

## IDENTIFICACION DE TUBERCULOS ANDINOS (*Oxalis tuberosa*, *Ullucus tuberosus* Y *Tropaeolum tuberosum*) MEDIANTE CARACTERES ANATOMICOS Y EXOMORFOLOGICOS

P. Melchiorre (1)

Recibido: 9/8/84

Aceptado: 2/8/85

### RESUMEN

Se determinan las diferencias morfológicas entre los tubérculos de "oca" (*Oxalis tuberosa* Molina), "ulluco" (*Ullucus tuberosus* Loz.) y "añu" (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pav.) provenientes del noroeste argentino (provincias de Salta y Jujuy). El estudio de su anatomía y su morfología externa reveló caracteres útiles para el reconocimiento de esas especies tanto a través de materiales actuales como arqueológicos. Se describen los caracteres aludidos y se presenta una clave para la determinación de aquellos, basada en los caracteres morfológicos.

### IDENTIFICATION OF ANDEAN TUBERS (*Oxalis tuberosa*, *Ullucus tuberosus* AND *Tropaeolum tuberosum*) BY ANATOMICAL AND EXOMORPHOLOGICAL CHARACTERS

### SUMMARY

Morphological differences are determined between tubers of *Oxalis tuberosa* Mol., *Ullucus tuberosus* Loz. and *Tropaeolum tuberosum* R. et P. collected in northwestern Argentina (Salta and Jujuy provinces). The study of their external morphology and anatomy revealed useful characters for recognition of fresh material and archeological specimens. Those characters are described and a key for identification, based on morphological traits, is given.

### INTRODUCCION

La "oca" (*Oxalis tuberosa* Molina), el "ulluco" (*Ullucus tuberosus* Loz.) y el "añu" (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pav.), llamados el trío de los tubérculos menores

de los Andes (Hodge, 1951), constituyen, después de la papa y el maíz, la base de la economía doméstica de muchos pueblos indígenas que ocupan las tierras altas de la precordillera de los Andes sudamericanos. En la Argentina, el cultivo de estas plantas se en-

---

1) Laboratorios de Botánica "Lorenzo R. Parodi", Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina.

cuentra restringido a las regiones montañosas del noroeste (provincias de Salta y Jujuy), como lo indican Parodi (1933, 1935, 1964), Storni (1937), Saravia (1960), Dawson (1960) y Fernández (1973). El hábitat óptimo para el cultivo corresponde a altitudes que oscilan entre los 2.400 a 4.300 m.s.m., en los valles frescos de altura. La tuberización se produce con días de 9 horas de luz (Doroshenco *et al.*, 1930).

En otros países del área andina, como Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, su cultivo tiene mayor importancia económica y actualmente existen programas destinados a la recolección, conservación, evaluación y mejoramiento de estas especies (Rea y Morales, 1980; Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, 1982; Piedrabuena y Esquinas-Alcazar, 1983).

La necesidad de poder identificar estas especies por sus tubérculos, que debido a su utilidad son los órganos más difundidos de estas plantas -tanto en materiales actuales como en arqueológicos- motivó la realización del presente trabajo.

Los antecedentes bibliográficos acerca de la utilización de caracteres morfológicos en el reconocimiento de materiales frescos y arqueológicos de estos tubérculos son escasos. Al respecto, Pastore (1935) realizó un estudio de la morfología de los granos de almidón de los tubérculos de "oca" y "ulluco". Hodge (1951) señaló también que la forma de esos granos difiere en las tres especies y puede ser utilizada para su reconocimiento. En relación con la morfología externa, Cárdenas (1948 y 1969), León *et al.* (1958) y León (1964) realizaron estudios sobre amplias colecciones procedentes de México, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Sobre clones de esas colecciones, Chacón (1960) analizó la estructura y variabilidad del "año", mientras que Orbegoso (1958) estudió la morfología y anatomía de las "ocas", sobre una colección realizada en la región de Puno, de los Andes peruanos.

## MATERIALES Y METODOS

La colección del material de estudio fue realizada por el autor y por los Ings. Agrs. J. Cámara Hernández y A. Miente Alzogaray, en el mes de julio, época en que es más fácil la obtención de los tubérculos por ser inmediatamente posterior a la cosecha. Los mismos fueron adquiridos a productores o en ferias y mercados, en diversas localidades de Salta y Jujuy.

La nómina de los materiales es la siguiente:

### *Oxalis tuberosa*:

**ARGENTINA. Capital Federal:** cult. Jardín Botánico, Facultad de Agronomía de Buenos Aires, Melchiorre, mc (\*) 3228, 3229, 3277, 3282 y 3283 (BAA)(\*\*). **Provincia de Jujuy, Departamento Humahuaca:** Chaupí Rodeo, Escuela Provincial 70, Cámara Hernández y Miente Alzogaray, mc 3215 (BAA); Humahuaca, Melchiorre, mc 3234, 3235 y 3236 (BAA). **Departamento Tilcara:** Alfarcito, Cámara Hernández y Miente Alzogaray, mc 3214 (BAA); Tilcara, Almacén de Dinora de Ruiz, Melchiorre, mc 3231 (BAA); Tilcara, Almacén de Víctor Manuel, Melchiorre, mc 3232 (BAA); Tilcara, Jardín Botánico de Tilcara, Melchiorre, mc 3233 (BAA). **Departamento Yavi:** La Quiaca, Feria Municipal, Melchiorre, mc 3237 (BAA); Chaiwamayo, Melchiorre, mc 3239, 3240 y 3241 (BAA); Saladillo, Melchiorre, mc 3242 y 3243 (BAA). **Provincia de Salta, Departamento Iruya:** Frontera del Pie de la Cuesta, Cámara Hernández y Miente Alzogaray, mc 3216 y 3218 (BAA). **Departamento Santa Victoria:** Santa Victoria, Cámara Hernández y Miente Alzogaray, mc 3217 (BAA); Melchiorre, mc 3244 (BAA); Rodeo Pampa, Melchiorre, mc 3245, 3246, 3247 y 3248 (BAA); La Huerta, Melchiorre, mc 3249 y 3250 (BAA).

