

# Manejo del Agua en la Producción de Papa

Anton J. Haverkort



Irrigación mediante surcos



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)

Hemisferio Sur



Editorial Hemisferio Sur S.R.L.

---

El Centro Internacional de la Papa (CIP) es una entidad científica, autónoma y sin fines de lucro, establecida mediante Convenio con el Gobierno del Perú para desarrollar y diseminar conocimientos sobre la papa, con el propósito de lograr su mayor utilización como alimento básico. El CIP se financia con fondos internacionales destinados a la ayuda técnica de la agricultura.

---

**Centro Internacional de la Papa (CIP)**  
Apartado 5969, Lima, Perú. Tel. 366920  
Cable CIPAPA - Lima. Télex 25672 PE

**Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.**  
Alzáibar 1328 - Casilla de Correo 1755  
Montevideo, Uruguay. Tel. 954454  
(Enviar los pedidos a esta dirección.)

**Referencia correcta:**

HANVERKORT, A. J. Manejo del agua en la producción de papa. Montevideo, Hemisferio Sur y Centro Internacional de la Papa, 1986. 22 p. (Boletín de Información Técnica 15.)

PA-APD-608

Boletín de Información Técnica 15

# Manejo del Agua en la Producción de Papa

Anton J. Haverkort

Centro Internacional de la Papa (CIP)  
Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.

1986

---

# Manejo del Agua en la Producción de Papa

**Objetivos.** El estudio de este boletín le capacitará para:

- discutir la importancia del agua para el cultivo de la papa,
- explicar las relaciones entre las plantas, el agua y el suelo,
- explicar las posibilidades y limitaciones del manejo del agua sin irrigación,
- describir los métodos de irrigación, especialmente el riego por surcos,
- discutir los principios del suministro de agua (frecuencia y cantidad)
- calcular el suministro del agua.

## **Ayudas didácticas.**

- Una planta turgente de papa y otra ligeramente marchita.
- Una planta de papa con su sistema de raíces y tubérculos, tomada de un campo que ha tenido exceso de agua.
- Tubérculos deformados debido a la excesiva variación de la humedad del suelo.
- Equipo (vasija) de evaporación.
- Diapositivas que muestren diferentes sistemas de riego.
- Tensiómetro.
- Ejemplos de los datos necesarios para calcular el suministro de agua. (Ver la sección 9).

## **Prácticas.**

- Instalar y vigilar un equipo de evaporación.
- Calcular la ETP de las lecturas de la Emax y la cobertura del cultivo en diferentes campos de cultivo.
- Calcular el límite de sequía suponiendo 20% de humedad disponible.
- Practicar y discutir el riego por surcos en el campo.
- Calcular la cantidad de suministro de agua con sifón o con canales auxiliares de riego en el campo.
- Determinar el estado de humedad en los campos utilizando la tabla de guía de campo 7.1 o un tensiómetro.
- Calcular el suministro de agua para un suelo típico de su región de acuerdo a la sección 9.

---

## Cuestionario.

1. ¿Qué cantidad de agua por la campaña de cultivo necesita una planta de papa que tenga buen crecimiento?
2. ¿Para qué funciones es necesaria el agua dentro de la planta?
3. ¿Por qué la planta de papa es especialmente sensible a la carencia o exceso de agua?
4. ¿Cómo influye la humedad del suelo en la temperatura de éste?
5. ¿Cuáles son los efectos indirectos de la sequía?
6. ¿Cuáles son los peligros que lleva el exceso de agua?
7. ¿Cuáles son los efectos de la excesiva variación de la humedad del suelo?
8. ¿Qué es la Emax?
9. ¿Cómo se determina la ETP?
10. ¿De qué otros factores, además de la Emax depende la transpiración?
11. ¿Cuál es la relación entre la apertura de los estomas y el rendimiento de la papa?
12. ¿Qué es la saturación (de suelos)?
13. ¿Cuál es el límite de sequía?
14. Nombre las prácticas culturales de papa en tierras sin riego.
15. Bajo condiciones de tierra sin riego ¿por qué deben ser usadas las variedades tardías de papa?
16. ¿De qué factor depende la longitud de los surcos cuando se emplea esta forma de riego?
17. Analice los límites de la inclinación de los surcos.
18. Describa cómo se determina manualmente el límite de sequedad que ha sido alcanzado.
19. ¿Cuál debe ser la cantidad de agua del suelo durante la germinación de la papa?
20. ¿Con qué manejo de agua se puede estimular el crecimiento profundo de la raíz?
21. ¿Por qué el suelo debe mantenerse húmedo (no anegado) desde la madurez del cultivo hasta la cosecha?
22. ¿Qué componentes determinan la calidad del agua?

## Manejo del Agua en la Producción de Papa

- 1 Introducción.
- 2 Importancia del agua.
- 3 Relaciones entre la planta, el agua y el suelo.
- 4 Manejo del agua sin irrigación.
- 5 Métodos de irrigación.
- 6 Irrigación por surcos.
- 7 Suministro de agua.
- 8 Calidad del agua de irrigación.
- 9 Cómo se calcula el suministro de agua (ejemplo).
- 10 Lecturas adicionales.

### 1 INTRODUCCION.

El agua es un factor importante en el cultivo de la papa. Un buen cultivo de papa requiere de 400 a 800 mm de agua, dependiendo de las condiciones climáticas y de la duración de la campaña de cultivo. Para una población de 40 000 plantas por hectárea, esto corresponde de 100 a 200 dm<sup>3</sup> (litros) de agua por planta en la campaña de cultivo. Tanto la lluvia natural como la irrigación pueden suministrar agua. Su correcto manejo proporciona suficiente cantidad para el crecimiento de la papa y evita que se desperdicie, o se emplee mal.

