

**Efecto de la presencia de heladas simuladas en diferentes estados fenológicos y su impacto en el rendimiento de la papa cv Ccompis: estudio preliminar.**

**Tommy E. Fairlie; Alberto Ortega \***

**RESUMEN**

Los efectos que la baja de temperatura (helada) ocasionan al cultivo de papa fueron reproducidos en un ensayo experimental en la Comunidad de Jiscuani, al sur de la ciudad de Puno, Perú. Se estudiaron cinco niveles de daños (0, 25, 50, 75 y 100%) al follaje de la papa en los diferentes estados fenológicos para observar en qué proporción era afectado el rendimiento final de tubérculos.

Los estados fenológicos más susceptibles resultaron ser la emergencia y el inicio de la formación de estolones cuando el daño a la parte aérea de la planta fue superior al 50%. En este caso el rendimiento se redujo entre 30 y 50%. Se observó además que cuando el daño por helada se produjo en el estado fenológico de inicio de floración (100 días después de la siembra) la reducción del rendimiento, en todos los niveles estudiados, fue considerable, registrándose una disminución de 15 a 55%.

La metodología para reproducir el daño por helada, es decir la eliminación de la parte aérea de acuerdo al nivel de daño y un frotamiento posterior del área foliar remanente, parece haber dado buen resultado.

*Palabras claves adicionales :* radiación, fenológico, tolerancia a helada, simulación, emergencia, floración, tuberización, factorial, frotamiento.

Aceptado para publicación : agosto 29, 1996

\* Especialista en sistemas agrícolas y agrónomo residente en la comunidad de Jiscuani, respectivamente. Proyecto de Investigación de Sistemas Agropecuarios Andinos (PISA). Convenio INIAA-CIID-ACDI Apartado 388, Puno-Perú.

## Yields Cv Ccompis: Preliminary Studies

### SUMMARY

The frost damages on the potato crop were simulated through an experiment in the Jiscuani community, in Southern Peru, Puno. Five levels of foliar damage (0, 25, 50, 75 and 100%) in different phenological stages were evaluated for their impact on tuber yield.

The most significant phenological damages resulted at plant germination and at the early stolon formation, when foliar damage was higher than 50%. Moreover, the greatest effect on yield was caused at flowering stage (100 days after planting), recording reductions from 15 to 55 % at the different damage levels.

The methodology for the frost simulation, cutting foliar sections according damage levels and making further rubbing on foliar area was apparently adequate.

*Additional index words:* radiation, phenological, cold tolerance, simulation, emergency, flowering, tuberization, factorial, rubbing.

---

El altiplano peruano situado entre 3,800 - 4,500 msnm se ubica a 14°-17°LS, esto es, en plena zona tórrida. Sin embargo, la altitud modifica el clima tornándolo frío, pues la gradiente de aire húmedo disminuye 0.6°C por cada 100 m de altitud y consecuentemente la temperatura promedio del altiplano es de 8 a 9°C. Así, las temperaturas medias anuales varían de 6 a 9°C dependiendo de la altitud y la proximidad al lago Titicaca (3).

El balance energético nocturno hace que, la superficie terrestre se enfríe rápidamente pues la radiación que emite es mucho mayor que la que recibe. Este fenómeno se agrava en noches despejadas. Así el aire se enfría por la alta pérdida del calor por radiación y se inicia el proceso tan temido por los agricultores del lugar: la helada. Como se sabe, en el altiplano de Puno las heladas en tiempos de cultivos son producidas únicamente por el balance de radiación nocturna, duran pocas horas y se alternan con temperaturas diurnas altas (6), ocasionando daños importantes a los cultivos, especialmente a la papa. Aunque existen períodos libres de helada, éstos se circunscriben a lapsos de 30 ó 180 días, dependiendo de la cercanía o lejanía al lago, respectivamente. Esta circunstancia limita tremendamente el cultivo y ocasiona pérdidas considerables.

Si bien existen programas de investigación abocados a buscar resistencia o tolerancia a las heladas probando diversos clones de papa, lo cierto es que no se ha investigado lo suficiente para conocer los efectos que causan en el rendimiento del cultivo las distintas intensidades de las heladas de acuerdo a los diversos estados fenológicos. Existen datos contradictorios al respecto, pues se reportan rendimientos de hasta 48 t/ha con 30% de daños ocasionados al follaje por la helada (5), o en otros casos de 14 t/ha con un daño por helada de 80% y con una recuperación regular (sic) (7). Asimismo se reportan rendimientos de hasta 60 t/ha procedentes de cultivos que soportaron 40% de daño al follaje al final de la floración (4).

