

# ENSAYOS SOBRE INCUBACION DE PLANTAS TUBEROSAS

POR FRANCISCO K. CLAVER<sup>1</sup>

---

La presente comunicación trata acerca de varios ensayos realizados en los últimos años, sobre el problema de la incubación.

Se ha considerado oportuna su publicación debido a que el problema fisiológico aquí tratado ha ganado importancia, habiendo sido tema de recientes investigaciones.

El trabajo que nos ocupa, además de estudiar el proceso sobre papa (CLAVER 1951, 1953 y CLAVER et al 1954), se extendió en esta oportunidad a las especies tuberosas siguientes: "ulluco" (*Ullucus tuberosus*, Loz), "añu" (*Tropaeolum tuberosum* R. et P.), "oca" (*Oxalis tuberosa* Mol.) y "topinambur" (*Helianthus tuberosus* L.).

## ENSAYOS CON VARIEDADES DE PAPA

### ENSAYO N° 1

La finalidad del ensayo fue estudiar el efecto de la ausencia de los ápices, desbrotos sucesivos y humedad, sobre el estado de incubación.

El material provenía de la Estación Experimental de Balcarce, variedad Katahdin de segunda multiplicación de pila. El 25-VIII-52 se comenzó el ensayo con tubérculos recién brotados.

La técnica experimental fue idéntica a la aplicada en los trabajos citados: se colocaron las papas en bandejas de madera, con vermiculita, y se las sometió a las variantes del ensayo, registrándose la aparición de nuevos tubérculos en los brotes o en los rizomas del tubérculo madre. Las papas tratadas fueron mantenidas en un ambiente sujeto a pocas variaciones de temperatura, y después de

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo. Profesor adjunto de la Cátedra de Fisiología Vegetal y Fitogeografía de la Facultad de Agronomía de La Plata.

permanecer 30 días en condiciones de luz difusa fueron colocadas en oscuridad total. Cada tratamiento comprendió 30 tubérculos.

*Tratamiento 1.* — Una vez que los brotes crecieron considerablemente se les cortó el ápice, operación que se repitió cada diez días. Lo mismo se realizó con los nuevos brotes provenientes de las yemas secundarias.

*Tratamiento 2.* — Los tubérculos de este tratamiento fueron mantenidos sin humedad. En estas condiciones, los brotes de los tubérculos crecieron muy lentamente, deteniéndose el crecimiento después de alcanzar una longitud de 2 ó 3 centímetros.

*Tratamiento 3.* — Efectuado con tubérculos sometidos a desbrotes continuos. Los brotes de los tubérculos de este tratamiento se dejaron crecer hasta el 25-IX-51, fecha en que se procedió a efectuar el primer desbrote, lo que se repitió regularmente cada diez días. El desbrote fue continuado hasta el 2-XII-52, después de lo cual se interrumpió esa operación.

*Tratamiento 4.* — Los tubérculos de este tratamiento estuvieron en las mismas condiciones que los del tratamiento 3, excepto el hecho de que el desbrote fue continuado hasta la aparición de nuevos tuberculitos.

Como testigos se utilizaron igual número de tubérculos que los empleados en los tratamientos citados, en igualdad de temperatura y humedad.

Se realizaron observaciones diarias, registrándose el número de días transcurridos desde la brotación hasta el comienzo de la incubación y hasta obtenerse el 50 % y 100 % de tubérculos incubados.

A continuación se detallan las temperaturas y los resultados:

Promedio de temperaturas máximas: 23° C.

Promedio de temperaturas mínimas: 19,5°-C.

*Resultados.* — De la observación del cuadro N° 1 se desprende que en la incubación del 50 % de los tubérculos en los tratamientos 1 y 5 (que corresponden al corte del ápice del brote y testigos, respectivamente) existe una diferencia de 1 día, diferencia muy pequeña

que se anula cuando se toma en cuenta el 100 % de tubérculos incubados, lo que demostraría que no existe influencia de los factores estudiados sobre la incubación.

CUADRO N° 1

Tratamiento	Brotación Fecha	Incubación					
		Comienzo		50 %		100 %	
		Fecha	N° días	Fecha	N° días	Fecha	N° días
N° 1-tubérculos con brotes despuntados . . . . .	4/9/52	26/11/52	83	26/11/52	83	15/12/52	102
N° 2-tubérculos sin riego.	4/9/52	29/12/52	116	10/1/53	128	29/1/53	147
N° 3-desbrotados cada 10 días hasta el 2/12/52 . . .	4/9/52	23/12/52	110	2/1/53	120	9/1/53	127
N° 4-desbrotados cada 10 días hasta la incubación.	4/9/52	18/12/52	105	9/1/53	127	25/1/53	139
N° 5-Testigo . . . . .	4/9/52	21/11/52	78	25/11/52	82	15/12/52	102

Comparando los tratamientos 2, 3 y 4 (que corresponden a falta de humedad, desbrote interrumpido y desbrote continuo) con el testigo, se observan amplias diferencias, ya sea en la columna del 50 % de tubérculos incubados o en la del 100 %, lo que prueba que el suministro de agua a los tubérculos madres (para facilitar el crecimiento de los brotes) tiene influencia en la aparición de nuevos tuberculitos, o bien que cuando se detiene el crecimiento, el período de incubación se alarga. El mismo efecto de período de incubación alargado se produce con los desbrotos continuos, en los cuales se llega a un estado en que algunos tubérculos son incapaces de dar nuevos brotes, o de formar sólo tuberculitos sobre el tubérculo madre ( fig. 1).

## ENSAYO N° 2

Se realizó este ensayo con el objeto de determinar la capacidad sucesiva que tienen los tubérculos incubados de formar tubérculos hijos sin follaje, luego de desbrotos efectuados inmediatamente a su formación.

Se utilizaron tubérculos de la variedad Katahdin. Antes de la brotación se cortaron longitudinalmente, numerando las mitades provenientes del mismo tubérculo con idéntico número para su identificación.