---

## 2 IMPORTANCIA DEL AGUA.

El agua, un elemento fundamental para el crecimiento, es necesaria en la planta para:

- la fotosíntesis, la respiración y otras funciones fisiológicas,
- el transporte de los minerales y los productos de la fotosíntesis,
- la turgencia de las células de la planta,
- la transpiración y regulación de la temperatura de las hojas.

Comparada con los otros cultivos, la planta de papa es sensible tanto a la carencia como al exceso de agua:

- El sistema radicular relativamente superficial de la papa limita la llamada "zona efectiva de la raíz" a entre 50 y 80 cm de profundidad del suelo.
- El sistema radicular es débil y no puede penetrar en suelos compactos. Esto reduce aún más la zona efectiva de la raíz.
- La penetración de la raíz puede restringirse cuando varía el pH de las diferentes capas del perfil del suelo
- El poder de succión de las raíces de la papa es relativamente bajo. Además, la eficiencia de las raíces puede ser afectada por enfermedades y pestes.
- Los estomas de las hojas de la papa se cierran rápidamente ante la falta de humedad. Esto ocasiona la reducción de la transpiración y de la fotosíntesis, el calentamiento de las hojas, y en consecuencia la reducción del rendimiento.

**Falta de agua.** La falta de agua es el estrés más común. La papa no compensa con alargamiento del período vegetativo los períodos de sequía. Aun un corto período de sequía afecta el rendimiento, especialmente después del comienzo de la formación de los tubérculos.

El suelo seco causa la reducción del número de tallos. En un suelo seco y con terrones sólo se desarrollan los brotes que tienen acceso al agua. Al comienzo de la formación de los tubérculos, la sequedad favorece el ataque de *Streptomyces scabies* (roña común). En las siguientes etapas, las grietas del suelo, debidas a la sequía, favorecen la infestación de los tubérculos por insectos, especialmente la polilla de la papa.

La sequía influye directamente en el rendimiento restringiendo la transpiración y la fotosíntesis. Indirectamente lleva a la reducción de la evaporación proveniente del suelo y las hojas, aumentando la temperatura del suelo y de la planta. La temperatura alta es desfavorable para la iniciación de los tubérculos. La sequía también contribuye a los defectos fisiológicos del tubérculo, tales como la necrosis interna, especialmente al final de la campaña cuando el follaje está seco y el suelo expuesto al sol.

Los suelos secos forman terrones que dificultan el manejo del suelo y del cultivo y causan daños al tubérculo durante la cosecha.

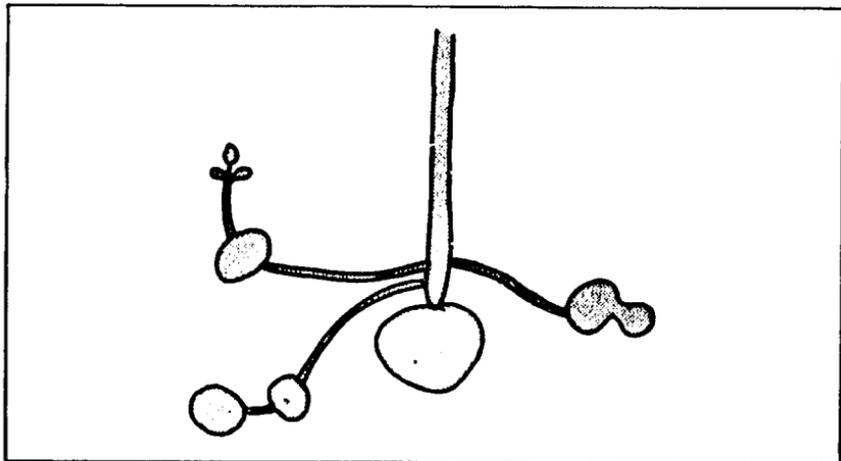
**Exceso de agua.** El exceso de agua puede ser el resultado de lluvias fuertes, irrigación abundante, o drenaje deficiente.

El agua en cantidad excesiva le impide al oxígeno llegar a las partes subterráneas de la planta de la papa, dando como resultado el desarrollo pobre de las raíces y la pudrición de los tubérculos recién formados.

Los tubérculos-semillas son especialmente susceptibles a la pudrición. El exceso de riego poco después de la siembra puede reducir la emergencia, debido al excesivo crecimiento de lenticelas, lo cual permite la entrada de parásitos. También el exceso de agua puede ser causa de que los tubérculos se pudran antes de la cosecha.

La humedad alta favorece el desarrollo del tizón tardío (*Phytophthora infestans*). El agua en exceso se pierde por infiltración o por escorrentía. También aumenta la erosión.

**Variación de la humedad del suelo.** La excesiva variación de la humedad del suelo afecta la calidad de los tubérculos. El agua después de una sequía prolongada puede causar un segundo crecimiento. Los tubérculos toman formas semejantes a cuello de botella o se deforman de diversas maneras y pueden romperse. El crecimiento de nuevo rastrojo puede ocurrir a expensas de la producción de los tubérculos. El recommienzo de la tubercización conduce a la formación de numerosos tubérculos pequeños.



La variación de la humedad del suelo puede iniciar un segundo crecimiento, cuya consecuencia es que los tubérculos toman forma de cuello de botella u otras formas diversas.

