

## NOTA TÉCNICA

# SISTEMA RADICAL EN GENOTIPOS DE PAPA, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO <sup>1</sup>

S. Cortez<sup>2</sup>, S.A. Camacho<sup>2</sup>, Gaspar Martínez<sup>2</sup>, Kuruvadi, S.<sup>2</sup>, Mariano Mendoza<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Sistema radical en genotipos de papa, bajo condiciones de invernadero.** El presente trabajo tuvo como objetivos estudiar la variabilidad del crecimiento y distribución del sistema radical en 10 clones comerciales y experimentales de papa, e identificar los mejores materiales en diferentes perfiles de suelo. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos repeticiones, bajo condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro., Saltillo, México. Para la evaluación del sistema radical se utilizaron bolsas de polietileno de 90 cm de largo y 30 cm de diámetro. Se aplicaron riegos restringidos para obtener mejor desarrollo radical. La parcela experimental fue una bolsa con dos plantas. Después de la floración y con un crecimiento de 125 días, se cortó el vástago. El suelo de cada bolsa que contenía las raíces fue seccionado en cuatro segmentos. Estas raíces, se recuperaron y luego se lavaron. El vástago y las raíces se secaron al horno a 70 °C durante 48 horas y se obtuvo peso seco. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre variedades, para peso seco de sistema radical en los cuatro perfiles estudiados 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm y para el perfil total (0-80 cm). Las variedades Boer, Russet Burbank y Utatlan fueron sobresalientes en la producción total de raíces. Las variedades Boer, Russet Burbank, Atlantic y Gigant mostraron mayor cantidad de raíces en el perfil de 60-80 cm y produjeron un buen patrón de crecimiento radical en diferentes perfiles.

### ABSTRACT

**Root system of potato genotypes under greenhouse conditions.** The objectives of this research were to study variability of growing and distribution of the root system in 10 commercial and experimental potato clones and to identify the best materials in different soil profiles. It was used a complete random block design, under greenhouse conditions at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Mexico. Black polyethylene containers of 90 cm long and 30 cm diameter were used for evaluating root system. Restricted irrigation was applied to increase root growing. Experimental plot was one container with two plants. After flowering and 125 days of growing, shoot was cut. Soil in every container was divided in four sections. Shoot and roots were dried at 70 °C for 48 hours and weighted. Analysis of variance revealed highly significant differences for dry root weight among potato varieties at the four considered profiles: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm, and for total profile (0-80 cm). Boer, Russet Burbank and Utatlan were outstanding varieties for the total production of roots. Boer Russet Burbank, Atlantic and Gigant varieties produced the higher amount of roots in the 60-80 cm profile and produced a good roots growing patterns in different profiles.



### INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) produce altos rendimientos que superan a los obtenidos por los cereales, leguminosas y oleaginosas, mostrando tolerancia a temperaturas altas y bajas, y se puede también adaptar a condiciones de temporal. En México se

cultivan 51 mil hectáreas de papa bajo temporal y 17 mil bajo condiciones de riego (Villareal, 1984). La superficie sembrada de este cultivo bajo condiciones de temporal frecuentemente se encuentran sujeta a sequía, provocada por una inadecuada cantidad de precipitación durante períodos cortos y largos en diferentes etapas fenológicas del cultivo. El sistema radical de la

<sup>1</sup> Presentado en la XLV Reunión Anual del PCCMA, Guatemala, 1999.

<sup>2</sup> Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah, México, Tel./Fax (84) 177361.