\* mc: material conservado en formol ácido acético (AAF).

\*\* BAA: Herbario Gaspar Xuárez de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires.

BOLIVIA. Villazón: Feria Municipal, Melchiorre, mc 3238 (BAA).

*Ullucus tuberosus:*

ARGENTINA. **Capital Federal:** cult. Jardín Botánico, Facultad de Agronomía de Buenos Aires, Melchiorre, mc 3284 (BAA). **Provincia de Jujuy: Departamento Humahuaca:** Chaupí Rodeo, Escuela Provincial 70, Cámara Hernández y Miente Alzogaray, mc 3224 (BAA); Humahuaca, Melchiorre, mc 3253 (BAA). **Departamento Tilcara:** Tilcara, Almacén de Víctor Manuel, Melchiorre, mc 3251 (BAA); Huacalera, Quebrada de la Huerta, Melchiorre, mc 3252 (BAA). **Departamento Yavi:** La Quiaca, Feria Municipal, Melchiorre, mc 3254 y 3255 (BAA); Chaiwamayo, Melchiorre, mc 3257, 3258 y 3259 (BAA); Saladillo, Melchiorre, mc 3260 y 3261 (BAA). **Provincia de Salta: Departamento Iruya:** Frontera del Pie de la Cuesta, Camino de Iturbe a Iruya, Cámara Hernández y Miente Alzogaray, mc 3221, 3222 y 3223 (BAA). **Departamento Santa Victoria:** Santa Victoria, Cámara Hernández y Miente Alzogaray, 3220 (BAA); Melchiorre, mc 3262 (BAA); Rodeo Pampa, Melchiorre, mc 3263, 3264, 3265, 3266 y 3267 (BAA).

BOLIVIA. Villazón: Feria Municipal, Melchiorre, mc 3256 (BAA).

*Tropaeolum tuberosum:*

ARGENTINA. **Provincia de Jujuy, Departamento Yavi:** Chaiwamayo, Melchiorre, mc 3268 y 3276 (BAA); Saladillo, Melchiorre, mc 3269 y 3270 (BAA). **Provincia de Salta, Departamento Santa Victoria:** Rodeo Pampa, Melchiorre, mc 3271, 3272, 3273 y 3274 (BAA); La Huerta, Melchiorre, mc 3275 (BAA).

Cada una de las muestras, que se componían de 5 a 20 tubérculos, se dividieron en dos lotes; algunos fueron cultivados en el Jardín Botánico de altura (Tilcara, provincia de Jujuy) y en el Jardín Botánico de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires y

otros se fijaron en FAA. De las plantas cultivadas se realizaron observaciones que permitieron la determinación de las especies sobre la base de caracteres vegetativos.

Se conserva un registro fotográfico completo de los cultivos.

En el estudio de la morfología externa de los tubérculos de las tres especies se consideraron su tamaño y su peso, y la forma, el color y el tipo de yemas (vulgarmente llamados "ojos"). Las mediciones de la longitud y del diámetro, así como las del peso, se realizaron sobre la totalidad de los tubérculos de cada muestra.

Los datos obtenidos fueron clasificados en intervalos de clases y, para la descripción de las muestras, se utilizaron los valores extremos de cada una de las series de datos y la moda, que como medida de tendencia central se mostró preferible a la media aritmética.

Los resultados se representaron gráficamente en polígonos de frecuencia relativa, que permiten comparar los caracteres de las diferentes especies entre sí. Las frecuencias relativas fueron obtenidas dividiendo las frecuencias absolutas de cada clase por el número total de observaciones.

Los estudios anatómicos se realizaron sobre material fresco o fijado e incluido en parafina "Tissuemat". Los cortes, efectuados con micrótopo, fueron tratados con ácido clorhídrico al 20 por ciento durante unas dos semanas para lograr la hidrólisis de los granos de almidón presentes. Se disoció el xilema por el método de Boodle (1916) y los datos sobre la longitud y el diámetro de los elementos xilemáticos se obtuvieron promediando 40 mediciones.

Las coloraciones fueron realizadas con safranina diluida o safranina-verde rápido.

Los dibujos se efectuaron con cámara clara. Todas las ilustraciones son originales.

La representación de los tejidos en los esquemas de los cortes transversales de tubérculos y tallos se hizo con los signos de Metcalfe y Chalk (1950).

Para las determinaciones histoquímicas se usó alumbre de potasio (al 1 por ciento,

durante 24 horas) y rojo de rutenio para las sustancias mucilaginosas; el ácido pícrico se utilizó para el estudio de las células de mirosina y las sales ferrosas (cloruro ferroso y sulfato amónicoferroso) y acetato cúprico para los oxalatos. La presencia de almidón se de-

tectó mediante el reactivo de Lugol y con luz polarizada.

Las fotografías de los tubérculos, el material fijado y los preparados histológicos definitivos se encuentran depositados en el Herbario Gaspar Xuárez (Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).