### 3 RELACIONES ENTRE LA PLANTA, EL AGUA Y EL SUELO.

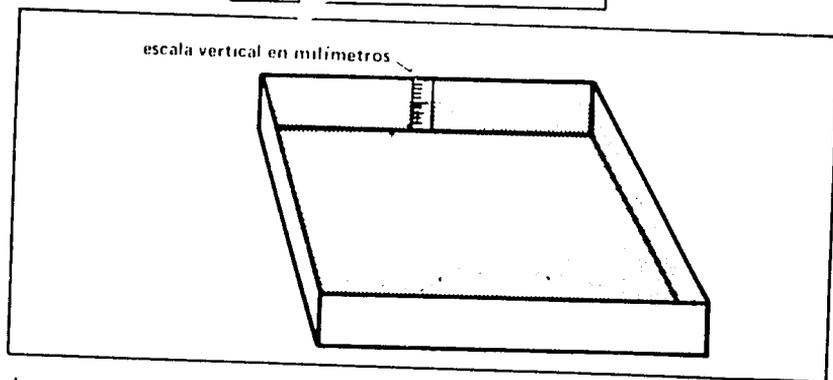
El agua se mueve del suelo a través de la planta a la atmósfera. Los tres sistemas –atmósfera, planta y suelo– interactúan estrechamente.

**Condiciones atmosféricas.** Además de la apertura de los estomas, la transpiración del agua de una planta hacia la atmósfera depende de la tasa máxima de evapotranspiración del cultivo ( $E_{max}$ ). Esto puede ser medido con un *equipo de evaporación*, conformado por una bandeja o una vasija con agua y una escala vertical milimetrada. La evapotranspiración real (ETP), sin embargo, se determina por la cantidad de superficie del suelo sobre la que hacen sombra las hojas de la planta en crecimiento. La ETP se obtiene multiplicando  $E_{max}$  por un factor  $f$  para la cobertura del suelo:

$$ETP = E_{max} \times f$$

TABLA 3.1. Relación entre la cobertura con hojas de la superficie del suelo y el factor  $f$  para calcular la ETP de  $E_{max}$ .

cobertura %	factor $f$
100	1,00
75	0,90
50	0,70
25	0,45



La evapotranspiración se puede medir con una "bandeja o vasija de evaporación", de cualquier tamaño y forma, empleando una escala vertical en milímetros.

**Condiciones de la planta.** La relación entre la Emax y la ETP revela que un cultivo avanzado de papa transpira más que uno joven. La transpiración depende también del grado de apertura de los estomas.

Los estomas de las hojas de la papa se cierran en la noche, y se abren en la mañana debido a la luz solar. Reaccionan a la falta de agua cerrándose rápidamente, lo cual previene la desecación. Esto reduce la transpiración, y en consecuencia la fotosíntesis y el rendimiento. En la práctica, la apertura de los estomas está afectada principalmente por el suministro de agua.

**Condiciones de suelo.** La planta de papa extrae agua del suelo sólo cuando la fuerza de succión de sus raíces es mayor que la fuerza del suelo para retener el agua. Esta fuerza de succión depende del contenido de agua del suelo y la textura de éste, y se expresa como pF.

Los límites del contenido de agua del suelo son: saturación, capacidad del campo (CC) y el punto de marchitamiento permanente (PMP). El contenido de agua en estos tres límites es más bajo para suelos gruesos que para suelos finos (Tabla 3.2).

De estos límites se derivan otras características importantes de la humedad del suelo: la porosidad de aireación, la humedad disponible y el límite de sequía.

**TABLA 3.2.** Valores de pF y contenido de agua de suelos típicos, para los límites de humedad, la porosidad de aireación y la humedad disponible. (El contenido de agua está expresado como porcentaje por volumen).

límite de humedad	valores pF	contenido de agua		
		suelos arenosos	suelos francos	suelos arcillosos
saturación	0,0	40	50	60
capacidad del campo (CC)	2,0	10	35	50
punto de marchitamiento permanente (PMP)	4,2	2	10	35
<hr/>				
porosidad de aireación		30	15	10
humedad disponible		8	25	15

La porosidad de aireación es la diferencia entre el contenido de agua en la saturación y en la capacidad del campo (CC). La porosidad de aireación debe estar por encima del 15% para suministrar suficiente oxígeno a la zona de las raíces.

El agua entre el PMP y la CC está disponible para el crecimiento de la planta. Es la *humedad disponible*. Sin embargo, el crecimiento del cultivo de papa se reduce una vez que se ha utilizado una parte de esta agua. La reducción del crecimiento empieza en el límite de sequía. El límite de sequía depende principalmente de la ETP (Tabla 3.3), pero también de la humedad disponible del suelo. En suelos con baja humedad disponible, el límite de sequía es alcanzado más rápidamente.

Obviamente, el estrés por sequía tiene lugar especialmente cuando la zona efectiva de raíces es pequeña, la ETP es alta y el suelo tiene estructura gruesa.

**TABLA 3.3.** Relación entre la ETP y el límite de sequía para la papa en suelos con 20% de humedad disponible y sin estrés de sequía (Rijtema y Aboukhaled, 1973).

ETP (mm/día)	límite de sequía (en % de la humedad disponible del suelo)
1	61
2	47
3	37
4	30
5	25
6	22
9	16

---

## 4 MANEJO DEL AGUA SIN IRRIGACION.

En los cultivos que reciben agua de lluvia el riego podría ser innecesario. En la producción de papa en secano, el riego no siempre es posible y las lluvias pueden ser raras.

**Producción de papa con agua de lluvia.** Para la producción de papa algunas veces es suficiente la cantidad de agua del suelo al momento de la siembra, más el agua de las lluvias durante el período de crecimiento.

La lluvia excesiva, que proporciona más agua de la que el suelo es capaz de absorber, hace necesario un sistema de drenaje del campo. Demasiada lluvia combinada con el declive del suelo puede causar erosión grave, produciendo el desgaste del suelo y haciendo que los tubérculos queden descubiertos. Se reduce este riesgo labrando surcos con pendiente mínima (Ver la sección 6 más adelante).