planta juega un papel muy importante en la absorción de agua y nutrimentos, por lo tanto es un factor determinante para resistencia a sequía en los cultivos. Varios investigadores (Donald, 1963; Bertrand, 1965 y Watson, 1968) señalaron que las variedades con un sistema radical más profundo y ramificado absorben mayor cantidad de humedad en el suelo durante períodos de sequía y pueden sobrevivir a los efectos de la misma; así mismo, Klepper *et al.*, (1973), Kaigama *et al.*, (1977) y White y Sponchiado (1995) afirmaron que bajo condiciones de sequía los genotipos de algodón, sorgo y frijol presentan un sistema radical más profundo en busca de agua. Existen diversos métodos para estudiar el sistema radical, tales como: el monólito, los rizotrones, de barrena, en el sitio y minirrizotrones, utilizando herbicidas y de radio trazadores a través de los cuales es posible evaluar y graficar los diferentes modelos de raíces (Taylor, 1986); sin embargo, estos métodos son muy costosos, laboriosos y lentos para tomar datos sobre el sistema radical. Hurd (1974) concluye que los modelos de sistema radical, es decir la distribución de la masa del sistema radical en el perfil del suelo, están controlados por los genes y pueden ser modificados por el ambiente, por lo tanto, se puede manipular a través de mejoramiento genético en los cultivos. Por esta razón se planteó la presente investigación con los objetivos de estudiar la variabilidad del crecimiento y distribución del sistema radical en diferentes clones comerciales y experimentales de papa e identificar los materiales con el mejor crecimiento y distribución del sistema radical en diferentes perfiles del suelo, con la hipótesis de que en el material comercial se encuentra suficiente variabilidad genética para estas características agronómicas en papa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, durante los meses de marzo a julio de 1996. Se incluyeron 10 clones de papa (Norteña, Alpha, Boer, Utatlan, UAAAN-1 Agrias, Russet Burbank, López, Gigant y Atlantic), con amplia gama de variabilidad genética para diferentes características agronómicas tales como: rendimiento; tamaño, color y forma de tubérculo; color de pulpa, altura de planta, fecha de floración, cobertura de follaje, resistencia a enfermedades y plagas. Las variedades Alpha y Atlantic se utilizaron como testigos por ser las variedades de mayor uso en México. El sistema radical y otras características de los genotipos se evaluaron en invernadero con temperatura, luz y humedad no controlada. Las temperaturas fluctuaron entre 15 a 32 °C durante el cultivo. Para la evaluación del sistema radical de cada genotipo se utilizaron bol-

sas de polietileno negro de 90 cm de longitud por 30 cm de diámetro. Las bolsas se llenaron con suelo previamente cribado y fumigado con bromuro de metilo. El suelo se colocó dentro de cada bolsa, compactándolo cada 10 cm hasta lograr una altura de 80 cm dejando 10 cm libres para la aplicación del riego. Se aplicó un riego de 20 litros de agua por bolsa antes de la siembra, después de la siembra se aplicaron seis riegos con un total de 97 litros de agua, con el fin de obtener mejor crecimiento de su sistema radical. Se seleccionaron tubérculos del mismo tamaño y fueron tratados al momento de la siembra con agrimicin-100, Tecto-60 y Curater-500, como una medida de prevenir las plagas y enfermedades de los tubérculos o el suelo. La siembra fue realizada el día 6 de marzo de 1996, con cuatro tubérculos por bolsa y una bolsa por repetición. Una vez establecidas las plántulas se seleccionaron las dos más vigorosas para su estudio y el resto fue eliminado. El diseño del experimento que se utilizó fue completamente al azar con dos repeticiones. La parcela experimental estuvo formada por una bolsa con dos plantas. Se utilizó un total de 20 bolsas de polietileno en el experimento. Se aplicaron fertilizantes nitrogenados (Urea), en una cantidad de 25 g por bolsa. Además se realizaron aplicaciones continuas de fungicidas con un intervalo de ocho a diez días para prevenir y controlar las enfermedades más comunes en papa. Después de la floración de todos los genotipos (125 días después de la siembra) se cortaron al raz del suelo la parte aérea de cada tratamiento, tomándose el peso fresco. Posteriormente se colocaron al horno a una temperatura de 70 °C durante 48 horas determinándose así su peso seco.

El suelo de cada bolsa que contenía las raíces fue seccionado en cuatro segmentos (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm), es decir 20 cm de longitud. Cada segmento fue cribado en seco utilizando dos mallas de 2 cm y 1 mm de diámetro, eliminándose residuos del suelo. Luego se lavaron las raíces con agua y se recuperó el total del sistema radical de cada estrato. El sistema radical de cada tratamiento se colocó en charolas de papel aluminio y se metieron al horno por 48 horas a una temperatura de 70°C. Se pesaron en una balanza analítica para determinar el peso seco de la raíz de cada segmento por separado.

