

## I. INTRODUCCIÓN

La papa, (*Solanum tuberosum* L.), es originaria de América del Sur (Cordillera de los Andes) y fue difundida a Europa alrededor del año 1500 con fines ornamentales.

Históricamente el cultivo de la papa ha ocupado un lugar preponderante entre las especies más cultivadas en Chile, tanto por la producción como por la superficie alcanzada.

A pesar de ser un cultivo conocido y ampliamente distribuido, sobre todo en la IX y X regiones, presenta deficiencias de manejo como dificultades en la selección de la variedad a utilizar, mal uso de fertilizantes en cuanto a nivel y época de aplicación y falta de conocimiento a cerca del manejo del riego asociado a la producción.

Lo anterior se debe a que, aunque el país posee tecnología de producción y especialistas en el tema, la papa muestra aun un reservado desarrollo tecnológico, lo que se traduce en poco aprovechamiento del verdadero potencial productivo y comercial que ofrece el cultivo.

Por otro lado y aunque el nivel de precipitaciones de la IX región es suficiente para satisfacer las necesidades hídricas de éste, eso no ocurre ya que las precipitaciones tienden a concentrarse durante los meses de invierno, dejando al cultivo con un déficit hídrico en el periodo de máximo desarrollo.

En un año normal la precipitación anual, se concentra en los meses de

mayo-agosto, mientras que el resto se distribuye en los meses de septiembre-abril en tanto que La evapotranspiración potencial supera el nivel de precipitaciones durante estos meses, ocasionando un serio déficit de agua durante el periodo de mayor necesidad hídrica del cultivo.

Existen ciertos factores de importancia que deben considerarse al momento de establecer el cultivo; optimización del uso de agua a través de riego por goteo, conocimiento y manejo de los períodos de máxima exigencia del cultivo, cantidad de agua óptima y variedad a utilizar. La combinación de todos aquellos factores da origen a los objetivos de la siguiente tesis;

- Medir la respuesta en términos de rendimiento ( $\text{Kgh}^{-1}$ ) y número de tubérculos ( $\text{m}^2$ ) sobre cuatro variedades de papa producto de la aplicación de siete porcentajes de reposición de agua.
- Medir la respuesta en términos de distribución de calibres generados sobre cuatro variedades de papa producto de la aplicación de siete porcentajes de reposición de agua.
- Determinar el nivel de reposición adecuado que combine tanto el ahorro en la utilización del recurso agua como la obtención de buenos rendimientos y distribución de calibres.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características botánicas y de adaptación de la papa *Solanum tuberosum* L.

La papa *Solanum tuberosum* L., es una planta anual, herbácea, de altura variable entre 50 a 80 centímetros. Los tallos aéreos son de color verde, marrón rojizo o morado con ramificaciones. Los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo y que pueden formar tubérculos o crecer verticalmente desarrollando follaje normal, lo anterior ocurre en el caso que los estolones no hayan sido cubiertos de tierra por completo (HUAMAN, 1986).

El crecimiento inicial de la raíz es muy ramificado y en una primera etapa, se ubica en el área próxima a la superficie del suelo (primeros 20 cm) (FAIGUENBAUM, 1987). Por otra parte DOMINGUEZ (1989), afirma que durante la germinación comienza a desarrollarse el sistema radicular en sentido horizontal, pero muy reducido en comparación con otros cultivos.

El suelo en el que se establezca debe ser fino, suelto y sin sectores compactos que dificulten el desarrollo de las raíces, los terrones y las piedras reducen el contacto de estas con el suelo y causan deformaciones en los tubérculos en crecimiento (CORTBAOUI, 1993). Por su parte BENACCHIO (1983), señala que el pH puede estar entre 4,8 y 7 siendo el óptimo entre 5,5 y 6.

Según DOMÍNGUEZ (1989), la papa se adapta bien a diferentes tipos de suelo, siempre que posean una buena estructura, lo más esponjoso posible y con una buena aireación. Es así como los suelos de textura franco - arenosa, con un

buen nivel de materia orgánica y buena permeabilidad, son los más favorables para el desarrollo de este cultivo.

Por otra parte y debido a su baja densidad radicular, la papa es una especie de alta respuesta a la aplicación de fertilizantes. Presenta una gran demanda de nutrientes primarios; Nitrógeno, Fósforo y Potasio, además de otros secundarios como Calcio, Magnesio y Azufre y una serie de microelementos como Boro, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno y Cloro (SIERRA, 1993).

FAIGUENBAUM (1987), señala que la papa se adapta bien a climas predominantemente frescos y con valores no muy altos de humedad ambiental, lo anterior para que el desarrollo de la planta sea lento, favoreciendo la formación de carbohidratos que son fundamentales para el proceso de formación de los tubérculos.

La papa se desarrolla con temperaturas medias relativamente bajas, inferiores a 25° C, temperatura que establece el límite por sobre el cual deja de ocurrir la tuberización (DOMÍNGUEZ, 1989). Al respecto, DOOREMBOS y KASSAM (1986), señalan que las temperaturas más favorables para el desarrollo de la planta y la producción de los tubérculos, oscilan entre los 15 a 20 °C, siendo las temperaturas nocturnas inferiores a 15 ° C las óptimas para dar inicio a la tuberización.

La temperatura del suelo influye en la velocidad de crecimiento de los brotes y de la emergencia. Es así como suelos fríos (por debajo de los 15 °C), retardan la emergencia en tanto que los suelos más calientes la estimulan. Por otra parte, temperaturas demasiado altas (temperaturas nocturnas de sobre 20° C), pueden impedir la formación de tubérculos (CORTBAOUI, 1993).

Al respecto MIDMORE (1988), afirma que sobre los 25° C la longevidad de la hoja es mucho más corta, lo anterior conduce a la formación de poco follaje que no es suficiente para la completa captación de energía solar. Señala además que sobre ese rango de temperaturas, el crecimiento de las raíces es mucho menor, inhibiendo la absorción de iones.

En cuanto a los requerimientos de luz, ARSE (1996), señala que mientras mayor sea la intensidad de luz, mayor es la fotosíntesis. La relación entre el desarrollo del follaje y el crecimiento de los tubérculos se ve favorecido por estímulos como nitrógeno, días largos, temperaturas elevadas y alta humedad.

MIDMORE (1998) sin embargo, afirma que bajo condiciones no limitantes de irradiación, el cultivo presenta una tasa de fotosíntesis óptima en el intervalo de 16 a 25°C, aumentando las pérdidas en respiración con el incremento de la temperatura: aproximadamente el doble por cada 10 °C de incremento, tanto así que a temperaturas superiores de 30 °C la fotosíntesis es mucho menor que a 20 °C.

Según el mismo autor, las temperaturas altas del suelo y del aire tienen efectos diferentes sobre la tuberización; las temperaturas elevadas del aire pueden influir positivamente en el potencial de inducción a la tuberización en tanto que las altas temperaturas del suelo pueden bloquear dicho proceso.

## 2.2 Restricción hídrica y exceso de agua sobre el cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L.

El agua según KALAZICH (1993), es un elemento fundamental para el crecimiento; indispensable en procesos como la fotosíntesis, respiración y otras funciones fisiológicas. Por otro lado es el medio de transporte de minerales y

productos de la fotosíntesis, necesaria para la turgencia de las células de la planta y para la transpiración y regulación de la temperatura de las hojas.

La papa es sensible tanto al déficit como al exceso de humedad. La falta de precipitaciones conduce a bajos rendimientos en tanto que los excesos de agua, son perjudiciales producto de la mala aireación que generan al sistema de raíces y estolones, lo que se traduce en retardos en el desarrollo (MILLER y MARTIN, 1985, FAIGUENBAUM, 1987).

Al verse sometida a condiciones de estrés hídrico, la planta de papa responde con una cadena de reacciones fisiológicas que incluyen: baja en la fotosíntesis debido al cierre de los estomas, aumento en la temperatura de la hoja, disminución de la asimilación de CO<sub>2</sub> debido a la lisis de los cloroplastos (clorosis), ascenso temporal de la respiración que luego se deprime, desnaturalación de enzimas, fallas en las nitrato reductasas, cese en la síntesis de proteínas, aumento en el contenido de ABA y cese del crecimiento, produciendo un envejecimiento prematuro de la planta y por ende una disminución en la acumulación de productos fotosintéticos en los tubérculos (KING y STARK, 2000 y ROJAS, 2003).

Según un estudio realizado por SEPÚLVEDA *et al.* (1999), sobre dos cultivares de papa, las plantas que crecieron en suelos con altos niveles de humedad (50 a 55% de humedad aprovechable en el suelo), tuvieron en promedio un periodo vegetativo más largo y mayores rendimientos que aquellas que se desarrollaron con niveles más bajos de humedad en el suelo (20 a 25%).

Lo anterior concuerda con lo señalado por JARA (1999), quien afirma que una disminución del agua aprovechable en el suelo disminuye los rendimientos. Además de ello, estimula la respiración y acelera el envejecimiento del cultivo (SOLÓRZANO *et al.* 1993).

Por otro lado y comparada con otros cultivos, el cierre de los estomas en papa ocurre más temprano y es relativamente lento en suelos con déficit de agua. Así, una falta de humedad en el suelo disminuye la tasa de respiración y fotosíntesis del cultivo (VAN LOON, 1981)

Al respecto y según la clasificación basada en el ritmo de apertura y cierre de los estomas, el cultivo posee estomas "tipo papa", que definen a las plantas cuyos estomas permanecen abiertos de continuo, exceptuando algunas horas del crepúsculo vespertino, durante el resto del día solo se cierran en caso de marchitez (FUENTEALBA, 2001).

Según el mismo autor, lo anterior ayuda a explicar en parte, los descensos en los rendimientos cuando el cultivo ha sido sometido a estrés hídrico, pues no tiene la posibilidad de activar un mecanismo de cierre estomático que le permita reducir la pérdida de agua a través de las hojas. Por otra parte al ser un cultivo C-3, es poco eficiente en cuanto a fijación de CO<sub>2</sub> se refiere, lo que repercute directamente sobre el crecimiento.

KING y STARK (2000), señalan que otra de las respuestas fisiológicas del cultivo a la falta de agua es la reducción del crecimiento generalizado de la planta, que en el caso específico del sistema radicular, limita el área de exploración de las raíces. Lo anterior adquiere vital relevancia si se considera que la tasa de absorción de agua por parte de la planta depende factores como la diferencia de potencial de agua entre la raíz y el suelo, el número de raíces y la actividad radicular, entre otros (EKANAYAKE, 1994).

Por su parte, HAVENKORT (1986), señala que el sistema radicular relativamente superficial de la papa se limita la "zona efectiva de raíces" entre los 50 a 80 centímetros de profundidad, siendo débil y con un poder de succión relativamente bajo.

STALHAM y ALLEN (2001) sin embargo, señalan que cuando las plantas de papa se establecen en suelos suficientemente húmedos, su sistema radicular puede superar los 140 centímetros, determinando tres fases de crecimiento de las raíces (que en variedades tempranas puede abarcar 60 días desde la siembra), y que es donde el agua debe estar fácilmente disponible para la planta. Informan además de importantes diferencias varietales en el crecimiento y desarrollo del sistema radical, debido principalmente a la diferencia en la duración de las tres fases de crecimiento.

