

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO HIDRICO DE DOS VARIEDADES DE QUINUA EN EL ALTIPLANO CENTRAL

M. GARCIA¹, J.J. VACHER¹ e HIDALGO J.²

1: ORSTOM, C.P. 9214, La Paz-Bolivia

2: SENAMHI, C.P. 10993, La Paz-Bolivia.

I. INTRODUCCION

El Altiplano boliviano se caracteriza por tener muchas limitantes para la producción agrícola, principalmente la fuerte escasez de recursos hídricos. Uno de los principales cultivos del Altiplano es la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Este cultivo, de gran valor nutritivo, ha demostrado gran adaptabilidad y rusticidad para resistir a condiciones de sequía y de heladas. Sin embargo, aún no se conoce apropiadamente los mecanismos internos de esta planta, con los que reacciona ante el déficit de agua. Experiencias en otros cultivos han demostrado que las relaciones hídricas tienen estrecha relación con la resistencia a la escasez de agua, o sea que dependiendo de la forma que los cultivos regulen su sistema hídrico, tendrán una determinada reacción ante la sequía.

Jones (1983), asegura que las características hídricas con mayor influencia sobre la resistencia a la sequía, son el potencial foliar, la resistencia estomática y el contenido relativo de agua. Esta resistencia se traduce nítidamente en el rendimiento y puede servir como criterio de selección entre variedades.

El presente estudio, tiene como objetivo determinar el uso consuntivo de agua de la quinua en sistemas de riego y secano, y analizar los mecanismos hídricos de este cultivo ante el déficit hídrico.

II. MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Estación Experimental de Patacamaya, con quinua dulce (var. Chukapaka) y quinua amarga (var. Real), sembradas en 4 parcelas de 150 m², 2 por variedad, una bajo riego, otra a secano. En todas las parcelas se instalaron dos tubos de acceso para la sonda de neutrones, con objeto de medir la humedad del suelo, hasta la profundidad de 90 cm y 2 tensiómetros a 60 y 80 cm.

La Evapotranspiración real (ETR), se determinó en base a la fórmula del Balance Hídrico:

$$ETR = P + R - \Delta S - D - Es$$

donde:

ΔS	=	Variación de stock de agua en el suelo
P	=	Precipitación
R	=	Riego
D	=	Drenaje o Ascensión Capilar
Es	=	Escorrentía

La variación de stock se midió con sonda de neutrones; se registró la magnitud del riego y la precipitación; el drenaje fue calculado a partir de datos de tensiómetros y de conductividad hidráulica del suelo (García, 1990). La escorrentía se consideró nula. El potencial Foliar se midió con una cámara de presión, tipo Scholander, en dos horarios: alba y mediodía, determinando el Potencial Foliar de Equilibrio y Mínimo respectivamente en cinco hojas elegidas al azar y en forma semanal. Se midió la Resistencia Estomática con un porómetro Delta T Devices, durante el último mes en forma semanal. El Contenido Relativo de Agua fue medido en forma semanal en las mismas hojas en que se determinó el Potencial Foliar de Equilibrio. Para esto, se hallaron los valores de las variables de la siguiente ecuación en cada hoja:

$$RWC = \frac{W_f - W_s}{W_t - W_s} \times 100$$

donde:

WF = Peso fresco, en el momento de cortar la hoja
 Ws = Peso seco
 Wt = Peso en turgencia, luego de someter a saturación

