

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Escuela de Ingeniería Agronómica

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO DE GENOTIPOS DE PAPA
(*Solanum* spp.) BAJO ESTRÉS HÍDRICO EN
INVERNADERO**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

LEONARDO ANÍBAL HINOJOSA SÁNCHEZ

Quito - Ecuador

2009

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

7. RESUMEN

Diferentes estudios sobre el Cambio Climático han determinado el aumento de la temperatura en el planeta de 1.8 a 4° C; este aumento, haría disminuir la producción de las variedades de papa que se cultivan hoy en día cerca de los límites climáticos del cultivo, reduciendo la producción entre el 10 al 19% en los años 2010 al 2039, y entre el 18 al 32% en los años 2040 al 2069. La región más vulnerable es la franja tropical, donde la pérdida podría superar el 50%. Los productores de papa deben enfrentarse no sólo a plagas y enfermedades sino también a problemas abióticos, sobre todo al estrés por falta de agua, a los cambios en la distribución de las precipitaciones, a la frecuencia de heladas y a la caída de nieve en zonas de montaña. Comparado con otros cultivos la papa es considerada sensitiva a la sequía, el estrés por sequía afecta el desarrollo y crecimiento de tallos, raíces y tubérculos de la papa. El cultivo de papa para su normal desarrollo, entre otros factores, necesita un aporte continuo de agua y una buena aireación del suelo. Los rendimientos son mayores cuando la humedad se mantiene uniformemente entre el 70 al 100% de la capacidad de campo. La mayor parte del cultivo de papa en el Ecuador se lo realiza bajo condiciones de temporal, en zonas donde la humedad en ocasiones es insuficiente y además la gran mayoría de agricultores sobre todo los de escasos recursos dependen únicamente del aporte hídrico de la lluvia para el desarrollo de sus cultivos. En el Ecuador, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP mediante el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro Papa (PNRT-Papa) ha iniciado actividades en campo para la selección de genotipos con tolerancia a la sequía en la sierra central ecuatoriana; no obstante es necesario complementar esta información con investigaciones bajo condiciones controladas para una mejor selección de estos genotipos, por tal motivo se planteo como objetivo general, evaluar en invernadero el comportamiento agronómico de clones, variedades nativas y mejoradas de papa (*Solanum* spp.) bajo estrés hídrico como y como específico, seleccionar los clones, variedades nativas y mejoradas de papa que presenten tolerancia al es estrés hídrico, y determinar el potencial de recuperación de los clones, variedades nativas y mejoradas de papa después de ser sometidos a un estrés hídrico.

En éste trabajo de investigación se estudió el comportamiento agronómico de 50 genotipos de papa (*Solanum* sp) bajo estrés hídrico dentro de uno de los invernaderos perteneciente al Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro Papa (PNRT-Papa) en la Estación “Santa Catalina” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias “INIAP”.

Entre los 50 genotipos utilizados se trabajó con 20 variedades nativas a1 (Yema de Huevo), a2 (Chaucha Colorada), a3 (Durazno), a4 (Limeña), a5 (Chaucha Amarilla), a6 (Carrizo Cotopaxi), a7 (Chaucha Roja), a8 (Uvilla), a9 (Milagrosa), a10 (Jubaleña), a11 (Coneja Blanca), a12 (Violeta), a13 (Leona Negra), a14 (Bolona), a15 (Sipancachi), a16 (Poluya), a17 (Natin Suito), a18 (Puca Huayro),

a19 (Unknown) y a20 (Amarilla), de estas las seis últimas son variedades referenciales de Perú y Bolivia

Además se trabajó con 7 variedades mejoradas b21(Brenda), b22 (Súper Chola), b23 (I-Fripapa), b24 (I-Cecilia), b25 (I-Natividad), b26 (I- Gabriela) y b27 (I-Estela) y 23 clones c28 (99-32-1), c29 (00-24-1), c30 (04-2-1), c31 (R6), c32 (B23), c32 (99-38-5), c34 (05-16-3), c35 (04-4-1), c36 (97-1-8), c37 (05-32-1), c38 (1010-97), c39 (01-26-1), c40 (97-1-10), c41 (04-26-1), c42 (00-12-1), c43 (R2), c44 (99-78-5), c45 (04-19-1), c46 (B1), c47 (98-11-6), c48 (B21), c49 (99-66-6) y c50 (98-14-8).

El factor estrés hídrico fue evaluado mediante dos niveles uno con riego durante todo el ciclo e1 (sin estrés) y el otro con una suspensión paulatina del riego al comienzo de la tuberización e2 (con estrés).

