

172

"COMPORTAMIENTO DE SIETE VARIEDADES DE PAPA (Solanum  
tuberosum) EN CONDICIONES DE INVERNADERO"

TESIS

Sometida a la consideración de la  
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Pablo Sergio Ortega Parra

Como requisito parcial para obtener  
el título de Ingeniero Agrónomo.

Marzo de 1972.

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



## INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
MATERIAL Y METODOS.....	20
RESULTADOS.....	23
DISCUSION.....	25
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	28
BIBLIOGRAFIA.....	30
APENDICE.....	34



## INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

	Pág.
Cuadro 1. Prueba de Duncan al 5% con el rendimiento de tubérculos de primera calidad.....	23
Cuadro 2. Prueba de Duncan al 5% con el rendimiento total de los tratamientos.....	24
Cuadro 3. Solución nutritiva aplicada a los tratamientos.....	25
Gráfica 1. Rendimiento en kilogramos por variedades en relación con la calidad del tubérculo.....	36
Gráfica 2. Rendimiento total en kilogramos de las diferentes variedades.....	37



## INTRODUCCION

Hay en el mundo grandes áreas de zonas desértico-costeras, en las que la explotación agrícola con los sistemas convencionales es casi imposible debido principalmente a las características de sus tierras y el carecimiento de agua para irrigarlas.

El laboratorio de aguas salinas del Departamento Interior de los E.E. U.U., la Universidad de Arizona y la Universidad de Sonora, patrocinaron la instalación de un sistema integrado (Energía-Agua-Alimento) para la investigación agrícola en estas condiciones desértico-costeras en Puerto Peñasco, Sonora.

Utilizando el método de desalación de agua de mar, hasta concentraciones que pudieran utilizarse para el riego de cultivos agrícolas, y el establecimiento de invernaderos de plástico inflados a presión de aire y con ambiente controlado, donde se pueden regular las condiciones de luminosidad, temperatura y humedad de suelo y aire, mejor aprovechamiento de aire y nutrientes, así como mejor control de plagas y enfermedades, llegándose a producir en zonas desértico-costeras cultivos intensivos que en un futuro, ayuden a resolver el problema alimenticio que representa la explosión demográfica del mundo entero.

Siendo las hortalizas necesarias para la dieta alimenticia humana, el Centro de Investigaciones Científi-



cas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS) ha encaminado sus investigaciones en su Unidad Experimental Peñasco (UEP), a estudiar el comportamiento de variedades de hortalizas que puedan llegar a desarrollarse mas satisfactoriamente bajo estas condiciones, para obtener las experiencias básicas y establecer explotaciones comerciales en otros lugares con ambiente similar, ya que el costo de las hortalizas en esas áreas es muy elevado debido a las grandes distancias de los centros normales de producción.

El presente trabajo esta encaminado a estudiar el comportamiento de siete variedades de papa bajo condiciones de invernadero en la Unidad Experimental Peñasco.



## LITERATURA REVISADA

La papa (Solanum tuberosum) pertenece a la familia de las solanáceas; es de las hortalizas mas estudiadas y tal vez de las de mayor consumo. Es originaria de Perú y Bolivia, introducida a Europa a principios del siglo XVI de donde llegó a Irlanda y se convirtió en la fuente principal de alimento. Debido a la enfermedad llamada "Tizón tardío" (Phytophthora infestan) en 1846-47 ocasionó lo que se conoce como "el hambre de Irlanda" pues arrasó con todas las plantaciones (28)).

Los factores que influyen en el rendimiento son: la temperatura a que ha sido almacenada la semilla, fecha de recolección de tubérculos, daños que sufren los brotes en el manejo, profundidad y distancia de plantación. El pH del suelo aunque no afecta el rendimiento, determina la insidencia de la roña de la papa (Streptomyces scabies), además de que influye en la absorción de micronutrientes, principalmente fierro, manganeso y zinc. Para determinar la calidad de la papa se toma en cuenta su densidad específica o sea el contenido total de sólidos (30).

La profundidad en el campo debe estar entre 10 y 15 cm., puesto que a menos de 10 cm. los tubérculos quedan muy superficiales y, a mas de 15 cm. se reduce el abastecimiento de oxígeno y se puede dañar la semilla. La distancia entre planta es de 30 cm. y entre surco de 92 cm., con una población aproximada de 50,000 plantas por Ha. (30).



Al llevarse a cabo estudios con distintas densidades de planta (distancia entre surco y entre planta) menores de las comunes, se encontró que el desarrollo de la raíz era igual y hubo diferencias reflejadas en la competencia por la aereación entre las plantas. Bleasdale en experimentos realizados con poblaciones mas altas (160,000 por Ha.) que las normales, encontró una relación parabólica con la máxima producción obtenida con poblaciones de 80,000 plantas por Ha. (8).

En un trabajo llevado a cabo en un suelo migajón limoso en el Campo Experimental de Papa, cerca de Grand Forks, Dakota del Norte, E.E. U.U., con el propósito de apreciar el efecto de la distancia entre surco y la población de plantas, en el rendimiento y tamaño de los tubérculos de papa, en surcos separados de 47.5 cm. a 95 cm. y con poblaciones de plantas de 30,960 a 46,320 por Ha.; después de tres años de observaciones sobre las variedades "Norland", "Red Pontiac" y "Kennebec", los resultados no indicaron ninguna ventaja, pero la población mas alta resultó con rendimientos ligeramente mas altos y un mayor número de tubérculos pequeños (33).

Las bajas temperaturas, una alta intensidad de luz y días cortos generalmente aceleran el desarrollo de la papa; la elongación del tallo termina temprano, la formación de tubérculos se inicia mas pronto y por consiguiente, se acorta el ciclo del cultivo. En estas circunstancias se forman talles cortos, hojas grandes y el desarro-



llo del tubérculo se estimula. Las altas temperaturas, baja intensidad lumínica y días largos, provocan la elongación del tallo, pero no son favorables para la expansión de las hojas y retardan la formación del tubérculo (7).

Gregory (19) y Bedlaender (7), encontraron que temperaturas bajas en la noche, favorecen más el desarrollo de la hoja que temperaturas bajas durante el día, pero para el desarrollo del tallo, las temperaturas bajas durante el día y durante la noche no influyeron mucho.

Gregory (19), obtuvo mayor rendimiento con temperaturas de 30°C en el día y 17°C en la noche, que con temperaturas de 23°C en el día y en la noche. Jones y otros (27) encontraron una clara influencia de la temperatura del suelo en el rendimiento de papa; 15 a 18°C resultó la óptima. Jones observó también que las temperaturas altas en el suelo incrementaron la longitud del tallo y el peso de la parte aérea, especialmente a bajas temperaturas ambientales y el peso del tubérculo disminuyó significativamente con altas temperaturas.