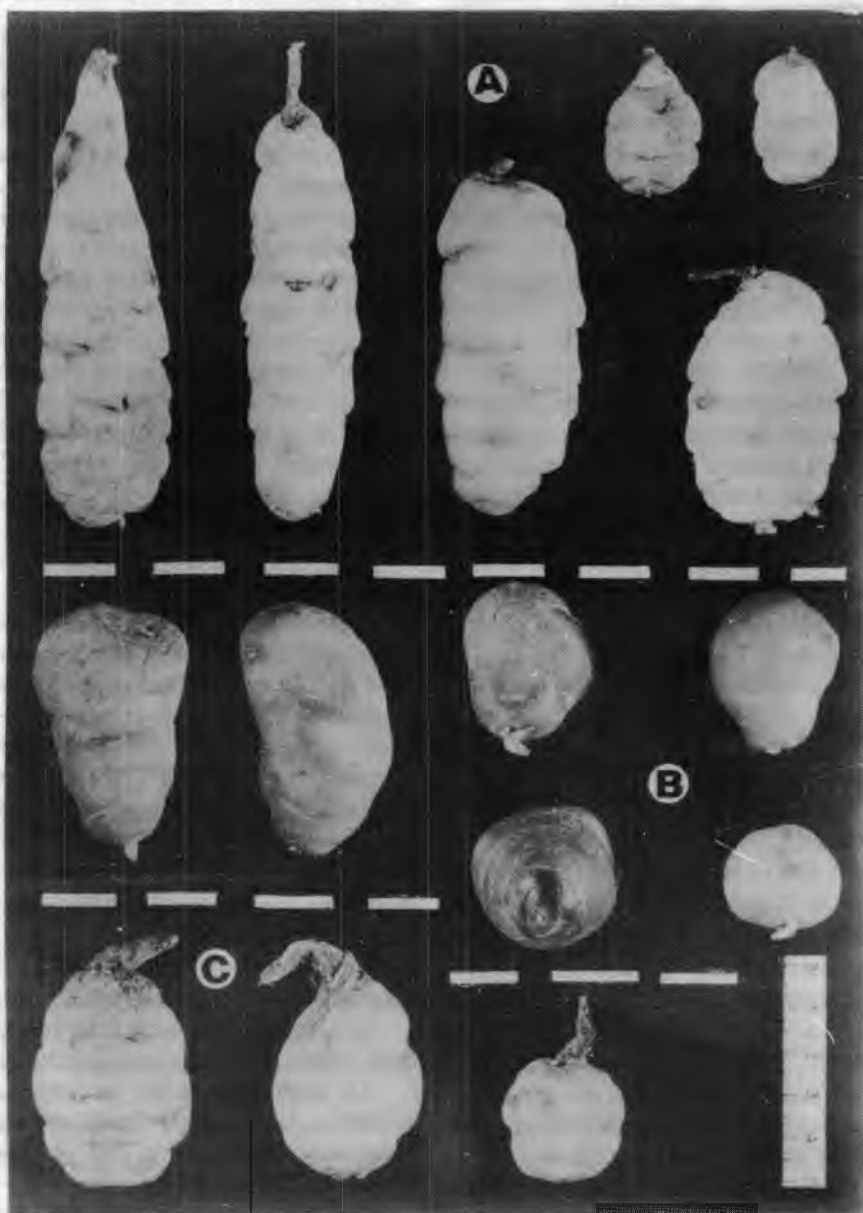


Figura 1: Fotografías de los tubérculos de: A: Oca (*Oxalis tuberosa* Molina); B: Ulluco (*Ullucus tuberosus* Loz.) y C: Añu (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pav.).

## OBSERVACIONES

*Oxalis tuberosa* Molina (*Oxalidaceae*)

Planta herbácea de 80 cm hasta 1 m de altura, de hábito erecto en la primera fase de su crecimiento y semiprostrado hacia la madurez. Tallos cilíndricos, carnosos, algunas veces fasciados.

## Morfología externa de los tubérculos

Predominan los claviformes, elipsoidales, cilindroides, ovoides y algunos fasciados (Figura 1 A). Los colores son amarillo claro, amarillo intenso, amarillo con rosa o rojo en la zona de los "ojos", anaranjado con rojo en la zona de los nudos y "ojos", rosado claro,

