

PN-ARBE-369 64840

RESEARCH GUIDE  
GUIA DE INVESTIGACION  
GUIDE DE RECHERCHE

CIP

Guía de Investigación CIP 24

**FISIOLOGIA DE LA PLANTA DE PAPA  
BAJO CONDICIONES DE CLIMA CALIDO**

1988

David J. Midmore



INTERNATIONAL POTATO CENTER (CIP)  
CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)  
CENTRE INTERNATIONAL DE LA POMME DE TERRE (CIP)

Guía de Investigación CIP 24

FISIOLOGIA DE LA PLANTA DE PAPA

BAJO CONDICIONES DE CLIMA CALIDO

1988

David J. Midmore

---

CIP  
Apartado 5969  
Lima, Perú

Ubicación:  
Av. La Universidad s/n  
La Molina - Lima

Tel. 366920  
Télex 25672 PE  
Cable CIPAPA, Lima

---

### Guías de Investigación CIP (CRGs)

Las Guías de Investigación CIP (CRGs) describen tecnologías que han sido desarrolladas y utilizadas por el CIP y los Programas Nacionales de Papa. Los CRGs fueron producidos para promover el intercambio de información entre científicos y son actualizados regularmente para asegurar que describan los avances más recientes.

---

David J. Midmore. 1988. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación CIP 24. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 15 p.

---

**FISIOLOGIA DE LA PLANTA DE PAPA  
BAJO CONDICIONES DE CLIMA CALIDO**

- 1 Efectos universales de la temperatura
- 2 Crecimiento del follaje
- 3 Fotosíntesis y respiración
- 4 Desarrollo
- 5 Rendimiento
- 6 Energía solar en climas cálidos
- 7 Eficiencia del desarrollo en climas cálidos

La papa es considerada generalmente como un cultivo de clima frío, pero se adapta a temperaturas de zonas altas en latitudes tropicales. Cuando se cultiva bajo condiciones templadas a cálidas, se producen alteraciones en la fisiología de la planta, que influyen en su adaptación y rendimiento potencial. Un conocimiento claro de la respuesta de la papa a condiciones cálidas proporciona la base necesaria para la elección del genotipo y las prácticas agronómicas que puedan contribuir a obtener la máxima producción.