Pohjakkallio investigó la influencia de la intensidad de luz en el peso de los tubérculos y follaje, variando la intensidad de 67 a 33% de el total de la luz del día. Al disminuirse a 33% disminuyó en un 38% el peso en seco de la planta, 57% la germinación y un marcado detrimento en el peso del tubérculo (80%). La intensidad lumínica no solo tiene influencia en la producción sino



también en el desarrollo de la planta; la elongación del tallo fue mas pronunciada a baja intensidad lumínica (36).

Se ha visto que la intensidad de luz tiene efecto en la fotosíntesis de la papa, medida por la acumulación de materia seca en varias partes de la planta. Un incremento en la intensidad lumínica, generalmente produce un incremento en la fotosíntesis. En un experimento que se hizo con el fin de determinar el efecto de la luz suplementada, en el crecimiento de papa en invernadero, durante períodos de días cortos y baja intensidad lumínica. Las semillas fueron plantadas en ollas y cuando tuvieron cierta altura se eliminaron los brotes; los tubérculos obtenidos de estas plantas fueron cosechados en dos períodos: A los 73 días después de haber eliminado los brotes y a los 96 días cuando se secó el follaje. Al tener las primeras evidencias, se observó que no era necesaria la luz suplementada para todo el ciclo, para que incrementara tanto el tamaño como el rendimiento. El ciclo de la planta fue dividido en tres períodos: de la plantación a la eliminación de los brotes, 30 días después de esta operación y del fin del segundo período a la cosecha (41).

En estudios hechos para determinar el efecto de la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, sobre los rendimientos de papa cultivada en Panjab India, se observó que una aplicación de 245 kg. de nitrógeno por Ha. dió altos rendimientos en el método de doble hilera; la



proporción óptima calculada de nitrógeno era de 81 kg. por Ha. La respuesta de la cosecha al nitrógeno, pareció afectada por los tipos y condiciones del suelo. La aplicación de fósforo aumentó significativamente el rendimiento. 81 kg. de  $K_2O$  no incrementaron el rendimiento; sin embargo, la aplicación de moderadas cantidades de potasio es recomendada para asegurar rendimientos mas altos (4).

En algunas investigaciones se demuestra que la dosis de nitrógeno no debe exceder de 65 a 75 kg. por Ha., pues de lo contrario se provocará una pérdida de calidad. Sin embargo, parece que un exceso de fósforo y potasio es un mal para el cultivo, si se desean obtener rendimientos elevados. Por ello se ha recomendado una determinada cantidad de fósforo y potasio (86 a 130 kg. por Ha.), aunque las necesidades no esten plenamente justificadas (12).

En un experimento llevado a cabo en la Universidad de Cornell, Ithaca New York, E.E. U.U., bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, 120 tratamientos y 240 plantas; se probaron dos fuentes de potasio ( $KCl$  y  $K_2SO_4$ ), tres niveles de potasio (4,8,12 Meq/litro de solución nutritiva), cinco períodos de absorción (4, 8,16,32 y 64 horas) y en cuatro etapas de desarrollo de la planta (1,2,4 y 8 semanas). Todas las soluciones nutritivas fueron complementadas con las cantidades adecuadas de manganeso, molibdeno zinc, boro, cobre y fie-



rrero. El fierro se suministró a una concentración de una PPM de solución nutritiva tomando como fuente el secres-teno de fierro. En relación con la absorción de fósforo se obtuvieron los resultados experimentales siguientes (12):

1) Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos con plantas de cuatro edades diferentes (brotes con raíces de una semana de edad, plantas vigorosamente brotadas de dos semanas de edad, plantas de cuatro semanas de edad en floración y con estolones, plantas de ocho semanas de edad formando tubérculos) se encontró que al mismo nivel de potasio,  $KCl$  y  $K_2SO_4$ , no afectaron la absorción de fósforo sin embargo, las fuentes de potasio pudieron haber influido en la absorción de fósforo en un estado dado del desarrollo de la planta.

2) Los niveles de potasio afectaron significativamente la absorción de fósforo. La absorción de este se incrementó en las partes aéreas de la planta cuando el nivel de potasio aumentó de 4 a 8 Meq/litro en soluciones nutritivas; posteriormente, el contenido de fósforo en los tejidos disminuyó ligeramente cuando el nivel de potasio fue aumentado a 12 Meq/litro.

3) La edad de la planta tuvo una influencia marcada en la absorción del fósforo.

4) La absorción del fósforo se incrementó linealmente durante el período de absorción de 64 horas.

En un experimento llevado a cabo durante 2 años en



Alaska, E.E. U.U. con dos fuentes de fósforo (metafosfato de calcio y superfosfato triple), con cinco dosis (0, 36,72,108 y 144 kg/Ha.) con la variedad "Kennebec", se observó que el aumento en la dosis de fósforo mejoró el aspecto de las plantas, así como el contenido de fósforo de los tubérculos y la absorción del fósforo; mientras el contenido del magnesio en el follaje disminuyó. La aplicación de fósforo incrementó la producción de tubérculos US No. 1, el peso específico de los tubérculos y redujo el contenido de magnesio en el follaje. El metafosfato de calcio y el superfosfato triple se comportaron igual de acuerdo con los resultados obtenidos por el rendimiento, análisis de follaje y tubérculos (29).

En estudios llevados a cabo para determinar la correlación entre aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio y la respuesta de las plantas de papa en suelo arcillo-arenosos en Panjab India, se observó que el nitrógeno fue el factor mas importante que afectó los caracteres de la planta; el fósforo también influyó en el desarrollo de la planta y tubérculo, aunque no considerablemente, mientras que el potasio fue de importancia secundaria. El nitrógeno contribuyó principalmente a incrementar el rendimiento a través del aumento en peso de los tubérculos. La correlación total y parcial, reveló que la asociación entre rendimiento y peso por tubérculo fue por consiguiente, sobre el número de hojas y altura de la planta (2).



Con el fin de saber si la aplicación de micronutrientes, con la aplicación de niveles altos de nitrógeno y niveles adecuados de fósforo y potasio, tienen alguna influencia en el rendimiento de papa, se llevó a cabo un experimento con dos niveles de micronutrientes, dos niveles de fósforo y dos de potasio; se hizo en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, todas las parcelas fueron fertilizadas con 320 kg. de nitrógeno por Ha., aplicadas la mitad al momento de sembrar y la otra mitad al mes de plantado. Los resultados obtenidos indicaron que bajo las condiciones experimentales, los micronutrientes no tienen ninguna influencia en el rendimiento de la planta. La aplicación de 81 kg. de  $P_2O_5$  con 320 kg. de nitrógeno por Ha. aumentó considerablemente el rendimiento comparado con el uso de 320 kg./Ha. sin complemento de fósforo. Al emplear una proporción de 320 kg. de nitrógeno por Ha., resultó ser deseable un nivel adecuado de potasio de 81 kg./Ha. (3).

