & Co., 1941. 529 p.
14. HILL, A. W. The oca and its varieties. Kew Royal Botanic Garden. Bulletin of Miscellaneous Information 4:169-173. 1939.
15. HODGE, W. H. Three native tuber foods of the high Andes. Economic Botany 5(2):185-201. April-June 1951.
16. \_\_\_\_\_ Three neglected Andean tubers. New York Botanical Garden. Journal 47(561):214-224. Sept. 1946.
17. KNUTH, R. Ein Beitrag zur Systematik und geographischen Verbreitung der Oxalidaceen. Eng. Bot. Jahrb. Bd. 50:215-237. 1914.
18. \_\_\_\_\_ Oxalidaceae. In Engler. Das Pflanzenreich 95(IV. 130): 1-481. 1930. (Original no disponible para consultar; citado por Lawrence (20).)
19. KOSTOFF, D., DOGADKINA, N., & TICHONOVA, A. Chromosome number of certain Angiosperm plants (Nicotina, Petunia, Oxalis, Secale and Punica). Académie des Sciences de l'URSS. Comptes Rendus (Doklady) 3(9):301-404. 1935.
20. LAWRENCE, GEORGE H. Taxonomy of vascular plants. New York, Macmillan Co., 1951. 823 p.
21. LOOSER, G. La oca (Oxalis) cultivada en Chile. Revista Argentina de Agronomía 21(2):61-68. Junio 1954.
22. MACBRIDE, J. FRANCIS. Flora of Perú. Chicago, Field Museum of Natural History, 1949. (Botanical Series vol. 13, pt. 3, no. 3. pp. 545-561. Publication 622.)
23. MAERZ, ALOYS & PAUL, M. REA. Dictionary of color. 2nd. ed. New York, Mc-Graw Hill, 1950. 208 p.
24. MANTARY, CAMARGO C. El mejoramiento del cultivo de las ocas. (Oxalis tuberosa Mol.) Perú. División General de Agricultura. Informe No. 3. 1955. 16 p.
25. MARKS, G. E. Chromosome numbers in the genus Oxalis. New Phytologist 55(1):120-129. Jan. 1956.



26. MOLINA, GIOVANNI IGNAZIO. Saggio sulla storia naturale del Chili. 2da. ed. Bologna, 1810. 367 p. (Original no disponible para consultar, citado por Looser (21).)
27. PAYEN, M. Analyse chimique des tubercules et des tiges de l'Oxalis crenata. Journal de la Société Centrale d'Horticulture (France) vol. for 1835. pp. 200-201.
28. PEREZ ARBELAEZ, E. Plantas útiles de Colombia; ensayo de botánica colombiana aplicada. Bogotá, Imprenta Nacional, 1947. 537 p.
29. PHILIPPI, R. A. Comentario sobre las plantas chilenas descritas por el abate Juan Ignacio Molina. Universidad de Chile. Anales 22(6):699-741. 1863.
30. \_\_\_\_\_ Oxalis tuberosa Molina. Gartenflora 32:228-229. 1883. (Original no disponible para consultar; citado por Looser (21).)
31. \_\_\_\_\_ Sobre las plantas chilenas descritas por el padre Feuillée, Universidad de Chile. Anales 29:760-775. 1867.
32. PITTIER, HENRI. Manual de las plantas usuales de Venezuela. Caracas, Litografía del Comercio, 1926. 458 p.
33. RASUMOV, V. Influence of alternate day length on tuber formation. (Translated title.) Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding 27(5):3-46. 1931. (English summary, pp. 44-46.)
34. REICHE, CARLOS O. Estudios críticos sobre la flora de Chile. Santiago de Chile. Tomo I. 381 p. (Original no disponible para consultar; citado por Looser (21).)
35. ROTHEA. Etude de quelques produits alimentaires du Pérou. Bulletin des Sciences Pharmacologiques 24:134-138. 1922.
36. SALTER, T. M. The genus Oxalis in South Africa. Journal of South African Botany. Supplement I. 1944. 355 p.
37. SASS, JOHN E. Botanical microtechnique. 2d. ed. Ames, Iowa State College Press, 1951. 228 p.
38. SCHNACK, B. & FEHLEISEN, S. Algunas observaciones sobre la heterostilia de Oxalis lobata Sims. La Plata, Argentina. Facultad de Agronomía. Revista 29(2):157-164. Dic. 1953.
39. VALVERDE, VICENTE. Carta dirigida al Emperador Carlos V. Colección de documentos inéditos relativos al descubrimiento, conquista y colonización de las posesiones españolas en América y Océania. Madrid, 1865. t. 3. (Original no disponible para consultar; citado por Yacovleff and Herrera (43).)



40. VEGA, GARCILASO DE LA. Comentarios reales. Primera Parte. Lisboa, 1609. Segunda Parte. Córdoba, 1617. (Original no disponible para consultar; citado por Yacovleff & Herrera (43).)
41. WEDDEL, H. Remarques sur quelques tubercules comestibles. Revue Horticole vol. for 1852, pp. 144-150.
42. WILLE, J. E. & BAZAN DE SEGURA, C. La anguilula dorada Heterodera rostochiensis, una plaga del cultivo de las papas recién descubierta en el Perú. Centro Nacional de Investigación y Experimentación Agrícola "La Molina", Boletín No.48:1-17. Nov. 1952.
43. YACOVLEFF, E. & HERRERA, F. L. El mundo vegetal de los antiguos peruanos. Revista del Museo Nacional. Lima 3(3):241-322; 4(1):31-102. 1934-1935.

*Alto Negro, J.*