---

---

## 1 EFECTOS UNIVERSALES DE LA TEMPERATURA EN GENERAL

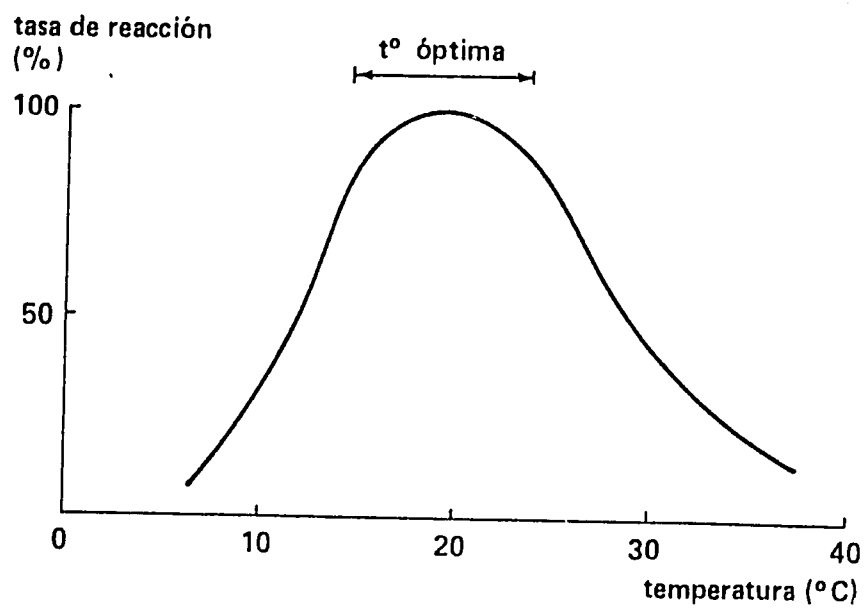
---

El incremento de la temperatura tiene efecto acelerador sobre los procesos químicos y, con frecuencia, sobre los biológicos, hasta alcanzar un óptimo (aproximadamente 20 a 25 °C para la papa), después del cual se observa generalmente un descenso dependiente de la temperatura (Figura 1). Aunque las tasas de los procesos mencionados son en general más aceleradas a temperaturas altas, se experimenta una disminución general en la duración del crecimiento y desarrollo, cuando las temperaturas son más altas, ya que en cualquier reacción el sustrato se consume con mayor rapidez. Sobre el incremento lineal de la tasa de reacción (tasa de aceleración de una reacción química) el  $Q_{10}$  (tasa de reacción química a temperatura  $T + 10^\circ$ ) / (tasa a temperatura  $T$ ) de los sistemas in vitro varía de 1 a 2, si es que tienen lugar procesos absolutamente físicos (por ejemplo difusión), pero varía de 2 a más, si los procesos de la planta están bajo control metabólico y catalizados por enzimas, como ocurre en la mayoría de las reacciones en las plantas. Sin embargo, cuando se consiguen temperaturas sub o supra-óptimas, el valor  $Q_{10}$  baja rápidamente, dado que la actividad de las enzimas se reduce como consecuencia de la desnaturalización térmica, hasta que se alcanzan temperaturas que matan los tejidos de la planta.

Este tipo de respuesta dependiente de la temperatura está bien explicada por la relación entre la emergencia de la planta de papa y la temperatura media del suelo a la profundidad del tubérculo, siendo óptima a 22-25 °C con un grado de tolerancia menor para los tubérculos sin brotes que para los que tienen brotes (Figura 2).

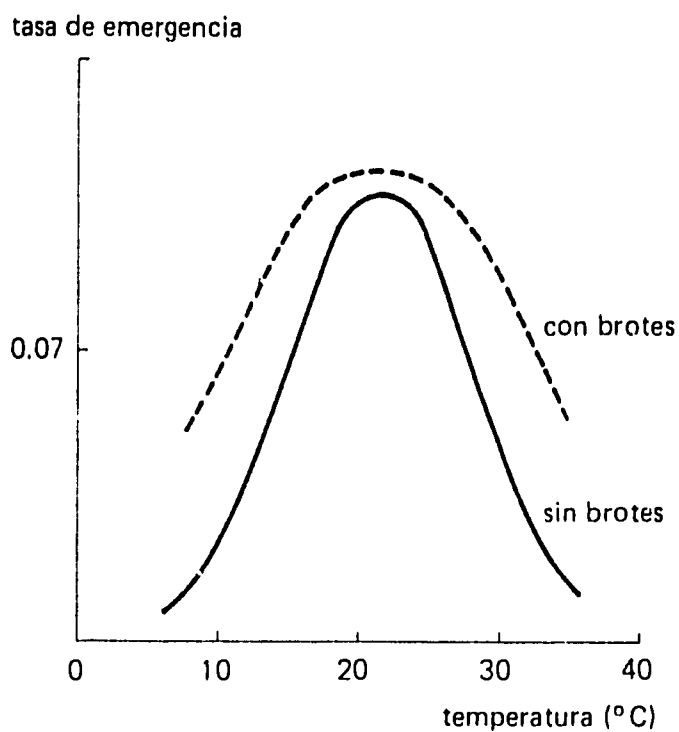
---

Figura 1. Tasa de la reacción metabólica bajo influencia de la temperatura.