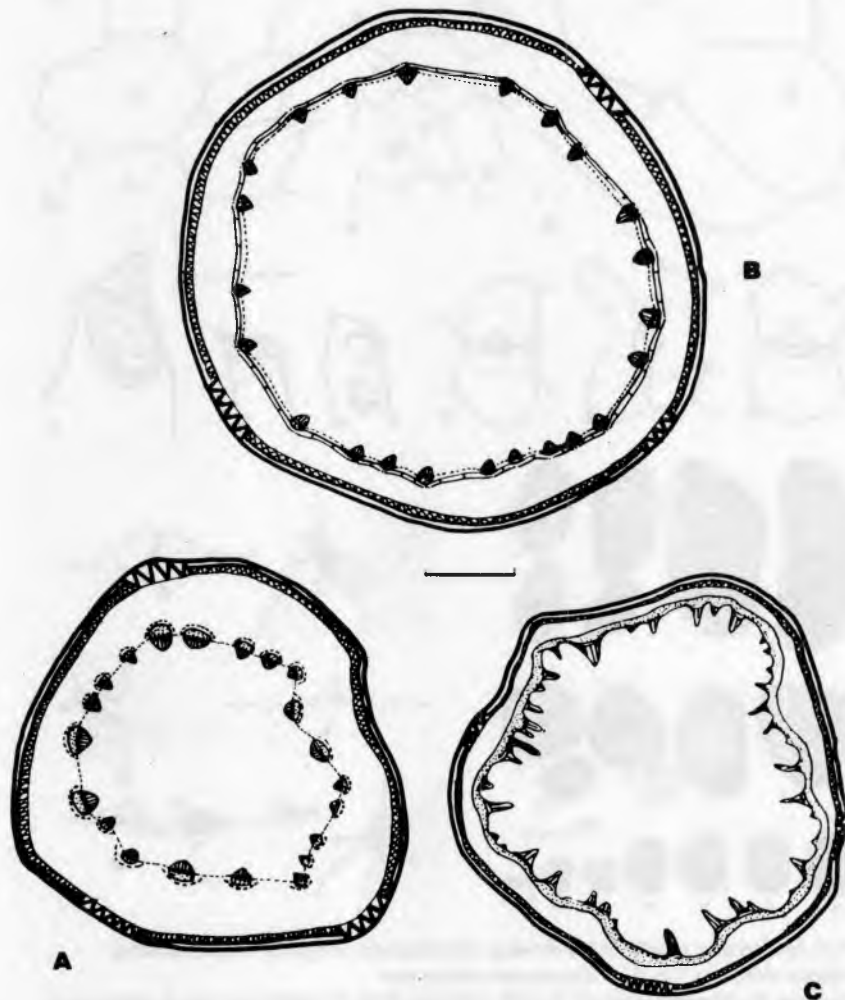


Figura 2. Esquemas de secciones transversales de los tubérculos: A: *Oxalis tuberosa*; B: *Ullucus tuberosus*; C: *Tropaeolum tuberosum*. Escala en B: vale para A y C: 5 mm.

rojo, y más raramente blanco en algunas muestras de Villazón.

Poseen una sola yema por nudo, por lo general deprimida y totalmente cubierta por el catafilo tectriz (Figura 3 J y K). El catafilo que presenta estípulas desarrolladas, posee pequeños tricomas unicelulares en los bordes (Figura 3 K).

Los valores relativos al tamaño y al peso

de los tubérculos figuran en el Cuadro 1 y su variabilidad en los gráficos de las Figuras 4, 5 y 6.

### Anatomía

En proyección, las células epidérmicas se observan de forma irregular a isodiamétricas. Sus medidas se presentan en el Cuadro 3.

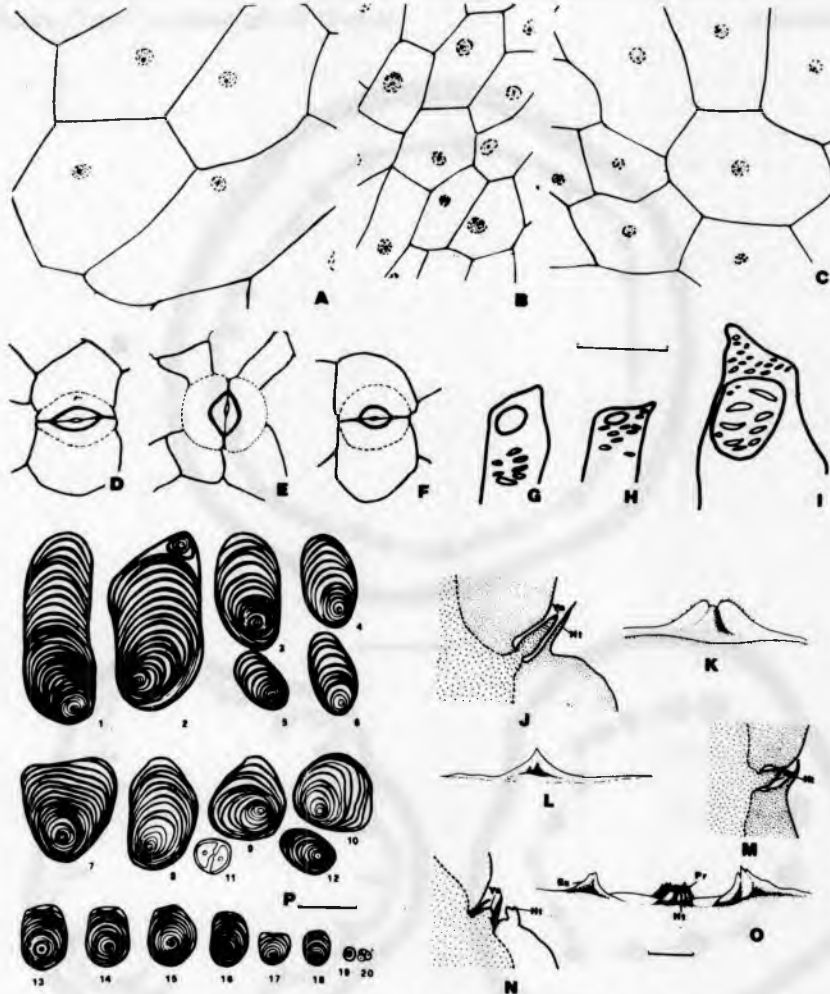


Figura 3: A-F: epidermis y detalle de los estomas del tubérculo: A y D de *Oxalis tuberosa*; B y E de *Ullucus tuberosus*; C y F de *Tropaeolum tuberosum*. G-I: perforaciones de elementos vasales: G de *O. tuberosa*; H de *U. tuberosus*; I de *T. tuberosum*. J-O: tipo de yemas: *O. tuberosa*: J corte longitudinal de un catafilo y su yema axilar; K catafilo tectriz de J en vista dorsal; *U. tuberosus*: M corte longitudinal y su yema axilar; L catafilo tectriz de M en vista dorsal; *T. tuberosum*: N corte longitudinal de un catafilo y su yema axilar; O catafilo tectriz de N en vista dorsal. P: formas y tamaño de los granos de almidón: 1-6: *O. tuberosa*; 7-12: *U. tuberosus*; 13-20: *T. tuberosum*.

Abreviaturas: Ya: yema axilar; Ht: catafilo (hoja tectriz); Es: estípulas; Pr: profilos.