Por un período de 3 años se llevó a cabo un estudio para apreciar el efecto de un sistema de "aire acondicionado". El método usual de aplicación de 2.5 cm. de agua a intervalos de 3 a 4 días, cuando el agua de lluvias es insuficiente, se comparó con la aplicación diaria de riego de poco volumen durante las horas de más alta temperatura del medio día. En 1966 y 1968 con temperaturas aproximadamente sobre las normales, se observó un aumento en rendimiento bajo condiciones de "aire acondicionado".



El mismo tratamiento tuvo poco efecto en el rendimiento de 1967, cuando el promedio de temperatura ambiente estuvo abajo de lo normal. Las distintas variedades respondieron de manera diversa al "aire acondicionado". Los sólidos totales fueron mas altos en los tubérculos obtenidos y ningun efecto visible fue observado bajo el "aire acondicionado" en la aparición de enfermedades comunes del follaje (34).

En el crecimiento y desarrollo normal en la planta de papa los tubérculos desarrollados son de importancia económica. La aplicación de agua con técnicas culturales es muy complicada, por el hecho de que los tubérculos formados en soluciones nutritivas son anormales, comparados con los desarrollados en el suelo. Gericke (18), obtuvo tubérculos normales limitándolos dentro de cajas cerradas. Fong (17), evitó la formación de tubérculos eliminando los estolones, para así estudiar la nutrición del crecimiento vegetativo y no tener problema con formación anormal de tubérculos con soluciones nutritivas.

Entre los muchos factores que afectan el crecimiento de la papa, se encuentra la temperatura del suelo y la compactación, que a su vez afecta a una buena aereación de el mismo. La papa se considera como un cultivo de clima fresco; las temperaturas altas incrementan la respiración a expensas de la tuberización (5,21,32).

La compactación del suelo tiene dos efectos primordiales en el cultivo de la papa: La incapacidad de las



raíces para penetrar y la restricción en la aereación del suelo. La restricción en la aereación reduce el desarrollo radicular, la disponibilidad y absorción de nutrientes y la actividad biológica del suelo (1).

La papa requiere una buena aereación del suelo para un crecimiento adecuado (5,21,32), Blacke y otros (6) reportaron que una aereación en la reducción del suelo de un 9%, retarda la emergencia, reduce el vigor y rendimiento. Struchtemeyer y otros observaron rendimientos muy bajos debido a la compactación del suelo (39).

En un estudio sobre el control atmosférico del suelo se observó un incremento en el crecimiento vegetativo, con reducción de tubérculos cuando los niveles de oxígeno del suelo fueron el 75% de lo normal (11).

Para determinar la razón fisiológica de la sensibilidad de la papa a una buena aereación del suelo, Busnhell encontró que la papa consume oxígeno en su sistema radicular, en rangos de 5 a 100 veces mayores que los reportados para el sistema radicular de otras plantas (10).

Theron y Knutson, llevaron a cabo un estudio de invernadero, para determinar el efecto de la temperatura en el suelo a niveles de 10 a 21°C. Al mismo tiempo se estudió la compactación del suelo y abastecimiento de nitrógeno; tanto la compactación del suelo y la afectaron la emergencia. A temperatura de 12.8°C y una densidad del suelo de 1.20, la germinación de los tubérculos se retrasó hasta dos semanas, en comparación con la temperatura



de 21°C y una densidad del suelo de 1.00. Los niveles mas altos de nitrógeno favorecieron el crecimiento de las plantas, pero redujeron el desarrollo de los tuberculos (40).

La deformación de los tubérculos ha sido atribuída a factores ambientales tales como: Deficiencia de humedad, espaciamiento, defoliación o bien a inadecuados niveles de fertilización. Con el propósito de definir esta situación se llevó a cabo un experimento en el Campo Experimental de la Universidad de Nevada, E.E. U.U., bajo las siguientes características: se tomaron tubérculos de la variedad "Russet Burbank" los cuales se hicieron brotar en perlita. Cuando los brotes medían de 3.7 a 5 cm. de longitud, se transfirieron a unos depósitos con una capacidad de 4 lts., donde se encontraba la solución nutritiva. Cuando las plantas tenían una altura de 10 a 15 cm., se cambiaron del invernadero a una cámara de crecimiento, para aclimatación durante dos semanas antes de la primera serie de tratamientos. Los cuartos de ambiente controlado estaban sujetos a un fotoperíodo de 11 horas y con rango de temperatura, aproximadamente iguales, a campo abierto durante el mes de julio. La temperatura diaria variaba de 10 a 35°C para los tratamientos de altas temperaturas y de 10 a 25°C para los tratamientos de bajas temperaturas. Los niveles críticos de absorción de agua se ajustaron a 1, 3 y 5 Bars, por período de 3 días o durante el tiempo que faltaba para complotar el



experimento, ya que este se inició en 4 etapas de crecimiento las cuales fueron: Pretuberización, desarrollo de los estolones, 9 mm. y 3.7 a 5 cm. de diámetro de los tu bérculos. Para incrementar la presión osmótica del sistema radicular en 0.25 de tensión total, se agregó suficiente CL540 (glicol polietileno) a las 8:00 A.M. y a las 5:00 P.M. en dos días sucesivos. Después de 3 días de iniciada la tensión, la solución nutritiva con CL540 se cambió por la solución libre de este compuesto, para aquellas plantas que estaban sujetas a un período corto de tensión. Todas las plantas se observaron durante 87 días; del análisis de los datos de tubérculos deformados, se deduce que el efecto de la temperatura es el factor más importante para incrementar un segundo crecimiento (38).

Las variedades de papa difieren en los tamaños de tubérculos producidos: Algunas variedades poseen características deseables de calidad, resistencia de enfermedades, tipo y tamaño del tubérculo. Los tubérculos pequeños están asociados con la alta producción. Hay un gran número de caminos que pueden seguirse para modificar las características del tubérculo como son: La cantidad de nutrientes aplicados y la distancia de plantación entre surco y planta (13).