**Producción de papa en secano.** La producción de papa en tierra seca se efectúa en suelos que han almacenado suficiente agua para mantener las plantas durante la campaña de cultivo. Es provechosa una gran cantidad de humedad disponible. Esto es favorecido por una profunda zona efectiva de raíces (hasta 120 cm), donde penetra agua adicional proveniente de capas más profundas del suelo.

Prácticas culturales de cultivo en secano:

- Siembra a baja densidad de tallos; el agua del suelo puede no ser suficiente para mantener la cantidad de tallos que se siembran en condiciones normales. Se puede emplear semilla pequeña para reducir la densidad de tallos (aunque la semilla pequeña puede carecer de energía suficiente para emerger en esas condiciones), o conseguir baja densidad de tallos sembrando más a mayor distancia los tubérculos más grandes.
- Siembre profundo (hasta 25 cm).
- Reduzca la labranza y las operaciones de cultivo para disminuir la evaporación del suelo.
- Use cubiertas protectoras del suelo (paja u hojas).
- Remueva el rastrojo en caso de que el agua del suelo haya sido utilizada antes que el follaje haya madurado naturalmente. De ese modo se previene la pérdida de agua de los tubérculos.

Bajo condiciones de secano, las variedades tardías tienen tendencia a rendir mejor que las variedades tempranas. Estas últimas pueden madurar demasiado rápidamente.

---

Sólo determinados climas (no muy calientes y que tengan muy baja humedad relativa) y características de suelo peculiares (suelos volcánicos profundos) pueden mantener la producción de papa en tierra seca. Es preferible cultivar la papa en áreas más pequeñas e irrigadas adecuadamente, que en áreas grandes con insuficiente irrigación.

## 5 METODOS DE IRRIGACION.

El riego reemplaza a la lluvia cuando ésta no es suficiente. Hay varios métodos de riego, incluyendo los de aspersión, goteo y de surcos.

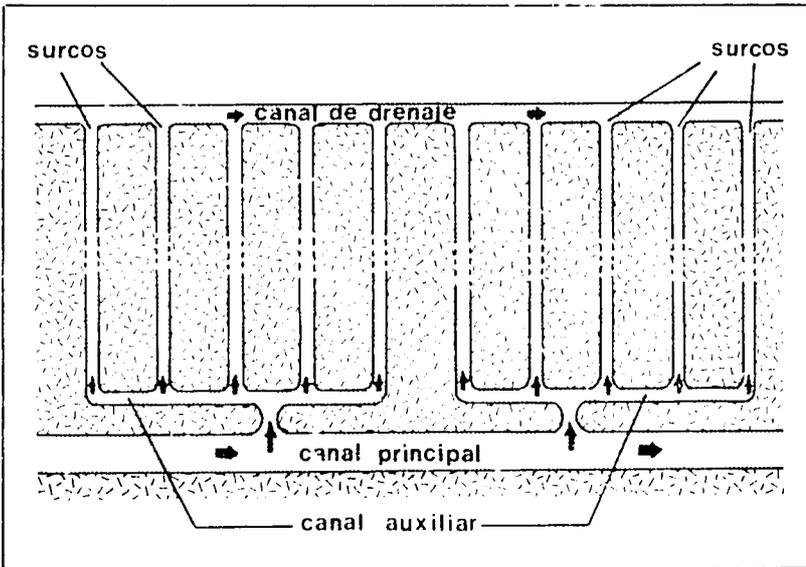
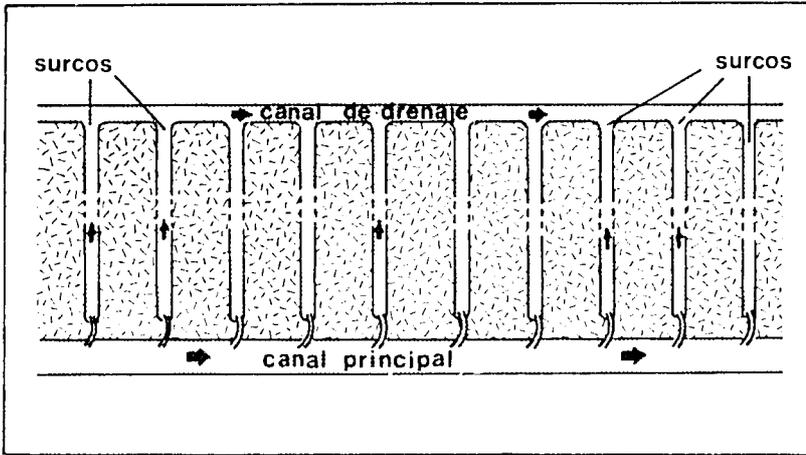
En el riego por aspersión se aplica el agua sobre el cultivo en forma similar a la lluvia, empleando equipo un tanto costoso. Desde los puntos de vista técnico y agronómico es el mejor sistema, ya que:

- puede ser aplicado en áreas inclinadas. No se requiere que el terreno sea plano;
- proporciona cantidad uniforme de agua y puede regularse con exactitud;
- contribuye a la eficiente utilización del agua;
- reduce la erosión en suelos arenosos donde la irrigación por surcos podría ser riesgosa.

Se debe prevenir el deterioro de la estructura del suelo y la falta de oxígeno en los suelos, limitando la capacidad de la aspersión a no más de 10 mm por hora cuando el suelo está completamente cubierto por el cultivo. Reduzca la salida del aspersor al máximo de seis mm por hora cuando el suelo no está completamente cubierto.

En el riego por goteo se emplea un sistema de tubos para hacer gotear el agua debajo del suelo, directamente sobre el sistema radicular de cada planta. Con este método se utilizan mejor los limitados recursos del agua, y se reduce tanto la erosión como la pérdida por evaporación. Sin embargo, es costoso y puede promover la salinidad del suelo.