Los modelos de raíces de los genotipos se graficaron en base a la masa seca del sistema radical recuperado en cada segmento. El ancho de la barra representa el peso seco de las raíces de cada perfil, así que cada centímetro equivale a cinco gramos de raíz.

Se tomaron datos sobre las siguientes características durante el desarrollo del cultivo en el invernadero: Distribución de fotosintatos o materia seca de diferentes partes de la planta tales como: hojas, flores, tallo

primario, tallo secundario, tubérculos y sistema radical individualmente de cada tratamiento para graficar la distribución de raíces en los cuatro perfiles del suelo, e identificar genotipos eficientes en la tasa de fotosíntesis y su translocación; por último se obtuvo el rendimiento de tubérculos producidos por dos plantas. Se tomó su peso fresco, después, se colocó al horno por 48 horas a 70 °C y se tomó su peso seco.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indicó diferencias significativas ( $\leq 0,01$ ) para características agronómicas tales como: peso fresco y seco de tubérculos, peso seco de tallo primario, revelando que existe variabilidad entre los genotipos incluidos. Por lo tanto, hay posibilidades de mejorar este cultivo a través de simple selección (Kuruvadi *et al.*, 1991, 1993 y Almonte, 1991). El coeficiente de variación (C.V.) varió entre 11,7 a 42,1 % para diferentes rasgos estudiados. Así mismo existen valores aceptables de C.V. tales como 11,9 % para biomasa total, 19,8 % para peso fresco de hojas, 11,7 para peso seco de tallo primario, 17,0 % para peso seco de tallo secundario y 18,6 % para peso fresco de flores. Los razonamientos para valores altos de C.V. son: no tener control de humedad, temperatura y luz durante día y noche en el invernadero, tamaño de muestras pequeñas, diferencias en el crecimiento de los genotipos, interacción entre genotipo con medio ambiente. Almonte (1991) informó de valores altos de C.V. entre 25,5 a 40,9 % para rendimiento comercial por planta, por parcela, tubérculos por planta y tubérculos comerciales por planta.

Los promedios para diferentes características agronómicas en las variedades de papa se presentan en el Cuadro 1. El rendimiento es una característica muy compleja con baja heredabilidad controlada por la constitución genética del núcleo y de citogenes, además por la in-

teracción genotipo-ambiente (Kuruvadi y Cortinas, 1987). El rendimiento del tubérculo varió de 35,3 a 241,4 g por tratamiento. La variedad Russet Burbank registró 241,4 g de peso fresco de tubérculo, seguida de Boer con 240,5 g, Utatlan con 196,3 g y Alpha con 167,6 g.

La producción total de biomasa es el producto de la fotosíntesis de los genotipos desde germinación hasta cosecha de la planta. En este estudio la variedad Boer manifestó la máxima cantidad de producción de biomasa con 169,5 g, siguiendo Russet Burbank con 155,5 g siendo estas dos estadísticamente iguales. La variedad Alpha con 131,4 g y la variedad Utatlan con 129,3 g formaron el segundo grupo estadístico.

La variedad Gigant expresó mayor peso fresco y seco de tallos primarios (301,4 y 71,6 g) siendo esta superior a las restantes variedades estudiadas. Las variedades Norteña y UAAAN-1 también manifestaron alto peso fresco y seco de tallos primarios. Las variedades Norteña, Alpha y Boer produjeron mayor peso seco de tallos secundarios. La variedad Norteña manifestó mayor peso seco de tallos secundarios (39,1 g). Las variedades Gigant, Noreteña, UAAAN-1 y Russet Burbank expresaron mayor peso seco de tallos primarios y secundarios. Generalmente las variedades con mayor número de tallos primarios y secundarios manifestaron mayor rendimiento de tubérculos, concordando con Smith (1976) que el número de tallos primarios y secundarios es una característica muy importante en la contribución del número, tamaño y peso de los tubérculos en papa.