Se utilizó 2.7 kg de sustrato (80% tierra de zanja y 20% de pomina) en macetas de 5700 cm³. Para las variables Promedio Geométrico del Rendimiento, Rendimiento Relativo de la Biomasa y Rendimiento Relativo del Tubérculo se analizaron mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones y para el resto de variables un Diseño de Parcela Dividida, en donde la parcela grande se consideró al factor estrés hídrico y en la sub parcela al factor genotipo.

Las macetas fueron llevadas a Capacidad de Campo (CC) previo al trasplante, usando 800 ml de agua y dejando reposar por 72 horas, los riegos se realizaron de acuerdo al peso de la maceta a CC, cuando las plantas con el tratamiento de estrés hídrico comenzaron a tuberizar, se suspendió el suministro de agua paulatinamente durante 20 días, luego de los 20 días las plantas fueron rehidratadas. Las plantas fueron cosechadas a la madurez fisiológica cuando presentaron un 50 % de senescencia.

Las variables evaluadas fueron: Marchitez y Potencial de Recuperación, Contenido Relativo de Agua, Número de tubérculos por planta, Rendimiento por planta, Materia seca del tubérculo, Porcentaje de materia seca del tubérculo, Materia seca de las raíces y estolones, Materia seca del follaje, Materia seca total, Promedio Geométrico del Rendimiento, Rendimiento Relativo de la Biomasa, Rendimiento Relativo del Tubérculo y Eficiencia del Uso de Agua.

Así entre los principales resultados se presentan los siguientes:

En las variables Marchitez y Potencial de Recuperación, los genotipos que presentaron mejor respuesta a la recuperación después de 20 días de estrés hídrico fue el genotipo Unknown; y los que presentaron menor cantidad de síntomas fueron Unknown, Coneja Blanca, I-Estela, R6, 00-24-1, 00-12-1 y 99-78-5.

El clon 99-78-5 posee el más alto nivel de estado hídrico de la planta a los 20 días de déficit hídrico con un valor del CRA de 78.80%, a los 13 días de déficit hídrico los genotipos no fueron afectados por el estrés.

El número de tubérculos por planta no fue afectado por el estrés hídrico, existió diferencias entre genotipos siendo la variedad Amarilla la que obtuvo mayor número de tubérculos con 39 tubérculos por planta.

El rendimiento por planta para los tratamientos con estrés fue de 63.88 gramos por planta y para los tratamientos sin estrés 93.82 gramos por planta, existiendo una reducción debido al estrés hídrico de 31.92%. El clon 1010-97 se destaca con el mayor rendimiento con un valor de 110.22 gramos por planta y el clon 00-12-1 es el más estable con una disminución del rendimiento de 8.65%. Para la interacción GxE sobre sale la interacción I-Cecilia sin estrés con un rendimiento 124.60 gramos por planta.

En la materia seca del tubérculo existió una reducción de 34.88%, entre los genotipos la variedad I-Estela acumuló la mayor cantidad de materia seca de tubérculo con un valor de 26.01 gramos por planta y para la interacción GxE la interacción I-Cecilia sin estrés obtuvo el más alto valor con 29.27 gramos materia seca por planta.

La materia seca del follaje no fue afectado por el estrés hídrico, aunque existió diferencias estadísticas entre genotipos ubicándose en primer lugar la variedad Amarilla con 8.20 gramos de materia seca por planta.

La acumulación de materia seca en las raíces y estolones fue afectado por el déficit hídrico, incrementándose en los tratamientos con estrés hídrico en 14.93%. La variedad Leona Negra posee el mayor valor con 2.67 gramos de materia seca por planta y para la interacción GxE, la interacción Bolona bajo estrés hídrico obtuvo el mayor valor con 3.20 gramos de materia seca por planta.

Existió una reducción de materia seca total debido al estrés hídrico de 13.87%. La variedad I-Estela acumuló la mayor cantidad de materia seca total con un valor de 32.36 gramos de materia seca por planta, para la interacción GxE se ubicó en primer lugar la interacción R6 sin estrés hídrico con 35.63 gramos de materia seca por planta.

El porcentaje de materia seca del tubérculo no fue influenciado por el estrés hídrico, aunque existió significancia estadística entre genotipos ubicándose en primer lugar la variedad Jubaleña con 26.79% de materia seca.