Escalas: B vale para A, C, D, E, F, G, H e I: 50  $\mu$ m; O vale para J, K, L, M y N: 0,2 cm;

P vale para 1-20: 50  $\mu$ m.



CUADRO 1: Longitud, diámetro y peso de los tubérculos correspondientes a las tres especies consideradas.

	Longitud (cm)			Diámetro (cm)			Peso (g)		
	mín.	máx.	Xm	mín.	máx.	Xm	mín.	máx.	Xm
<i>Oxalis</i>	2,60	11,20	6,25	1,50	3,10	2,28	5,50	39,00	16,50
<i>Ullucus</i>	1,20	7,80	1,99	1,20	3,80	2,08	1,20	40,76	5,10
<i>Tropaeolum</i>	2,10	10,40	5,00	2,00	5,30	2,80	6,43	67,19	21,36

mín.: valores mínimos; máx.: valores máximos; Xm: valor modal.

CUADRO 2: Medidas de los elementos vasales en tubérculos de "oca", "ulluco" y "añu".

	Longitud ( $\mu\text{m}$ )			Diámetro ( $\mu\text{m}$ )		
	mín.	máx.	$\bar{X}$	mín.	máx.	$\bar{X}$
<i>Oxalis</i>	66,00	250,80	148,75	13,20	39,60	26,89
<i>Ullucus</i>	85,80	462,00	199,00	19,80	33,00	28,38
<i>Tropaeolum</i>	99,00	1.042,80	426,70	52,80	132,00	104,28

mín.: valores mínimos; máx.: valores máximos; X: valor promedio.

CUADRO 3: Medidas de las células epidérmicas de los tubérculos de "oca", "ulluco" y "añu".

	Longitud ( $\mu\text{m}$ )			Diámetro ( $\mu\text{m}$ )		
	mín.	máx.	$\bar{X}$	mín.	máx.	$\bar{X}$
<i>Oxalis</i>	56,44	166,00	107,31	36,52	87,98	51,19
<i>Ullucus</i>	41,50	91,13	61,82	16,60	43,16	30,48
<i>Tropaeolum</i>	33,20	119,52	78,22	24,90	74,70	40,92

mín.: valores mínimos; máx.: valores máximos; X: valor promedio.

Hay pocos estomas, algo hundidos, de tipo paracítico (Figura 3 A y D). En sección transversal (Figura 2 A) se observa la epidermis unistrata, de células más pequeñas que las del parénquima cortical, recubierta por una gruesa cutícula. Normalmente no se observa peridermis pero sí una suberificación localizada producida por el estímulo del roce de los tubérculos durante su manipuleo. La

primera capa subepidérmica carece de espacios intercelulares. Las demás células del parénquima cortical son más bien isodiamétricas, de paredes delgadas y con espacios intercelulares. La médula ocupa un 50 por ciento de la superficie total de la sección transversal (Figura 2 A). En la epidermis y en los parénquimas cortical y medular se observan distintas pigmentaciones. Hay células mucilagino-

sas distribuídas por todo el tubérculo, pero en mayor número rodeando a los haces vasculares.

El sistema vascular está constituido por haces colaterales abiertos, grandes y pequeños, distribuidos en un solo ciclo (Figura 2 A). Los espaciamentos secundarios de los elementos vasales pueden ser helicados, anillados, reticulados o punteados. Las puntuaciones son areoladas o simples, ovales escalari-formes y reticuladas. Las perforaciones son simples, de posición ligeramente oblicua y subterminal (Figura 3 G). Las mediciones obtenidas relativas a los elementos vasales están indicadas en el Cuadro 2.

Los granos de almidón son elipsoidales, ovoidales y algunos poliédricos con caras triangulares y vértices redondeados. Las bandas de deposición son visibles y el hilo punti-forme ocupa una posición excéntrica (Figura 3 P1 - P6). El diámetro varía de 8 a 75  $\mu\text{m}$ , con predominio de los elementos de 43  $\mu\text{m}$ .

#### *Ullucus tuberosus* Loz. (*Basellaceae*)

Planta herbácea de tallos aéreos carnosos, angulosos, erectos o rastreros, de 40 cm a más de 1 m de longitud y con varias hileras de raíces adventicias en su porción basal.

#### **Morfología externa de los tubérculos**

Los tubérculos pequeños son ovoidales, esféricos, cónicos y los mayores cilíndricos o irregulares (Figura 1 B). Pueden ser de color verde claro, verde amarillento, morado, verde con manchas moradas y amarillo uniforme. En algunas muestras obtenidas en Villazón, los tubérculos son amarillos o blancos con pigmentos rojos en las yemas. Poseen una sola yema por nudo, por lo general superficial, recubierta por el catafilo tectriz, reducido y tenue (Figura 3 L y M).

Los valores relativos al tamaño y al peso de los tubérculos figuran en el Cuadro 1 y su variabilidad en los gráficos de las figuras 4, 5 y 6.

#### **Anatomía**

En proyección se observan células epidérmicas más o menos isodiamétricas, poligonales, y algunos estomas hundidos de tipo anomocítico (Figura 3 B y E). Las mediciones de las células epidérmicas se indican en el Cuadro 3. En sección transversal (Figura 2 B), la epidermis unistrata está recubierta por una notable cutícula.

Existen una o dos capas de colénquima. Las células del parénquima cortical son isodiamétricas y contienen diferentes pigmentos según el color de los tubérculos. Algunas células parenquimáticas contienen mucílagos y en todas hay abundantes granos de almidón. La capa más profunda del parénquima cortical está diferenciada en una endodermis. Sus células se ven aplastadas, y las bandas de Caspary son más visibles en la zona interfascicular. En los cortes transversales, el parénquima medular ocupa el 70 por ciento de la superficie de la sección del tubérculo (Figura 2 B).