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Evapotranspiración real

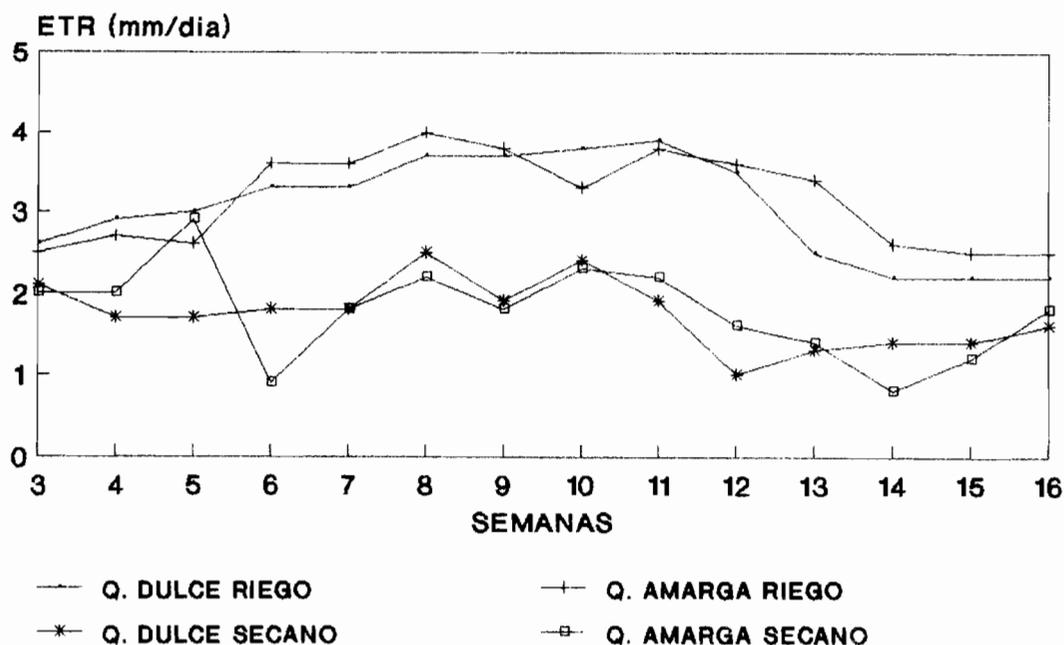
El Cuadro 1 muestra los valores de los diferentes componentes del balance hídrico. Se puede observar la baja precipitación que ocurrió durante el ensayo (153,6 mm), cuando el promedio es superior a 250 mm. La ETR en los tratamientos a secano fue mayor que la precipitación, lo cual muestra la capacidad de extracción de agua del suelo por parte del cultivo. La ETR de los tratamientos bajo riego, llega a valores más elevados, con un incremento del 80% frente a los valores de ETR a secano.

Cuadro 1 : Componentes del Balance Hídrico en la Quinua

Trat.	P (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	ETR (mm)	Rend. (Kg)
QDR	153,6	156	3,8	305,8	3 500
QAR	153,6	156	-10,3	323,7	2 950
QDS	153,6	---	-20,2	173,8	1 050
QAS	153,6	---	-21,8	175,4	950

Las dos variedades bajo riego, mostraron una evolución similar de la ETR (Fig. 1), incrementándose al desarrollar el cultivo y con disminución al final del ciclo. Los valores máximos se producen de la octava a la décima semana y este período, en que la diferencia de requerimiento entre riego y secano es mayor, coincidiendo con la floración y la fructificación. A secano existe un comportamiento similar entre variedades, influido sólo por la precipitación. Aunque bajo ambos tratamientos, las diferencias no son elevadas; la Quinua Amarga, mostró en los dos casos mayor consumo de agua.

Figura 1. Evapotranspiración Real Obtenida Durante el Ensayo



2. Potencial foliar

La Figura 2, muestra el comportamiento del potencial foliar de equilibrio (Pf eq.). La bibliografía reporta que el Pf eq., medido antes de la salida del sol, se relaciona directamente en muchos cultivos con la cantidad de agua que existe en el suelo. Para el caso del cultivo de la quinua se puede confirmar esta característica (Fig. 3) por el alto Coeficiente de Correlación (r). El Pf eq. en el tratamiento a secano, siguió un constante comportamiento de incremento, dependiendo de la precipitación, confirmando así la escasez creciente de agua. Bajo riego, a pesar de existir constante aporte de agua, se aprecia incremento leve de los valores del Pf eq. con el tiempo. Un aumento similar del Pf eq. con la edad del cultivo fue reportado por Espíndola (1986) en quinua y Vos (1986) en otros cultivos.