El Promedio Geométrico del Rendimiento relaciona los rendimientos de los tratamientos control y estrés, mediante la raíz cuadrada del producto de los dos rendimientos; de acuerdo a esta variable los genotipos 1010-97, I-Estela, I-Cecilia, I-Natividad, R6, Bolona, Leona Negra, Puca Huayro y Chaucha Roja son tolerantes a la sequía de acuerdo al Promedio Geométrico del Rendimiento con valores de 1120.65, 1066.09, 1001.96, 917.39, 915.40, 905.93 897.76, 851.99 y 818.43 respectivamente.

El Rendimiento Relativo de la Biomasa es la relación de la materia seca total de las plantas bajo estrés hídrico con la materia seca total de las plantas sin estrés, de este modo los genotipos Chaucha Amarilla, 1010-97, 05-16-3, Jubaleña y 99-38-5 poseen mayor estabilidad en función de la acumulación de materia seca con valores de 100.11, 97.08, 95.71, 91.13 y 89.45% de RRB respectivamente.

El Rendimiento Relativo del Tubérculo es la relación entre el rendimiento de los tratamientos con estrés por el rendimiento de los tratamientos sin estrés, de este modo los genotipos 00-12-1, 1010-97 e I-Estela poseen mayor estabilidad en función del rendimiento con valores de RRT de 92.36, 89.31 y 84.99% respectivamente.

La Eficiencia del Uso del Agua no fue afectada por el estrés hídrico, aunque existió significancia estadística entre genotipos ubicándose en primer lugar el genotipo 05-16-3 con un valor de EUA de 53.52%.

La variedad nativa Sipancanchi posee los menores valores en la mayoría de las variables por lo que es considerada susceptible a la sequía.

Finalmente se concluyo que:

- La materia seca del follaje, la eficiencia del uso del agua, el porcentaje de materia seca del tubérculo y el número de tubérculos por planta no fue influenciado por el estrés hídrico.
- El rendimiento por planta se redujo en los tratamientos con estrés hídrico en 31.92%. El clon 1010-97 se destaca con el mayor rendimiento con un valor de 110.22 gramos por planta y el clon 00-12-1 es el más estable con una reducción del rendimiento de 8.65%.
- La acumulación de materia seca en las raíces y estolones fue afectado por el déficit hídrico, incrementándose en los tratamientos con estrés hídrico en 14.93%. La variedad Leona Negra posee el mayor valor con 2.67 gramos de materia seca por planta.
- La acumulación de materia seca total se redujo en los tratamientos con déficit hídrico en 13.87%. La variedad I-Estela acumuló la mayor cantidad de materia seca total con un valor de 32.36 gramos de materia seca por planta.
- Los genotipos 1010-97, I-Estela, I-Cecilia, I-Natividad, R6, Bolona, Leona Negra, Puca Huayro y Chaucha Roja son tolerantes a la sequía de acuerdo al Promedio Geométrico del Rendimiento con valores de 1120.65, 1066.09, 1001.96, 917.39, 915.40, 905.93 897.76, 851.99 y 818.43 respectivamente.
- Los genotipos Chaucha Amarilla, 1010-97, 05-16-3, Jubaleña y 99-38-5 son tolerantes a la sequía de acuerdo al Rendimiento Relativo de la Biomasa con valores de 100.11, 97.08, 95.71, 91.13 y 89.45% respectivamente.
- De acuerdo al Rendimiento Relativo del Tubérculo los genotipos 00-12-1, 1010-97 e I-Estela son tolerantes a la sequía, con valores de 92.36, 89.31 y 84.99% respectivamente.

- La variedad nativa Sipancanchi y el clon 04-2-1 son consideradas susceptible a la sequía.
- Los genotipos con mayor recuperación al estrés hídrico y menor sintomatología de marchitez son Unknown, Coneja Blanca, I-Estela, R6, 00-24-1, 00-12-1 y 99-78-5. El clon 99-78-5 posee el más alto nivel de estado hídrico de la planta a los 20 días de déficit hídrico con un valor del Contenido Relativo de Agua de 78.80%.