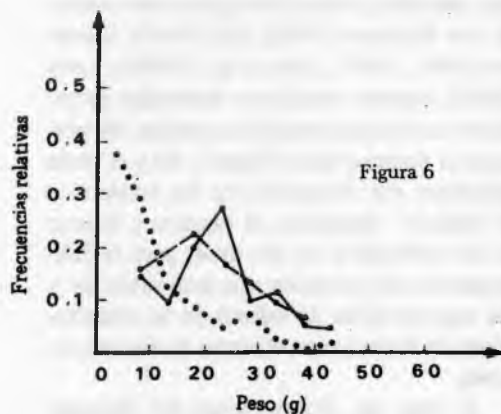
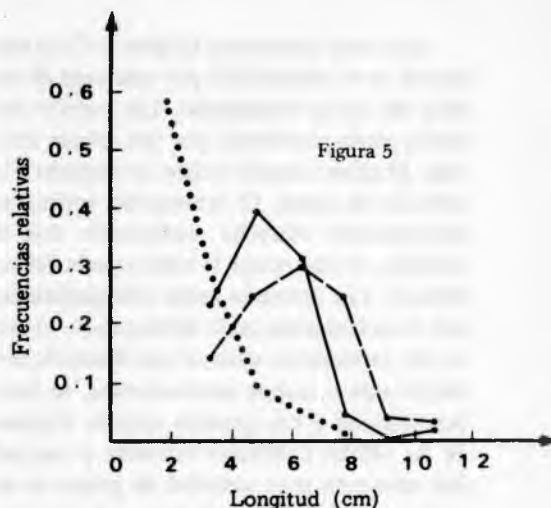
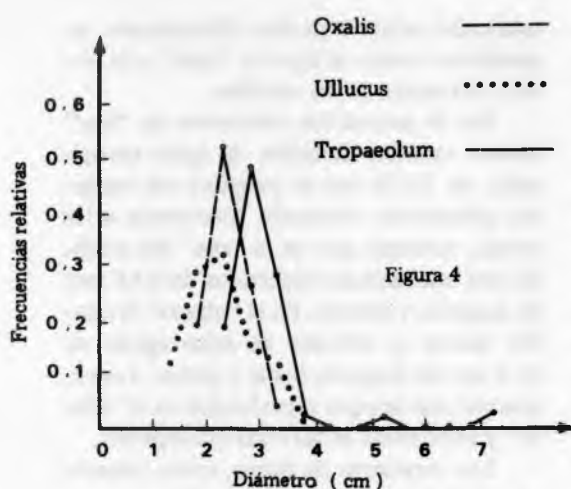
El sistema vascular está constituido por haces colaterales, dispuestos en un ciclo y separados por amplias zonas de parénquima. El xilema está menos desarrollado que el floema y los elementos vasales pueden ser de tipo anillado, helicado, reticulado y punteado. Las perforaciones son simples (Figura 3 H). El tamaño de los elementos vasales se detalla en el Cuadro 2.

Los granos de almidón presentan gran variabilidad. Además de las formas elipsoidales se encuentran otras poliédricas, piriformes e irregulares. El hilo ocupa una posición excéntrica y las bandas de deposición son más o menos notables según el tamaño del grano. El tamaño de los granos varía entre 2-58  $\mu\text{m}$ , siendo los más frecuentes los de 32  $\mu\text{m}$  (Figura 3 P7 - P12).

#### *Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pav. (*Tropaeolaceae*)

Planta herbácea de 80 cm a 1 m de altu-





Figuras 4, 5 y 6: Polígonos de frecuencia relativas de *Oxalis*, *Ullucus* y *Tropaeolum* para la longitud, el diámetro y el peso de los tubérculos.

ra, de hábito erecto al principio de su crecimiento, semipostrado hacia la madurez. Tallos cilíndricos, de color púrpura o verdoso, muy ramificados y glabros.

#### Morfología externa de los tubérculos

Predominan los de forma cónica-cilíndrica y se encuentran algunos fasciados (Fi-

gura 1 C). Son generalmente de color amarillo variado, con la porción apical rosado-violácea. También pueden observarse algunos de color anaranjado o amarillo con áreas violáceas.

Poseen una sola yema por nudo, por lo general deprimida, recubierta parcialmente por el catafilo tectriz, el cual se presenta como 3 escamas separadas entre sí, correspondiendo las laterales a las estípulas. La yema posee conspicuos perfiles opuestos, unidos lateralmente en la base (Figura 3 N y O).

Los valores relativos al tamaño y al peso de los tubérculos figuran en el Cuadro 1 y su variabilidad en los gráficos de las Figuras 4, 5 y 6.

#### Anatomía

En la epidermis vista en proyección se observan células de formas poligonales de alargadas a isodiamétricas, con núcleos notables. El tamaño de las células epidérmicas se indica en el Cuadro 3. Los estomas son escasos, del tipo paracítico, y se encuentran algo hundidos con relación a las otras células epidérmicas (Figura 3 C y F).

En corte transversal (Figura 2 C) la epidermis se ve constituida por una capa de células de forma rectangular. Las paredes externas están recubiertas por una gruesa cutícula. El súber, cuando existe, se presenta distribuido en zonas. El parénquima cortical es relativamente estrecho comparado con el medular, el que ocupa la mayor parte del tubérculo. Las primeras capas subepidérmicas son de colénquima poco diferenciado. El resto del parénquima cortical está formado por células más o menos isodiamétricas, de paredes delgadas y con grandes meatos. Algunas de las células contienen mirosina y casi todas contienen gran cantidad de granos de almidón y pigmentos diversos relacionados con la coloración de los tubérculos.