Burton (9), redujo el número de tallos en la semilla brotada variando la temperatura de almacenamiento, estimulando la dominancia apical. Los tubérculos fueron



expuestos a temperaturas relativamente altas ( $15.6^{\circ}\text{C}$ ) por 6 ó 7 semanas después de cosechadas y después a temperaturas bajas ( $4.4^{\circ}\text{C}$ ) durante el resto del almacenamiento. Tales tratamientos suprimieron el crecimiento de yemas laterales cuando se plantaron los tubérculos, esto redujo el número de tallos por planta y por consiguiente el número de tubérculos formados, los cuales fueron de mayor tamaño. Reiman y otros (37), con la variedad "Russet Burbank" encontraron que a tres tallos por planta se produjo el porcentaje mas alto de US No. 1 (papas arriba de 170 grs. de peso); las plantas con un solo tallo produjeron tubérculos con protuberancias. El tamaño del tubérculo también fue controlado, por remoción de los tallos en plantas desarrolladas. Los primeros trabajos con la variedad "Russet Burbank", indicaron que una reducción en el número de tallos por planta, llevó a un incremento en el número de tubérculos comerciales. Uno o dos tallos por planta rindieron uniformemente tubérculos más grandes comparados con los de tres o más tallos por planta; pero también produjeron más tubérculos con segundo rendimiento. En ensayos que se hicieron, desahije de tallos cuando había varios brotes en diferentes variedades y etapas de desarrollo, con el fin de averiguar si es posible conducir un incremento económicamente remunerativo en el tamaño de los tubérculos, desahijando hasta dejar un tallo no resultó el mayor rendimiento de tubérculos de buena calidad; las plantas de-



sahijadas a dos tallos dieron indicación de aumento, ya que los dos rendimientos obtenidos de las dos variedades y tres brotes excedieron a los testigos en un 8% de promedio. Sin embargo, esto no fue estadísticamente significativo (14).

Según reporte del Estado de Connecticut, E.E. U.U., la variedad "Kennebec" es resistente al tizón del follaje únicamente y muy susceptible a Verticillium sp. Los tubérculos muy superficiales reverdecen y son muy sensibles a heladas se descascaran fácilmente, por lo que requieren un manejo cuidadoso. Sobrepasa a la variedad "Kathadin" bajo buenas condiciones de crecimiento. En suelos ligeros desarrolla tubérculos de forma irregular con grietas y pudriciones blandas a no ser que se siga un programa de riegos adecuados. Esta variedad requiere condiciones uniformes de crecimiento, especialmente suelos muy pesados o suelos ligeros con buen abastecimiento de agua (23).

La variedad "Peconic" se obtuvo en el Estado de New York E.E. U.U. en 1966, es una variedad que en rendimiento se compara favorablemente con la "Kathadin", con la diferencia que la "Peconic" produce mas tubérculos y en un porcentaje mas alto de 6 cm. a 7.5 cm. de diámetro. Por las características de buena productora, es mas afectada por la sequía y producirá una proporción mas alta de tubérculos pequeños bajo estas condiciones, comparada con la "Kathadin". Los tubérculos de la variedad "Peconic"



tersa, de forma redonda a oblonga de un color blanco cremoso. Se ha encontrado resistente a la roña, altamente resistente a las razas de tizón tardío mas comunes y resistente al Nematodo dorado (Heterodera rostochiensis) (13).

La variedad "Viking" se obtuvo en 1963 en la Estación Experimental Agrícola de Dakota del Norte, E.E. U.U. Esta variedad es una cruce entre "Rodskin" y "Nordak" la cruce obtenida fue hecha en invernadero en la Universidad de Dakota del Norte, E.E. U.U., en 1953 y la selección original fue en el campo en 1954 en la Estación Longdon Brach, Longdon North Dakota. Tiene altos rendimientos y buenas cualidades culinarias, siendo dos de las características mas importantes de la Variedad. Es de maduración media y produce tubérculos de un rojo medio a un rojo claro. Bajo algunas condiciones la variedad "Viking" tiene tendencia a producir tubérculos grandes. Es una variedad resistente a condiciones adversas de sequía. El porcentaje total de sólidos es mas alto que "Red Pontiac", "Red La Soda" y "Norland". Dió rendimientos comparados con "Red Pontiac" y "Red La Soda", pero son mas altos que la variedad "Norland" (26).

La variedad "White Rose", llamada también "Gigante Americano" u "Orgullo de Wisconsin" se produce en todo California y en el Sur de Oregon, E.E. U.U.; los tubérculos son grandes, alargados, achatados y generalmente irregulares; la piel es tersa y blanca, presenta numero-



sos ojos de una profundidad media, bajo condiciones adversas presenta un segundo crecimiento y reverdece fácilmente expuesta a la luz, inclusive en super mercados (31).

En tres años de estudios para determinar las fechas de cosecha y de riego y su influencia en rendimiento y calidad de las variedades "Pungo" y "Superior" se observó que el rendimiento del tamaño A se incrementó cuando la cosecha se pospuso de junio hasta mediados de julio. El incremento en rendimientos resultó con riegos cada año, excepto con la variedad "Superior". Los rendimientos de papa tamaño B disminuyeron en general cuando la cosecha se retardó, mientras las papas tamaño A incrementaron. Los riegos tuvieron solo un efecto menor sobre los rendimientos de papa tamaño B. Los sólidos totales de papa tamaño A variaron de un año a otro bajo la influencia de la fecha de cosecha y de riego. En 1966 hubo un incremento en los sólidos totales con un retraso en la fecha de la cosecha, mientras los resultados en el 67 y 68 eran variables. Esta variación estaba asociada con la precipitación y la humedad del suelo; obteniéndose sólidos totales más bajos con niveles más altos de humedad del suelo y sólidos totales mas altos con una humedad baja (15).



## MATERIAL Y METODOS

Este experimento se llevó a cabo en la Unidad Experimental Peñasco (UEP), dependiente del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS), bajo condiciones de ambiente controlado, en donde la temperatura y humedades que se presentan son mas altas que en campo abierto.

La Unidad Experimental Peñasco, cuenta con cuatro invernaderos construídos con polietileno de 0.03 cm. de espesor, estabilizando los rayos ultravioleta. Cada uno de ellos consta de dos segmentos de 30 m. de largo por 7 m. de ancho interconectados por un túnel de cemento, por lo que el área de cultivo de cada invernadero es de 210 m<sup>2</sup>. En una de las esquinas de cada invernadero se encuentra una columna empacada intercambiadora de calor. Estas columnas son secciones de perfil bajo, hechas de material de asbesto corrugado y diseño de panel de colmena (Asbedek) a través del cual se rocía agua de mar. El invernadero es una unidad cerrada sin ningún contacto con el ambiente exterior y en su interior el aire circula de derecha a izquierda fluyendo la corriente a lo largo del invernadero, pasando a través del túnel de intercomunicación y regresar por el otro segmento y regresar por la columna de intercambio térmico repitiéndose el proceso con producción de aire casi saturado de humedad. La humedad alcanza cerca de 100 % y la temperatura puede



ser controlada de un modo considerable modificando la temperatura del agua y la velocidad del aire; de esta manera se produce un microclima húmedo. Durante el invierno parte del agua de mar se evapora con la corriente de aire y se condensa en el interior de las paredes del plástico de los invernaderos. Esta agua excede en mucho a la cantidad de agua consumida por las plantas principalmente en los meses mas fríos durante los cuales hay una producción de agua dulce en los invernaderos derivada del agua salada del mar.