Por lo que se recomienda:

- Usar en los programas de mejoramiento de papa para sequía del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), los genotipos 00-12-1, 1010-97 e I-Estela, como tolerantes a la sequía.
- Evaluar más genotipos de papa para tolerancia a la sequía usando el mismo método, con la modificación de usar macetas con mayor volumen de sustrato, o a su vez fundas plásticas para una mejor tuberización de los genotipos.
- Trabajar con los genotipos tolerantes a la sequía 00-12-1, 1010-97 e I-Estela en un ensayo para determinar sus requerimientos hídricos.
- Continuar con estudios en campo en zonas agroclimáticas áridas de baja precipitación, con los genotipos tolerantes 00-12-1, 1010-97 e I-Estela e incluyendo los genotipos Unknown, Coneja Blanca, R6, 00-24-1, 99-78-5, Leona Negra, Cecilia, Bolona, B21, Chaucha Amarilla, 05-16-3, Jubaleña, Amarilla, Chaucha Roja, Puca Huayro y 99-38-5, los mismo que tuvieron alguna respuesta positiva en las diferentes variables evaluadas.
- Considerar a la variedad nativa Sipancanchi y al clon 04-2-1 como genotipos susceptibles a la sequía en futuros ensayos, como referencia.

Palabras Claves: Estrés hídrico, sequía, genotipos, bajo invernadero, tolerancia.

SUMMARY

Different Climate Change studies have determined that the rise in temperature in 1.8 to 4° C in the world, this rise would decrease the production of the potatoes cultivars cultivated today close to the climatic limits of the crop, reducing the production between 10 to 19 % from 2010 to 2039, and 18 to 32 % from 2040 to 2069. The more vulnerable region is the tropical strip, where the loss would exceed to 50%. Potato farmers have to faced, not only pest and diseases, but also abiotic problems, and especially stress from the lack of water, changed distribution in precipitation, the rise in the frost frequency and the snow fall in mountain zones. Compared to other crops, the potato is considered sensitive to drought. The stress from drought affects the development and growth of stems, roots and potato tuber. The potato crop for their normal development among other things requires a continuous supply of water and good soil aeration. Yields are higher when the humidity is maintained consistently between 70 to 100% of field capacity. Most of the potato crop in Ecuador is produced under rainfall conditions, in areas where moisture is often inadequate. Furthermore, the vast majority of farmers especially the poor depend solely on the contribution of rain water for their crops.

This research studied the agronomic behavior of 50 potato genotypes (*Solanum sp*) under water stress in a greenhouse of the Potato Breeding Program (PNRT-Papa), located in the “Santa Catalina” Station of the National Research Agriculture Institute.

Among the 50 genotypes of potato, 20 were native potatoes (Yema de Huevo, Chaucha Colorada, Durazno, Limeña, Chaucha Amarilla, Carrizo Cotopaxi, Chaucha Roja, Uvilla, Milagrosa, Jubaleña, Coneja Blanca, Violeta, Leona Negra, Bolona, Sipancachi, Poluya, Natin Suito, Puca Huayro, Unknown y Amarilla), seven were improve varieties (Brenda, Súper Chola, I-Fripapa, I-Cecilia, I-Natividad, I- Gabriela, I-Estela) and 23 clones of breeding (99-32-1, 00-24-1, 04-2-1, R6, B23, 99-38-5, 05-16-3, 04-4-1, 97-1-8, 05-32-1, 1010-97, 01-26-1, 97-1-10, 04-26-1, 00-12-1, R2, 99-78-5, 04-19-1, B1, 98-11-6, B21, 99-66-6 y 98-14-8).

The water stress factor was evaluated using a two-irrigated throughout the cycle (without stress) and the other with a gradual suspension of irrigation at the onset of tuberization (with stress).

2.7 kg of substrate (80% soil and 20% of pomina) was utilized in 5700 cm³ pots, for the variables Geometric Mean yield, Relative biomass yield and Relative tuber yield were arranged in a randomized complete block design with three repetitions. The rest of the variables were arranged in a randomized complete block Split-Plot design with three replications where the main plot was considered a factor to water stress and the split plot were the genotypic.

The pots were maintained under field of humidity before transplanting, using 800 ml of water and settle for 72 hours, the water was done in accordance with pot weight in field capacity. When the plants with water stress treatment started the onset of tuberization, the watering of the pots discontinued steadily for 20 days, and resumed watering after this period. They were then harvested in physiology maturity state when the plants showed 50% of tissue died for effect of the senescence.

The variables evaluated were: Potential for recovery, Relative water content (RWC), Tuber numbers per plant, Yield per plant, Matter dry of the tubers, Matter dry of the roots and stolons, Matter dry of the leaves, Total matter dry, The matter dry percent of the tuber, Geometric Mean yield (GM), Relative biomass yield (RBY), Relative tuber yield (RTY) and Water use efficient (WUE).