Se obtuvieron así 2 grupos que se colocaron a incubar con la metodología ya descrita, a temperaturas altas (promedio máximas

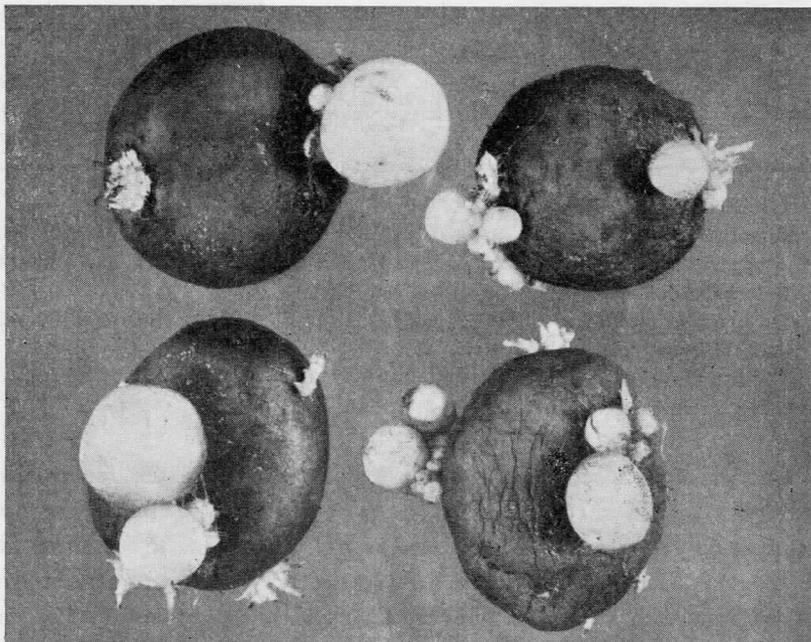


Fig. 1. — Tubérculos sésiles formados directamente sobre el tubérculo madre incubado, después de desbrotados

24° C; promedio mínimas 20° C). El otro grupo de tubérculos se colocó a temperaturas bajas (promedio máximas 12° C; promedio mínimas 6,5° C).

Se registró la fecha de incubación de cada tubérculo separadamente. Cuando la totalidad del material hubo formado tubérculos hijos se los desbrotó completamente, colocándose otra vez en condiciones de incubación (a ambos grupos), en temperaturas altas.

Se repitió esta operación a las mitades de los tubérculos del ensayo, hasta que algunos fueron incapaces de formar brotes y otros se pudrieron.

Papás	Formación de tubérculos												
	1ª Serie		2ª Serie		3ª Serie		4ª Serie		5ª Serie		6ª Serie		
	Incubación		Fecha	Nº días	Fecha	Nº días	Fecha	Nº días	Fecha	Nº días	Fecha	Nº días	
Número	3	11/60											129
»	6	1/11/60	127	23/11/60	11								
»	10	3/11/60	129	20/11/60	8	27/12/60	22						
»	11	26/10/60	121	21/11/60	9								
»	13	2/11/60	128	21/11/60	9	25/12/60	20	5/1/61	6	19/1/61	9	1/2/61	13
»	16	9/11/60	135	21/11/60	9	26/12/60	21	5/1/61	6				
»	17	8/11/60	134	23/11/60	11	26/12/60	21	7/1/61	8				
»	18	8/11/60	134	21/11/60	9	26/12/60	21	5/1/61	6	17/1/61	7		
»	19	29/10/60	124	21/11/60	9	25/12/60	20	3/1/61	4	16/1/61	6	2/2/61	14
»	20	8/11/60	134	20/11/60	8								
»	21	1/11/60	127	21/11/60	9								
»	25	8/11/60	134	21/11/60	9	27/12/60	22	5/1/61	6				
»	30	8/11/60	134	20/11/60	8	26/12/60	21	3/1/61	4	18/1/61	8		
Promedio			130		9		21		6		7,5		13,5

Se registraron las fechas de formación de tubérculos hijos.

Las mitades de los tubérculos que se incubaron a altas temperaturas, luego del primer desbrote se pudrieron; por tal motivo sólo se consignan en el cuadro adjunto los datos pertenecientes al grupo de mitades que se incubaron a bajas temperaturas.

Fecha de los desbrotos después de la incubación de los tubérculos:

Primer desbrote: 12/11/60

Segundo desbrote: 5/12/60

Tercer desbrote: 30/12/60

Cuarto desbrote: 10/1/61

Quinto desbrote: 19/1/61

Sexto desbrote: 3/2/61

*Resultados.*— Los datos del cuadro n° 2 demuestran que los tubérculos madres son capaces de formar nuevos tubérculos después de sucesivos desbrotos, hasta dar una serie de 6.

En nuestro ensayo sólo 2 mitades de un total de 13 llegaron a formar 6 series de tubérculos después de desbrotados. Del resto, después del 5º desbrote, algunos no fueron capaces de brotar; otros produjeron brotes débiles “filosos”, y otros se pudrieron.

### ENSAYO N° 3

En este ensayo se propuso estudiar el desarrollo de yemas adventicias en tubérculos incubados.

Las yemas adventicias de tejidos profundos, de los tubérculos de papa, se obtuvieron eliminando las yemas normales localizadas en los ojos de la superficie del tubérculo.

Se utilizó la variedad Chaqueña, procedente de la Chacra Experimental de Iraizos.

El material se mantuvo en cámara fría a 4°C hasta el 10/8/60. Se lo llevó a ambiente de laboratorio el 17/10/60 y se lo cortó longitudinalmente, numerándose las dos mitades del mismo tubérculo con idéntico número. El 24/10/60 la totalidad de las mitades presentaba brotes de más o menos 1 cm, fecha en que a una serie de mitades se le extraen las yemas normales, efectuándose un orificio de más o menos 1 cm de profundidad. Se las colocaron en cajones de madera cubiertas con vermiculita y se las

mantuvo con humedad por medio de riegos. A la otra serie se la dejó en condiciones de incubación normal como testigos.

A la serie bajo tratamiento se la observó periódicamente, extrayéndoles las yemas normales que habían brotado.

Las temperaturas para ambas series de mitades fueron las siguientes:

Promedio de máximas 24°-C

Promedio de mínimas 20° C

*Resultados.*—Las papas testigos colocadas en condiciones de incubación continuaron alargando los brotes; 96 días después de

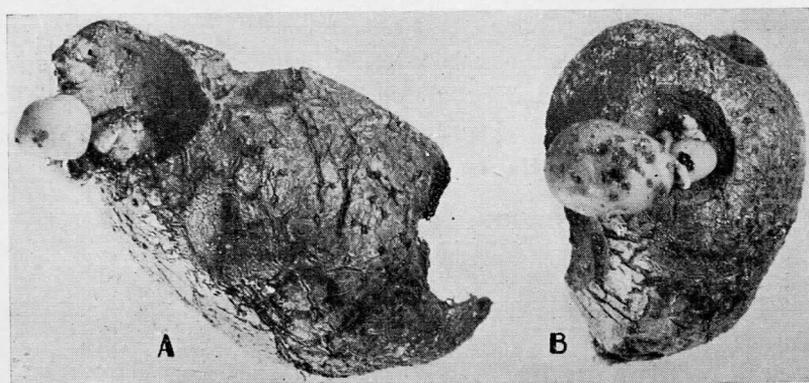


Fig. 2. — Tubérculos desarrollados por yemas adventicias de papas incubadas.  
A, tubérculos desarrollados inmediatamente después de la yema adventicia;  
B, formación de tubérculos en cadena.

la brotación el 50 % de los tubérculos se incubaron, es decir, formaron nuevos tuberculitos sobre los brotes. En cambio los tubérculos bajo tratamiento, durante un período largo no dieron muestras de formación de yemas adventicias; algunas formaron callos indiferenciados.