Teniendo en cuenta que el rendimiento promedio de papa en el altiplano es de 4-5 t/ha (1), parecería ilógico descartar variedades supuestamente poco resistentes a la helada, por alcanzar rendimientos de 10-13 t/ha (4). Esto nos sugiere que en la mayor parte de los trabajos que buscan tolerancia a heladas no se tomó en cuenta la correlación entre el daño observado y el estado fenológico que coincidió con la presencia del fenómeno. Consecuentemente la información obtenida no posibilitaría la superioridad de una variedad o clon con respecto a otro.

Al cabo de una década de investigación básicamente genética buscando resistencia a las heladas poco es lo que se sabe del efecto depresivo cuantificable que produce la helada en los distintos estados fenológicos del cultivo. Este desconocimiento impide tomar decisiones acertadas desde el punto de vista económico, cuando se trata de compensar el daño a través de aplicaciones foliares, amén de otros usos.

El objetivo del presente trabajo fue tratar de encontrar la relación entre estado fenológico y daño por helada con respecto a la reducción en el rendimiento para afinar medidas de recomendación y mejorar el modelo de simulación de papa que se está elaborando en el PISA-INIAA.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo de campo fue conducido en la comunidad campesina de Jiscuani a 120 km al sur de Puno y a 30 km de la frontera con Bolivia, sobre un suelo franco arenoso ubicado en ladera (8-9%) con una orientación de N a S y con 15.2 g/kg de materia orgánica, y con un contenido de N total mayor en la parte alta de la ladera. Esta gradiente va de 12.6 a 9.8 g/kg y tiene un pH de 6.4. El contenido de P es mayor en la parte media de la ladera en donde alcanza un total de 22 mg/kg lo que indica un buen contenido de P nativo. El ensayo se condujo bajo un diseño factorial 6 x 5 de parcelas divididas. Los factores en estudio fueron seis estados fenológicos (emergencia, inicio de formación de estolones, inicio de floración, inicio de tuberización, final de floración, final de tuberización) y cinco grados de daños por helada (0, 25, 50, 75 y 100 %). En las parcelas se ubicaron los estados fenológicos y en las

sub- parcelas el grado de daño. El tamaño de la subparcela fue de 5 x 2.4 m (3 surcos a 0.8 m por 0.25 m entre plantas). Todos los tratamientos fueron repetidos 4 veces. El ensayo fue sembrado el 18 de noviembre de 1989. La fórmula de fertilización aplicada fue 100 de N, 80 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 40 de K<sub>2</sub>O. La variedad utilizada fue Ccompis.

Reproducción del daño ocasionado por la helada: Para lograr la reproducción del daño producido por efecto de la helada se diseñó una metodología que consistía en reducir el área foliar y en general, la parte aérea de la planta de acuerdo al tratamiento pertinente. Para esto se cortaron proporcionalmente foliolos, peciolos y tallos para posteriormente mediante un ligero frotamiento simular los daños reales. La conducción general del cultivo fue la misma que practican los agricultores del lugar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de días, en promedio, desde la siembra a cada uno de los estados fenológicos observados en el cultivo al que se le aplicaron los "tratamientos por helada" se presenta en la Tabla 1.

*Tabla 1. Efecto del daño por heladas simuladas en diferentes estados fenológicos sobre la producción de tubérculos de papa (kg/ha) variedad Ccompis en Juscuni (1989-90), Puno.*

Estados fenológicos	DDS**	Porcentaje de año					Media
		0	25	50	75	100	
Emergencia	57	3,195	2,490	3,163	2,238	1,638	2,531
			22.09	-1.0	-29.95	-48.73	-20.78
Inicio de formación estolones	67	2,485	3,025	2,438	1,728	1,238	2,183
			0.00	-1.89	-30.46	-50.18	-12.15
Inicio de tuberización	90	2,688	2,433	2,525	2,520	2,883	2,610
			-9.49	-6.06	-6.25	0.0	-2.9
Inicio de floración	100	2,590	2,200	1,908	1,375	1,195	1,854
			-15.06	-26.33	-46.91	-53.86	-28.42
Final de floración	115	2,775	2,753	2,790	2,603	2,785	2,741
			-0.79	0.0	-6.20	0.0	-1.23
Final de tuberización	149	2,420	2,340	2,698	2,560	2,333	2,470
			-3.31	0.0	0.0	-3.6	0.0
Media		2,692	2,529	2,587	2,171	2,012	
CV	26.6%						

\* Los valores DMS para comparar dos "porcentajes de daño" dentro del mismo estado fenológico, son 1,175 kg/ha al 1 % y 1,070 kg/ha al nivel de significancia del 5%.