El método de irrigación más empleado en la producción de papa es el riego por **surcos**. El agua se deriva de un canal principal mediante un canal auxiliar o por sifones a cada surco del cultivo. Se requieren canales de drenaje al final de los surcos para sacar del campo el exceso de agua. Esto ayuda también a proporcionar una altura constante del agua en toda la longitud de los surcos y a evitar inundaciones al final del campo. (Ver la próxima sección.)



La irrigación por surcos suministra agua de un canal principal a los surcos de cultivo por medio de sifones (arriba) o de un canal auxiliar (abajo).

## 6 IRRIGACION POR SURCOS.

Los factores más importantes del riego por surcos son: distancia entre surcos, longitud y forma, y uniformidad de los camellones (o lomos).

**Distancia entre surcos.** Para el cultivo de la papa, la distancia entre los surcos de riego para la papa varía de 60 a 90 cm, dependiendo de la textura del suelo. En suelos arenosos, el agua se infiltra rápidamente y no se extiende mucho; por eso la distancia entre las hileras debe ser menor que en los suelos arcillosos. En suelos arenosos gruesos la distancia entre los surcos, de preferencia debe ser alrededor de 60 a 65 cm; y en suelos más pesados (arcillosos) alrededor de 70 a 80 cm.

**Longitud de los surcos.** Los surcos deben ser tan largos como la inclinación de los surcos y la uniformidad de suministro de agua lo permitan. La longitud máxima de los surcos (Tabla 6.1) depende de su inclinación, el tipo de suelo y la profundidad de agua recomendada para el surco. El agua sólo debe llegar a la mitad de la altura del lomo, para evitar exceso de humedad en la zona de los tubérculos. En la mayoría de casos se recomienda una profundidad hasta de 7,5 cm de agua. Si se aplica menos agua la longitud máxima de los surcos ha de ser menor.

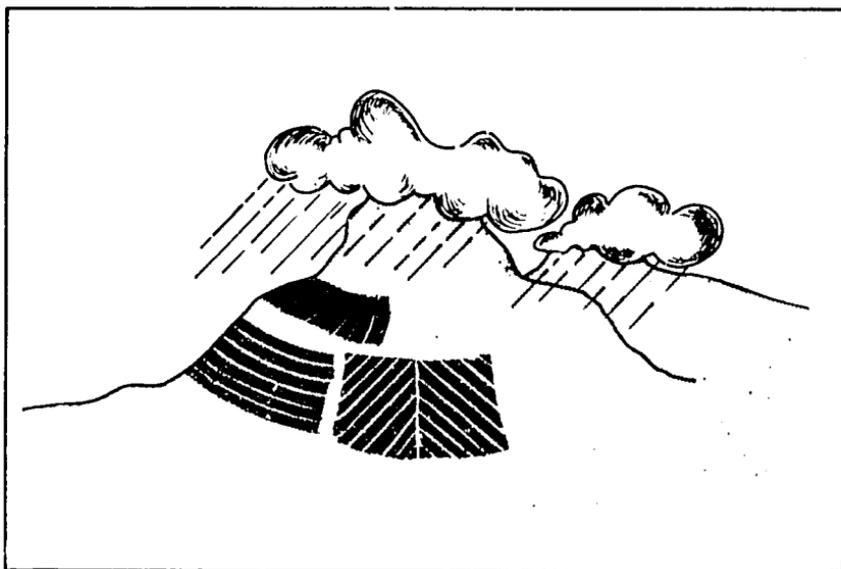
En algunos casos, por ejemplo, en campos sin nivelar, puede ser necesaria la irrigación mediante surcos cortos (hasta 10 m). En este caso se cierran los surcos al final y se suspende el suministro de agua cuando el surco está lleno hasta la mitad de la altura del lomo. Este procedimiento permite una irrigación bastante homogénea, pero exige más espacio para los canales auxiliares de irrigación.

TABLA 6.1. Longitud máxima de los surcos de riego para diferentes pendientes del surco y diferentes tipos de suelo (Booher, 1974).

Inclinación (%)	máxima longitud del surco en (m)		
	suelos arcillosos	suelos francos	suelos arenosos
0,05	300	200	90
0,10	340	260	120
0,20	370	300	190
0,50	400	325	190
1,00	280	275	150
2,00	220	210	90

**Inclinación de los surcos.** Se produce erosión grave cuando la inclinación de los surcos excede el 2% (2 m de altura por 100 m de longitud de la hilera). En zonas de lluvia las inclinaciones mayores de 0.3% pueden causar daños por erosión provenientes de lluvias intensas. Cambie la dirección de los surcos si la pendiente del campo excede los valores indicados en la Tabla 6.1. Cuando la superficie del campo es ondulada y desigual, los surcos en contorno ayudan a prevenir la erosión y la pérdida de agua. El riego por surcos en contorno sólo es posible cuando la inclinación del campo no excede del 8 al 10%.

**Uniformidad de los camellones.** La uniformidad de los camellones permite la distribución uniforme del agua a las plantas de papa.