Fig. 2. Potencial Foliar de Equilibrio

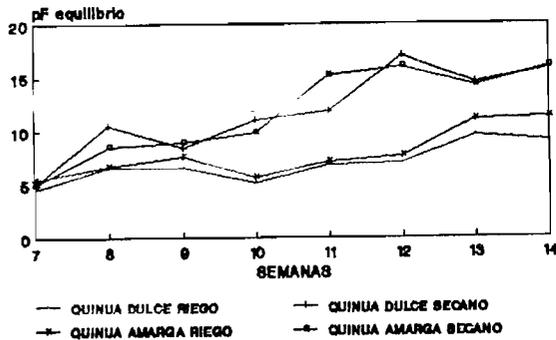
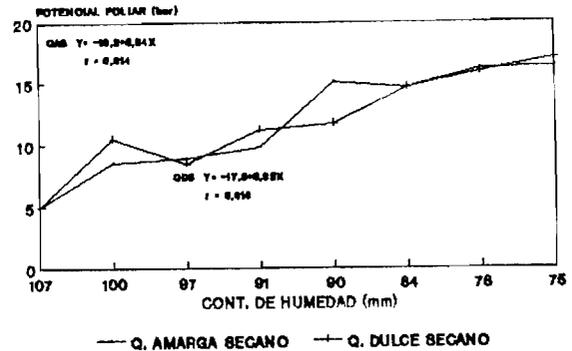


Fig. 3. Relación Pfefq y Cont. de Humedad en el Suelo



El potencial foliar mínimo (Pf min.), corresponde a la fuerza de la planta para extraer el agua del suelo y la retención en sus tejidos. El Pf min. alcanza para la quinua valores muy elevados (Figura 4), incluso superiores a 30 bar. Al ser medido al mediodía, el Pf min. muestra el comportamiento, cuando las exigencias evaporativas del ambiente son máximas. Bajo riego y a secano las dos variedades evolucionan en forma similar; en los tratamientos a secano se advierte un constante incremento, lo que demuestra que la quinua, según aumente el déficit de agua en el suelo, aumenta su fuerza de extracción de agua. El Pf min de la papa, bajo las mismas condiciones, alcanzó solamente valores extremos de 14 bar.

Como se aprecia en la Figura 5, ambos potenciales siguen comportamientos paralelos, lo que según la clasificación de Ritchie (1985), es típico de un cultivo conformista. El cultivo aumenta su extracción según se vayan dando las condiciones críticas de déficit de agua sin regular su transpiración.

Fig. 4. Potencial Foliar Mínimo

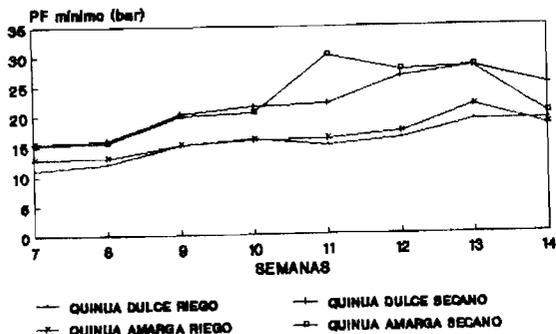
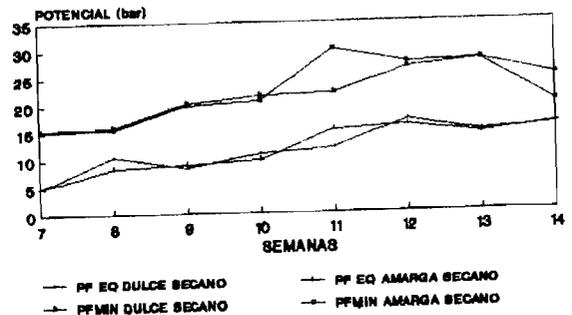


Fig. 5. Comparación de los Pot. Foliare de Equilibrio y Mínimo.



3. Resistencia estomática

La Figura 6 representa la evolución de la resistencia estomática (Rest.) para los diferentes tratamientos. La Rest. es levemente superior en Quinua Dulce frente a Quinua Amarga, bajo ambos tratamientos, aunque la diferencia no es notoria. Existe diferencia entre tratamientos, pero la Rest. sigue baja en condiciones de secano. En el caso de la papa bajo riego, su Rest. es de 10 s/cm y a secano llega a 200 s/cm, llegando incluso a cerrar totalmente sus estomas y no presentar transpiración.