El 5/4/61, o sea 163 días después de la extracción de yemas, cuatro mitades de tubérculos formaron primordios de brotes adventicios, desarrollando en forma inmediata nuevos tubérculos. Estos tubérculos hijos brotaron nuevamente, originando tuberculitos en cadena, como lo demuestra la figura 2.

## ENSAYO N° 4

El objeto de la experiencia contemplado en este ensayo fue el de investigar la longitud del período de incubación de las variedades Katahdin, Kennebec, Buena Vista, Chaqueña, Huinkul y Santa Rafaela.

El material provenía de la Estación Experimental de Balcarce, excepto la variedad Chaqueña, que fue remitida por la Chacra Experimental de Iraizos.

Se efectuó el ensayo sometiendo los tubérculos a altas y bajas temperaturas con el fin de estudiar el proceso de incubación.

Se tomaron al azar 60 tubérculos de cada variedad, 30 para altas temperaturas y 30 para bajas; los que se ubicaron en bandejas de madera cubiertas con vermiculita para facilitar la brotación. Después de 30 días de luz se cubrieron todos los grupos con un lienzo opaco con el objeto de obtener condiciones de oscuridad. El material se revisó periódicamente, registrándose los tubérculos incubados.

Los resultados se detallan en el cuadro N° 3.

Bajas temperaturas: promedio máximas 12° C

promedio mínimas 6,5° C

Altas temperaturas: promedio máximas 24° C

promedio mínimas 20° C

CUADRO N° 3

Variedad	Brotación	Temperaturas	Comienzo		50 %		100 %	
			Fecha	N° días	Fecha	N° días	Fecha	N° días
Katahdin . . . . .	27/6/60	Altas	20/9/60	85	14/10/60	109	27/10/60	122
	27/6/60	Bajas	26/10/60	121	8/11/60	134	20/12/60	176
Kennebec . . . . .	20/7/60	Altas	16/10/60	88	5/11/60	108	25/12/60	158
	20/7/60	Bajas	12/12/60	145	20/1/61	184	17/2/61	212
Buena Vista . . . . .	25/7/60	Altas	14/11/60	112	21/11/60	119	12/12/60	140
	25/7/60	Bajas	2/1/61	161	18/1/61	177	1/2/61	191
Chaqueña . . . . .	28/8/60	Altas	5/11/60	69	20/11/60	84	12/12/60	106
	28/8/60	Bajas	25/12/60	119	2/1/61	127	30/1/61	155
Santa Rafaela . . . . .	1/9/60	Altas	30/11/60	90	30/12/60	120	11/1/61	132
	1/9/60	Bajas	2/1/61	123	7/2/61	159	11/2/61	164
Huinkul . . . . .	10/8/60	Altas	22/11/60	104	8/12/60	120	20/12/60	132
	10/8/60	Bajas	25/1/61	168	3/2/61	177	9/2/61	183

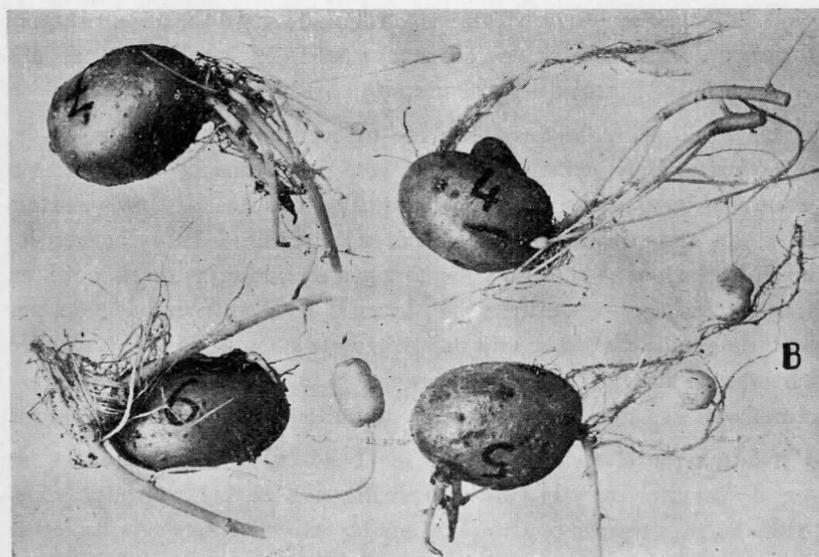
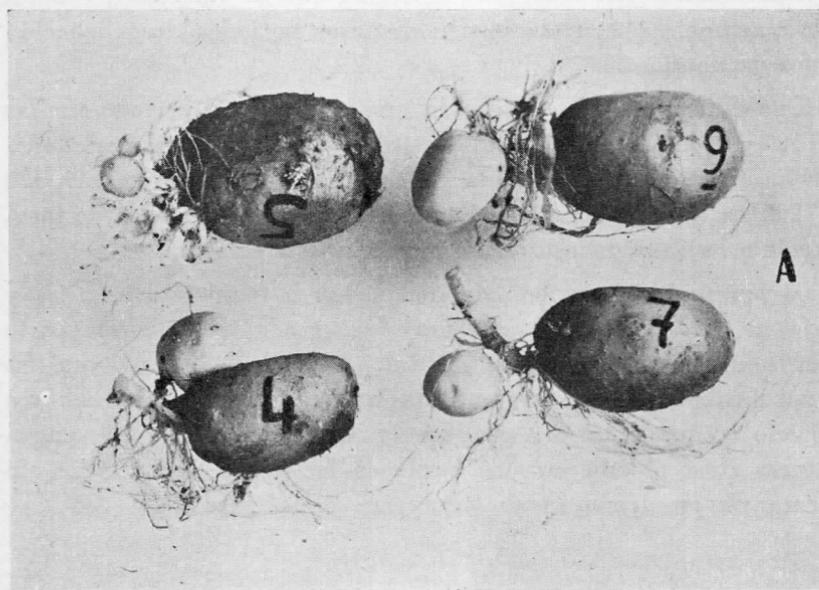


Fig. 3. — A, tubérculos incubados a altas temperaturas sobre los nudos de los brotes, sin rizomas; B, tubérculos incubados a bajas temperaturas formados en los extremos de los rizomas.

*Resultados.* — Los resultados muestran que las variedades sometidas a temperaturas altas, tienen distintos períodos de incubación (número de días 50 %).

Katahdin y Kennebec muestran una longitud del período similar de 109 y 108 días, relación que también ocurre entre las variedades Buena Vista, Huinkul y Santa Rafaela con un período de 119, 120 y 120 días, respectivamente. Por el contrario, los períodos de incubación a bajas temperaturas no muestran esta relación.