Si el sistema radicular es deficiente se produce una disminución en la capacidad de la planta para absorber agua y sustancia nutritivas produciendo tallos más pequeños y la obtención de tubérculos de tamaño reducido (KING y STARK, 2000). Por otra parte puede provocar la interrupción del desarrollo de la vegetación y por lo tanto de la tuberización, lo que finalmente, puede ocasionar el rebrote del tubérculo cuando finaliza la escasez de agua (DOMÍNGUEZ, 1989).

Finalmente VARAS *et al.* (1995), señalan que cuando existen niveles muy altos de humedad, la mayor parte del espacio poroso del suelo es ocupado por agua, reduciéndose la cantidad de aire, lo que perjudica el proceso respiratorio normal de las raíces limitando su desarrollo en condiciones extremas, por lo que el cultivo no puede expresar su potencial de rendimiento.

Los tubérculos semillas son especialmente sensibles a la pudrición. Si el exceso de agua ocurre justo después de la siembra puede reducir la emergencia debido al crecimiento excesivo de las lenticelas lo que permite la entrada de parásitos (HAVERKORT, 1986). Lo anterior conduce a la podredumbre de la semilla, susceptibilidad a enfermedades fungosas y bacterianas, fallas a lo largo de las hileras y favorece la presencia de un sistema radical superficial (SOLÓRZANO *et al.* 1993).

Por otra parte, un exceso de humedad así como también fluctuaciones bruscas en los niveles de agua, favorecen la presencia de tubérculos partidos y deformes debido a los cambios en la turgencia y volumen de los tejidos internos del tubérculo (KING y STARK, 2000). Los tubérculos toman forma semejantes a cuello de botella o se deforman de diversas maneras pudiendo romperse (HAVERKORT, 1986).

### 2.3 Periodos críticos del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L.

“La necesidad de riego de un cultivo está condicionada por las características edafo-climáticas de la región de producción, siendo la oportunidad, concentración y cantidad de precipitaciones el factor que lo determina. El balance entre las disponibilidades de agua y la demanda de los cultivos determina, a su vez, las necesidades de agua de una región” (SOLANO *et al.* 1999).

BENIOT y GRANT (1985), concluyen que no siempre es la falta de lluvias la limitante para obtener rendimientos óptimos sino el patrón de distribución irregular de las lluvias durante el año, lo que provoca que el cultivo pase por períodos tanto de exceso como de escasez de agua.

Al respecto, Chile se caracteriza por las altas precipitaciones durante el año, pero más de un 70% cae en los meses de otoño e invierno, período en el cual las plantas se encuentran con un mínimo de crecimiento. En el caso de la papa, durante el período de crecimiento y producción de las plantas, el agua en general es escasa (SANDOVAL, 1993).

Los déficit de agua en distintas etapas del cultivo de la misma manera en sus distintas etapas de desarrollo definiéndose así períodos críticos (FERREIRA y

SELLES, 2000). Estos períodos corresponden a fases de activo crecimiento o división celular donde, ocurren grandes cambios en algún componente de producción de la planta (JARA, 1999).

A partir de estudios de campo fue posible determinar al menos dos periodos críticos de necesidades hídricas en el cultivo de la papa; inmediatamente después de la emergencia y durante la tuberización (MARTINEZ y MORENO, 1992).

VAN LOON (1981), indica que la plantación de tubérculos en suelos secos impide o inhibe la emergencia y desarrollo de las raíces, acortando el período vegetativo y disminuyendo el número de tallos. BAARVELD *et al.* (2000), señalan que en esas condiciones se retrasa la emergencia y se desarrollan menos tallos.

La tuberización en tanto, se considera como una de las etapas más importantes del ciclo biológico de la papa. Se inicia cuando los tubérculos empiezan a engrosarse en los estolones producto del transporte de asimilados desde las hojas, abarcando un período de entre 5 a 7 semanas después de la siembra (SOBOH *et al.* 2000). Según DOOREMBOS y KASSAM (1979), un déficit de agua durante este periodo tiene el mayor efecto negativo sobre el rendimiento favoreciendo además la formación de tubérculos fusiformes.

Según KING y STARK (2000), lo anterior se debe a que durante la etapa de llenado de tubérculos donde se alcanzan las mayores tasas de transpiración, generándose también los máximos requerimientos de agua por parte del cultivo, los descienden al finalizar la etapa de crecimiento.

El mantenimiento de la capacidad fotosintética durante la tuberización es determinante para los rendimientos, debido a que el suministro de carbono

necesario para el crecimiento de estos depende directamente de la magnitud del proceso fotosintético a nivel de las hojas. En consecuencia si se limita seriamente la asimilación de CO<sub>2</sub> durante este período, indefectiblemente los rendimientos serán fuertemente afectados (MARTÍNEZ y MORENO, 1992).

Para lograr rendimientos óptimos el agua total disponible en el suelo no debe agotarse en más de un 50%. El agotamiento durante el período vegetativo de más de dicho porcentaje se traduce en menores rendimientos (DOOREMBOS y KASSAM, 1979). Al respecto SOBOH *et al.*(2000), señalan que para la obtención de altos rendimientos en papa el porcentaje de agua disponible en el suelo debe mantenerse en un 70% durante el desarrollo del cultivo.

Por otra parte y según los estudios realizados por el Canada- Saskatchewan Irrigation Diversification Centre (CSIDC) en 1999, con diferentes variedades de papa, se encontró que la escasez de agua durante la formación del estolón o la iniciación de tubérculo puede reducir la cantidad de los mismos, en tanto que un déficit de humedad durante la etapa de llenado puede producir una disminución del tamaño de estos.

Durante la etapa de plena floración hasta la madurez del cultivo, el agua debe estar rápidamente disponible a la planta, su escasez puede ocasionar que el follaje quite agua a los tubérculos los que pueden perder peso volviéndose flácidos (HAVERKORT, 1986).

Según KING y STARK (2000), hacia la cosecha las plantas comienzan a morir y a perder las hojas, los tubérculos disminuyen considerablemente su tasa de crecimiento como resultado de la baja en la actividad fotosintética en tanto que el llenado final del tubérculo es la resultante del desplazamiento de los materiales fotosintéticos restantes en tallos y raíces. No obstante lo anterior,

según HAVERKORT (1986), el suelo debe mantenerse con cierta humedad para evitar rajaduras que permitan la entrada de enfermedades e insectos perjudiciales.

#### 2.4 Requerimientos hídricos del cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L.

EKANAYAKE (1994), señala que en términos generales el cultivo de papas debe regarse a 0.35 bares de potencial tensiométrico del suelo para mantener un micromedio bien irrigado. Al respecto SOBOH *et al.* (2000), afirman que la tensión de humedad ideal para el cultivo es de 0.4 bares.

Según JERÉZ y SIMPFENDÖFER (2000), las necesidades de agua de la papa varían entre 400 y 600 mm por temporada. En términos prácticos a la lluvia se le debe descontar 10 milímetros, que quedan retenidos en las hojas del cultivo y se evaporan. En consecuencia, toda la lluvia inferior a esta cantidad debe considerarse como lluvia no efectiva y sin aporte para el cultivo.

Un buen cultivo de papas requiere en promedio de 400 a 800 milímetros de agua dependiendo de las condiciones climáticas y de la duración del período vegetativo (HAVERKORT, 1986). Al respecto BOSNJAK y PEJIK (1996), reportan necesidades que varían entre 460 y 480 milímetros, en tanto que KLASSEN *et al.* (2001), señalan que para la obtención de buenos rendimientos y dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, el cultivo de papas necesita de aproximadamente 455 milímetros de agua por temporada.

Lo anterior concuerda con lo señalado por DOOREMBOS y KASSAM (1986), quienes señalan que para lograr altos rendimientos en variedades cuyos ciclos sean de 120 a 150 días, los requerimientos hídricos son de 500 a 700mm por temporada, dependiendo del tipo de clima. En el caso de climas húmedos como

el sur de Chile VARAS *et al.*(1995), acotan dichos requerimientos de 300 a 400 milímetros de agua para la obtención de buenos rendimientos.

## 2.5 Respuesta a la aplicación de riego en el cultivo de papa *Solanum tubersum* L.

“El propósito general del riego a corto plazo es mantener el potencial de agua de la planta a niveles que induzcan el crecimiento positivo de ésta. El riego se debe hacer antes de llegar al límite superior de marchitez foliar de la planta. Al nivel inferior de estrés, el cultivo resulta dañado de manera permanente” (EKANAYAKE, 1993). La importancia del riego en la producción del cultivo de papas ha sido demostrada por JERÉZ y SIMPFENDÖFER (2000), quienes informaron aumentos en los rendimientos de entre un 53,8% a un 84,4%, para la zona sur (IX y X Regiones), dependiendo de la variedad en estudio y el año. Además, mediante la aplicación de 400 mm de agua a través de riego por aspersión (variedad Desirée), informaron rendimientos de 69 ton/há superando las 32 ton/há que se logran sin riego.

PORTER *et al.*(1999), en estudios realizados en cultivares de papa durante el período 1993 - 1995, determinaron que el mejoramiento de las características físicas del suelo y prácticas culturales adecuadas más una correcta irrigación aumentan el rendimiento en aproximadamente 10.000 Kgh<sup>-1</sup>. Por su parte NIESSEN (1999), informa un aumento en la producción de papa variedad Desirée en la zona de Valdivia para la temporada 1983/84; de un 111,4% con riego frecuente y un 152,2% con riego poco frecuente.

## 2.6 Riego por goteo

POSTEL (1997), citado por HINRICHSEN *et al.* (1998), señalan que el riego

por goteo consistente en una red de tubos perforados que llevan el agua directamente a las zonas de las raíces. Mediante este sistema se producen bajas las pérdidas por evaporación, con una tasa de eficiencia del 95%, reduciendo el uso del agua entre un 40% a un 60% en comparación con los sistemas de riego por gravedad. Lo anterior, concuerda con lo señalado por FERREYRA y SELLES (2002), quienes afirman que mediante el riego por goteo solo se pierde el 10% del agua aplicada al cultivo.

Mediante el este sistema el mojamiento del suelo se produce solo en una pequeña sección cercana a la planta desde donde se deriva la humedad por filtración y difusión, reduciendo las pérdidas por filtración y evaporación posibilitando la regulación tanto del régimen de humedad del suelo, como el contenido de humedad a nivel de la raíz (CASTILLO, 1997, BANKS, 2003).

ROMÁN y HURTADO (2002), señalan además que mediante el uso del riego por goteo se observa una reducción en la incidencia de enfermedades foliares. BANKS (2003) por su parte, afirma que dicha respuesta se debe al reducido contacto de las hojas y los tallos de la planta con el agua.