El número de hojas y su área del follaje es muy importante en la producción de fotosintatos para aumentar la producción de tubérculos. La variedad Alpha produjo más peso seco y fresco de hojas (186,2 y 66,8 g) seguida de Norteña (159,0 y 55,7 g) y Russet Burbank. (158,8 y 56,4 g) y fueron los tres mejores genotipos para este caracter entre los estudiados.

**Cuadro 1.** Promedios para diferentes características agronómicas en papa.

Clones	Peso <sup>1</sup> de tubérculos		Peso total de biomasa	Peso de Hojas		Peso de Tallos Primarios		Peso de Tallos Secundarios		Peso de Flores	
	Fresco	Seco		Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Aeco	Fresco	Seco
Norteña	132.2 bc	65.4 cd	121.5 cd	159.0 ab	55.7 ab	298.8 a	42.2 bc	138.5 a	39.1 a	16.2 a	6.2 abc
UAAAN-1	74.0 cd	25.6 d	99.3 de	139.5 ab	50.0 ab	229.0 ab	48.0 b	111.9 a	34.5 a	11.0 bc	4.9 bc
russet burbank	241.4 a	119.9 ab	155.5 ab	158.7 ab	56.4 ab	146.1 bc	40.5 bcd	110.6 a	35.2 a	10.9 bc	5.1 bc
atlantic	35.3 d	21.4 d	81.8 e	78.9 c	40.3 b	54.8 c	30.3 d	48.9 a	29.4 a	4.6 de	3.2 cd
lopez	40.4 d	23.6 d	83.2 e	132.3 abc	48.1 ab	117.2 bc	34.7 cd	109.0 a	34.2 a	12.2 bc	6.2 abc
utatlan	196.3 ab	101.9 abc	129.3 bcd	112.9 bc	41.3 ab	63.2 c	31.7 cd	72.3 a	30.9 a	8.2 dc	4.7 bc
gigant	70.4 cd	27.9 d	112.0 cde	109.3 bc	46.4 ab	310.4 a	71.6 a	121.9 a	34.1 a	11.5 bc	5.0 bc
agrias	47.3 cd	20.6 d	87.5 e	107.7 bc	47.9 ab	129.6 bc	37.5 bcd	97.9 a	31.5 a	1.8 e	0.7 c
alpha	167.6 ab	81.9 bc	131.4 bc	186.1 a	66.8 a	139.9 bc	39.0 bcd	120.9 a	36.9 a	13.9 ab	7.1 ab
boer	240.5 a	138.0 a	169.5 a	112.9 bc	60.7 ab	141.3 bc	36.7 cd	102.2 a	41.3 a	17.8 a	8.3 a
promedio	124.5	62.6	117.1	129.7	51.3	162.1	41.2	103.4	26.6	10.9	5.1
DMS 5%	86.3	46.7	62.1	57.4	26.0	152.2	107	86.9	13.2	4.5	3.0

tub. = tubérculo; sec. = secundario; Bio. = Biomasa; prim. = primario; P = peso por tratamiento

El análisis de varianza (ANVA) para peso seco del sistema radical en diferentes perfiles del suelo. Hubo diferencias altamente significativas para el peso seco del sistema radical en todos los perfiles estudiados tales como 0-20, 20-40, 40-60 y 60-80, 0-40, 0-60 y 0-80 cm, revelando que existe una gran variabilidad para el crecimiento del sistema radical en diferentes perfiles. Lo que indica que es factible identificar genotipos con alta producción de raíces, para desarrollar variedades altamente rendidoras bajo temporal utilizando métodos de mejoramiento genético. El porcentaje de coeficiente de variación varió entre 12,5 y 17,2 para sistema radical en diferentes perfiles, estos valores son aceptables y los resultados muy confiables. Solo en el perfil de 60-80 cm se encontraron valores de C.V. de 23,3%, considerado un poco alto posiblemente por no tener control sobre temperatura, luz, agua y por tener riegos restringidos, así como una distribución del agua en los perfiles inferiores de la bolsa, no uniforme entre repeticiones.