El cilindro vascular está constituido por haces colaterales abiertos distribuidos en un ciclo sinuoso. El xilema es relativamente escaso formado por unos pocos elementos vasales espiralados, reticulados y punteados, con puntuaciones alternas escalariformes. Las placas de perforación son escalariformes reticuladas (Figura 3 I). Los valores correspondientes al tamaño de los vasos se encuentran en el Cuadro 2.

Los granos de almidón son relativamente pequeños. Su tamaño varía entre 3 y 42  $\mu\text{m}$  (diámetro mayor), siendo los más frecuentes los de 23  $\mu\text{m}$ . La forma característica es la de cono truncado, con la parte basal ligeramente cóncava. Existen formas ovoidales y elipsoidales siendo esféricos los más pequeños. El hilo ocupa una posición excéntrica como en la "oca" y el "ulluco". Las bandas de deposición son poco visibles (Figura 3 P13 - P20).

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las especies estudiadas pertenecen a familias diferentes, a pesar de lo cual sus tubérculos presentan caracteres morfológicos muy similares, lo que puede ocasionalmente dificultar su identificación. Sin embargo, los

tubérculos adultos pueden diferenciarse teniendo en cuenta el tipo de "ojos", y la forma y el tamaño de los catafilos.

Por lo general los tubérculos de "oca" poseen catafilos deltoides de ápice emarginado, de 15-28 mm de longitud con márgenes pubescentes cubriendo totalmente a las yemas, mientras que en el "añu" los catafilos son anchamente tripartidos de 8-13 mm de longitud y glabros. En el "ulluco" el catafilo tectriz es deltoide de ápice agudo de 8-13 mm de longitud, tenue y glabro. Las yemas son casi siempre superficiales en el "ulluco" y deprimidas en las otras dos especies.

Los caracteres de forma, color, tamaño y peso de los tubérculos no resultan apropiados para la diferenciación específica dada su gran variación, como fuera puesto en evidencia por Bukasov (1930), Hill (1939), Cárdenas (1948, 1969), León *et al.* (1958) y León (1964), quienes estudiaron materiales procedentes de otros países del área andina. No obstante, la forma cónica (Figura 1 B) y el verde solamente son frecuentes en los tubérculos de "ulluco". Asimismo, el tamaño y el peso de los tubérculos no son útiles para la diferenciación por presentar una gran variación y una superposición de valores en las distribuciones de frecuencias relativas de las tres especies.

Si bien las observaciones del presente trabajo concuerdan, en términos generales, con las descripciones realizadas por otros autores (Pastore, 1935; Orbegoso, 1958; Chacón, 1960 y León, 1964) ninguno de ellos estudia en particular los caracteres de estos tubérculos a los fines de su identificación.

El exámen de la estructura anatómica de los tubérculos permite su identificación. En sección transversal, la relación entre la superficie medular (SM) y la superficie total es distinta en las tres especies: *Oxalis* (0,50), *Ullucus* (0,70) y *Tropaeolum* (0,85). La longitud promedio de las células epidérmicas es de 107  $\mu\text{m}$  para *Oxalis*, de 62  $\mu\text{m}$  para *Ullucus* y 78  $\mu\text{m}$  para *Tropaeolum*. Los estomas son de tipo paracítico en *Oxalis* y *Tropaeolum* y anomocítico en *Ullucus*. La endoder-

mis es bien visible en *Ullucus* y está ausente en *Oxalis* y *Tropaeolum*. Los haces vasculares se encuentran unidos en un cilindro completo en *Tropaeolum*, mientras en las otras dos especies se encuentran relativamente separados. En *Tropaeolum* los elementos vasculares presentan perforaciones reticuladas y son de mayor tamaño que en *Oxalis* y *Ullucus* cuyas perforaciones son simples.

Estas especies pueden ser diferenciadas además por las formas características de sus

granos de almidón, como lo sostiene Hodge (1951) para materiales arqueológicos. Los granos son más pequeños en *Tropaeolum* y poseen, como formas características, elementos truncados con su base ligeramente cónica. Las sustancias mucilaginosas, si bien están presentes en las tres especies, resultan mucho más abundantes en *Ullucus*. Los oxalatos predominan en *Oxalis* y la mirosina caracteriza a *Tropaeolum*.

El tamaño de las células epidérmicas, de

	<i>Oxalis</i>	<i>Ullucus</i>	<i>Tropaeolum</i>
<b>Yemas</b>	profundas	superficiales	profundas
<b>Catafilos</b>	deltoides pubescentes	deltoides glabros	tripartidos
<b>Longitud promedio</b>	21 mm	11 mm	11 mm
<b>Relación SM: ST *</b>	0,50	0,70	0,85
<b>Longitud promedio de células epidérmicas</b>	107 $\mu\text{m}$	62 $\mu\text{m}$	78 $\mu\text{m}$
<b>Estomas</b>	paracíticos	anomocíticos	paracíticos
<b>Endodermis</b>	ausente	presente	ausente
<b>Disposición de los haces vasculares</b>	separados	separados	unidos en cilindro completo
<b>Tamaño de los elementos vasales</b>	149 $\mu\text{m}$	199 $\mu\text{m}$	427 $\mu\text{m}$
<b>Perforaciones</b>	simples	simples	reticuladas
<b>Granos de almidón:</b>			
— tamaño	43 $\mu\text{m}$	32 $\mu\text{m}$	23 $\mu\text{m}$
— forma	elípticos ovoidales triangulares	elípticos poligonales piriformes triangulares irregulares	ovoidales elípticos esféricos truncados con su base ligeramente cónica
<b>Contenidos celulares</b>	oxalatos mucílagos	mucílagos oxalatos	mirosina oxalatos mucílagos

\* En la sección transversal de los tubérculos realizada en la parte media:  
SM: superficie medular y ST: superficie total.

los elementos vasales y de los granos de almidón solamente tienen un valor orientativo en la identificación de los tubérculos, por presentar valores variables entre las especies y dentro del ámbito de la misma especie.