Este sistema permite ser utilizado a pequeña escala en sectores con fuertes limitaciones de agua, principalmente destinado a algún producto especial como por ejemplo producción de papas semilla, ya que deberá asegurarse un alto valor económico de la cosecha, para justificar los niveles de inversión (JEREZ y SIMPFENDÖRFER, 2000).

En estudios realizados en tomate empleando riego por goteo SING (1989), concluyó que este método permite obtener los más altos rendimientos en comparación con otros sistemas empleados, ya que la humedad en los estratos de suelo con mayor desarrollo radical permanecieron cerca de la capacidad de

campo durante todo el período vegetativo. Encontró además que el 74 % del máximo desarrollo radical se ubicó en los primeros 15 cm del perfil del suelo.

En cuanto a sus desventajas ROMÁN y HURTADO (2002), señalan su alto costo y el peligro de aumentar la salinidad del suelo si no se usa adecuadamente, a pesar de esto último los autores señalan que este sistema se perfila como la alternativa técnica más apropiada por su efecto positivo en la producción de tubérculos en papa.

Lo anterior concuerda con lo señalado por VALDÉS (1997), quien afirma que el riego por goteo aplicado sobre el cultivo de papa, variedad Desirée, permite ahorro de agua, mano de obra y fertilizante respecto de otros sistemas, permitiendo además un aumento del rendimiento y una mejor calidad de la cosecha.

### III.MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Lugar y duración del ensayo

El ensayo se desarrolló en el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Sustentables para la Agricultura Mapuche, perteneciente a la Universidad Católica de Temuco, ubicado en el sector de san Ramón, comuna de Freire, IX Región (Anexo 1).

El suelo pertenece a la "serie Pemehue" y corresponde a un Ashy, mesic, Hydric Dystrandept. Corresponden a suelos de buen drenaje, donde dominan los colores pardo - amarillento y pardo - amarillento oscuro. Presentan textura moderadamente fina a mediana, variando de franco arcillo limosa a arcillo limosa (TOSSO, 1985).

El ensayo se inició el día 28 de octubre del 2000, fecha en la que se realizó la siembra y concluyó el día 15 de abril del 2001 con la cosecha.

#### 3.2 Material utilizado

##### 3.2.1 Material vegetativo

El material vegetativo utilizado para el desarrollo de la presente investigación, correspondió a las variedades "Baraka", "Cardinal", "Desirée" y "Granola", semilla certificada categoría C3.

Baraka corresponde a una variedad de origen holandés, tiene un período vegetativo que puede ir de 120 a 135 días. Posee de 3 a 5 tallos gruesos y largos y presenta un follaje alto que cubre el terreno de manera tardía. El tubérculo es grande, ovalado y levemente irregular, su piel es de color amarillo claro al igual que su carne y de textura semi - lisa. Es considerada como una variedad de muy buen rendimiento (1:11), (TÁCHIRA, 1983).

Cardinal en tanto es descrita por SEPÚLVEDA *et al.* (1999), como variedad temprana, apta para primores, de latencia y periodo vegetativo corto. TÁCHIRA (1983) señala que posee un periodo vegetativo de entre 105 a 120 días, con tallos gruesos y erectos, hojas grandes de color verde oscuro, follaje de desarrollo rápido y buen rendimiento (1:10). Sus tubérculos tienen forma ovalar alargada, piel roja, áspera al tacto y pulpa o carne de color amarilla suave. No es exigente en cuanto a sus necesidades hídricas.

Desirée corresponde a una variedad de piel rosada con pulpa amarillo - cremosa que tiene un período vegetativo de 150 días y un período de reposo de 5 meses (KALAZICH, 1993). Además por ser de ciclo vegetativo semi-tardío, responde positivamente a riegos frecuentes y uniformes (SOLANO *et al.* 1999).

Granola presenta un ciclo vegetativo de 105 a 120 días, desarrolla 3 a 5 tallos y posee hojas medianas de color verde pálido. En los primeros 15 a 20 días presenta una formación lenta del follaje que luego acelera su tasa de crecimiento cubriendo bien el terreno. Su tubérculo es de tamaño mediano a grande, de forma ovalada, piel de color amarilla y pulpa amarilla clara (TÁCHIRA, 1983).

### 3.2.2 Material de Riego

Para la instalación del sistema de riego se utilizó una bomba centralizada de 1,5 Hp, modelo CPM 125/B Pedrollo, red hidráulica, cabezal y como laterales,

emisores de riego y cinta de goteo 5 mil ubicadas sobre cada una de las hileras. La independencia de operación para cada una de las reposiciones de riego se logró con llaves de control manual, diferentes para cada uno de los tratamientos.

La cinta de goteo 5 mil, Tiger - Tape, corresponde a polietileno delgado, que presenta en su interior un revestimiento de cobre para evitar la acumulación de bacterias y limo, evitando también la intrusión de raíces, con una separación de 30 centímetros entre cada gotero. Los goteros poseen forma de estrella lo que dificulta el ingreso de tierra, éstos se abren ampliamente al comenzar la presurización del sistema y se cierran al ser desconectado y con una descarga de 2,56 litros/hora por metro lineal.

### **3.3 Manejo agronómico del cultivo**

La preparación de suelo se llevó a cabo con arado cincel, vertedera y rastra de discos, en tanto que los surcos para siembra se realizaron mediante el uso de arado de vertedera de tiro animal. La fertilización en cobertera se aplicó en una sola oportunidad, localizada en el surco. Las dosis de fertilización fueron las mismas para la totalidad de los tratamientos.

Las dosis aplicadas correspondieron a 1.000 ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) de la mezcla "Papa Cautín - XP1N50" (CARGRILL), dicha mezcla contiene 8,0% de Nitrógeno, 28,0% de Fósforo en la forma de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 19% de Potasio en la forma de  $\text{K}_2\text{O}$ , 2,5% Magnesio en la forma de  $\text{MgO}$ , 3,5% de Calcio como  $\text{CaO}$ , 3,4% de Azufre y 0,20% de Boro. La dosificación de cada uno de los elementos aportado por la mezcla al cultivo se presenta en el Cuadro 1.

**CUADRO 1.** Dosis de fertilizantes ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) aplicados para efectos del estudio, sobre el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L, temporada 2000/2001

	Elementos ( $\text{Kghá}^{-1}$ )						
	N	P	K	Mg	Ca	S	B
28/10/00	80	280	190	25	35	34	2

La siembra se efectuó en forma manual el día 28 de Octubre del 2000, con distancias de plantación de 0.80 metros entre hilera y 0.25 metros sobre hilera, obteniendo de ésta forma una densidad de siembra de  $50.000 (\text{plha}^{-1})$ .

El manejo agroquímico del ensayo incluyó desinfección de los tubérculos semilla, el control de malezas, plagas y enfermedades, los productos y las dosis utilizadas se presentan en el Cuadro 2.

**CUADRO 2.** Agroquímicos y dosis utilizadas para efectos del estudio, sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), temporada 2000/2001

Productos Utilizados	Select	Sencor 480 SC	Ridomil Gold MZ 68 WP	Dimetoato 48 EC
Dosis	$1,3 \text{ Lhá}^{-1}/1000 \text{ kg semilla}$	$1,1 \text{ Lhá}^{-1}$	$2.5 \text{ Kghá}^{-1}$	$0.75 \text{ Lhá}^{-1}$
Fecha Aplicación	28/10/00	22/12/00	10/01/01	20/01/01

La cosecha de cada tratamiento y repetición se llevó a cabo manualmente en forma separada el día 15 de abril de 2001. Para las mediciones se consideró solo la cosecha obtenida por la hilera central de 9 metros, desechando los 2 metros correspondientes a cada extremo, evaluando solo los 5 metros lineales centrales de cada hilera.

La cosecha de cada repetición se recogió en sacos rotulados especialmente para tal efecto, identificando claramente tratamiento y repetición a la cual

pertenecían. Posterior a ello los tubérculos obtenidos fueron clasificados de acuerdo a la medición de su diámetro ecuatorial utilizando para tal fin un pie de metro, lo anterior dio origen a los siguientes cinco calibres; < 35 milímetros, 35-45 milímetros, 45-55 milímetros, 55-65 milímetros y >65 milímetros

Luego de ello los tubérculos fueron numerados y pesados en una balanza para obtener su valor en kilos.

### **3.3.1 Determinación de la etapa de llenado de tubérculos**

La etapa de llenado de tubérculos está considerada como una de las etapas más críticas de la papa en cuanto a necesidades hídricas se refiere (MARTÍNEZ y MORENO, 1992). Según DOMINGUEZ (1989), el llenado de tubérculos se desarrolla en un modo muy intenso tras la floración, época en que la actividad fotosintética aumenta considerablemente.

Lo anterior sirvió como base para la determinación de la presencia del periodo de llenado de tubérculos en el cultivo establecido para efectos del presente estudio. El día 10 de enero del 2001 se realizó una evaluación visual de la presencia de floración en las plantas y se determinó que alrededor del 95%, presentando algunas de ellas bayas.

## **3.4 Manejo del riego**

Los requerimientos hídricos del cultivo se suplieron durante la etapa de llenado de tubérculos a través del sistema de riego por goteo, suministrando riego con frecuencia diaria.

Para calcular la cantidad de agua a reponer diariamente se instaló una bandeja de evaporación tipo A en el lugar del estudio, cercana a la plantación y libre de cubierta vegetal, hierba u otros elementos que pudieran interferir en la

correcta lectura de las mediciones.

Para calcular la cantidad de agua a aplicar en cada una de las reposiciones, se midió diariamente la cantidad de agua evaporada desde la bandeja de evaporación, siempre a la misma hora (9:00 de la mañana) y en el mismo punto de la bandeja.

A partir de los valores obtenidos, se calculó el tiempo de irrigación necesario para reponer el porcentaje de evaporación correspondiente a cada una de las reposiciones. En el Anexo 2 se presenta la tabla de conversión de milímetros de evaporación diaria a minutos de irrigación.

Las cantidades de agua a reponer correspondieron al 0% (testigo, sin aplicación de riego), 25, 50, 75, 100, 125 y 150% de la evaporación diaria medida en la bandeja, dando origen a un total de 7 reposiciones a estudiar. Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación;

$$LR = Eb * F \quad (3.1)$$

Donde:

- LR = lámina de agua a reponer (mm)
- Eb = evaporación de bandeja diaria (mm)
- F = porcentaje de reposición (%)

Antes de comenzar la aplicación del riego diferencial, se aplicó riego uniformemente al cultivo a través de un riego base durante los días 22 y 23 de enero del 2001, para ello se consideró la evaporación de bandeja acumulada desde el día 5 de enero y que correspondió a 79,3 milímetros. La cantidad de agua aplicada a la totalidad de las reposiciones fue calculada en base al 75% respecto de la evaporación de bandeja acumulada durante dicho período y para

ello se utilizó la siguiente ecuación;

$$LR = Eb * F \quad (3.2)$$

Donde:

- LR = lámina de agua a reponer (mm)
- Eb = evaporación de bandeja acumulada (mm)
- F = porcentaje de reposición (75%)

La aplicación de los niveles diferenciales de agua al cultivo se inició el día 24 de enero del 2001 y se mantuvo hasta el 15 de marzo del 2001. Por otra parte y con la finalidad de determinar el efecto de las condiciones climáticas sobre el desarrollo del cultivo, es que se calculó la precipitación efectiva durante los meses de establecimiento del ensayo.