La quinua tiene un sistema de adaptación a las condiciones de déficit hídrico, de constante extracción de agua y también de continua transpiración, lo que se traduce en apertura de estomas y probablemente en fotosíntesis casi permanente.

Fig. 6. Resistencia Estomática

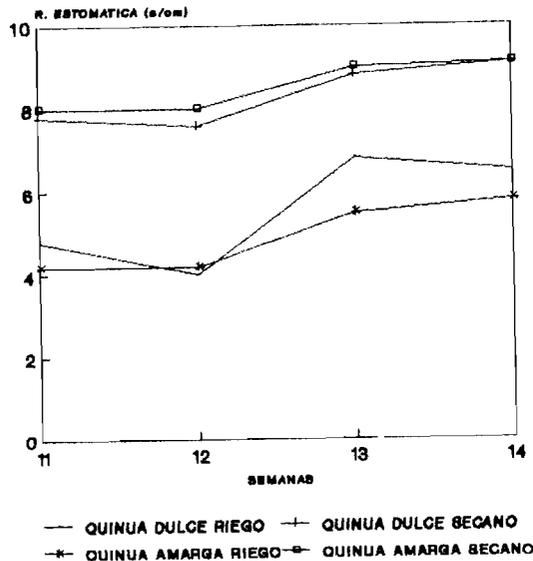
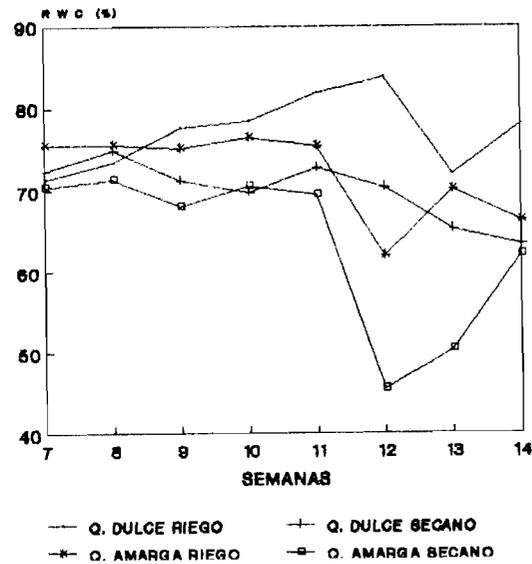


Fig. 7. Contenido Relativo de Agua



4. Contenido relativo de agua

El Contenido Relativo de Agua (RWC), en los tratamientos bajo riego, se mantiene casi constante, a nivel promedio de 70 a 80% en la variedad dulce y en amarga de 65 a 70%, con disminuciones durante déficit de riego, las que son rápidamente normalizadas (Figura 7). A secano se percibe igual tendencia, con valores constantes entre 60 y 70 % en la var. dulce; en la var. amarga, al igual que bajo riego, con déficit hídrico marcado se advierte una disminución importante del RWC (hasta 50%), para luego elevarse normalizándose por influencia de la precipitación.

Esta reacción, indica que la variedad dulce no modifica su RWC bajo condiciones de leve stress, mientras que la Quinua Amarga, disminuye su valor ante un pequeño déficit y perturba entonces sus funciones fisiológicas.

En general, se observa pocas diferencias entre tratamientos de agua, llegando a veces a valores similares entre la Quinua Dulce Secano y la Quinua Amarga Riego, de esta manera se aprecia que la quinua dulce no pierde en gran cantidad su contenido de agua, aún cuando se encuentre bajo déficits hídricos, lo que se relaciona con los elevados Pf encontrados.

5. Rendimiento

Los rendimientos bajo ambos tratamientos, fueron mayores bajo riego. El incremento en rendimiento en ambas variedades tiene un promedio del 180 %, frente a secano. En el caso de la ETR, el incremento de agua de los tratamientos bajo riego frente a los de secano fue sólo del 80 % en promedio, lo que justifica plenamente la aplicación del riego suplementario y se encuentra relacionado con las demás variables.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, llevan a las siguientes conclusiones:

- Los valores de ETR se encuentran en relación al rendimiento obtenido en ambas variedades, bajo riego y a secano; esto permite afirmar que con aplicación de una cantidad moderada de agua, se incrementa notoriamente la productividad, e incluso, el valor de ETR bajo riego en gestiones normales puede ser cubierto con la precipitación de la zona estudiada. La Quinua Dulce estudiada presentó mayor Eficiencia de Aprovechamiento de agua, pues desarrolló mayores rendimientos con menor consumo de agua. El incremento de rendimiento fue 3.1 a 1 en Quinua dulce y 2.6 a 1 en Quinua Amarga.