La longitud del período de incubación a temperaturas altas y bajas de la variedad Chaqueña, muy degenerada, resulta el más corto dentro de las variedades estudiadas. Además se observó que las papas incubadas a bajas temperaturas forman rizomas y en el extremo de éstos generalmente se produce la tuberización. En las temperaturas altas, el tubérculo se forma en los nudos de los tallos sin formar rizomas, como puede observarse en la figura 3.

#### ENSAYO N° 5

Se realizó este ensayo para determinar el efecto de sustancias de acción fisiológica, como vitaminas, reguladores de tipo hormonal, hidratos de carbono y ácidos aminados sobre la incubación. Se utilizó la variedad Katahdin, y el método seguido fue el siguiente:

A los tubérculos destinados a los diferentes tratamientos, se les efectuó un orificio, en el cual se insertó una ampolla de vidrio con el fondo abierto, llenándose las ampollas con las distintas sustancias, y con agua destilada a los tubérculos testigos. Se colocaron los tubérculos bajo tratamiento y los testigos en bandejas de madera, en las oscuridad, sobre vermiculita, la cual se mantuvo húmeda por medio de riegos. Se dio comienzo al tratamiento el 15/8/53, cuando los brotes de los tubérculos alcanzaron 1 cm de longitud. Para cada sustancia se usó una concentración de 150 ppm, en solución acuosa.

Periódicamente se observaron los tubérculos, registrándose los datos de incubación y la cantidad de líquido en las ampollas, reponiendo las soluciones consumidas en las mismas. Los resultados se dan en el cuadro N° 4.

## CUADRO N° 4

Influencia de las diferentes sustancias sobre la incubación de la papa

	Comienzo	N°		N°		N°
		días	50 %	días	100 %	
Acido nicotínico.....	7/12/53	115	30/12/53	138	5/ 1/54	144
Piridoxina.....	30/11/53	108	15/12/53	123	10/ 1/54	149
Acido ascórbico.....	7/12/53	115	15/12/53	123	30/12/53	138
Glucosa.....	30/11/53	108	15/12/53	123	30/12/53	138
Sacarosa.....	30/11/53	108	15/12/53	123	21/12/53	129
H <sub>2</sub> O destilada testigo ...	30/11/53	108	15/12/53	123	30/12/53	138
Cistina.....	5/11/53	83	21/12/53	129	30/12/53	138
Asparagina.....	23/11/53	101	21/12/53	129	5/ 1/54	144
Clorhidrato de tiamina..	17/11/53	95	15/12/53	123	30/12/53	138
Riboflavina.....	7/12/53	115	15/12/53	123	30/12/53	138

Temperaturas : promedio máximas 22° C ; mínimas 20° C.

## ENSAYO CON TUBERCULOS DE "ULLUCO", "AÑU" Y "OCA"

## ENSAYO N° 6

Se estudió el período de incubación en condiciones artificiales de las 3 especies. Los tubérculos procedían de Perú. El método de trabajo fue idéntico al de los ensayos de incubación de papa. Se colocaron los tubérculos en bandejas de madera con vermiculita húmeda. Después de la brotación se los dejó 30 días en luz natural y luego a oscuridad continua hasta la incubación. Las temperaturas registradas durante los ensayos fueron las siguientes: Promedio máximas, 24° C; promedio mínimas, 20° C. Se revisaron los tubérculos periódicamente, registrando las fechas de comienzo (50% y 100 % de incubación) de las especies que manifestaron el fenómeno. Los resultados se consignan en el cuadro siguiente:

## CUADRO N° 5

Especie	Brotación fecha	Incubación					
		Comienzo		50 %		100 %	
		Fecha	N° días	Fecha	N° días	Fecha	N° días
Ulluco.....	20/6/60	20/10/60	122	1/12/60	164	19/5/61	213
Añu.....	20/9/60	No	—	No	—	No	—
Oca.....	10/7/60	No	—	No	—	No	—

Después de la brotación, el “Ulluco” continuó su crecimiento hasta que comenzó a incubarse como lo demuestra la figura 4, tomada el 30/11/60. En cambio los tubérculos de “Añu” y “Oca” continuaron creciendo; los brotes alcanzaron una longitud considerable sin dar señales de incubación y el crecimiento prosiguió hasta darse por finalizado el ensayo (30/6/61).

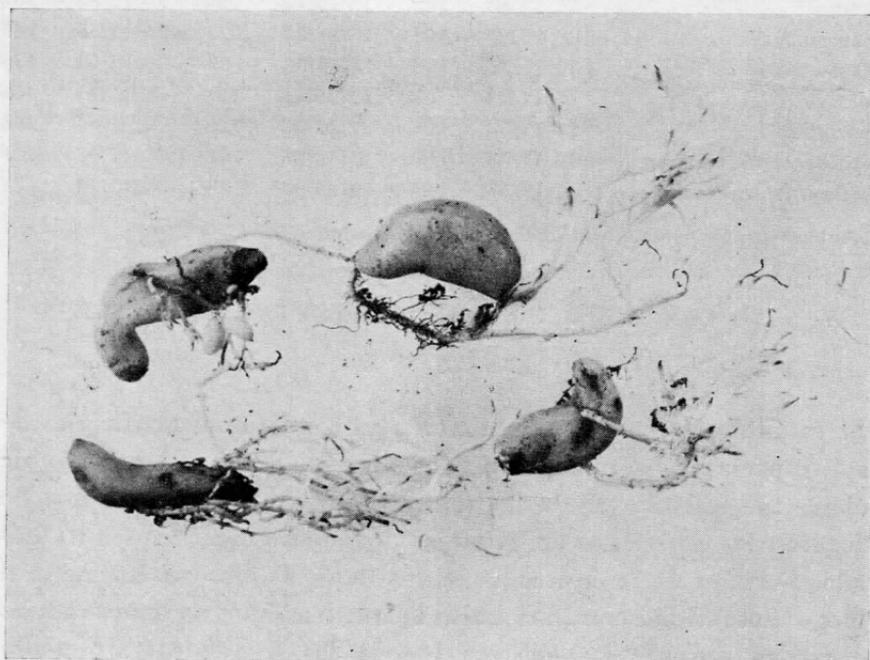


Fig. 4. — Incubación de « ulluco » (*Ullucus tuberosus* Loz.)

#### ENSAYO CON “TOPINAMBUR”

##### ENSAYO N° 7

El ensayo se realizó con el objeto de comprobar si esta especie tuberosa tiene también la facultad de formar tubérculos sin follajes; es decir, si se incubaba. Para este fin se utilizó material proveniente de la Cátedra de Cultivos Industriales de la Facultad de Agronomía, multiplicado anualmente, pero sin conocerse la variedad a la que pertenecía.