Con el propósito de mantener los invernaderos rígidos el personal debe entrar a través de unas cámaras de aire proporcionadas mediante un sistema de doble puerta (24).

Las variedades bajo estudio fueron las siguientes: "Kennobec", "La Sota", "Viking", "White Rose", "Peconic", "Norgold" y "Wauseon".

Se utilizaron como "Semillas" trozos de tubérculos que tuvieron un mayor número de brotes y de 40 a 60 grs. El tratamiento se inició el 18 de febrero y las "Semillas" fueron tratadas con fungicidas como prevención de enfermedades. Después de haberse llevado a cabo la suberización (proceso que duró 4 días), fueron llevados al invernadero donde se sembraron en arena como medio de sostén (22 de febrero).

El diseño que se utilizó fue de bloques al azar, contándose con 7 tratamientos (uno para cada variedad) y



4 repeticiones, la Unidad Experimental tenía 7 plantas. La distancia de plantación entre surco fue de 30 cm. y entre planta de 15 cm., a una profundidad de 10 cm.

El riego se inició el mismo día de la plantación, con el sistema de aspersión, aplicando solo agua a razón de medio litro por planta en dos riegos diarios.

La germinación total fue el 12 de marzo, excepto para la variedad "Norgold" (15 de marzo).

El 18 de marzo se empezó a usar la solución nutritiva O'Leary 700-300 macro-micro y nitrato de calcio respectivamente, adicionando además sulfato de potasio quedando la solución nutritiva en 700-300-200, la cual se bajó a 350-150-100 el 15 de abril cuando comenzó la formación de tubérculo. La aplicación de los riegos durante el ciclo de experimentos fue de 2 a 3 veces diarias, estos según las condiciones ambientales del medio exterior; uno con adición de nutriente y los otros con agua pura. Utilizándose 7,400 lts. de agua pura y 2,928 lts. de agua con nutrientes.

Se hizo una práctica de desahije, dejándose un solo tallo, se hicieron 5 aplicaciones de Manzate en prevención de tizón temprano (Alternaria solani). A los 84 días del ciclo se suspendió el riego y tres días después se cortó el follaje (20 de mayo). El 27 de mayo se levantó la cosecha, exactamente a los 94 días después de plantado. Los resultados de los datos obtenidos se sometieron al análisis estadístico.



## RESULTADOS

Para llevar a cabo la interpretación estadística mediante el análisis de varianza, la producción se dividió en dos partes: Tubérculos de primera y segunda calidad, las cuales se determinaron tomando en cuenta la forma y el tamaño del tubérculo. Se tomaron en cuenta para interpretar estadísticamente este experimento solo los tubérculos de primera calidad y el rendimiento total de los tratamientos.

Al hacer el análisis de varianza para los tubérculos de primera calidad se encontró que la F del factor tratamientos no fue significativa, lo cual quiere decir que las siete variedades sean diferentes, en cuanto a producción de tubérculos de primera calidad. Se procedió a efectuar la prueba de Duncan y se obtuvo el siguiente resultado.

Cuadro 1. Prueba de Duncan al 5% con el rendimiento de tubérculos de primera calidad.

Variedad	Producción Media						Nivel de Significación (5%)
Kennebec	1.08						a
La Sota	0.97						a
Viking	0.78						a b
White Rose	0.75						a b
Norgold	0.51						a b
Peconic	0.37						a b
Wauseon	0.09						b
P	2	3	4	5	6	7	
rP	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	
Rp	0.065	0.068	0.071	0.072	0.073	0.074	



En el análisis de varianza con el rendimiento total, la F del factor tratamientos fue altamente significativa, lo cual podemos asegurar con una probabilidad de equivocarnos de 1% que no es igual la producción de las siete variedades, motivo por el cual se procedió a efectuar la prueba de Duncan para los tratamientos.

Cuadro 2. Prueba de Duncan al 5% con el rendimiento total de los tratamientos.

Variedad	Producción Media		Nivel de significación (5%)			
La Sota	1.48		a			
Kennebec	1.25		a			
White Rose	0.97			b		
Viking	0.83			b	c	
Norgold	0.76			b	c	
Peconic	0.64				c	
Wauseon	0.31					d

P	2	3	4	5	6	7
rP	2.92	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35
Rp	0.20	0.21	0.22	0.229	0.232	0.234

Se encontró también una diferencia muy marcada en la producción tomando en cuenta la calidad de los tubérculos.

Se hace una mención de que los resultados obtenidos en este experimento son válidos únicamente para este trabajo y para estas condiciones de invernadero.



## DISCUSION

El análisis de varianza de los datos obtenidos de producción nos demuestra que si hay una diferencia significativa muy marcada para el total de los tratamientos y para la producción de tubérculos.

La germinación fue a los 18 días después de plantado (12 de marzo) como se había previsto ya que en estas condiciones de invernadero se acelera el ciclo de cultivo; la germinación en campo abierto esta entre 20 y 30 días después de plantado.

Las temperaturas durante el período de germinación fueron muy altas ( $32.4^{\circ}\text{C}$  de día y  $15.8^{\circ}\text{C}$  de noche); este fue un factor que influyó mucho, puesto que las temperaturas altas retardan la germinación, hay pobre producción y mala calidad de tubérculos (38,40); ya que la papa es de climas frescos de temperaturas de  $15$  a  $18^{\circ}\text{C}$  (5,21,30). Otro factor negativo además de las temperaturas fue que la siembra se hizo en la parte mas caliente del invernadero.

La distancia de plantación fue de 30 cm. entre surco y de 15 entre planta. Para condiciones normales no es la distancia recomendada pero no sabemos cual sea la óptima para estas condiciones. La población de plantas comparadas con las de campo abierto fue exageradamente grande no concordando con reportes de Bleasdale y otros (8,33). La profundidad de siembra fue de 10 cm. al igual



que la que se usa en campo abierto (30).

Los riegos y aplicación de nutrientes fueron hechos a diario a razón de 2 a 3 según el ambiente exterior; aplicándose un riego de agua con nutrientes y los otros con agua pura. La solución que se utilizó fue 700-300-200 de macro-micro, nitrato de calcio y sulfato de potasio respectivamente, esta última debido a que la papa tiene requerimientos mayores de potasio para obtener altos rendimientos. Se le redujo la solución nutritiva al comenzar la formación de tubérculos (15 de abril), para que no hubiera un exceso de desarrollo vegetativo (2,4, 12).