La precipitación efectiva representa la cantidad real de agua que aprovecha el cultivo a través del aporte de las lluvias, solo precipitaciones mayores a los 10 mm diarios son consideradas efectivas en el cultivo de la papa, las precipitaciones menores a ésta cantidad quedan retenidas en el follaje de las plantas y se evapora antes de llegar al suelo (JEREZ y SIMPENDÖRFER, 2000).

Para la obtención del cálculo, se consultó el registro de precipitaciones diarias mensuales desde el mes de octubre del 2000 a marzo del 2001 (Anexo 2), en INIA CRI- Carillanca.

### 3.5 Diseño experimental

En el presente estudio se evaluaron siete reposiciones de agua (calculada en base a las mediciones de la bandeja de evaporación), 0, 25, 50, 75, 100, 125 y 150%, aplicadas durante la etapa de llenado de tubérculos, para estudiar su

efecto sobre el rendimiento y número de tubérculos de cuatro variedades de papa “Baraka”, “Cardinal”, “Desirée” y “Granola”.

De ésta forma, el ensayo abarcó 84 hileras de 36 metros lineales cada una. Dichas hileras se dividieron en 7 grupos de 12 hileras cada uno, cada grupo correspondiente a una reposición de agua determinada.

A su vez cada una de las hileras en forma individual se dividió en 4 secciones de 9 metros cada una, correspondientes a las repeticiones. En cada una de estas repeticiones se dispusieron al azar las cuatro variedades del estudio. Lo anterior dio como resultado el ordenamiento espacial detallado en el Anexo 3.

El diseño experimental corresponde a un modelo de bloques divididos, donde los factores principales corresponden a la variedad y al porcentaje de agua repuesto y la repetición al factor de bloqueo, con ello se logró un arreglo factorial de 4 X 7, la interacción dio como resultado 28 tratamientos diferentes. En el Cuadro 3, se detallan los tratamientos obtenidos producto de la interacción de los factores principales variedad / reposición de agua.

**CUADRO 3.** Tratamientos obtenidos por la interacción de los factores principales

Variedad	Baraka	Cardinal	Desirée	Granola
Reposición				
0%	T1	T8	T15	T22
25%	T2	T9	T16	T23
50%	T3	T10	T17	T24
75%	T4	T11	T18	T25
100%	T5	T12	T19	T26
125%	T6	T13	T20	T27
150%	T7	T14	T21	T28

Los datos obtenidos durante el estudio, fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de 0,05. Por otro lado, con la finalidad de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, se aplicó el test de comparación múltiple de Tuckey ( $p < 0,05$ ). Lo anterior se realizó a través del uso del software computacional SPSS v.10.0

## IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta la cantidad de agua aplicada en las diversas reposiciones y el efecto sobre el rendimiento ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) y número de tubérculos por metro cuadrado, sobre las cuatro variedades en estudio.

El Cuadro 4 muestra el volumen de agua aplicado a cada una de las siete reposiciones de agua estudiadas, abarcando desde la fecha de inicio del riego, correspondiente al 24 de enero del 2001, hasta el 15 de marzo del mismo año, fecha en que se suspendió en riego.

El testigo no recibió ningún aporte de agua durante la temporada de establecimiento del cultivo, tampoco se benefició del riego base aplicado a la totalidad de las reposiciones. La frecuencia de aplicación de los diferentes niveles de agua fue diaria para todas las reposiciones.

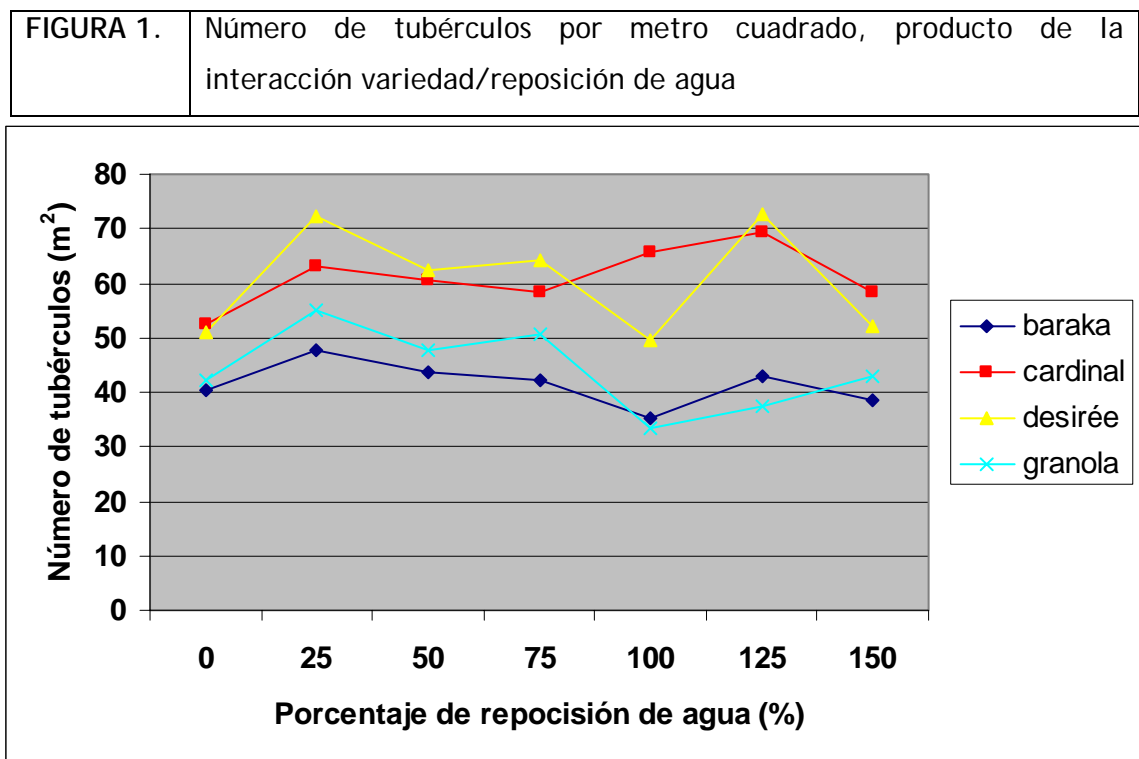
**CUADRO 4.** Cantidad total de agua (milímetros), aplicada a los diferentes porcentajes de reposición, mediante riego por goteo y precipitación efectiva durante la temporada 2000/2001

Año	Meses	Eb acumulada (milímetros)		Precipitación Efectiva (milímetros)	Riego Aplicado						
		Período (días)	Valor		Cantidad de agua aplicada, durante la temporada 2000/2001, calculada a partir de la Eb diaria						
					Eb *						
					SR	0.25	0.50	0.75	1	1.25	1.5
2000	Octubre	1 - 31	89.1	12.2	0	0	0	0	0	0	0
	Noviembre	1 - 30	131.7	15.8	0	0	0	0	0	0	0
	Diciembre	1 - 31	162.6	10.8	0	0	0	0	0	0	0
2001	Enero	5 - 31	113	39.8	0	28.2	56.5	84.7	113	141.2	169.5
	Febrero	1 - 28	177.7	0	0	44.25	88.8	133.2	177.7	222.1	266.5
	Marzo	1 - 15	33.2	40	0	8.3	16.6	24.9	33.2	41.5	49.8
<b>Total Temporada</b>		<b>161</b>	<b>707.3</b>	<b>118.6</b>							
<b>Agua aplicada por tratamiento</b>					<b>0</b>	<b>81</b>	<b>162</b>	<b>243</b>	<b>324</b>	<b>405</b>	<b>486</b>
<b>Total Agua Aplicada</b>					<b>0</b>	<b>140,4</b>	<b>221,4</b>	<b>302,4</b>	<b>383</b>	<b>464,4</b>	<b>545,4</b>

#### 4.1 Número de tubérculos por metro cuadrado, distribución de calibres y rendimiento ( $\text{Kgh}^{-1}$ ), por efecto de la interacción de los factores principales (variedad / reposición)

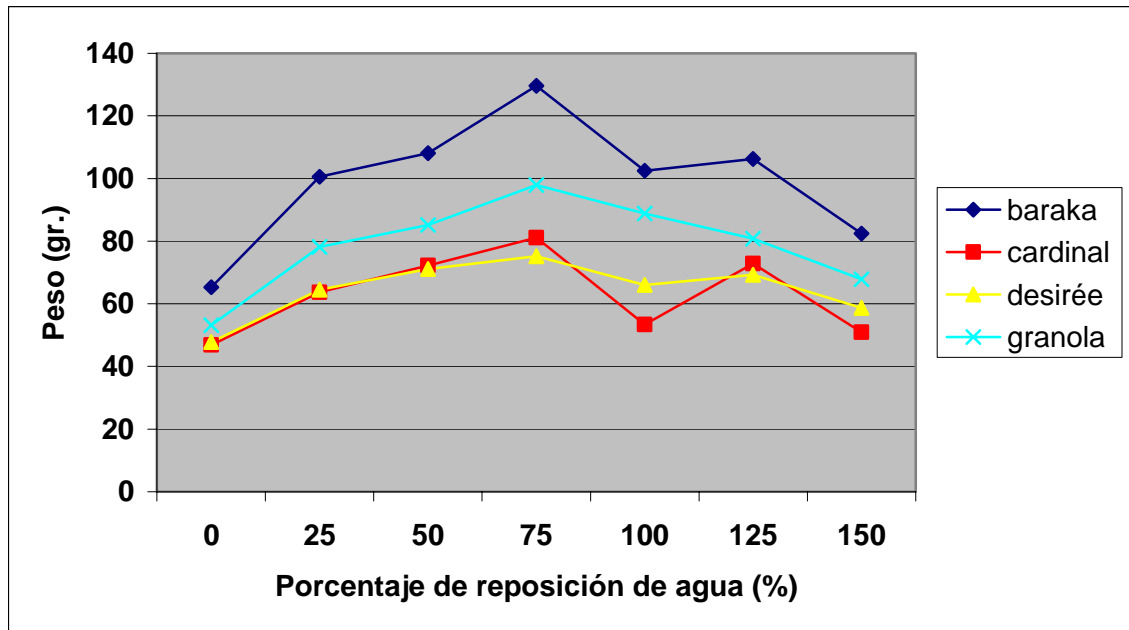
##### 4.1.1 Número de tubérculos por metro cuadrado

Los valores obtenidos para número de tubérculos por metro cuadrado fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), el cual arrojó diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), producto de la interacción de los factores principales (variedad / reposición). Los resultados se resumen en la Figura 1.



En la Figura 1 se observa que al ser irrigada al 125% del agua evaporada, Desirée obtiene el mayor número de tubérculos por metro cuadrado, registrando un valor que supera las 70 unidades. Granola en tanto, irrigada al 100% de la evaporación, presenta el valor más bajo con aproximadamente 33 unidades por metro cuadrado. Los valores aproximados para peso de tubérculos (gramos), se presentan en la Figura 2.