---

Figura 2. Tasa de emergencia de las plantas de papa bajo la influencia de la temperatura del suelo y grado de brotamiento.



tasa de emergencia:  $\text{tasa de emergencia} = 1 / \text{días a } 50\% \text{ de emergencia}$

temperatura del suelo: promedio de la temperatura del suelo (°C) a la profundidad del tubérculo

---

## 2 CRECIMIENTO DEL FOLLAJE

---

Una vez que el cultivo está establecido, con los tallos emergidos, tanto la temperatura del aire como la del suelo afectan las tasas de crecimiento y la tasa de cobertura del follaje que cubre el suelo. La siembra de tubérculos con brotes, en alguna medida, reduce la velocidad de formación de las hojas, ya que los brotes de 15 mm de longitud pueden contener hasta 20 primordios foliares. La formación de las hojas depende de la temperatura. El promedio de la tasa de producción de los primordios aumenta con una temperatura media dentro de un intervalo 10-30 °C. La expansión de las hojas también se efectúa a tasas más aceleradas cuando las temperaturas son más altas, pero estas no se mantienen debido al agotamiento de las reservas de hidratos de carbono.

Por eso, en general, las plantas de papa que se cultivan a temperaturas altas, un número de días después de la emergencia tienen hojas más pequeñas y numerosas que plantas similares en temperaturas más frías, y aunque inicialmente tienen mayor área foliar por planta, pronto ésta llega a ser inferior a las plantas que crecen en temperaturas más frías. A temperaturas más altas la longevidad de la hoja (desde el nacimiento hasta la senescencia de una sola hoja) es también mucho más corta a temperaturas más altas y la producción de ramas es más reducida, lo que conduce a la formación de poco follaje, que no es suficiente para la completa captación de la energía solar necesaria para la formación de materia seca. El crecimiento de las raíces es también mucho menor a temperaturas altas, inhibiendo la absorción de agua e iones con las correspondientes desventajas para la planta de papa.



---

### 3 FOTOSINTESIS Y RESPIRACION

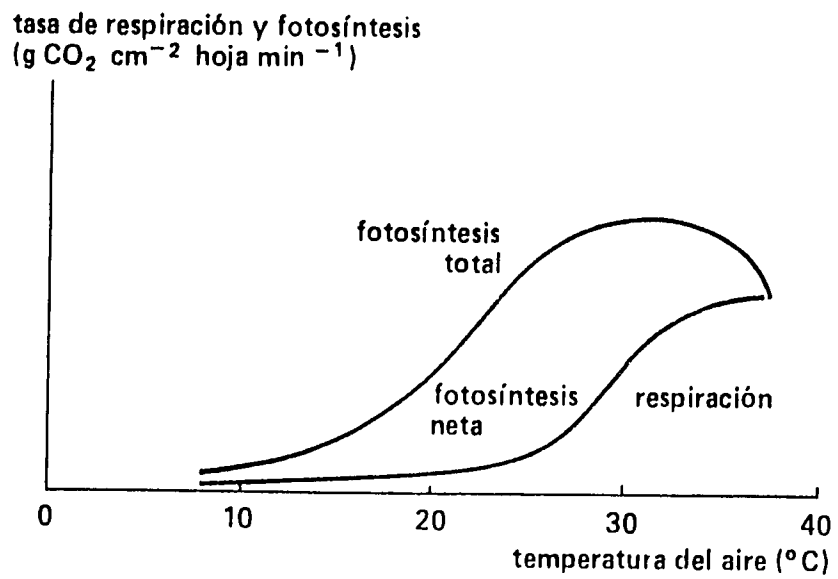
---

Conjuntamente con la influencia de la temperatura alta en el crecimiento del follaje y desarrollo de la planta está el efecto directo en la fotosíntesis total y neta. Numerosos datos experimentales indican que bajo condiciones no limitantes de irradiación, las tasas de la fotosíntesis neta son óptimas sobre un intervalo de 16 a 25 °C, mientras que para la fotosíntesis total se ha observado que la temperatura alta óptima ha sido hasta de 32 °C. A temperaturas superiores a éstas hay, aparentemente, una inhibición directa de la temperatura de la fotosíntesis total en ausencia de una disminución de la conductancia en los estomas (a pesar que los estomas permanecieron abiertos, las tasas de fotosíntesis total y neta disminuyeron).