Se usó una práctica equivocada de desahije dejándose un solo tallo que según Reiman y otros (37) producen bajos rendimientos y tubérculos de mayor tamaño, quedando en desacuerdo en esto último.

Durante el ciclo del experimento las temperaturas siempre estuvieron arriba de 30°C en el día y de 15 a 20°C en la noche; la humedad relativa siempre estuvo entre 90 y 100%; siendo estos factores limitantes en la producción, concordando con Ruf (38,7).

Se hicieron 5 aplicaciones de Manzate para prevenir una infección de tizón tardío; pero al llevar las plantas de la variedad "Viking" que murieron durante el experimento, no se encontraron síntomas de enfermedades confirmadas lo observado por Jensen y Terán (24).



Se presentaron en las hojas desordenes fisiológicos al igual que en otras hortalizas, manifestándose estos con pustulas y cerosidades. Este desorden conocido como Odima\* se presenta en condiciones de alta temperatura y humedad o también, debido a las fuertes radiaciones solares las cuales fueron mencionadas por Foley (16).

Las plantas de las variedades que murieron se debieron mas bien a la acumulación de agua y sales en la hoja y tallos, ya que estaban totalmente podridos. Por lo que se deduce que el sistema de riego utilizado no fue el indicado, al menos para cierta etapa del cultivo.

Las producciones obtenidas para estas condiciones son aceptables, aunque pudieron haber sido mayores ya que influyeron muchos factores negativos, ya mencionados por algunos investigadores (5,12,31), tales como: Temperatura y humedades altas, desahije a un solo tallo, posible exceso de agua y nutrientes (ya que no sabemos cuales sean los requerimientos para estas condiciones) y además de que las producciones de las repeticiones 3 y 4 tuvieron un rendimiento muy bajo comparados con los de la primera y segunda repetición. Esto fue debido a una capa de caliche que se encuentra en esa parte del invernadero, lo mismo sucedió en experimentos de otras hortalizas.

En general el ciclo de la planta estuvo muy acelerado ya que en estas condiciones la planta tiene mas actividad biológica, mas respiración y mayor fotosíntesis.

\*Comunicación personal. Dr. J. Jensen. U. de Arizona.



## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Hay alrededor de 36,000 Km<sup>2</sup> de zonas desértico-costeras en las que la explosión demográfica, al igual que en otras regiones, está sintiéndose muy fuerte actualmente. Para solucionar los problemas alimenticios, se está trabajando con nuevos sistemas incorporándolos a la explotación agrícola tales como: El sistema de desalación de agua de mar e instalación de invernaderos de plástico inflados a presión de aire y con ambiente controlado, para la producción intensiva de hortalizas.

Ese trabajo se llevó a cabo en la Unidad Experimental Peñasco, dependiente del CICTUS y estuvo encaminado a observar el comportamiento de siete variedades de papa bajo condiciones de invernadero. Las variedades bajo estudio fueron: "Kennebec", "La Sota", "White Rose", "Peconic", "Nergold", "Viking" y "Wauseon".

El experimento se inició el 18 de febrero, tratándose la "semilla" con fungicida; el 22 de febrero se hizo la siembra en el invernadero.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones, contándose con 7 plantas para cada unidad experimental. A una distancia de siembra de 30 cm. entre surco y 15 cm. entre planta, a una profundidad de 10 cm.

Los riegos se hicieron con agua producida por la planta desaladora y la fertilización fue con la solución



700-300-200 macro-micro, nitrato de calcio y sulfato de potasio. Se cambió la solución a 350-150-100 cuando empezó la formación del tubérculo, el 15 de abril. El ciclo tuvo una duración de 94 días.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

Las mejores variedades para estas condiciones fueron la "Kennebec" y "La Sota", tanto en rendimiento como en calidad.

Es recomendable efectuar un estudio con siembras hechas en las partes mas frescas de estos invernaderos; así mismo deben ser mas estudiados todos los factores que intervienen en la producción del cultivo de la papa para estas condiciones tales como: Fechas de siembra, poblaciones de planta, aplicación de nutrientes, riegos, etc.



## BIBLIOGRAFIA

- 1) DAVER, L. D. Soils Phisics, 3a. ed. John Wiley and sons. New York. p. 199. (Original no consul tado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237). 1956.
- 2) BERNAL, P. S. Correlations among appled nitrogen, phosphorus and photassium and responses of the potatoes plants. Amer. Pot. Jour. 44 (3). p. 75.
- 3) BENEPAI, P. S. Influence of micronutrient on growth and yield of potatos. Amer. Pot. Jour. 44 (10). p. 363. 1967.
- 4) BENEPAI, P. S. Interrelation among plants nutrients applioation level en yield of potatoes. Amer. Pot. Jour. 44 (6). p. 187.
- 5) BENNETT, W. H. Root and Miscellaneous Crops. Mimeo., Dept. of Agronomy Utath State Univ. Logen Utath. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237).
- 6) BLAKE, G. R., D. H. BOELTER, E. P. ADAMS and J. K. AASE. Soil compaction and potato growths Amer. Potato J. 37: p. 409-413. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237).
- 7) BOADLAENDER, J. B. A. Influence of temperature radiations and photoperiod on development and yield. (Original no consultado extractado de The Growth of the potatoes. p. 199 ed. por J. D. Ivins, F. L. Milthorpe).
- 8) BREMNER, P. M. and K. EL SAED. The significance of side-size and spacing. (Original no consultado extrac tado de The Growth of the potatoes. p. 267. ed. J. D. Ivins, F. L. Milthorpe).
- 9) BURTON, W. G. The potato. A Survey on its History and of Factors influencing its yield, nutritive value, Quality and Storage. Second edition. H. Veenman, and Zonen, N. V., Wageningen, the Nether lands. Chapter 12. p. 263. (Original no consul tado extractado de Amer. Pot. Jour. 46 (8). p. 287). 1966.
- 10) BUSNHELL, J. Exploroty Study of the rate of oxigen con- sruption by potato roots, Amer. Pot. Jour. 33: p. 203-210. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237). 1956.