**FIGURA 2.** Peso de tubérculos (gramos), producto de la interacción variedad/reposición de agua



En la Figura 2 se observa que las diferentes variedades tienden a producir su menor peso de tubérculos (gramos) en condiciones de ausencia de riego, para ir aumentando a medida que se incrementa la cantidad de agua aplicada y descender progresivamente bajo aquellas reposiciones donde el riego es excesivo (100, 125 y 150%).

Además, en la Figura 1 se observa que bajo estas condiciones se producen además bajo número de tubérculos. Lo anterior explica los bajos rendimientos obtenidos por la totalidad de las variedades como respuesta a la ausencia de riego.

La Figura 1 muestra además que bajo la reposición del 150% de agua evaporada (486 milímetros), se produce bajo número de tubérculos, pero que los valores más deficientes se registren bajo condiciones de ausencia de riego.

Lo anterior puede explicarse que, como señala BORDEU (2000) un exceso de agua en el suelo, produce una reducción del número de tubérculos debido a que cambia la atmósfera de este limitando el abastecimiento de oxígeno por las raíces.

Por otra parte, en la figura 2 se observa que bajo esta reposición (150%), las variedades responden con el segundo valor más deficiente en peso de tubérculos. Lo anterior determina que si bien, un exceso de agua sobre el cultivo actúa negativamente tanto en el número como en el peso de los tubérculos, es la escasez de agua la condición que afecta en mayor grado ambos factores.

La totalidad de las variedades presenta un elevado número de tubérculos como respuesta al 25% de agua repuesta (81 milímetros). Sin embargo, el peso por unidad producida se ubica entre los valores más bajos, con un promedio de 76,7 gramos. Así, bajo la reposición del 25% del agua evaporada se incrementa el número de tubérculos en comparación con lo observado en condiciones de ausencia de riego. Este resultado concuerda con lo señalado por CAPPAERT *et al.* (1995), quienes afirman que la aplicación de agua sobre el cultivo de la papa aumenta el número de tubérculos por planta.

Bajo el 75% del agua evaporada (243 milímetros), la totalidad de las variedades presenta alta cantidad de tubérculos por metro cuadrado, aunque no se trate de los valores más altos. Sin embargo es bajo esta reposición donde la totalidad de las variedades en estudio presenta los más altos pesos promedio por unidad producida.

Dicho resultado concuerda con lo señalado por STRUCHTEMEYER *et al.* (1963), quienes afirman que el incremento en los rendimientos como resultado de las aplicaciones de riego, se deben al aumento en el tamaño de los tubérculos más que al aumento en el número de ellos.

No se presentan diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre la respuesta de cada variedad al 50% (162 milímetros) y lo obtenido por las mismas al 75% de reposición, presentando además valores muy similares en terreno. No obstante lo anterior, estas responden aumentando sus rendimientos bajo la reposición del 75% de agua evaporada. Lo anterior se debe a que el peso promedio por unidad producida es mayor cerca en cerca de 10 gramos bajo la reposición del 75% del agua evaporada.

La variedades Baraka, Desirée y Granola presentan su menor de tubérculos al ser sometidas al 100% de reposición (324 milímetros). A pesar de lo anterior, bajo iguales condiciones, obtienen altos rendimientos debido a que el peso promedio por unidad es el tercero más alto en comparación con el resto de las reposiciones.

Además de lo anterior, los valores obtenidos para número y peso de tubérculos por efecto de la interacción entre las diversas reposiciones con Baraka, confirma a esta como una variedad de tubérculos grandes con alto potencial de rendimiento y por ende, alto peso de tubérculos. Lo anterior concuerda con lo señalado por TÁCHIRA (1983), quien afirma que Baraka corresponde a una variedad de tubérculos grandes y de elevados rendimientos.

El mayor número de tubérculos por metro cuadrado lo obtiene Desirée bajo la reposición del 125% de agua repuesta. El peso promedio de tubérculos sin embargo se encuentra entre los más bajos registrados como producto de la interacción. Lo anterior, indica que Desirée corresponde a una variedad con buen potencial de rendimiento (Kghá-1) pero con tubérculos de menor calibre que Baraka, privilegiando la presencia de tubérculos en los calibres 45-55 y 55-65 milímetros en sus distribuciones.

La respuesta a la interacción entre la variedad Cardinal y las diferentes reposiciones en estudio demuestran que esta variedad responde positivamente al suministro de agua aumentando el número de tubérculos por metro cuadrado, lo que concuerda con lo señalado por SEPÚLVEDA *et al.* (1999), quienes señalan que Cardinal aumenta el número de tubérculos con un 50 a un 55% de agua aprovechable en el suelo, alcanzando en promedio los 5,3 tubérculos por planta, en comparación con los 2,9 obtenidos con un 20 a un 25% de agua aprovechable.

Además de lo anterior, se observa que bajo la reposición del 75% de agua evaporada, Cardinal registra un bajo promedio de tubérculos por metro cuadrado, sin embargo presenta el peso más alto por unidad producida para la variedad, con 81 gramos aproximadamente. Lo anterior, concuerda con lo señalado por SEPÚLVEDA *et al.* (1999), quienes encontraron que esta variedad aumenta el peso promedio de los tubérculos producidos cuando existe entre un 50 a un 55% de agua aprovechable en el suelo, en comparación con lo obtenido en niveles menores de humedad disponible entre un 20 a un 25%.

Es importante señalar que el comportamiento de Granola bajo la aplicación de diferentes reposiciones de agua es similar a la encontrada para Baraka, presentando un número de tubérculos por metro cuadrado relativamente bajo pero altos pesos por tubérculo producido. Lo anterior determina que se trate de una variedad que presenta una mayor proporción de tubérculos comprendidos en el calibre mayor a 65 milímetros que lo encontrado para variedades como Cardinal y Desirée.

#### **4.1.2 Distribución de tubérculos según calibre**

**4.1.2.1 Rendimiento para calibre menor a 35 milímetros.** Los valores obtenidos por los tratamientos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), dicho análisis demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ )

para el calibre menor a 35 milímetros, producto de la interacción de los factores principales. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 7.

**CUADRO 7.** Rendimiento ( $\text{Kgh}^{-1}$ ) del calibre menor a 35 milímetros, por efecto de la interacción de factores principales

Variedad	Baraka	Cardinal	Desirée	Granola
Reposición				
0%	781 <sup>efg</sup>	2.187 <sup>abcd</sup>	1.937 <sup>abcdef</sup>	1.343 <sup>bcdefg</sup>
25%	513 <sup>g</sup>	1.368 <sup>bcdefg</sup>	1.650 <sup>bcdefg</sup>	816 <sup>efg</sup>
50%	398 <sup>g</sup>	2.077 <sup>abcde</sup>	1.376 <sup>bcdefg</sup>	887 <sup>defg</sup>
75%	1.085 <sup>cdefg</sup>	2.110 <sup>abcde</sup>	2.468 <sup>ab</sup>	806 <sup>efg</sup>
100%	336 <sup>g</sup>	3.187 <sup>a</sup>	862 <sup>defg</sup>	487 <sup>g</sup>
125%	704 <sup>fg</sup>	1.922 <sup>abcdef</sup>	1.662 <sup>bcdefg</sup>	462 <sup>g</sup>
150%	625 <sup>fg</sup>	2.406 <sup>abc</sup>	1.656 <sup>bcdefg</sup>	1.218 <sup>bcdefg</sup>
<b>Promedio</b>	<b>635</b>	<b>2.179</b>	<b>1.658</b>	<b>860</b>

Los valores designados con igual letra, no difieren estadísticamente según Test de Tuckey ( $p > 0,05$ ).

El Cuadro 7 muestra que, al ser sometida al 100% de la reposición, Cardinal responde con la mayor proporción de tubérculos calibre menor a 35 milímetros. Lo anterior se explica ya que, bajo estas condiciones, Cardinal registra un alto número de tubérculos por metro cuadrado pero uno de los más bajos pesos por tubérculo producido. Lo contrario ocurre en el caso de Baraka que al ser sometida al 100% de reposición obtiene la menor proporción de calibre menor a 35 milímetros, debido a que registra uno de los menores números de tubérculos por metro cuadrado, pero alto peso por unidad producida.

Al ser sometida a diferentes reposiciones de agua Baraka es la variedad que obtiene el menor rendimiento promedio para este calibre, no registrando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre las diferentes reposiciones. Baraka presenta su más alto rendimiento bajo la aplicación del 75% de agua

evaporada, donde aproximadamente el 2% corresponde a tubérculos menores a 35 milímetros. En condiciones de déficit hídrico este porcentaje aumenta alcanzando aproximadamente un 3% del rendimiento total.

Situación similar se observa en el caso de Granola que presenta baja proporción de tubérculo menor a 35 milímetros, no presentando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre las diferentes reposiciones. Granola también muestra su mayor rendimiento bajo la reposición del 75% de agua donde aproximadamente el 1,6% corresponde a tubérculos calibre menor a 35 milímetros. En condiciones de déficit hídrico igual variedad aumenta considerablemente este porcentaje alcanzando el 6% del rendimiento total producido.

Desirée registra una mayor proporción de tubérculo menor a 35 milímetros mostrando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre los tratamientos T18 y T19. Esta variedad muestra su mayor rendimiento bajo la aplicación del 125% del agua evaporada donde un 3.3% corresponde a tubérculos menores a 35 milímetros. En ausencia de riego, aumenta la proporción de este calibre alcanzando un 8% del total producido.

Finalmente la variedad Cardinal registra la mayor proporción de tubérculos para este calibre. Al igual que Desirée, el más alto rendimiento para esta variedad se obtiene bajo la aplicación de 125% del agua evaporada, presentando alrededor de un 3.7% de tubérculo menor a 35 milímetros, en ausencia de riego esta variedad es la que aumenta en mayor proporción el porcentaje de este calibre alcanzando un 8,9%.

Lo anterior muestra que, en condiciones de ausencia de riego, la proporción de tubérculos menor a 35 milímetros experimenta un incremento en la totalidad de las variedades estudiadas con respecto a la proporción del mismo

en los rendimientos más altos. Situación similar se presenta en el caso del 75 y 100% de reposición donde también se observan altas proporciones de este calibre.

Situación similar se observa en condiciones de exceso de agua, registrándose un aumento de este calibre en las variedades Cardinal, Desiré y Granola. Baraka en tanto, registra una leve disminución en el porcentaje de calibre menor a 35 milímetros.

En términos generales las variedades Baraka y Granola muestran un comportamiento similar, presentando baja proporción de este calibre en sus distribuciones y manteniendo más estables dichas proporciones a través de las diferentes reposiciones. Cardinal y Desirée en tanto, además de obtener mayores proporciones de tubérculo menor a 35 milímetros, presentan un comportamiento más variable pudiendo observarse respuestas más notorias a las diferentes aplicaciones de agua.