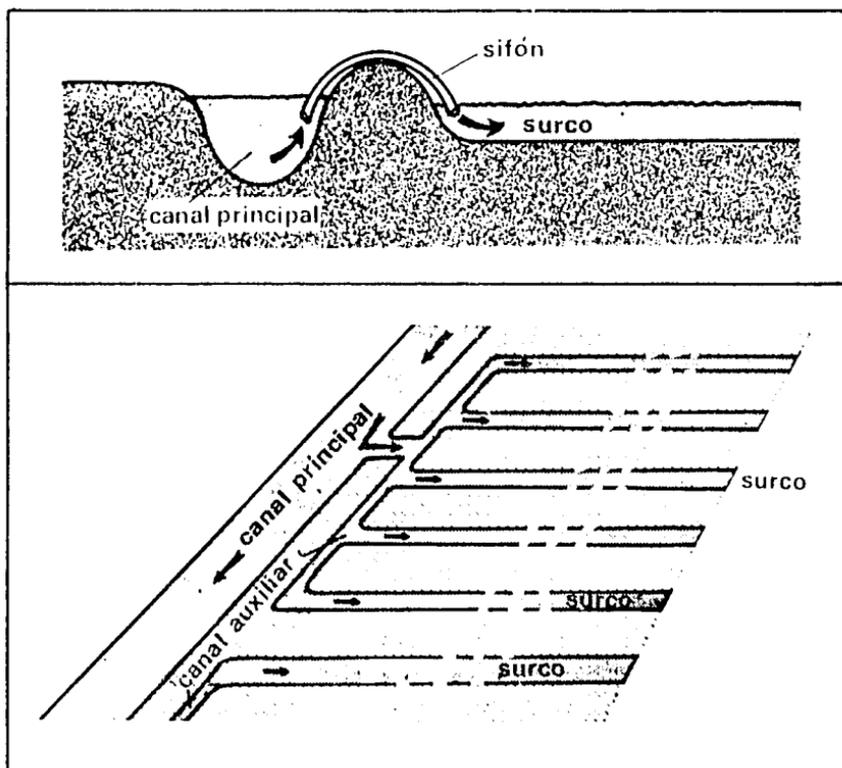


Se produce erosión grave cuando la inclinación de los surcos excede el 2%. En áreas de lluvia intensa, las inclinaciones mayores de 0.3% pueden propiciar daños por erosión. Si la inclinación del campo excede de los máximos sugeridos, se cambia la dirección de los surcos.

## 7 SUMINISTRO DE AGUA.

Regule el abastecimiento de agua para evitar carencia, exceso y grandes variaciones de la humedad del suelo. El abastecimiento se regula mediante la cantidad de agua en cada riego y la frecuencia de la irrigación (ver la sección 9).

El suministro de agua se regula manejando los sifones o canales auxiliares de abastecimiento. Durante el riego, se puede reducir el número de sifones por surco cuando el agua alcanza el final de los surcos; o se emplea inicialmente un canal auxiliar para pocos surcos y luego se desvía para surcos adicionales. De este modo tanto el comienzo como el final de cada surco tendrán el mismo tiempo de irrigación



Regule el suministro de agua manejando los sifones (arriba) o los canales auxiliares (abajo).

---

**Cantidad de agua.** No es difícil calcular la cantidad de agua que corre a través de un campo en una irrigación. Si se emplean en sifones, se mide el tiempo que necesita el sifón para llenar un depósito de  $10 \text{ dm}^3$  (litros) de capacidad. Luego calcule la cantidad de agua considerando el número de sifones y el tiempo de riego.

Si se utilizan canales auxiliares, se mide la cantidad de agua de riego: siguiendo la ecuación conformada por la medida de la sección transversal del surco (hasta el nivel del agua), la velocidad de agua y el tiempo de irrigación.

cantidad de agua ( $\text{m}^3$ )

$$\begin{array}{ccccc} \text{sección} & & & & \\ \text{transversal (m}^2\text{)} & \times & \text{velocidad de} & \times & \text{tiempo de} \\ & & \text{agua (m/min)} & & \text{irrigación (min)} \end{array}$$

Se puede emplear dos métodos para determinar cuándo (y qué cantidad) se debe regar:

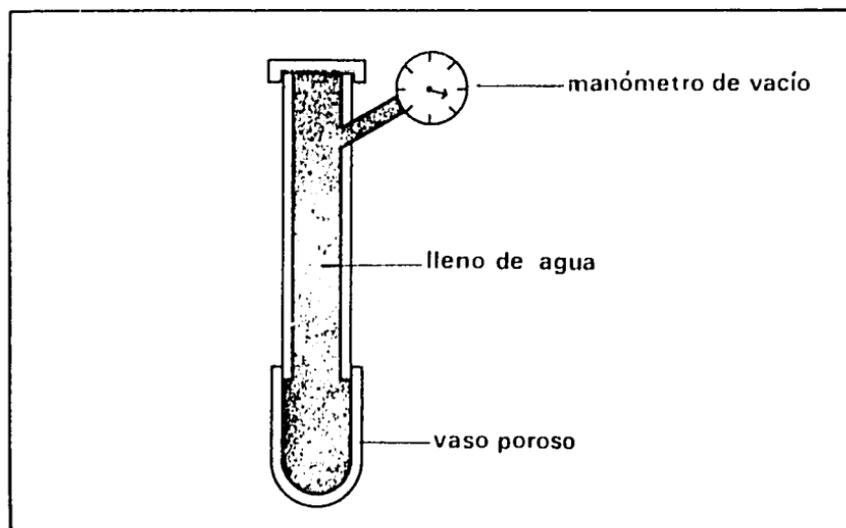
- a) una guía simple de campo.
- b) el método del tensiómetro.

**Guía de campo.** La consistencia de un puñado de suelo de manera general indica cuándo es alcanzado el límite de sequía, y se hace necesaria la irrigación. Tome un puñado de suelo, comprímalo fuertemente y compare la consistencia de la bola de suelo con la Tabla 7.1.

**Método del tensiómetro.** Es el más conocido y el menos complicado indicador de irrigación. El tensiómetro se compone de un vaso poroso con agua conectado a un manómetro, preferentemente un manómetro de vacío. Según su estado, el suelo ejerce una fuerza de succión al agua que está dentro del vaso. El manómetro indica la succión en centibares (cb; ver las instrucciones del fabricante). El tensiómetro es aplicable entre  $\text{pF} = 0$  y  $\text{pF} = 2,9$ . Un cultivo de papa debe ser irrigado antes de la lectura del tensiómetro exceda de 40 cb, que corresponde a  $\text{pF} = 2,6$ .