- 11) BUSNHELL, J. Growth responses from restricting the Oxigen at roots of young potato plants. Amer. Pot. J. 33: p. 242-248. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237). 1956.
- 12) CHAMBERLAND, E. and S. SCOTT. NPK Experiments with potatoes in the lover St. Lawrwnce region of Quebec. Amer. Pot. Jour. 45 (3). p. 93.
- 13) CUNNENCHARM, R. V. et al. WAUSEON. A new potato variety resistent to golden nematode with good processing quality. Amer. Pot. Jour. 46 (4). 1968.
- 14) DAVIES, H. T. The influence of stem thinning on tuber size. Amer. Pot. Jour. 46 (8). p. 287.
- 15) DUNTON, E.M. Jr. Date of harvest-irrigation studies with Pungo and superior potatoes. Amer. Pot. Jour. 46 (9). p. 336.
- 16) FOLEY, R. F. A Physiological disturbance caused by solar ultraviolet radiation that is affecting some vegetables crops in Idaho. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83: 721-727. (Original no consultado, extractado de horticultural Abstract. 34 (3). p. 469. 1963-1964.
- 17) FONG, H. KWOK and A. ULRICH. Growing potato plants by the Water culture technique. Amer. Pot. Jour. 46 (8): p. 269.
- 18) GERICKE, W. F. The complete guide to soilless gardening. Prentice Hall, Inc. New York. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 269). 1940.
- 19) GREGORY, L. E. Some factors Controlling tuber formation in the potato plant: Ph. D. Thesis Univ. of California, Los Angeles. (Original no consultado extractado the growth of the potato. p. 199 ed. por J. D. Ivins, F. L. Milthorpe). 1954.
- 20) HARDENBURG, E. V. Potato Production. Comstock Publishing Co., Inc., New York. p. 22-23-39. (Original no consultado extractado de Amer. pot. Jour. 45 (7). p. 231-237). 1949.
- 21) HARTS, T. G. and O. SMITH. Effects of levels and sources of pothassium on absorption of phosphorus by potato plants. Amer. Pot. Jour. 43 (7). p. 217. Jul. 1966.



- 22) HAUGLANDS, G. V. C. Minimum Phosphate requirement of potato grown in solution culture J. Agrs. Res. 75: p. 1-8. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 46 (8). p. 269). 1947.
- 23) HAWKIN'S, S. A. Potato Varietis. The post as a Key to the future in Connecticut. Amer. Pot. Jour. 43 (7): p. 253. 1966.
- 24) JENSEN, M. H. and M. A. TERAN. Used of controlled environment for vegetable production in desert region of the world. University of Arizona. University of Sonora. p. 12. Mimeo. 1969.
- 25) JOHANSEN, R. H., and N. RUSSET. A new early maturing potato variety with good type and scab resistance. Amer. Pot. Jour. 42 (7). p. 201. 1965.
- 26) JOHANSEN, R. H., E. P. LINA and P. BENSON. VIKING. A new high-yielding, red skinned potato variety. Amer. Pot. Jour. 41 (8). p. 253. 1964.
- 27) JONES, L. R., H. H. McKINNEY and H. FELLOWS. Bull. Wist. Agr. Exp. Sta. No. 53. (Original no consultado extractado the Growth of the potato. p. 199 ed por J. D. Ivins F. L. Milthorpe). 1922.
- 28) LARGE, E. C. Famine in Ireland the advance of the fungi. p. 34. Dover Publications New York. 1962.
- 29) LAUGHLIN, W. M. Effect of calcium metaphosphate and treblesuperphosphate on yield and chemical composition of Kennebec potatoes. Amer. Pot. Jour. 45 (2): p. 45). 1968.
- 30) LIZARRAGA, G. J. El cultivo de la papa. Apuntes de la clase de Horticultura. E. A. G. Universidad de Sonora.
- 31) MACGUILLIVRAY, J. H. Vegetable production with special references to Western Crops. Mc. Graw-Hill book Company Inc. New York. London-Toronto. p. 3-5. 1961.
- 32) MEYER, B., S. DONLID, B. ANDERSON and R. H. BHOINING. Introduction to plant phisiology. p. 429-430. D. van Nostrand C., Inc., Princeton, New York. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237). 1960.



- 33) NELSON, D. C. Effects of row spacing and plants population on yield and tuber-size of potatoes. Amer. Pot. Jour. 44 (1). p. 17. 1967.
- 34) PETERSON, E. L. and J. C. WEIGLE. Varietal response of potatoes to air conditioning irrigation. Amer. Pot. Jour. 47 (3). p. 94-98.
- 35) PETERSON, L. C. and R. L. PLAISTED. PECONIC. A new potato variety resistant to golden nematode. Amer. Pot. Jour. 43 (12). p. 450. 1966.
- 36) POHJAHKALLIO, O. Acta. Agric. Scand. I, 153. (Original no consultado extractado de The Growth of the potato. p. 199. ed. por J. D. Ivins, F. L. Milthorpe). 1951.
- 37) REIMAN, G. H., D. C. COOPER and M. ROMINSKY. Potato tuber development. I. The Russet Burbank variety, influence of seed piece Origin and Spacing in tuber size and shape. Amer. Pot. Jour. 30. p. 98. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 46 (8). p. 287). 1953.
- 38) RUF, H. R. The influence of temperature and moisture stress on tuber malformation and respiration. Amer. Pot. Jour. 41 (12). p. 450. 1964-1966.
- 39) STRUCHTEMEYER, R., A. F. EPSTEIN and W. J. GROWTH. Some effects of irrigation and soil compaction on potatoes. Amer. Pot. Jour. 40: p. 266-270. (Original no consultado extractado de Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237). 1963.
- 40) THERON, G. S. and K. W. KNUTSON. Greenhouse study of early potato growth response to soil temperature, bulk density nitrogen fertilizer. Amer. Pot. Jour. 45 (7). p. 231-237.
- 41) YOUNG, D. A. The effect of supplemental light on the greenhouse production of potato seedling. Amer. Pot. Jour. 46 (7). p. 243. 1969.



A P E N D I C E



Cuadro 3. Solución nutritiva aplicada a los tratamien-  
tos.