En términos generales, el calibre menor a 35 milímetros tiende a disminuir en las distribuciones como respuesta a la aplicación de riego. Lo anterior hasta un punto donde el agua comienza a encontrarse en exceso para el cultivo (que en el caso específico de este estudio se ubica entre el 100 y el 125% del agua repuesta), produciendo tanto una disminución de los rendimientos totales como un aumento en la proporción de este calibre.

**4.1.2.2 Rendimiento para calibre para calibre 35 - 45 milímetros.** Los valores obtenidos por los tratamientos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), dicho análisis demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) para el calibre 35-45 milímetros, producto de la interacción de los factores principales. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 8.

**CUADRO 8.** Rendimiento (Kghá<sup>-1</sup>) del calibre 35-45 milímetros, por efecto de la interacción de factores principales

Variedad	Baraka	Cardinal	Desirée	Granola
Reposición				
0%	3.843 <sup>efghij</sup>	8.062 <sup>abc</sup>	5.593 <sup>cdef</sup>	5.375 <sup>cdefg</sup>
25%	2.218 <sup>ij</sup>	7.093 <sup>abcd</sup>	6.406 <sup>bcde</sup>	2.812 <sup>ghij</sup>
50%	1.819 <sup>J</sup>	6.431 <sup>bcde</sup>	4.971 <sup>defghi</sup>	1.784 <sup>J</sup>
75%	1.400 <sup>J</sup>	5.306 <sup>cdefg</sup>	5.068 <sup>defgh</sup>	2.787 <sup>ghij</sup>
100%	2.504 <sup>hij</sup>	7.187 <sup>abcd</sup>	2.500 <sup>hij</sup>	2.243 <sup>ij</sup>
125%	1.394 <sup>J</sup>	8.375 <sup>ab</sup>	5.687 <sup>bcdef</sup>	2.156 <sup>J</sup>
150%	2.437 <sup>hij</sup>	9.437 <sup>a</sup>	5.031 <sup>defgh</sup>	3.500 <sup>fghij</sup>
Promedio	2.230	7.413	5.036	2.951

Los valores designados con igual letra, no difieren estadísticamente según Test de Tuckey ( $p > 0,05$ ).

En el Cuadro 8 se observa que Baraka es la variedad que obtiene el menor rendimiento promedio para el calibre 35-45 milímetros no registrando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre las diferentes reposiciones. Situación similar se observa en el caso de Granola que presenta el segundo menor promedio para este calibre.

La variedad Desirée presenta el segundo mayor promedio para el calibre 35-45 milímetros y presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos T16 y T19. Finalmente Cardinal presenta el mayor promedio de tubérculos para el calibre 35-45 y presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre el tratamiento T11 y los tratamientos T13 y T14.

Al ser sometidas a las diferentes reposiciones de agua, las diversas variedades mostraron grandes diferencias en sus comportamientos, no pudiendo establecerse una relación clara entre la reposición de agua y el rendimiento obtenido para este calibre. No obstante lo anterior, es posible señalar que se

observa la tendencia a reducir el rendimiento de tubérculos comprendidos entre 35-45 milímetros a medida que se aumenta la cantidad de agua aplicada, situación que se repite hasta el 75% de reposición.

La única variedad que muestra claramente esta tendencia corresponde a Cardinal, donde es posible observar que su respuesta a la producción de este calibre es inversamente proporcional a la cantidad de agua aplicada, alcanzando su menor valor bajo la reposición del 75% para luego incrementar gradualmente a medida que aumenta el porcentaje de reposición.

**4.1.2.3 Rendimiento para calibre para calibre 45- 55 milímetros.** Los valores obtenidos por los tratamientos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), dicho análisis demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), para el calibre 45-55 milímetros producto de la interacción de los factores principales. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 9.

**CUADRO 9.** Rendimiento ( $\text{Kgh}^{-1}$ ) del calibre 45-55 milímetros, por efecto de la interacción de factores principales

Variedad	Baraka	Cardinal	Desirée	Granola
Reposición				
0%	12.031 <sup>abcdefg</sup>	8.843 <sup>defghij</sup>	10.968 <sup>bcdefgh</sup>	8.312 <sup>efghij</sup>
25%	7.281 <sup>ghij</sup>	13.700 <sup>abcd</sup>	16.143 <sup>ab</sup>	8.856 <sup>defghij</sup>
50%	5.580 <sup>ij</sup>	13.162 <sup>abcdef</sup>	14.796 <sup>abc</sup>	8.107 <sup>fghij</sup>
75%	5.328 <sup>ij</sup>	12.068 <sup>abcdefg</sup>	12.250 <sup>abcdefg</sup>	9.687 <sup>cdefghi</sup>
100%	5.593 <sup>ij</sup>	13.375 <sup>abcde</sup>	10.437 <sup>cdefghi</sup>	4.375 <sup>j</sup>
125%	7.406 <sup>ghij</sup>	16.406 <sup>a</sup>	14.406 <sup>abc</sup>	6.693 <sup>hij</sup>
150%	9.031 <sup>defghij</sup>	11.062 <sup>bcdefgh</sup>	10.031 <sup>cdefghi</sup>	9.125 <sup>defghij</sup>
<b>Promedio</b>	<b>7.464</b>	<b>12.659</b>	<b>12.719</b>	<b>7.879</b>

Los valores designados con igual letra, no difieren estadísticamente según Test de Tuckey ( $p > 0,05$ ).

El Cuadro 9, muestra que la variedad Baraka obtiene el menor rendimiento promedio para el calibre 45-55 milímetros y que presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre el tratamiento T1 y los tratamientos T3, T4 y T5. Nuevamente Granola presenta un comportamiento similar, registrando el segundo menor promedio para este calibre y mostrando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) solo entre los tratamientos T25 y T26.

Esta variedad también registra un fuerte aumento en la proporción de tubérculos 45-55 milímetros cuando es sometida a estrés hídrico. El tratamiento T22(G\*0) registra un porcentaje aproximado de 45-55 milímetros del 36,9% en comparación con el 19,6% obtenido por el mejor rendimiento para esta variedad, tratamiento T25(G\*75).

Cardinal en tanto, que muestra el segundo mayor promedio para el calibre 45-55 milímetros con aproximadamente  $12.659 \text{ Kghá}^{-1}$ , presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos T8(C\*0) y T14(C\*150) y el tratamiento T13(C\*125).

Desirée en tanto, presenta el mayor promedio de tubérculos para el calibre 45-55 milímetros, con  $12.718 \text{ Kghá}^{-1}$  aproximadamente mostrando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre el tratamiento T16(D\*25) y los tratamientos T19(D\*100), T21(D\*150). Por otra parte Desirée, bajo el tratamiento T15(D\*0), registra un porcentaje de tubérculos calibre 45-55 milímetros correspondiente al 44,8%, que contrasta notoriamente con el 28,6% aproximado obtenido por el mejor rendimiento para esta variedad, tratamiento T20(D\*125).

En términos generales la presencia del calibre 45-55 milímetros en las distribuciones de las variedades Baraka y Granola tiende a ser inversamente proporcional al nivel de agua aplicado, lo anterior hasta alcanzar un nivel de

reposición que invierte dicho efecto provocando un aumento en la proporción de este calibre y la disminución de los calibres 55-65 milímetros y mayor a 65 milímetros. Dicho punto se encuentra entre las reposiciones 100 y 125%.

El comportamiento anterior se repite para las variedades Cardinal y Desirée aunque en términos generales la presencia de este calibre sea considerablemente mayor para estas variedades. Lo anterior determina que se trate de variedades con buen potencial de rendimiento pero con tubérculos de menor tamaño que Baraka y Granola.

Finalmente la mayor proporción de este calibre para la totalidad de las variedades en estudio se presenta en condiciones de estrés hídrico, como se verá en detalle más adelante.

**4.1.2.4 Distribución de tubérculos para calibre 55 - 65 milímetros** Los valores obtenidos por los tratamientos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), dicho análisis demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), para el calibre 55-65 milímetros producto de la interacción de los factores principales. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 10.

**CUADRO 10.** Rendimiento ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) del calibre 55-65 milímetros, por efecto de la interacción de factores principales

Variedad	Baraka	Cardinal	Desirée	Granola
Reposición				
0%	8.187 <sup>ef</sup>	4.843 <sup>f</sup>	4.937 <sup>f</sup>	5.437 <sup>f</sup>
25%	14.275 <sup>abcde</sup>	13.775 <sup>abcde</sup>	15.656 <sup>abc</sup>	15.700 <sup>abcde</sup>

50%	14.725 <sup>abcd</sup>	15.050 <sup>abcd</sup>	12.916 <sup>abcde</sup>	14.897 <sup>abcd</sup>
75%	14.740 <sup>abcde</sup>	14.481 <sup>abcde</sup>	13.843 <sup>abcde</sup>	12.812 <sup>abcde</sup>
100%	10.015 <sup>bcdef</sup>	9.550 <sup>cdef</sup>	8.375 <sup>cdef</sup>	9.106 <sup>cdef</sup>
125%	15.171 <sup>abc</sup>	16.437 <sup>ab</sup>	17.781 <sup>a</sup>	10.193 <sup>abcdef</sup>
150%	14.687 <sup>abcde</sup>	4.468 <sup>f</sup>	9.468 <sup>cdef</sup>	9.843 <sup>bcdef</sup>
<b>Promedio</b>	<b>13.114</b>	<b>11.229</b>	<b>11.854</b>	<b>11.141</b>

Los valores designados con igual letra, no difieren estadísticamente según Test de Tuckey ( $p > 0,05$ ).

El Cuadro 10, muestra que la variedad Baraka obtiene el mayor rendimiento promedio ( $\text{Kgh}^{-1}$ ) para el calibre 55-65 milímetros, correspondiente a  $13.114 \text{ Kgh}^{-1}$  aproximadamente, las demás variedades obtienen valores muy similares, siendo este el calibre el que se mantiene más estable dentro de las distribuciones.

Baraka presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre el tratamiento T1(B\*0) y T6(B\*125). El mayor rendimiento total obtenido por esta variedad corresponde al tratamiento T4(B\*75) con  $54.822 \text{ Kgh}^{-1}$  de los cuales aproximadamente un 33% corresponde a tubérculos calibre 55-65 milímetros.

La variedad Granola, presenta el promedio más bajo para el calibre 55-65 milímetros con  $11.141 \text{ Kgh}^{-1}$  aproximadamente y diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre el tratamiento T22(D\*0) y los tratamientos T23(G\*25), T24(G\*50) y T25(G\*75). Esta variedad muestra su más alto rendimiento bajo el tratamiento T25(G\*75) con  $49.450 \text{ Kgh}^{-1}$ , de los cuales un 25,90% aproximadamente corresponde a tubérculos de este calibre.

Desirée presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre el tratamiento T20(D\*125) y los tratamientos T15(D\*0), T19(D\*100) y T21(D\*150). Por otro lado, del más alto rendimiento obtenido por Desirée en el tratamiento T20(D\*125), un 35,3% aproximadamente corresponde a tubérculos 55-65

milímetros.