Las pérdidas en la respiración aumentan con el incremento de temperatura: aproximadamente se duplican por cada 10 °C de incremento, cuando la temperatura es superior a 10 °C, tanto es así, que a temperaturas superiores a 30 °C, la tasa neta de fotosíntesis es mucho menor que a 20 °C (Figura 3) y a temperaturas ligeramente mayores se puede alcanzar la temperatura de compensación, en la que la tasa de respiración iguala a la tasa de la fotosíntesis total.

---

Figura 3. Influencia de la temperatura del aire sobre la relación entre la fotosíntesis total y respiración, y la tasa resultante de la fotosíntesis neta.



---

#### 4 DESARROLLO DE LA PLANTA

---

La temperatura no sólo influye en la tasa de crecimiento de la planta y en su metabolismo, sino que también juega un papel importante en el control del desarrollo de la planta de papa. La temperatura alta (mayor a 20 °C en la noche), por sí sola, inhibe la tuberización, pero son pocos los procesos de desarrollo controlados sólo por la temperatura y las respuestas a ésta pueden ser modificadas por otros factores, particularmente por la luz ambiental (duración y cantidad). La combinación de días cortos con alta irradiación hace posible la tuberización bajo condiciones de temperatura alta en Solanum tuberosum subsp. tuberosum y clones neotuberosum, particularmente en clones con exigencias de fotoperíodo crítico largo (clones que responden muy bien al efecto acelerador de la tuberización que poseen los días cortos).

Las temperaturas altas del suelo y del aire tienen efectos diferentes en la tuberización: la temperatura alta del aire puede influir en el potencial de inducción para la tuberización, mientras que la expresión de síntomas de tuberización puede ser bloqueada por la temperatura alta del suelo, aún en el caso de que las condiciones del aire favorezcan la tuberización.

---

## 5 RENDIMIENTO

---

El número de tubérculos por planta, las tasas de crecimiento del tubérculo y el consiguiente índice de cosecha (relación del tubérculo con el peso seco total por planta), disminuyen a temperaturas altas, debido a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, respiración y tasas de conversión de azúcares a almidones dentro del tubérculo. Con frecuencia, además de los rendimientos más bajos en peso fresco reportados para el cultivo de papa bajo condiciones cálidas, se reduce el porcentaje del contenido de materia seca dentro de los tubérculos promediando la disminución en 1 % de materia seca por 1 °C de aumento de temperatura del ambiente, sobre una variación de temperatura media de 15 a 25 °C. En vista de la rápida disminución de la capacidad fotosintética de las hojas viejas y la senescencia más rápida bajo altas temperaturas, el calentamiento externo del suelo influye invariablemente en forma negativa en las tasas de crecimiento del tubérculo, antes de la madurez final del cultivo.

---

## 6 ENERGIA SOLAR EN CLIMAS CALIDOS

---

Las tierras bajas de clima tropical están notoriamente caracterizadas por temperaturas que se consideran supra-óptimas para la papa, pero están también caracterizadas por mayores valores de energía solar instantánea durante todo el año, que las correspondientes a latitudes mayores. Aunque los valores de energía solar alta favorecen el acortamiento de los tallos, el aumento de ramas y la tendencia a tuberizar bajo temperatura alta, estos factores son, durante una considerable parte del día, excesivos para las necesidades de la planta de papa en cuanto a la fotosíntesis. Por eso, se requieren tasas altas de transpiración para disipar el efecto del calor sobre las hojas, que de otra manera llevaría a un deterioro más rápido del proceso de fotosíntesis.

La fotosíntesis neta es óptima a valores de energía radiante de 400 a 500 W m<sup>-2</sup>, mientras que en los trópicos al medio día, en días claros, se pueden registrar valores superiores a 1 000 W m<sup>-2</sup>. La radiación excesiva para las necesidades de la papa puede ser empleada con éxito asociando la papa con plantas que forman sombra, lo cual sienta las bases para el cultivo asociado de papa con otros cultivos en climas tropicales cálidos. La fuerza de absorción de los tubérculos de papa (fuerza de tracción de los hidratos de carbono hacia los tubérculos), también influye en la tasa de fotosíntesis. Así, es posible que el efecto perjudicial de la temperatura alta en la tasa de fotosíntesis pueda ser también mediatizado a través de su efecto negativo en la tuberización. El grosor de la hoja disminuye a temperaturas altas y el contenido de clorofila por unidad de área de la hoja tiende a ser menor a temperaturas altas y contribuye a disminuir las tasas de fotosíntesis.