---

Solución Madre "A" Macro-Micro			
700			
MoSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O	---	1478.4 grs.	----- 6 litros de agua
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	---	816.6 grs.	----- 6 litros de agua
KNO <sub>3</sub>	---	606.6 grs.	----- 6 litros de agua
Micronutrientes	---	18.96 grs.	--- 3 litros de agua

---

+

---

Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4 H <sub>2</sub> O	--	1357.2 grs.	----- 6 litros de agua
--	----	-------------	------------------------

---

+

---

K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	---	34.8 grs.	----- 3 litros de agua
--------------------------------	-----	-----------	------------------------

---

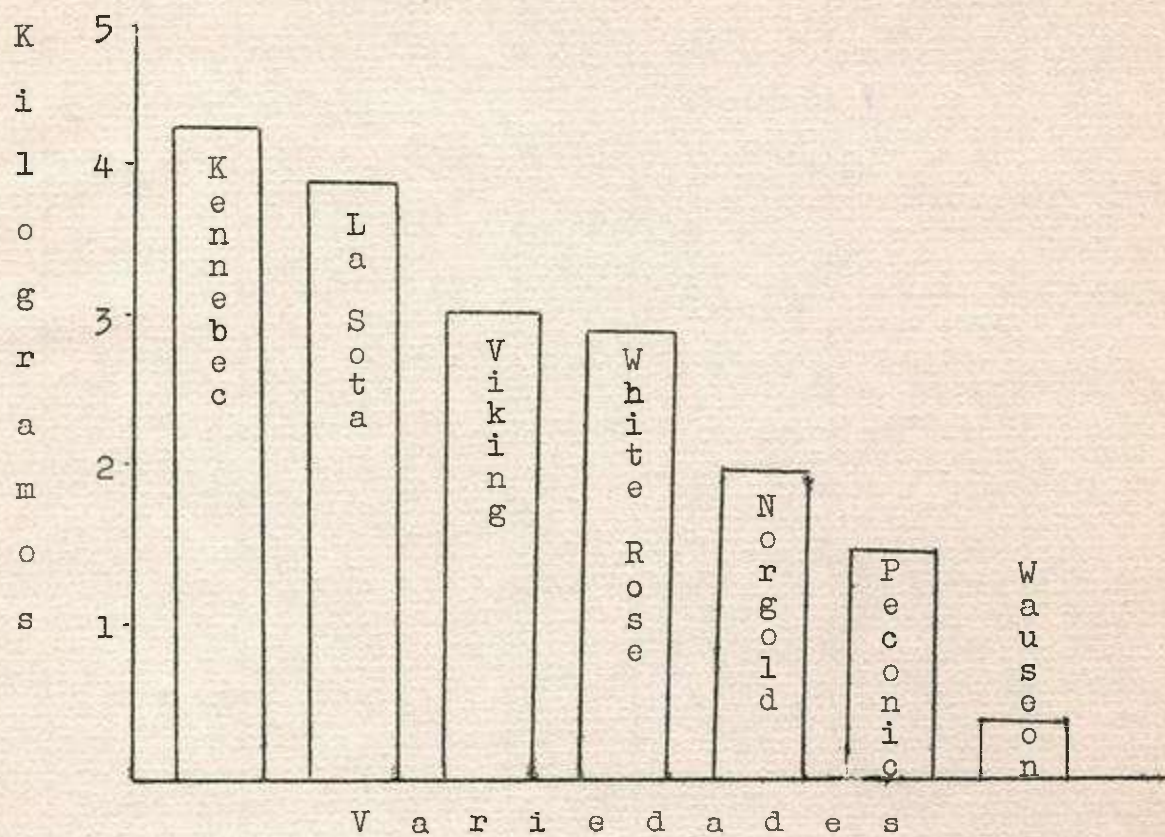
=

---

Solución 700-300-200  
En 100 litros de agua.

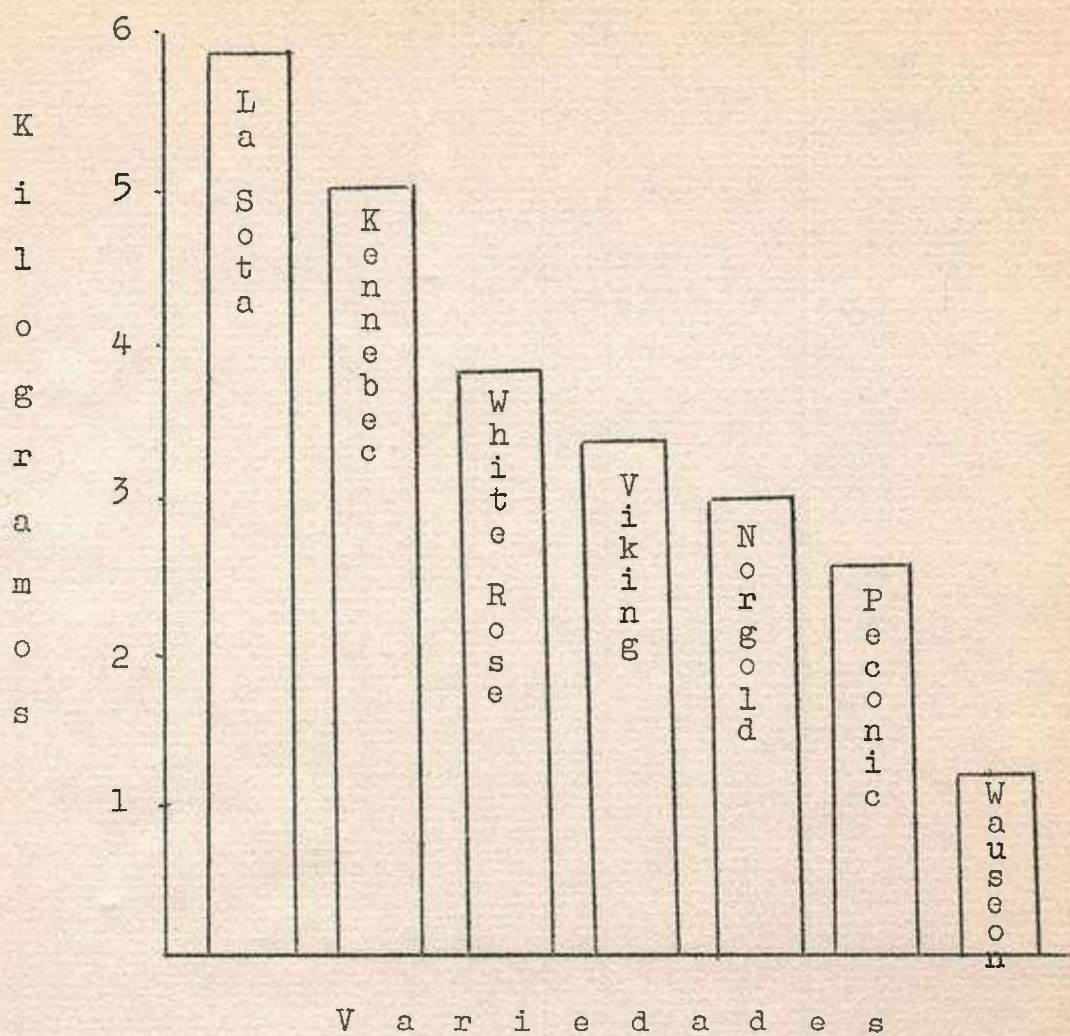
---





Gráfica 1. Rendimiento en kilogramos por variedades en relación con la calidad del tubérculo.





Gráfica 2. Rendimiento total en kilogramos de las diferentes variedades.