Cardinal en tanto, presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) para este calibre entre los tratamientos T8(C\*0), T12(C\*100) y T14(C\*150) y los tratamientos T9(C\*25), T10(C\*50), T11(C\*75) y T13(C\*125). El mayor rendimiento obtenido por la variedad en el tratamiento T13(C\*125) con  $50.672 \text{ Kgh}^{-1}$ , un 32% aproximadamente corresponde a tubérculos de entre 55 - 65 milímetros.

El calibre 55-65 milímetros presenta diferencias en su comportamiento para las diferentes variedades. Cardinal, Desirée y Granola tienden a un incremento de este calibre bajo reposición de riego al 25% en comparación con lo obtenido bajo condiciones de estrés hídrico. Baraka en tanto, tiende a mantenerse e incluso disminuir a medida que incrementa la cantidad de agua aplicada, determinando una mayor presencia de calibre mayor a 65 milímetros en su distribución. Siendo esta la variedad que presenta tubérculos de mayor tamaño.

**4.1.2.5 Distribución de tubérculos para calibre mayor 65 milímetros.** Los valores obtenidos por los tratamientos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), dicho análisis demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), para el calibre mayor a 65 milímetros producto de la interacción de los factores principales. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 11.

**CUADRO 11.** Rendimiento ( $\text{Kgh}^{-1}$ ) del calibre mayor a 65 milímetros, por efecto de la interacción de factores principales

Variedad	Baraka	Cardinal	Desirée	Granola
Reposición				

0%	1.437 <sup>g</sup>	0.656 <sup>g</sup>	1.000 <sup>g</sup>	2.031 <sup>g</sup>
25%	23.546 <sup>abc</sup>	4.300 <sup>fg</sup>	6.781 <sup>efg</sup>	14.856 <sup>bcdef</sup>
50%	24.504 <sup>ab</sup>	6.931 <sup>efg</sup>	10.298 <sup>efg</sup>	14.950 <sup>abc</sup>
75%	32.268 <sup>a</sup>	13.293 <sup>cdef</sup>	14.718 <sup>bef</sup>	23.356 <sup>cdef</sup>
100%	17.593 <sup>bcde</sup>	2.000 <sup>g</sup>	10.531 <sup>defg</sup>	13.406 <sup>cdef</sup>
125%	21.171 <sup>bcd</sup>	7.531 <sup>efg</sup>	10.793 <sup>defg</sup>	10.700 <sup>defg</sup>
150%	5.037 <sup>fg</sup>	2.375 <sup>g</sup>	4.488 <sup>fg</sup>	5.406 <sup>fg</sup>
<b>Promedio</b>	<b>17.936</b>	<b>5.298</b>	<b>8.372</b>	<b>12.100</b>

Los valores designados con igual letra, no difieren estadísticamente según Test de Tuckey ( $p > 0,05$ ).

En el Cuadro 11 observamos que Baraka es la variedad que obtiene el más alto rendimiento promedio para el calibre mayor a 65 milímetros registrando un total aproximado de  $17.936 \text{ Kgh}^{-1}$ . Por otra parte, esta variedad muestra su más alto rendimiento bajo el tratamiento T4(B\*75), donde el calibre mayor a 65 milímetros representa aproximadamente un 58.8% del total de la distribución. Es necesario señalar que bajo condiciones de riego esta variedad tiende a reducir la producción de calibres menor a 35 milímetros, 35-45 milímetros y 45-55 milímetros privilegiando la producción de los calibres 55-65 milímetros y en mayor grado la de mayor a 65 milímetros.

De esta forma, si comparamos el comportamiento de este calibre en condiciones de ausencia de riego con la aplicación del 25% de agua repuesta -tratamientos T1(B\*0) y T2(B\*25) respectivamente- Baraka es la variedad que presenta el aumento más notorio favorable al tratamiento T2(B\*25), cercano al 43%, lo que representa un aumento en el rendimiento del calibre mayor a 65 milímetros de aproximadamente  $22.100 \text{ Kgh}^{-1}$ , presentando además diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos tratamientos.

Granola es la variedad que obtiene el segundo mayor rendimiento promedio para este calibre con  $12.100 \text{ Kgh}^{-1}$ , presentando un comportamiento

muy similar al de Baraka, registrando altas proporciones de tubérculos de gran calibre. En Granola sin embargo, las variaciones del calibre mayor a 65 milímetros bajo condiciones de riego, se deben principalmente a aumentos o disminuciones del calibre 45-55 milímetros y en menor grado del 35-45 milímetros.

Por otra parte, Granola presenta la segunda respuesta más notoria de calibre mayor a 65 milímetros, si se comparan los resultados en ausencia de riego con los obtenidos por la reposición del 25% del agua evaporada -tratamientos T22(G\*0) y T23(G\*25) respectivamente- en este último Granola aumenta su proporción de este calibre en aproximadamente un 26%, mostrando además diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos.

Desirée en tanto, obtiene el tercer rendimiento promedio para calibre mayor a 65 milímetros con aproximadamente  $8.372 \text{ Kgh}^{-1}$ , presentando un comportamiento similar a lo observado para las variedades Baraka y Granola es decir; la presencia de este calibre tiende a aumentar a medida que se incrementa la cantidad de agua repuesta, situación que se advierte hasta la reposición del 100% desde donde desciende gradualmente en las distribuciones. De esta forma, Desirée no corresponde a una variedad de alta producción de tubérculos grandes, alcanzando su máximo en el tratamiento T18(D\*75) donde muestra un 30% de la distribución. Para esta variedad, el mayor aporte en rendimiento corresponde a los calibres 45-55 milímetros y 55-65 milímetros que superan el 60% en la totalidad de sus tratamientos.

Si se le compara con la respuesta de las variedades Baraka y Granola, Desirée presenta un incremento moderado del calibre mayor a 65 milímetros al reponer el 25% de agua evaporada en comparación con la ausencia de riego -tratamientos T16(D\*25) y T15(D\*0) respectivamente- incrementando en un 10%, no presentando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre los

tratamientos.

Cardinal es la variedad que presenta el menor rendimiento promedio para mayor a 65 milímetros, registrando un valor de  $5.300 \text{ Kghá}^{-1}$ . La aplicación de agua y su incremento gradual sobre esta variedad, actúa principalmente sobre el calibre 55-65 milímetros, en tanto que 45-55 milímetros permanece relativamente constante. El calibre mayor a 65 milímetros por su parte, tiene una respuesta directamente proporcional a la aplicación de riego sobre Cardinal, situación que se observa hasta alcanzar su mayor porcentaje en la reposición del 75% -tratamiento T11(C\*75)- donde este calibre representa el 28% del rendimiento total.

Por otra parte, Cardinal es la variedad que presenta la menor variación de este calibre si se compara la ausencia de riego con la reposición del 25% del agua evaporada -tratamientos T8(C\*0) y T9(C\*25) respectivamente- presentando un aumento del 8% a favor del tratamiento T9(C\*25), lo que representa un incremento del calibre mayor a 65 milímetros, no existiendo diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos.

Los resultados anteriores concuerdan con lo señalado con DOOREMBOS y KASSAM (1979), quienes concluyeron que el mayor aporte al rendimiento lo entrega la papa consumo y el menor grado la papa semilla. Lo que es confirmado por SANDOVAL (1993), quien informa que el agua de riego aumenta el contenido de papa consumo no así el de papa semilla.

#### 4.1.3 Rendimiento ( $\text{Kghá}^{-1}$ )

Los rendimientos ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) obtenidos por los tratamientos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), dicho análisis mostró la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), producto de la interacción de los factores principales, variedad/reposición de agua. Los valores obtenidos se presentan en el Cuadro 5.

CUADRO 5. Rendimiento (Kghá<sup>-1</sup>), por efecto de la interacción entre factores principales (variedad / reposición de agua)

Variedad	Baraka	Cardinal	Desirée	Granola
Reposición				
0%	26.281 <sup>J</sup>	24.593 <sup>J</sup>	24.437 <sup>J</sup>	22.500 <sup>J</sup>
25%	47.835 <sup>abcd</sup>	40.237 <sup>bcdefghi</sup>	46.637 <sup>abcd</sup>	43.041 <sup>abcdefgh</sup>
50%	47.028 <sup>abcd</sup>	43.652 <sup>abcdefg</sup>	44.360 <sup>abcdef</sup>	40.626 <sup>bcdefghi</sup>
75%	54.822 <sup>a</sup>	47.260 <sup>abcd</sup>	48.350 <sup>abcd</sup>	49.450 <sup>abc</sup>
100%	36.044 <sup>cdefghij</sup>	35.000 <sup>defghij</sup>	32.706 <sup>efghij</sup>	29.618 <sup>hij</sup>
125%	45.848 <sup>abcde</sup>	50.672 <sup>ab</sup>	50.331 <sup>ab</sup>	30.206 <sup>ghij</sup>
150%	31.818 <sup>fghij</sup>	29.750 <sup>hij</sup>	30.676 <sup>ghij</sup>	29.093 <sup>ij</sup>

Los valores designados con igual letra, no difieren estadísticamente según Test de Tuckey ( $p > 0,05$ ).

En el Cuadro 5 se observa que la mejor respuesta en rendimiento la obtiene la variedad Baraka al ser sometida a la aplicación del 75% del agua evaporada (281 milímetros), alcanzando los 54.882 Kghá<sup>-1</sup>. Lo anterior concuerda con lo señalado por MALDONADO (1993), quien señala que Baraka a una variedad con buena respuesta a la aplicación de agua.

Bajo iguales condiciones, el resto de las variedades también presenta respuestas positivas, mostrando diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre estos resultados y lo observado en condiciones de ausencia de riego.

Lo anterior concuerda con lo señalado por NOGALES *et al.* (2002), quienes estudiaron la respuesta de la aplicación de tres niveles de agua (75, 100 y 125% de la evapotranspiración real) sobre ejemplares de papa (*Solanum andigenum*) obtenidos *in vitro*, encontrando que los mayores rendimientos se obtenían bajo la aplicación de 229 milímetros de agua durante la temporada, correspondientes

al 75% del agua evapotranspirada.

Por su parte BOSNJAK y PEJIC (1996), informan aumentos en los rendimientos de diferentes cultivares de papa al ser sometidas a suelos con un 75 a un 80% de la capacidad de campo, en comparación con lo obtenido en condiciones de ausencia de riego, señalando aumentos en los rendimientos de hasta 25,952 Kghá<sup>-1</sup> en dichas condiciones.

Por otro lado, en un estudio realizado por el Canada- Saskatchewan Irrigation Diversification Centre (CSIDC) en 1999, donde se evaluó la respuesta en rendimiento sobre cuatro variedades de papa sometidas a diferentes niveles de riego. Se encontró que la totalidad de las variedades en estudio aumentaron sus rendimientos tanto en papa semilla como en papa consumo irrigando bajo la aplicación de 184 milímetros (DUDA, ESTO SE ACERCA MAS A 50%) de agua durante la temporada de riego.