Se tomaron dos bandejas de madera con 25 tubérculos cada una y se las colocó en las condiciones apropiadas para la incubación,

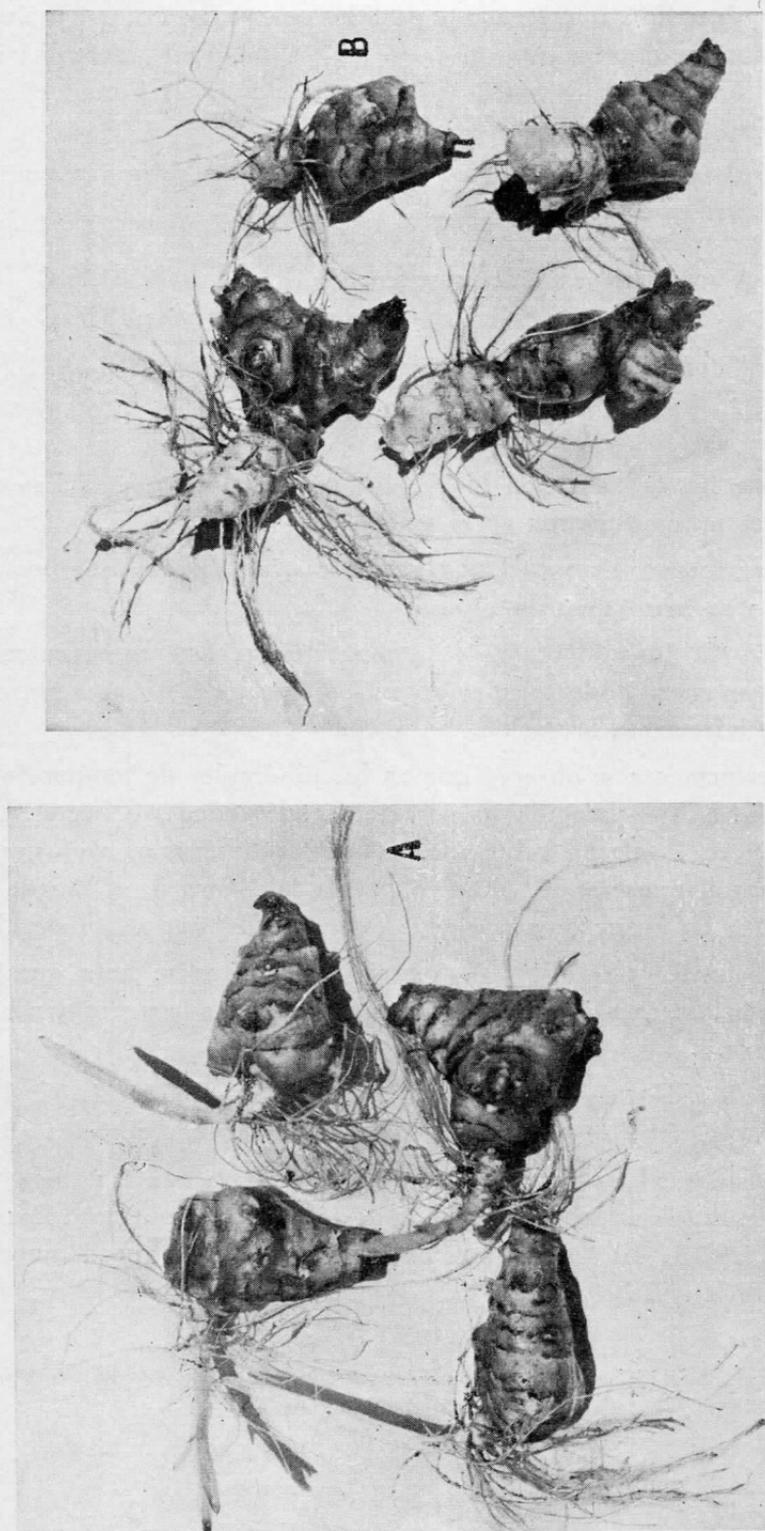


Fig. 5. — A, tubérculos de « topinambur » no incubados, en tratamientos a bajas temperaturas ; B, tubérculos de « topinambur » incubados en tratamientos de altas temperaturas. Los nuevos tubérculos con numerosas raíces se forman directamente sobre el tubérculo madre

como se describió anteriormente para los ensayos con papa; la única excepción fue que en esta oportunidad los tubérculos se cubrieron completamente con la vermiculita, manteniendo la humedad mediante riegos.

El 27/4/61 los tubérculos en estas condiciones fueron expuestos a dos variantes de temperaturas:

1º A temperaturas altas: promedio de máximas 20,7° C  
promedio de mínimas 18,6° C

2º A temperaturas bajas: promedio de máximas 13,4° C  
promedio de mínimas 7,6° C

Para este fin se colocaron los tubérculos en cámara fría. Las dos variantes se mantuvieron en la oscuridad.

Se efectuaron observaciones periódicas, notándose que los tubérculos se mantenían en reposo.

El 6/6/61 los tubérculos de temperaturas altas comenzaron a brotar, no sucediendo lo mismo con los de temperaturas frías, que se mantuvieron sin brotación.

Posteriormente se observó que en los tubérculos de temperaturas altas que habían brotado no se originaron verdaderos brotes. En su lugar se formaron tubérculos sobre los tubérculos viejos, que continuaron engrosando como lo revela la figura 5, efectuada el 27/10/61.- Se formaron numerosas raíces en los nuevos tubérculos.

En los tubérculos hijos de temperaturas altas se nota que los mismos brotan formando cortos rizomas, tuberizando nuevamente en sus ápices.

Los tubérculos de la variante fría brotaron el 5/9/61, 91 días después que se produjo la brotación en los de temperaturas altas.

20 días después comienzan a formar verdaderos brotes aéreos con hojas, generalizándose la formación de vástagos en todos los tubérculos el 17/9/61. El 11/12/61 se obtiene la figura 6, que demuestra su estado en dicha fecha:

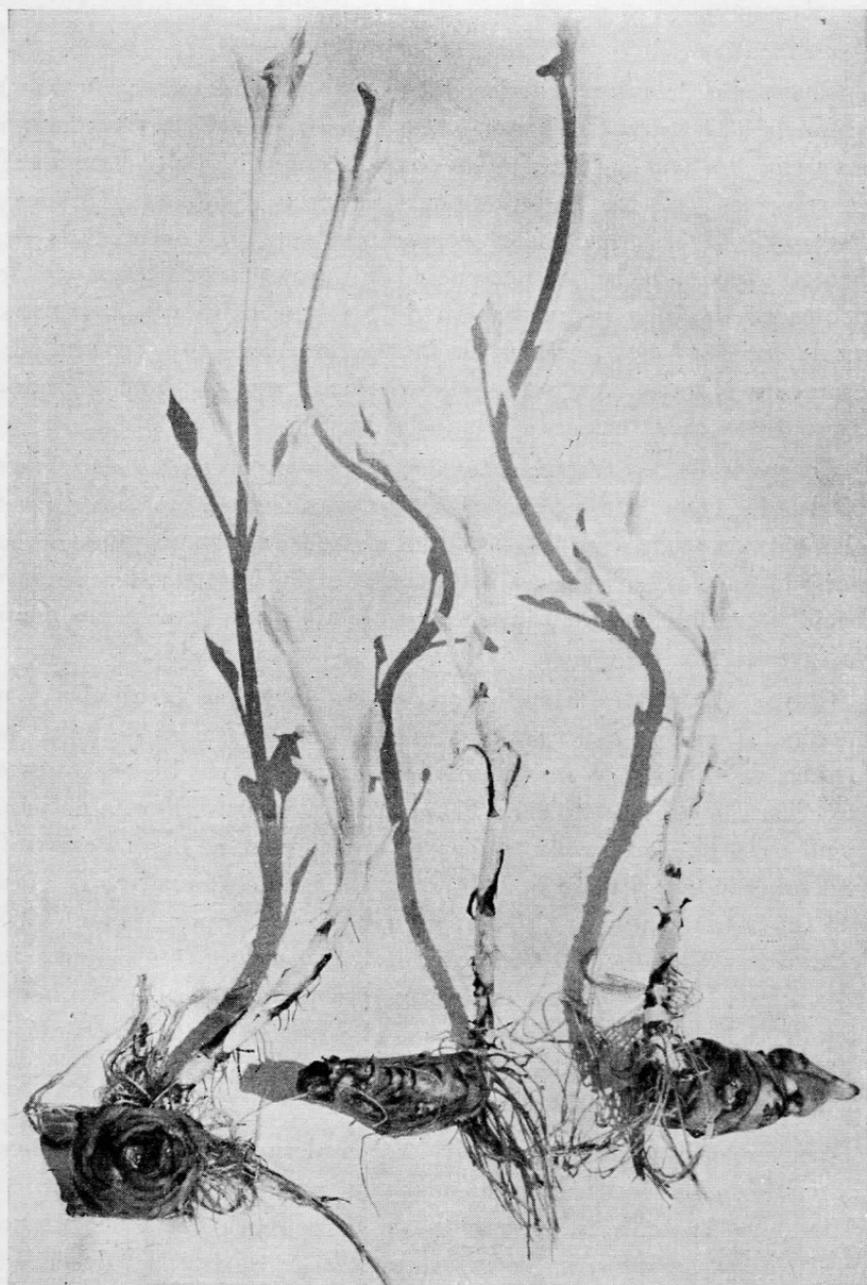


Fig. 6. — Tubérculos en tratamientos a bajas temperaturas que no incubaron, formando solamente vástagos aéreos

## DISCUSION

El estudio de los resultados del Ensayo n° 1 demostraría que la ausencia del ápice del brote, lugar donde se activan las auxinas no tiene influencia sobre la incubación del tubérculo. Este hecho se relaciona con los hallados por Claver et al (1954) y Madec y Perennec (1955), los cuales demuestran que la cantidad de desbrotes efectuados y la presencia de meristemas activos en los brotes no impiden la incubación de los tubérculos y sólo influyen en la longitud del período de incubación. La falta de humedad asimismo alarga el período, conclusiones a que también arribaron los autores anteriormente citados.

Comparando los tratamientos 3 y 4, correspondientes a desbrotes efectuados cada 10 días, con el testigo, se observan amplias diferencias con respecto a la longitud del período de incubación. Dicho período se alarga, pero en última instancia el fenómeno de incubación termina por manifestarse revelando que el tubérculo madre influye en la formación de los nuevos tuberculitos.

Claver (1956) trabajando con brotes de papas incubadas y no incubadas cultivadas *in vitro*, demostró que los brotes de papas extraídas de tubérculos no incubados forman nuevos brotes antes de tuberizar, hecho que no ocurrió con los brotes provenientes de papas incubadas, que no formaron nuevos brotes y en su lugar desarrollaron tubérculos debido a la influencia del tubérculo madre. El efecto del tubérculo madre fue plenamente demostrado por Madec (1958) y Madec y Perennec (1959), quienes afirman que los factores ambientales y efectos de los desbrotes que influyen en la incubación actuarían a través del tubérculo madre, y que la evolución fisiológica de los brotes son consecuencias visibles controladas por sustancias provenientes del tubérculo madre.

Los resultados del Ensayo n° 2 complementan las deducciones anteriores. La incubación alcanzó un período promedio de 130 días para llegar a la formación de la primera serie de tubérculos hijos; en cambio las series siguientes de tubérculos, después de los desbrotes, se formaron en un período menor, llegando algunos a dar 6 series de tubérculos hijos, después de los desbrotes correspondientes.

Este resultado induce a pensar que los tubérculos, después de la brotación necesitan un período largo para cumplir todos los pre-

sumibles procesos fisiológicos o bioquímicos, o la formación de sustancias para alcanzar el estado de incubación.

Una vez en este estado son capaces de desarrollar tubérculos, la mayoría de las veces sésiles, en un lapso considerablemente menor.

Igual efecto del tubérculo madre se observa en el Ensayo n° 3. Las yemas adventicias formadas en las mitades bajo tratamiento desarrollan tubérculos sésiles. Algunos de estos nuevos tuberculitos brotan, formando tubérculos en cadena. De este hecho se infiere que los factores o sustancias de incubación formados en el tubérculo madre migran hacia el meristema adventicio que origina la yema, induciendo la formación de tubérculos sin desarrollo de brotes. Esta inducción, a su vez, se traslada a las yemas activas del nuevo tubérculo. La longitud del período de la formación de las yemas adventicias en nuestro caso resultó considerable: 163 días. Madec (1958), obtuvo formación de yemas adventicias alrededor de 50 días después de la extracción de las yemas normales.

Este autor efectuó una incisión de 2 mm al extraer la yema normal. En cambio nosotros realizamos un orificio de 1 cm, originándose las yemas en tejidos más profundos, en los cuales la yema adventicia tardaría más tiempo en completar su formación.

Además de la variedad Katahdin se estudió el período de incubación de otras variedades que demostraron que el factor varietal es tan importante como los ambientales ya estudiados: temperaturas, humedad y luz. Las bajas temperaturas alargaron dicho período en todas las variedades; la formación de rizomas se produjo solamente en los incubados a bajas temperaturas. Por el contrario, los tubérculos formados a altas temperaturas se desarrollaron en los nudos de los brotes. Esto podría explicarse por el hecho de que las altas temperaturas estimulan más rápidamente la tuberización, influyendo en los meristemas, en los cuales se desarrollan tubérculos antes que se produzcan rizomas.

Las sustancias de acción fisiológica (Ensayo n° 5) suministradas a los tubérculos no tuvieron influencia o alargaron el período de incubación. Estos resultados concuerdan con los de Van Schreven (1956), quien trabajó con un método similar. Ninguna de las sustancias ensayadas en ambos casos impidieron la formación de tubérculos. Nos inclinamos a pensar que el método usado en nuestra

experiencia y en las de Van Schreven no es el más apropiado para determinar la influencia de estas sustancias en la incubación.