---

---

## 7 EFICIENCIA DEL DESARROLLO EN CLIMAS CALIDOS

---

Numerosos estudios han demostrado que existe una relación lineal entre la cantidad de radiación interceptada por el follaje del cultivo y la cantidad de materia seca producida (Figura 4). La pendiente en la relación ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) es una medida de la eficiencia del crecimiento, e integra la ganancia positiva de la fotosíntesis y la disminución negativa de la respiración: y los resultados indican, como se esperaba, que la eficiencia es considerablemente menor en las tierras bajas tropicales que en las condiciones templadas del norte frío.

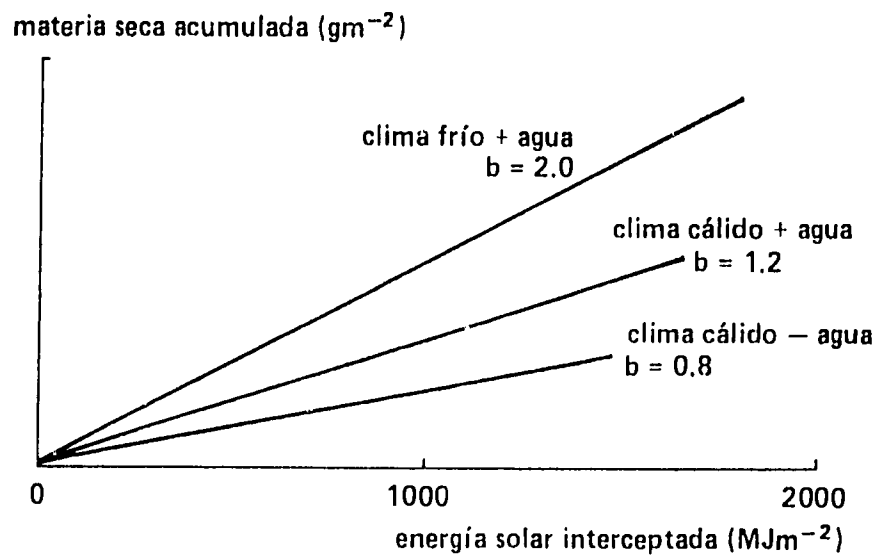
Las razones para las diferencias son básicamente dobles. Primeramente, a temperaturas altas, las pérdidas en respiración son proporcionalmente mayores (Figura 3), y por lo tanto las ganancias netas por unidad de radiación interceptadas son menores, de tal manera que cada unidad de radiación interceptada representa mayor energía instantánea recibida, la misma que es convertida en forma menos eficiente, en materia seca comparada con la menor energía instantánea recibida en condiciones de clima templado. Además los déficits de humedad en el suelo pueden agudizarse con mayor rapidez bajo condiciones de temperatura alta, debido a una mayor capacidad de evaporación. La sequía o las condiciones de humedad del suelo inferiores a las óptimas tienen efectos similares a la temperatura alta sobre el conjunto del follaje, la fotosíntesis y la tuberización, y actúan en la misma dirección aumentando los efectos negativos de las temperaturas altas.

Las condiciones agronómicas para mejorar el comportamiento de la papa en climas cálidos deben por ello ser desarrolladas, teniendo en consideración la interrelación entre los tres factores: temperatura, régimen de luz y régimen de humedad.

---

---

Figura 4. Relación entre la materia seca total y la energía solar interceptada, bajo influencia de las condiciones ambientales.



---

Impreso por el Departamento de Capacitación y Comunicaciones, CIP, Lima  
Marzo 1989 300 copias

---