Los pesos seco de raíz de las variedades se presentan en el Cuadro 2. La variedad Boer presentó 54,9 g de peso seco de sistema radical y fue la mejor, seguida de Russet Burbank (54,6 g) siendo estadísticamente iguales. La variedad Utatlan registró 48,4 g de peso seco de raíces y fue la variedad que ocupó el tercer lugar en este estudio. Todas las variedades presentaron crecimiento radical en el perfil total de 0-80 cm de profundidad, excepto las variedades Alpha y Utatlan, las cuales produjeron sistema radical sólo de 0-60 cm.

Los modelos de crecimiento del sistema radicular de las 10 variedades de papa se presentan en la Figura 1. La variedad Russet Burbank mostró un mejor patrón

de crecimiento de sistema radical en diferentes perfiles del suelo seguido de Boer, Atlantic, Gigant y Utatlan.

Las variedades Boer, Russet Burbank y Utatlan manifestaron mejor crecimiento de sistema radical en los perfiles de 0-20, 20-40 y 40-60 cm, mientras que Boer y Russet Burbank produjeron mejor crecimiento en el perfil 60-80 cm. Los dos primeros perfiles de cada planta (0-20 y 20-40 cm) presentaron raíces más viejas, gruesas, menos ramificadas y con un mayor peso seco. Sin embargo, se considera que estas raíces son fisiológicamente inactivas durante los períodos de floración a llenado de tubérculo, debido a la baja disponibilidad de agua existente en estos perfiles. Así mismo, se observó que las raíces de los últimos segmentos fueron más jóvenes, delgadas, profusamente ramificadas y de menor peso, pero fisiológicamente muy activas en la absorción de agua y nutrimentos.

La variedad López produjo muy poco peso seco del sistema radical (20 g) del total de la planta y además, presentó el peor patrón de crecimiento radical en diferentes perfiles. Las variedades que presentan mayor crecimiento del sistema radical en el perfil de 60-80 cm tienen una ventaja adicional en absorber humedad y abastecer a la planta hasta cosecha de tubérculos. Boer y Russet Burbank produjeron excelentes modelos de crecimiento de sistema radical y también registraron mayor biomasa de planta que se puede observar en el Cuadro 1.

Las variedades Boer y Russet Burbank pueden utilizarse como progenitores en los programas de hibridación para obtener mejor recombinaciones en la progenie para un mejor patrón de crecimiento de sistema radical.

**Cuadro 2.** Promedios de peso seco de raíces en diferentes perfiles de suelo en papa.

Genotipo	Peso seco de masa del sistema radicular <sup>1</sup>						
	Perfil						
	0-20 (g)	20-40 (g)	40-60(g)	60-80 (g)	0-40 (g)	0-60 (g)	0-80 (g)
Norteña	127 cd	7,8 de	7,3 bcd	5,8 bc	20,5 bc	27,9 bc	33,7 c
UAAAN-1	16,4 abc	8,5 de	6,3 cd	4,4 bcd	24,9 b	31,2 b	35,7 c
russet	19,9 a	15,9 ab	8,7 abc	10,1 a	35,8 a	44,5 a	54,6 a
atlantic	10,1 de	14,0 bc	8,7 abc	6,3 bc	24,2 b	32,9 b	39,3 bc
lopez	7,7 e	5,4 e	5,0 d	1,7 de	13,1 c	18,2 c	20,0 d
utatlan	20,6 a	17,9 a	9,9 ab	0,0 e	38,5 a	48,4 a	48,4 ab
gigant	12,5 cd	11,1 cd	9,1 abc	5,8 bc	23,7 b	32,8 b	38,7 bc
agrias	17,1 ab	9,1 d	7,1 bcd	3,7 cd	26,3 b	33,4 b	37,1 bc
alpha	15,2 bc	8,3 de	7,7 abcd	0,0 e	23,6 b	31,3 b	31,3 cd
boer	20,5 a	16,6 ab	10,7 a	7,0 b	37,2 a	47,9 a	54,9 a
Promedio	15,2	11,4	8,0	4,4	26,7	34,8	39,3
DMS 5%	4,2	3,7	3,1	2,8	10,5	7,7	12,6