**TABLA 7.1.** Correspondencia de una bola de suelo formada por la mano y la cantidad de agua necesaria, en el límite de sequía para hacer que el suelo vuelva a su capacidad de campo (Israelsen y Hansen, 1962).

textura	grueso (arenoso)	moderadamente grueso	mediano	fino (arcilloso)
consistencia en el límite de sequía	el suelo no forma bola, se muestra seco	el suelo tiende a formar bola, sin embargo, no se mantiene siempre unido	el suelo forma una bola plástica, algunas veces resbaladiza	el suelo forma bola, bandas que salen entre el pulgar y el dedo índice
mm de agua requeridos por 10 cm de profundidad de suelo	1,5 - 4,0	3,0 - 6,5	4,0 - 8,0	5,0 - 10,0



El tensiómetro, un instrumento popular que indica la necesidad de irrigación. El medidor de vacío muestra la succión del suelo en centibares (cb). Irrigue el cultivo de papa cuando la lectura excede de 40 cb.

---

**Frecuencia de suministro de agua.** La frecuencia de irrigación depende del estado del cultivo de papa, capacidad de agua del suelo y tasa de evapotranspiración.

Antes de la siembra, el suelo debe tener humedad pero no debe estar muy mojado. Cuando la estructura del suelo lo permite se irriega el campo antes de hacer los surcos. Esto asegura una humedad uniforme del suelo. Los surcos preparados pueden ser irrigados antes de la siembra.

Durante la germinación se necesita poca agua. El tubérculo debe estar rodeado de suelo húmedo, pero no inundado. El tubérculo en germinación es especialmente sensible a los suelos inundados. En el caso de que el campo haya sido regado antes de hacer los surcos, de ordinario se hace necesario un segundo riego ligero un poco antes de la siembra. Cuando los surcos preparados han sido irrigados un poco antes de la siembra, ya no se requiere irrigación durante la germinación.

El sistema radical se desarrolla entre la emergencia y la iniciación de los tubérculos. Se asegura el crecimiento profundo de las raíces limitando el suministro de agua. El crecimiento superficial de las raíces, promovido por el suministro excesivo de agua, puede ser perjudicial en las siguientes etapas del cultivo.

Durante la iniciación de los tubérculos, el aumento de la humedad del suelo acrecienta la formación de éstos, y reduce la incidencia de la roña (*Streptomyces scabies*).

Durante la etapa de desarrollo de los tubérculos y hasta la madurez del cultivo, el agua debe estar rápidamente disponible. La falta de agua reduce el crecimiento de la planta y la producción de los tubérculos. El abastecimiento de agua en forma irregular conduce a la deformación de los tubérculos. La sequía al final del período de crecimiento puede ocasionar que el follaje quite el agua de los tubérculos. Estos entonces se vuelven flácidos y pierden peso.

La absorción de agua es menor entre la maduración del cultivo y la cosecha. A pesar de ello se debe mantener el suelo con cierta humedad para evitar rajaduras y formación de terrones. Las rajaduras permiten la entrada de las polillas de la papa y otros insectos dañinos. Los terrones dañan a los tubérculos en la cosecha.

La frecuencia de riego puede calcularse cuando se conocen ciertos datos (ver el ejemplo de la sección 9).

---

## 8 CALIDAD DEL AGUA DE IRRIGACION.

La papa es bastante susceptible a la sal en los suelos o en el agua de riego. Esto es más marcado en los suelos pesados. Las sales son más fácilmente lavadas y eliminadas de los suelos arenosos.

El riego por aspersión con agua que contiene sal puede *quemar* el follaje. De los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{CO}_3^{2-}$ , el  $\text{Cl}^-$  es el más fitotóxico. El catión  $\text{Na}^+$  influye negativamente en la estructura del suelo. Un contenido de 4 g de NaCl en un litro de agua puede causar hasta 50% de reducción del rendimiento.

Cuando el contenido de sal del suelo o agua es alto, el límite de sequía es alcanzado más rápidamente. No se debe dejar que ese suelo se seque como en condiciones normales.

La salinidad del suelo puede prevenirse o reducirse lixiviándolo con agua de riego que no tenga sal antes que la papa haya crecido.

## 9 COMO SE CALCULA EL SUMINISTRO DE AGUA (Ejemplo).

Un agricultor puede programar sus riegos sobre las bases de la guía de campo explicadas en la sección 7. Para grandes proyectos de irrigación, sin embargo, podría ser valioso investigar las características del suelo y el ambiente y calcular el suministro de agua, especialmente cuando ésta es escasa.

**Supuestos** (ejemplo; todas las cifras de contenido de agua están sobre las bases de un porcentaje por volumen)

Contenido de saturación de agua	50%
Contenido de agua en la CC	35%
Contenido de agua al PMP	10%
Profundidad efectiva de las raíces	60 cm
Cobertura con hojas verdes	70-80%
Evapotranspiración	4 mm/día
Inclinación del campo	1%
Textura del suelo: mediano; suelo franco. (Comparar con la Tabla 3.2).	

### Preguntas:

- a) De acuerdo con la guía de campo (Tabla 7.1) describa la consistencia del suelo cuando se requiere irrigación.
- b) ¿A qué límite y porcentaje de contenido de agua debe ser irrigado el suelo?
- c) ¿Qué cantidad de agua se debe suministrar?
- d) Dado un estado de crecimiento, ¿con qué frecuencia debe ser irrigado el campo?
- e) ¿Cuál es la longitud máxima de los surcos?
- f) ¿Cuál es la porosidad de aireación del campo y el contenido de aire al límite de sequía?