DDS Días después de la siembra.

El desarrollo fenológico puede variar entre localidades y entre años y es mayormente dependiente de la temperatura y la humedad del suelo. Los valores obtenidos en este estudio estuvieron afectados por un largo periodo de sequía, presentándose además temperaturas nocturnas muy bajas, tal como se muestra en la Tabla 2.

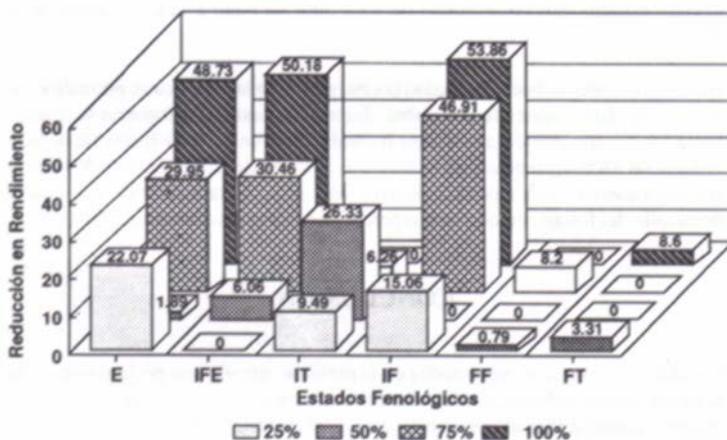
Tabla 2. Características climáticas del lugar experimental. Jiscuani, 1989-1990, Puno.

Mes	Temperatura °C		Precipitación mm	Dias con heladas	Mínima extrema C°	Máxima extrema C°
	max	min				
Oct	17.3	-0.6	9.4	20	-4.0	19.5
Nov	17.5	-0.6	21.6	17	-10.0	20.0
Dic	15.2	4.3	62.0	0	0.5	18.5
Ene	13.2	4.2	137.4	0	2.0	16.0
Feb	14.5	2.4	73.1	4	0.0	16.5
Mar	15.8	2.0	36.0	3	-3.5	20.0
Abr	15.5	1.8	62.6	1	0.0	16.5

Los rendimientos obtenidos (Tabla 1) fueron influenciados por el nivel de daño y el estado fenológico en el que aquel ocurrió. Generalmente el rendimiento decreció cuando el nivel de daño fue más severo. En los estados fenológicos de emergencia e inicio de formación de estolones, los tratamientos de 75% y 100% de daño produjeron una significativa reducción en el rendimiento comparado con el testigo (Figura 1). El rendimiento fue gravemente afectado cuando los daños ocurrieron en el estado fenológico de inicio de floración. Se pudo observar que el rango de reducción del rendimiento abarcaba de 15 a 55% cuando el daño cubría entre el 25 y el 100% del follaje, respectivamente. En algunas papas dulces, como es el caso de la variedad Ccompis utilizada en el ensayo, el inicio de la floración ocurre generalmente después del inicio de la tuberización, lo que ocasiona que haya una disminución del flujo de carbohidratos hacia los tubérculos pues parte de ellos son usados para los procesos de diferenciación floral. Si en ese momento ocurre un daño por helada la interrupción del flujo de carbohidratos será total. Consecuentemente la planta interrumpe la translocación de carbohidratos hacia los jóvenes tubérculos, derivándolos a las partes aéreas dañadas por la helada. Cualquier factor que inhiba la producción de fotosintatos-reducción del área foliar por la helada-reducirá la concentración de carbohidratos en los lugares en los que es producido. Con menos fotosintatos producidos, las reservas (tubérculos) son necesarias para que se mantengan las funciones normales de las plantas, y como consecuencia el rendimiento final se verá afectado.