<sup>1</sup> El peso del sistema radical es por tratamiento

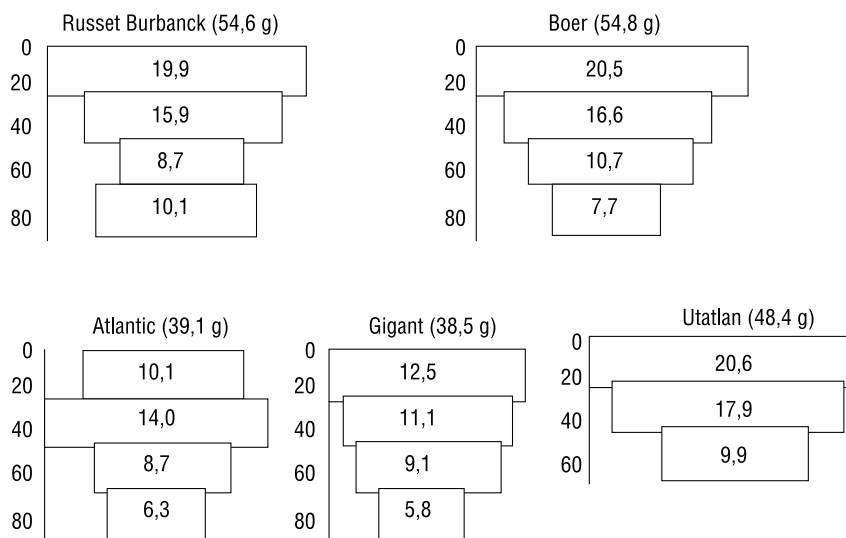


Fig. 1. Distribución de peso seco de raíces en diferentes perfiles del suelo.

## LITERATURA CITADA

- ALMONTE, J.A. 1991. Respuesta de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.). La fertilización, bajo condiciones de riego y temporal. Tesis de maestría en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 52-56.
- BERTRAND, A.R. 1965. Water conservation through improved practices. In: "Plant environment and efficient water use". Amer. Soc. Agron. Soil Sci. Madison, Wisconsin. pp 207-235.
- DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances Agronomy* 15:1-118.
- HURD, E.A. 1974. Root study of three wheat varieties and their resistance to drought and damage by soil cracking. *Canadian Journal Plant Science*.44:440-448.
- KAIGAMA, B. K.; TEARE,I; STONE,L.; POWERS,W. 1977. Root and top growth of irrigated and nonirrigated grain sorghum *Crop. Sci.* 17: 555-559.
- KLEPPER, B.; TAYLOR, H. M.; HUCK, M.G.;FISCUS, E. L. 1973. Water relations and growth of cotton in drying soil. *Agron. J.* 65:307-310.
- KURUVADI, S.; CORTINAS, E. 1987. Papel de componentes del rendimiento, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Agraria Científica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.* Vol. 3(1). 1-15.
- KURUVADI, S., CHARLES,E.; PÉREZ,G. 1991. Variabilidad genética para rendimiento y sus componentes en ciertas líneas del banco de germoplasma en papa. *Memorias del IV Congreso nacional de papa.* Los Mochis Sinaloa, México.
- KURUVADI, S.; ROMERO, J. M.; ALMONTE, J. A.; GOMEZ, H. C.; PARGA, V. T.; PÉREZ, G. U. 1993. Identificación de variedades sobresalientes de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de temporal. *Boletín Agrometeorológico de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.* pp. 37-43.
- SMITH, O.D. 1976. Potatoes production storage and processing. De AVI Publishing Company. Inc. U.S.A. pp. 199-206.
- TAYLOR, H.M. 1986. Methods of studying root systems in the field. *Hort Science.* 21(40): 952-956.
- WATSON, D.J. 1968. A prospect of crop physiology. *Ann. Appl. Biol.* 62:1-9.
- VILLAREAL, G.M.J. 1984. Marco de referencia del cultivo de la papa. INIA. pp.1-16
- WHITE, J. W.; SPONCHIADO,B. 1995. Tolerancia de frijol a la sequía. Interrogantes y algunas respuestas. *Boletín informativo del programa de frijol en CIAT.* 7(1):1-3.