El proceso de la incubación de los tubérculos de "ulluco" demostró que es el mismo que el de la papa, y que un tubérculo formado por cualquier planta es capaz de formar nuevos tubérculos sin necesidad de que se desarrolle parte aérea, tallos y hojas.

Por el contrario, no sucedió lo mismo con "añu" y "oca", que en nuestras condiciones de trabajo no se incubaron, sugiriendo este hecho que el mecanismo es distinto o que estos tubérculos necesitarían de otros factores, aún no estudiados, para cumplir el proceso de incubación.

La incubación en "topinambur" se produce de una manera especial. De las observaciones efectuadas se deduce que los tubérculos de temperaturas altas nunca forman vástagos aéreos; en su lugar forman tubérculos hijos con numerosas raíces; estos tubérculos alcanzan tamaños considerables a expensas del tubérculo viejo.

Los tubérculos de la variante temperaturas frías brotaron 91 días después, originando vástagos con hojas en lugar de tubérculos.

Hanower (1960) encuentra el mismo efecto en tubérculos mantenidos a  $18^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2^{\circ}$ ). Sólo aquellos tubérculos colocados durante 12 días a temperaturas de  $5^{\circ}\text{C}$  dan vástagos aéreos.

De nuestro ensayo se infiere que esta especie tuberosa tiene la misma capacidad de incubación que la papa. La diferencia consiste en que en la papa las temperaturas bajas alargan el período de incubación, pero siempre llegando a la presencia de tubérculos, cosa que no ocurre en el "topinambur".

Zimmerman y Hitchcock (1936), postulan la presencia de una sustancia especial de tuberización que se formaría en el ápice del tallo; o en las hojas (Hamner y Long, 1939), y que se trasladaría a las partes subterráneas para la formación de tubérculos.

Nuestro ensayo y el de Hanower demuestran que esta especie también es capaz de formar tubérculos sin parte aérea, y que sólo el tubérculo madre puede inducir la formación de tubérculos.

La incubación de las plantas tuberosas tiene significación ecológica. Por este proceso las especies tuberosas incapaces de formar parte aérea, en la estación de crecimiento, por cualquier disturbio en su desarrollo normal, están en condiciones de formar nuevos tubérculos hijos debajo de la tierra, favoreciendo de esta manera la perpetuación de la especie.

SUMARIO Y CONCLUSIONES. — En el presente trabajo se estudia el fenómeno de incubación en las siguientes especies tuberosas de “papa” (*Solanum tuberosum* L.); “ulluco” (*Ullucus tuberosus* Loz.); “añu” (*Tropaeolum tuberosum* R. et P.); “oca” (*Oxalis tuberosa* Mol.) y “topinambur” (*Helianthus tuberosus* L.).

1. *Ensayos sobre papa*: a) Se efectuaron ensayos referentes a la influencia de los brotes, ausencia de ápice de los brotes y humedad. Los desbrotes y la falta de humedad alargaron el período; la falta del ápice de los brotes no tuvo influencia.

b) Se estudió la capacidad que poseen los tubérculos de formar nuevos tuberculitos sin follaje luego de desbrotes sucesivos, demostrando que los tubérculos bajo el tratamiento expuesto, son capaces de formar 6 series de tuberculitos hijos, después de los desbrotes consiguientes.

c) Se demostró que las yemas adventicias originadas de tubérculos que habían cumplido el período de incubación, originan tubérculos sin previa formación de brotes.

d) Se estudió el período de incubación en las variedades Katahdin, Kennebec, Buena Vista, Chaqueña y Huinkul en variantes de temperaturas altas y bajas. Las variedades se comportaron en forma distinta en relación al período de incubación. Tomando como base el 50 % de papas incubadas, Chaqueña, Katahdin y Kennebec resultaron más precoces que las restantes.

Las bajas temperaturas alargan el período de incubación en todas las variedades. A bajas temperaturas se producen rizomas, no así a altas temperaturas, en las cuales los tubérculos se forman en los nudos de los brotes sin formación de rizomas.

e) Se trataron tubérculos con las sustancias de acción fisiológica siguientes: ácido nicotínico, piridoxina, ácido ascórbico, glucosa, sacarosa, cistina, asparagina, clorhidrato de tiamina y riboflavina. No demostraron diferencias substanciales en el período de incubación.

2. *Ensayo con “ulluco”, “añu” y “oca”*.—Se demostró que en “ulluco” la incubación se produce en forma similar que en los tubérculos de papa. Por el contrario, no sucedió lo mismo con “oca” y “añu”, que no llegaron a formar tuberculitos hijos sin follaje.

3. *Ensayo con “topinambur”*: A altas temperaturas se incuba como en los tubérculos de papa. A bajas temperaturas la incubación no se cumple.

#### *Conclusiones:*

De los resultados de los ensayos realizados se concluye que el tubérculo madre tiene una gran influencia en la formación de nuevos tubérculos, es decir, sobre la incubación. Después de la brotación los tubérculos necesitan un período largo para cumplir todos los procesos fisiológicos o la formación de sustancias para alcanzar el estado de incubación. Una vez en este estado, son capaces de desarrollar tubérculos en un lapso considerablemente menor.

La formación de tubérculos desarrollados en las yemas adventicias sugiere que las sustancias o factores de incubación formados en el tubérculo madre

migran hacia los meristemas, induciendo la formación de tubérculos sin desarrollo de brotes.

El factor varietal en los ensayos de papa es tan importante como los ambientales de temperatura, humedad y luz.

Las bajas temperaturas alargan el período de incubación en todas las variedades; la formación de rizomas no se produjo en las incubadas a altas temperaturas.

Este hecho se explica debido a que las altas temperaturas que favorecen la incubación a través del tubérculo madre, influyen en los meristemas, en los cuales se desarrollan tubérculos antes que se formen los rizomas, como en el caso de los tubérculos incubados a bajas temperaturas.

El proceso de la incubación de "ulluco" demostró ser el mismo que el de papa. Como en esta especie, un tubérculo es capaz de formar nuevos tubérculos sin necesidad de que se desarrolle parte aérea. Por el contrario, "añu" y "oca" en nuestras condiciones de trabajo no se incubaron, sugiriendo que el mecanismo es distinto o que necesitan otros factores, aun no estudiados, para cumplir el proceso de incubación.

La incubación de "topinambur" se produce de una manera especial. Los tubérculos en condiciones de altas temperaturas no formaron vástagos aéreos. En su lugar desarrollaron tubérculos hijos. A bajas temperaturas no formaron tubérculos. En su lugar desarrollaron vástagos aéreos.