Sobre la base de los caracteres arriba señalados se ha confeccionado la tabla comparativa de página 151. Los caracteres diferenciales de mayor consistencia se presentan en la clave que sigue:

- A) Yemas superficiales. Endodermis presente. Granos de almidón piriformes o irregulares. Estomas anomocíticos.

*Ullucus*

- AA) Yemas profundas. Endodermis ausente. Granos de almidón elípticos o truncados. Estomas paracíticos.

- B) Catafilos deltoides de 15-28 mm de longitud, con margen pubescente. Relación SM: ST: 0,50. Haces vasculares separados. Va-

sos con perforaciones simples. Granos de almidón elípticos.

*Oxalis*

- BB) Catafilos anchamente tripartidos de 8-13 mm de longitud, glabros. Relación SM: ST: 0,85. Haces vasculares unidos en un cilindro completo. Vasos con perforaciones reticuladas. Granos de almidón truncados.

*Tropaeolum*

**AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Dra. Elena Ancibor y al Ing. Agr. Julián Cámara Hernández por su dirección y asesoramiento; así como a los Ings. Agrs. Juan J. Valla, Roberto Tortosa y Diego Medán por la lectura crítica del manuscrito y por las importantes sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo. Finalmente agradezco al Sr. Mario Mallo por el procesamiento de las fotografías.

**BIBLIOGRAFIA**

- 1) Boodle, L. A., 1916. A method of macerating fibres. *Bull. Misc. Inform.* 4: 108-110.
- 2) Bukasov, S. M., 1930. The cultivated plants of Mexico, Guatemala and Colombia. *Trudy Prikl. Bot.*, Suppl. 47. 553 pp.
- 3) Cardenas, M., 1948. Plantas alimenticias nativas de los Andes de Bolivia. *Folia Universitaria* (Univ. Cochabamba, Bolivia), 2 (2): 36-51.
- 4) Cardenas, M., 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Imprenta Icthus. Cochabamba. 421 pp.
- 5) Chacon, O., 1960. Estructura y variabilidad de *Tropaeolum tuberosum* R. et P. Tesis inédita, Inst. Interamer. Ci. Agric. Turrialba (Costa Rica). 46 pp.
- 6) Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (ed.), 1982. Recursos Fitogenéticos de interés agrícola en la región andina. Roma. 78 pp.
- 7) Dawson, G., 1960. Los alimentos vegetales que América dio al mundo. *Serie técnica y didáctica*, Fac. Ci. Nat. Mus., Univ. Nac., La Plata, 8: 20-21.
- 8) Doroshenco, A. V.; H. D. Carpetchenko y E. I. Nesterova, 1930. Influencia de la longitud del día en la producción de tubérculos en papas y otras plantas. Traducción al español en *Revista Argent. Agron.* 2 (6): 108-132, 1935. del *Trudy Prikl. Bot.*, 23 (2): 31-58.
- 9) Fernández, J., 1973. Sobre dispersión meridional de *Tropaeolum tuberosum* R. et P. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 15 (1): 106-112.
- 10) Hill, A. W., 1939. The oca and its varieties. *Bull. Misc. Inform.* 4: 169-173.
- 11) Hodge, W. H., 1951. Three native tuber foods of the high Andes. *Econ. Bot.* 5 (2): 185-201.
- 12) León, J.; M. Cardenas y G. Orbegoso, 1958. Estudios sobre tubérculos alimenticios de los Andes. *Comunicaciones de Turrialba* (Costa Rica), 63: 1-49.
- 13) León, J., 1964. Plantas alimenticias andinas. *Bol. Técn. Inst. Interamer. Ci. Agric.* 6: 15-42.
- 14) Metcalfe, C. R. and L. Chalk, 1950. Anatomy of the Dicotyledons Clarendon Press. Oxford, 2 Vols.
- 15) Orbegoso, G., 1958. La estructura y variabilidad de las ocas peruanas en estudios sobre tubérculos alimenticios de los Andes. *Comunicaciones de Turrialba*, 63: 22-32.

- 16) Parodi, L. R., 1933. Notas preliminares sobre plantas sudamericanas cultivadas en la provincia de Jujuy. *Gaea* (Buenos Aires) 4 (1): 19-28.
- 17) Parodi, L., R., 1935. Relaciones de la agricultura prehispánica con la agricultura argentina actual. *Anales Acad. Nac. Agr. Vet.*, Buenos Aires 1: 115-167.
- 18) Parodi, L. R., 1964. La agricultura aborigen argentina. Edit. Univ. de Buenos Aires, Buenos Aires. 47 pp.
- 19) Pastore, A. I., 1935. Estudio microscópico de plantas alimenticias aborígenes. *Revista Argent. Agron.* 2 (6): 78-85.
- 20) Piedrabuena, M. B. y J. T. Esquinas-Alcazar, (eds.), 1983. El germoplasma vegetal en los países andinos. Consejo Interacional de Recursos Fitogenéticos. Roma 78 pp.
- 21) Rea, J. y D. Morales, 1980. Catálogo de tubérculos andinos. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, La Paz, Bolivia.
- 22) Saravia, S. T., 1960. Geografía de la provincia de Jujuy. Gob. Prov. de Jujuy, Buenos Aires, 340 pp.
- 23) Stomi, J. S., 1937. Vegetales que utilizaban nuestros indígenas para su alimentación. Edición propia, Tucumán, 102 pp.