### Respuestas:

- a) **Consistencia del suelo.** De acuerdo con la tabla 7.1, la irrigación se hace necesaria cuando la consistencia de la bola de suelo formada con la mano es plástica.
- b) **Cuándo irrigar.** La irrigación llega a ser necesaria cuando el contenido de agua está al límite de sequía. Según la Tabla 3.3, con una ETP de 4 mm/día el límite de sequía es alcanzado cuando el contenido de agua ha decrecido al 30% de la humedad disponible.

La humedad disponible es la diferencia en el contenido de agua entre la CC y la PMP:

$$\begin{aligned}\text{Humedad disponible} &= 35 - 10 = 25\%, \\ 30\% \text{ de la humedad disponible} &= 7,5\%\end{aligned}$$

De acuerdo con los supuestos anteriores el contenido de agua en la CC es de 35%; el contenido de agua al límite de sequía es

$$35 - 7,5 = 27,5\%$$

- c) **Cantidad de irrigación.** Conforme a b), debe suministrarse agua cuando el 30% de la humedad disponible (7,5% del total del contenido de agua) ha sido utilizado. Para restaurar las condiciones de la capacidad de campo, se le debe proporcionar 7,5% de agua. A una zona efectiva de raíces de 60 cm esto corresponde a:

$$60 \text{ cm} \times 7,5\% = 4,5 \text{ cm} = 45 \text{ mm de agua.}$$

- d) **Frecuencia de irrigación:** Según la Tabla 3.1, a una cobertura con hojas verdes de 75%, el factor (f) para calcular ETP es 0,9:

$$\begin{aligned} \text{ETP} &= E_{\text{max}} \times f \\ &= 4 \text{ mm/día} \times 0,9 = 3,6 \text{ mm/día} \end{aligned}$$

De acuerdo con c), se necesitan 45 mm de agua para restaurar la capacidad de campo. Esto da una frecuencia de riego de:

$$\frac{45 \text{ mm}}{3,6 \text{ mm/día}} = 12 \text{ días}$$

- e) **Longitud de los surcos.** Conforme a la Tabla 6.1, longitud máxima del surco en un suelo de textura media (suelo franco) a una inclinación de 1%, no debe exceder de 275 m.
- f) **Porosidad de aireación y contenido de aire.** La porosidad de aireación del suelo corresponde a la diferencia del contenido de agua en la saturación y en la CC:

$$50 - 35 = 15\%$$

Según b), en el límite de sequía, el contenido de agua es 27,5%. Entonces el contenido de aire en el límite de sequía es:

$$50 - 27,5 = 22,5\%$$

La porosidad de aireación de 15% está en el límite para el buen crecimiento de la planta. Así, para evitar la falta de oxígeno en la zona de la raíz, el suelo no debe mantenerse en la capacidad de campo por un tiempo prolongado.

---

## 10 LECTURAS ADICIONALES.

Booher, L. J. 1974. Surface irrigation. FAO Agricultural Development Paper No. 95. FAO, Rome. 160 pp.

Cortbaoui, R. 1981. Siembra de papa. Boletín de Información Técnica 11. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 17 pp.

Israelsen, O. W. and Hansen, V. E. 1962. Irrigation principles and practises. 3rd. edition. John Wiley, New York & London. 447 pp.

Kramer, P. J. 1949. Plant and soil water relationships. Mc Graw Hill, New York, Toronto, London. 347 pp.

Rijtema, P. E. and Aboukhaled, A. 1973. Crop Water use in the Arab Republic of Egypt; FAO report, RNEA, Cairo. 56 pp.



**Evaluación:** Boletines de Información Técnica

Los Boletines de Información Técnica del CIP contienen información importante para investigación y producción de papa. Aunque están escritos para niveles profesionales intermedios, la mayor parte de la información es fácilmente adaptable al nivel de agricultores. Puede ser usados en:

- a estudio individualizado,
- b producción de papa,
- c experimentación,
- d adiestramiento,
- e producción de mensajes para los agricultores.

Sus respuestas a las preguntas siguientes son importantes para la revisión continua de los Boletines, de modo que éstos satisfagan más adecuadamente las necesidades que usted tenga.

- 1 Título del Boletín: .....
- 2 ¿Dónde lo obtuvo?: ..... Fecha .....
- 3 Su cargo o empleo: .....
- 4 Sus actividades son de:  administración  investigación  enseñanza  
 estudio  extensión  producción  
 otra (explicar) .....
- 5 La presentación es:  muy académica  muy elemental  adecuada
- 6 ¿Cree que el boletín debe llevar más información? ¿Cuál?: .....
- 7 ¿Cómo ha utilizado la información? (Marque su respuesta entre a y e, al comienzo de esta hoja.)
- 8 ¿Qué otros Boletines de Información Técnica tiene usted?: .....
- 9 ¿Cuáles le han sido más útiles?: .....
- 10 ¿Qué temas nuevos sugeriría usted?: .....
- 11 Otros comentarios: .....

Muchas gracias.

Por favor lea al reverso.

23'

**NOTA:** Si recibimos sus respuestas a las preguntas formuladas en el otro lado de esta hoja, le mantendremos informado sobre los nuevos Boletines de Información Técnica del CIP.

Por favor doble esta hoja dos veces de modo que tanto la dirección del CIP como la suya queden visibles. Pegue y despache por correo aéreo.

Centro Internacional de la Papa (CIP)  
Apartado 5969  
Lima — Perú

Cable: CIPAPA—Lima  
Télex: 25672 PE

— primer doblez —————

Aéreo  
Air Mail  
Par Avion

Porte

Centro Internacional de la Papa (CIP)  
Departamento de Adiestramiento y Comunicaciones  
Apartado 5969  
Lima, Perú

— segundo doblez —————

Remite:

Nombre .....  
Entidad .....  
Calle y número  
(o Apartado) .....  
Ciudad .....  
País .....

cinta adhesiva