Summary and conclusions. — *Essays on the incubation of tuber bearing plants.* The present paper deals with the incubation phenomenon<sup>1</sup> on the following tuber bearing species: potato (*Solanum tuberosum* L.); "ulluco" (*Ullucus tuberosus* Loz.); "añu" (*Tropaeolum tuberosum* R. et P.); "oca" (*Oxalis tuberosa* Mol.) and "Jerusalem artichoke" (*Helianthus tuberosus* L.).

#### 1. Tests with potato:

A) Trials on the influence of the shoots, lack of stem tips and humidity were worked out. Desprouting and lack of humidity lengthened the period. Lack of stem tips had no influence.

B) The capacity of the tubers to form new offspring tubers without top plant after desprouting performed following formation was studied, showing that the tubers under treatment are capable of forming 6 series of new tubers after the subsequent desprouting.

C) It was demonstrated that the adventitious buds from tubers that had accomplished their incubation period develop tubers without sprouts.

D) The period of incubation of the varieties Katahdin, Kennebec, Buena Vista, Chaqueña and Huinkul was also tested, in variations of high and low temperatures.

<sup>1</sup> The period of incubation is the time elapsed between the beginning of sprouting and the formation of new daughter tubers on the shoots. The state of incubation of a tuber depends upon the degree of evolution shown during that period.

Varieties acted in different ways in relation to the period of incubation. Taking as a base the 50 % of the incubated potatoes, Chaqueña, Katahdin and Kennebec showed earlier tuber formation than the rest. Low temperatures lengthened the period in all varieties. At low temperatures stolons were formed; on the contrary, they did not at high temperatures, at which tubers were formed on the nodes of the sprouts, without stolons.

E) The following chemical substances of physiologic activity were used in the treatment of the tubers: nicotinic acid, piridoxine, ascorbic acid, glucose, sacarose, cistine, asparagine, chlorhydrate of thiamine and riboflavine. They did not show any differences in the period of incubation.

2. *Test with "ulluco", "añu" and "oca"*: "Ulluco" showed that incubation is produced in a similar way to that of the potato tubers. On the other hand, "oca" and "añu" did not develop new offspring tubers without top.

3. *Test with Jerusalem artichoke*: At high temperatures it was incubated as those of the potato tuber. At low temperatures it did not incubate.

#### *Conclusions:*

From the results of the tests it can be concluded that the mother tuber has a great influence in the formation of the new offspring tubers, that is to say, on the incubation process. After sprouting the tubers need a long period to accomplish all the biophysiological processes, or the presumable formation of the substances for tuberization. Once in this state the tubers are able to develop new tubers in a considerably shorter time.

The formation of tubers developed on the adventitious buds suggests that the factors or substances of incubation formed in the mother tubers are translocated to the meristems inducing the formation of tubers without top plant.

The varietal factors in our trials are as important as the environment factors such as temperatures, humidity and light. Low temperatures, lengthen the period in all varieties under study. The formation of stolons was not recorded at high temperatures. This fact is interpreted as due to high temperatures lengthen the period in all varieties under study. The formation of stolons was not recorded at high temperatures. This fact is interpreted as due to high temperatures that favor incubation having an influence on the meristems in which tubers are formed before stolons are developed, as it is the case with the tubers incubated at low temperatures.

The process of incubation of "ulluco" demonstrated to be the same as that of the potato. As in this species, a tuber is capable of forming new offspring tubers without the need of top plant. On the other hand, "añu" and "oca" did not incubate in our trials, this suggesting that the mechanism is different, or that other factors not yet studied are needed to accomplish the process of incubation.

The incubation of "Jerusalem artichoke" is produced on a special manner.

The tubers at high temperatures do not develop aerial shoots. Instead of this, offspring tubers were developed. At low temperatures they did not form any tubers, producing aerial shoots instead.

The incubation of tuber species has an ecological significance. By this process the tuber species which are unable of developing aerial organs during the growing season because of any disturbances in their normal growth, are able to form offspring tubers under the ground, favoring the perpetuation of the species.

#### BIBLIOGRAFIA

1. CLAVER, F. K., *Influencia de luz, oscuridad y temperatura sobre la incubación de la papa.* — Phytion 1 (1951), 3-12.
2. — *Factores que influyen en la incubación de la papa.* — Turrialba 3 (1953), 32-34.
3. CLAVER, F. K., R. M. TIZIO, E. M. SÍVORI & E. R. MONTALDI, *Influencia de los meristemas y desbrotos en el período de incubación de tubérculos de papa.* — Rev. Fac. Agr. 30 (1954), 215-219.
4. CLAVER, F. K., *Observaciones sobre la tuberización de brotes de papa y "ullucus" cultivados in vitro.* — Rev. Fac. Agr. XXXII 1ª (1956), 111-122.
5. HANOWER, PAWEL, *Formation et débourrement des nouveaux tubercules axillaires sur les tubercules mères de Topinambour et phénomènes accompagnant les degrés de levée de dormance de ces plantes.* — Compt. Rendus de l'Acad. des Sciences, 251 (1960), 2767-2769.
6. HAMNER, K. et E. LONG, *Localization of the photoperiodic perception in "Helianthus tuberosus".* — Bot. Gaz., 101 (1939), 80-90.
7. MADEC, P. & P. PERENNEC, *Les possibilités d'évolution des germes et leurs conséquences.* — Ann. Am. des Pl. 5 (1955), 555-574.
8. MADEC, P., *Le rôle du tubercule-mère dans l'évolution des germes de pomme de terre.* — Ann. Am. des Pl. 8 (1958), 5-30.
9. MADEC, P. & P. PERENNEC, *Le rôle respectif du feuillage et du tubercule-mère dans la Tubérisation de la Pomme de terre.* — European Potato Journal, Vol. 2 (1959), 22-49.
10. VAN SCHREVEN, D. A., a) *On the physiology of tuber formation in potatoes. I. Premature tuber formation.* — Plant and Soil 8 (1956), 49-55.
11. — b) *On the physiology of tuber formation in potatoes. II. Influence of some organic compounds on tuber and sprout formation of potatoes aseptically grown in the dark.* — Plant and Soil 8 (1956), 56-74.
12. — c) *On the physiology of tuber formation in potatoes. III. Influence of growth substances (phytohormones) on tuber and sprout formation of potatoes aseptically grown in the dark.* — Plant and Soil 8 (1956), 75-86.

13. — *d) On the physiology of tuber formation in potatoes. IV. Influence of vitamine C on tuber and sprout formation of potatoes aseptically grown in the dark.* — *Plant and Soil* 8 (1956), 87-94.
14. — *e) On the physiology of tuber formation in potatoes. V. Influence of vitamine C on tuber and sprout formation of potatoes aseptically grown in the dark.* — *Plant and Soil* 8 (1956), 95-104.
15. ZIMMERMAN, P. W., and A. E. HITCHCOCK, *Tuberization of artichokes by capping stem tips with black cloth.* — *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 8 (1936), 311-315.