Las ecuaciones de regresión y los coeficientes de correlación relacionando rendimiento parcelario en cada estado fenológico y el nivel de daño producido son presentados en la Tabla 3.

Figura 1. Reducción en el rendimiento de papa por efecto de diversos daños de helada



### Comunidad Campesina de Jiscuani

Tabla 3. Relación lineal de los efectos del daño de la helada sobre el rendimiento de tubérculos de papa variedad Ccompis durante seis estados fenológicos. Jiscuani, 1989-90.

Estados	a	bx	r
Emergencia	3.82	-0.02	-0.8
Inicio de formación estolones.	3.53	-0.02	-0.9
Inicio de tuberización	3.02	0.002	0.4
Inicio de floración	3.09	-0.02	-0.99
Final de floración	3.32	-0.0006	-0.28
Final de tuberización	2.95	0.0002	0.05

En resumen, de acuerdo con los resultados preliminares obtenidos podemos opinar que, el rendimiento no fue mayormente afectado cuando las heladas fueron de regular magnitud y se presentaron en los dos estados tempranos. Por el contrario cuando el daño sobrepasó el 75% la reducción fue significativa.

Al estado fenológico de emergencia la planta de papa puede recuperarse del daño por la helada, siempre y cuando, ésta sea de magnitud leve a moderada. En nuestro estudio esto corresponde de 25 a 50% de daño a la parte aérea de la planta.

Bajo condiciones de buena humedad la emergencia en la papa ocurre normalmente a los 30-35 días después de la siembra. En nuestro caso la emergencia se retardó hasta los 57 días debido a la escasa humedad del suelo. Este factor ha debido influenciar los bajos rendimientos obtenidos pues el cultivo proveniente de semilla fisiológicamente vieja mostrará un temprano inicio de la tuberización y escaso desarrollo del follaje, todo lo cual repercutirá en un escaso rendimiento (2).

## CONCLUSIÓN

Los datos y resultados presentados en el presente artículo son preliminares y de ninguna manera deberán ser tomados en forma concluyente. La intención de los autores es mostrar los trabajos preliminares en un asunto que es de suma importancia en el altiplano. Los trabajos continúan.

El método de eliminar follaje por medios mecánicos y posterior frotamiento de la parte aérea remanente parece imitar bastante bien los verdaderos efectos causados por la helada.

Es importante tener en cuenta que diversos tipos de daños pueden ser causados cuando una helada "verdadera" afecta el cultivo. Así puede haber muerte de algunas plantas al ocurrir una resistencia diferencial entre plantas ante el fenómeno atmosférico, daños a los tallos y defoliación. Muchas variables, tales como duración de la helada, temperatura de la misma, contenido de humedad del suelo y de la planta (si las hojas están turgentes o flácidas) influenciarán el tipo y grado de daño. El daño a la planta variará significativamente entre heladas y dentro del mismo campo.

El daño a la parte aérea, como el presentado en forma simulada en esta investigación, representa sólo un tipo de daño entre los que pueden ocurrir.

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento a los agricultores de la C.C. de Jiscuani, y en especial al Director de la escuela primaria de la comunidad por facilitarnos el lugar experimental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ccama, F. 1990. La estructura y evolución de la producción agropecuaria en el departamento de Puno periodo 1970-1988. Proyecto PISA. Convenio NIAA-CIID-CDI. Puno, Perú.
2. Ezeta, F.N. 1986. Aspectos fisiológicos de la producción de papa. V Curso Internacional sobre el Cultivo de Papa con Énfasis en la Producción de Semilla. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú.
3. Grace, B. 1983. El clima del altiplano. Departamento de Puno, Perú. Convenio Perú-Cañada-ACDI. Est. Exp. Salcedo INIPA-CIPA XV.
4. Huanco, V; Cahuana, R. 1986. Informe Anual 1986. Estación Experimental Agropecuaria Puno. Dic. 1986.
5. Huanco, V. 1989. Resultados de Investigación P.I.A 1987-88. Documento Interno E.E.Z. Hipa.
6. Morlon, P. 1979. Apuntes sobre el problema agronómico de las heladas. Aspecto meteorológico. Convenio Perú-Cañada (ACDI) Proyecto Colza y Cereales. Mimeografiado.
7. PISA 1987. Resultados del Plan de Trabajo Anual 1986-1987. Proyecto de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos. Convenio INIPA-CIID-ACDI.