The main results read as follows:

In the Potential for Recovery and Shrivel, the best genotypes that showed good to recovery after 20 days of water stress was Unknown; and the less sign of shrivel were Unknown, Coneja Blanca, I-Estela, R6, 00-24-1, 00-12-1 y 99-78-5.

The clone 99-78-5 showed the highest level of plant water state in the 20 days of water stress with 78.80% of RWC, to 13 days of water stress the genotypes not affected by the stress.

The tuber numbers per plant were not affected by the water stress, but were different between genotypes, the Amarilla variety was produced the highest tuber numbers with 39 tubers per plant.

The yield per plant for stress plants were 63.88 grams per plant and the plants not-stress were 93.82 grams per plant, existing a less of 31.92% for the water stress, the clone 1010-97 stand out with the highest yield with 110.22 grams per plant and the clone 00-12-1 is the most stable with a yield less of 8.65%, for the interaction GxE stand out the variety I-Cecilia not-stress with a yield of 124.60 grams per plant.

The matter dry of the tuber got a less of 34.88%, between the genotypes the variety I-Estela accumulated the highest matter dry of the tuber with 26.01 grams per plant and for interaction GxE the variety I-Cecilia not-stress obtained the highest value with 29.27 grams per plant.

The matter dry of the leaves were not affected for the water stress, although got differences between genotypes in the first place was the variety Amarilla with 8.20 grams of matter dry per plant.

The accumulated of matter dry of the roots and estolons were affected for water shortage, increasing in 14.94% in the treatments with water stress, the variety Leona Negra got the highest value with 2.67 grams of matter dry per plant and for

the interaction G x E the variety Bolona with water stress got 3.20 grams of matter dry per plant.

The total matter dry was affected for the water stress with a less of 13.87%, the variety I-Estela accumulated the highest total matter dry with a valor of 32.26 grams of matter dry per plant, for the interaction G x E the clone R6 not-stress got the highest value with 35.63 grams of matter dry per plant.

The dry matter percent of the tuber were not affected for the water stress, although got statistics different between genotypes in the first place was the variety Jubaleña with 26.79 % of matter dry.

The Geometric Mean Yield is a parameter that relate the yield between not-stress and stress treatments by means of square root of the product between not-stress and stress yields, for the variable the genotypes that obtained most tolerance to water stress were the genotypes 1010-97, I-Estela, I-Cecilia, I-Natividad, R6, Bolona, Leona Negra, Puca Huayro and Chaucha Roja with values of GM of 11120.65, 1066.09, 1001.96, 917.39, 915.40, 905.93 897.76, 851.99 and 818.43 respectively.

The Relative Biomass Yield is the relation between the total dry matter of the stress water plants with the total dry matter of the not-stress water plants, the genotypes Chaucha Amarilla, 1010-97, 05-16-3, Jubaleña and 99-38-5 got the highest stability in function of the accumulated of dry matter with values of 100.11, 97.08, 95.71, 91.13 and 89.45% of RBY respectively.

The Relative Tuber Yield is the relation between the yield of the stress water plants with the yield of the not-stress water plants, the genotypes 00-12-1, 1010-97 and I-Estela got the highest stability in function of the yield with values of 92.36, 89.31 and 84.99% of RBT respectively.

The Water Use Efficient was not affected by water stress, although there was statistical significance between genotypes in the first place the clone 05-16-3 with a value of 0.54 of WUE.

The native potato variety Sipancanchi got lower values of most of the variables, so it is considered susceptible to a drought.

By means of these results we recommended:

- To use for the potato breeding program the genotypes 00-12-1, 1010-97 and I-Estela like drought tolerance parents.
- To evaluate more INIAP genotypes for drought tolerance using the same method, with the modification of to use bigger pots or used plastic bags like pots for a better tuberation.
- To work with the drought tolerance genotypes 00-12-1, 1010-97 and I-Estela in trials to determinate the amount water that would support.

- To continue with studies in the field specially in dry zones with the tolerance genotypes 00-12-1, 1010-97 and I-Estela, besides, to include the genotypes Unknown, Coneja Blanca, 04-2-1, R6, 00-24-1, 99-78-5, Leona Negra, Cecilia, Bolona, B21, Chaucha Amarilla, 05-16-3, Jubaleña, Amarilla, Chaucha Roja, Puca Huayro and 99-38-5 that got some good behavior to the variables evaluated.
- To consider the native potato Sipancanchi and the 04-2-1 clon like susceptible varieties to drought in the future trials, as a reference.

Key Words: Water stress, drought, genotypes, under greenhouse, tolerance.