- La quinua muestra una adaptación fisiológica a las extremas condiciones de sequía que se presentan en el Altiplano, comportándose como una planta de desierto, con constante transpiración y consumo de agua (Pf alto, Rest. baja). El cultivo mostró permanente alimentación hídrica, a pesar del déficit hídrico al que estaba sometido, sin haber llegado a detenerse su transpiración, lo que significa constante producción y mayor rendimiento en grano y materia seca, sin estrategia de ahorro de agua.

- El RWC y el rendimiento, muestran diferencia varietal, mientras que el Pf, R. est. y ETR, tienen una tendencia muy similar.

V. BIBLIOGRAFÍA

CANAHUA, A. 1976. Comportamiento de la Quinua en Sequía. Puno. Perú.

ESPINDOLA, G. 1986. Respuestas Fisiológicas, Morfológicas y Agronómicas de la Quinua al Déficit Hídrico. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Chapingo-México.

GARCIA, M. 1991. Análisis del Comportamiento Hídrico de Dos Variedades de Quinua Frente a la Sequía. Tesis de Grado para obtener el título de Ing. Agrónomo. UMSA. La Paz-Bolivia.

MORALES, D. 1974. Determinación del Uso Consuntivo por Lisímetros en Quinua y Cebada en el Altiplano Central. Tesis para obtener Título de Ing. Agrónomo. Cochabamba-Bolivia.

ORSAG, V. 1986. Factores Limitantes para la Agricultura en el Altiplano Central. IBTEN-UMSA. Viacha-Bolivia.

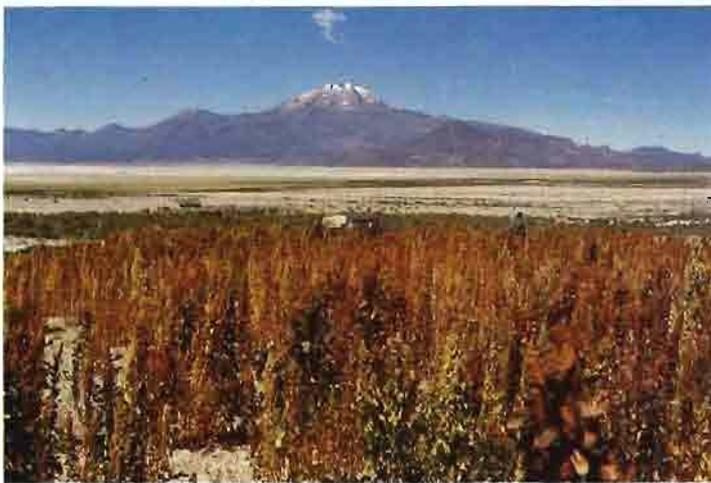
RITCHIE, S. 1990. Leaf Water Content and Gas Exchange Parameters of Two Wheat Genotypes Differing in Drought Resistance. Crop Science.

VACHER, J. 1988. La Radiación Neta y la Evapotranspiración Potencial (ETP) en el Altiplano Boliviano. In Actas del Segundo Simposio de la Inv. Francesa en Bolivia.

VOS, J. 1986. Research and Water Relations and Stomatal Conductance in Potatoes. Centre for Agrobiological Research. Wageningen Netherlands.

ACTAS DEL
VII CONGRESO
INTERNACIONAL
SOBRE CULTIVOS
ANDINOS

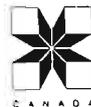
LA PAZ BOLIVIA 4 AL 8 DE FEBRERO DE 1991



EDITORES: D. MORALES Y J.J. VACHER



CRSTOM



ACTAS DEL VII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CULTIVOS ANDINOS

La Paz - Bolivia, 4 al 8 de febrero

Editores

D. Morales y J.J. Vacher

IBTA

INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

ORSTOM

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE
DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

CIID-Canada

CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

La Paz, 1992