Los rendimientos más bajos se registran en condiciones de ausencia de riego, no existiendo diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre las diferentes variedades bajo estas condiciones. Al respecto, la respuesta más deficiente corresponde a lo obtenido por la variedad Granola, con 22.500 Kghá<sup>-1</sup>.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por BOSNJAK y PEJIC (1996), quienes investigaron la exigencia de agua en cultivares de papa en la zona de Chenozem, Yugoslavia, encontrando que los rendimientos obtenidos si aplicación de agua se encontraban entre 26.161 a 30.714 Kghá<sup>-1</sup>, mostrando significativos aumentos bajo condiciones de riego.

Lo anterior se debe a que como señala VARAS (2000), un déficit de humedad en el periodo de estolonización e iniciación de la formación de tubérculos como en el periodo de crecimiento de éstos, son los factores que

afectan en mayor proporción los rendimientos del cultivo de papa. Por su parte MILLER y MARTIN (1983) y KLASSEN *et al.* (2001), concuerdan en afirman que la escasez de agua en cualquier período después de la tuberización hasta el inicio de la madurez, reduce considerablemente el rendimiento.

La interacción entre las diferentes variedades bajo condiciones de ausencia de riego, presenta diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) con la respuesta a la aplicación del 25% de la evaporación (81 milímetros de agua durante la temporada de riego). En el caso específico de éste estudio, los rendimientos se incrementaron entre un 38 a un 48% en comparación con el testigo.

Lo anterior concuerda con lo señalado por MALDONADO (1993), quien afirma que en variedades como Baraka, Desirée y Granola la aplicación de agua sobre el cultivo, sumado a la aplicación de fertilización nitrogenada, puede incrementar los rendimientos en hasta un 100%.

Por otra parte, los resultados muestran que un exceso de agua sobre el cultivo también disminuye los rendimientos ( $\text{Kghá}^{-1}$ ). La totalidad de las variedades mostró rindes deficientes al ser sometida a la aplicación del 150% del agua evaporada (485 milímetros). No existiendo diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre esta reposición y lo observado en condiciones de ausencia de riego.

**(TAL VEZ APORTAR CON ALGO DE BIBLIOGRAFÍA SACADA DE LAS PRIMERAS HOJAS)**

Por otra parte, aunque no existen diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre la respuesta de las diferentes variedades irrigadas al 50% (162 milímetros de agua) con el 75% de reposición, se observa la tendencia a superar lo obtenido por la reposición del 50% en aproximadamente  $6.000 \text{ Kghá}^{-1}$ . Como se

verá más adelante, la reposición del 50% de la evaporación de bandeja, tiene mayor incidencia sobre la distribución de calibres y en menor medida sobre los rendimientos.

Aunque que se observa la tendencia de las variedades a producir altos rindes bajo la reposición del 75%, las variedades Cardinal y Desirée presentan sus más altos rendimientos bajo la reposición del 125% de la evaporación (485 milímetros de agua durante la temporada de riego), lo que concuerda con lo obtenido por YUAN, NISHIYAMA y KANG (2003), quienes evaluaron la respuesta del cultivo a la aplicación de diferentes porcentajes de reposición de agua informando que es bajo el 125% donde se obtienen los más altos rendimientos.

No obstante lo anterior, los mismos autores señalan que si bien los rendimientos pueden aumentar con reposiciones de agua mayores, esto iría en desmedro de la calidad de los tubérculos obtenidos, recomendando la reposición al 75% del agua evaporada, donde se alcanza un equilibrio entre rendimiento, número de tubérculos y calidad de los mismos.

YUAN, NISHIYAMA y KANG (2003), aunque disminuye el peso de los tubérculos, provocando un aumento en la presencia de tubérculos partidos y con corazón hueco.

Granola y Baraka en tanto, muestran una respuesta negativa a la reposición del 125% de agua evaporada, reduciendo considerablemente sus rendimientos.



## V.CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos a partir del presente estudio es posible concluir que;

- 1) Al ser sometidas a diferentes niveles de agua, las cuatro variedades en estudio presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a los rendimientos ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) obtenidos. Siendo la ausencia de riego el factor que afecta mayormente la obtención de altos rendimientos seguido de un exceso en la aplicación de agua.
- 2) Se registraron diferencias en la distribución de calibres de los diferentes tratamientos en función de la variedad y el nivel de agua aplicado. Al respecto, se encontró que en condiciones de ausencia de riego se presenta un aumento en los calibres que agrupan los tubérculos más pequeños, en tanto que a mayores niveles de aplicación de agua (50 y 75% de reposición), las distribuciones favorecen la presencia de tubérculos de mayor tamaño.
- 3) La aplicación de riego al 25% de reposición favorece la obtención de buenos rendimientos ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) y privilegia la producción de calibres tipo semilla. Por otro lado, el riego al 75% de reposición favorece la obtención de altos rendimientos y la obtención de tubérculos de diámetro mayor, obteniéndose además, el mayor peso promedio por tubérculo producido para la totalidad de las variedades evaluadas.

## VI.RESUMEN

Con el propósito de promover el ahorro en la utilización de agua por el cultivo de la papa, se evaluó la respuesta de las variedades "Baraka", "Desirée", "Cardinal" y "Granola" bajo la aplicación diaria de seis diferentes reposiciones de agua determinadas a partir de la evaporación de bandeja ocurrida durante la etapa de llenado de tubérculos, más un testigo sin la aplicación de riego, durante la temporada 2000/2001. Los volúmenes aplicados correspondieron a 0, 81, 162, 243, 324, 405 y 485 milímetros de agua durante la temporada.

Se encontró que tanto el rendimiento ( $\text{Kghá}^{-1}$ ) como el número de tubérculos por metro cuadrado y la distribución de calibres, presentan diferencias estadísticas significativas para la totalidad de las variedades en estudio. Se encontró además que existen importantes diferencias a nivel de peso promedio (gr.) por tubérculo producido.

Se observó que la proporción de tubérculos pequeños aumenta en condiciones de estrés hídrico, con bajos niveles de agua aplicada y también con exceso de ella. Se encontró además que la totalidad de las variedades responden con aumentos en sus rendimientos producto de la aplicación de riego en comparación con lo obtenido en condiciones de sequía.

Se encontró que la reposición del 75% del agua evaporada - tratamientos T4(B\*75), T11(C\*75), T18(C\*75) y T25(G\*75)- si bien limita el número de tubérculos producido aumenta el peso promedio de los mismos, favoreciendo la proporción de calibres mayores. Lo anterior determina que esta

sea la reposición adecuada para la obtención de papa consumo.

La reposición del 25% del agua evaporada en tanto -tratamientos T2(B\*25), T9(C\*25), T16(D\*25) y T23(G\*25)- genera altos rendimientos (levemente inferiores que lo producido bajo el 75% de reposición), aumentando el número de tubérculos por metro cuadrado y disminuyendo el peso promedio de los mismos. Lo anterior determina una mayor proporción de tubérculos calibre 35-45 milímetros y 45-55 milímetros, más aptos para papa semilla.

## VI. SUMMARY

For the purpose of promoting the savings in the utilization of water by the cultivation of the potato, the answer of the varieties 'Baraka', 'Desirée', 'Cardinal' and 'Granola' was evaluated under the daily application of six different reinstatements of water determined from the evaporation of tray occurred during the phase of filled of tuber, and a witness without the application of irrigation, during the season 2000/2001. The volumes applied corresponded to 0, 81, 162, 243, 324, 405 and 485 millimetres of water during the season.

It was found that the performance (Kghá-1), the number of tuber by square meter and the distribution of calibres, present differentiate statistical significant for the totality of the varieties in study. It was found also that important differences to average weight level exist (gr.) by tuber produced.

It was observed that the proportion of small tuber enlarges in conditions of water stress, with low levels of water applied and also with excess of it. Besides, it was found that the totality of the varieties respond with increases in their performances product of the application of irrigation in comparison with the results obtained in conditions of drought.

It was found that the reinstatement of the 75% of the water evaporated - processing T4(B\*75), T11(C\*75), T18(C\*75) and T25(G\*75)- though limits the number of tuber produced, enlarges the weight average of the same, favouring the proportion of greater calibres. The previous thing determines that this be

the adequate reinstatement for the obtaining of potato for consumption.

On the other hand, the reinstatement of the 25% of the water evaporated - processing T2(B\*25), T9(C\*25), T16(D\*25) and T23(G\*25)- generates high performances (lightly lower than the ones produced under the 75% of reinstatement), enlarging the number of tuber by square meter and diminishing the weight average of the same. The previous thing determines a greater proportion of tuber calibre 'b' and 'c', more apt for potato seed.

## VII.LITERATURA CITADA

- ARSE, F. 1996. Cultivo de la patata. Madrid, España. Ediciones Mundiprensa. 272 p.
- ARVIZA, F. 1996. Cultivo de la patata. Ediciones Mundiprensa. 272 p. Madrid, España.
- BAARVELD , H.; PEETEN, H. y STERK, T. 2000. *Cultivo de Patatas Profesional, La Siembra*. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. Segunda Edición. Editorial NEEVA. Instituto Holandés para el Fomento de la Venta de Productos Agrícolas. Holanda. [fecha de consulta: 05 de septiembre 2004] disponible en: <http://redepapa.org/nivaa.pdf>
- BANKS, E. 2003. Drip irrigation on potatoes. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. Ministry of Agriculture and Food, Ontario. 23 Octubre, 2003. [fecha de consulta: 05 de octubre 2004] disponible en: <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crop/hort/news/hortmatt/2003/25hrt03a1.htm>
- BENACCHIO, S. 1983. *Algunas exigencias ambientales del cultivo de la papa y situación en Venezuela*. FONAIAP Divulga. N° 13 noviembre - diciembre [en línea]: documento electrónico fuente en internet [fecha de consulta: 05 de septiembre 2004] disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd13/texto/algunasexigencias.htm>
- BENIOT, G. Y GRANT, W. 1985. Excess and deficient water stress effect on 30

years of aroostook country potatoes yields. American Potato Journal. 62(2): 49 - 55.

BOSNJAK, D. Y PEJIK, B. 1996. Potatoes water requirement in the Chernozem zone of Yugoslavia. *Acta Horticulturae*, Leuven [en línea]: documento electrónico fuente en internet. V.1, n.449. pp 211 - 215 [fecha de consulta: 01 octubre 2004] Disponible en: [http://www.actahort.org/books/449/449\\_29.htm](http://www.actahort.org/books/449/449_29.htm)

CANADA - SASKATCHEWAN Irrigation diversification centre. (1994). Irrigation Scheduling for potatoes. Agriculture and agri-food Canada. [en línea]: documento electrónico fuente en internet [fecha de consulta: 05 de septiembre 2004] disponible en: [http://www.agr.gc.ca/pfra/csfdc/potirr\\_e.htm](http://www.agr.gc.ca/pfra/csfdc/potirr_e.htm)

CAPPAERT, M.; POWELSON, M.; CHIRSTENSEN, N.; STEVENSON, W.; ROUSE, D. 1994. Assessment of irrigation as a method of managing potato early dying. *Phytopathology*. 84:792-800.

CORTBAOUI, R. 1993. Siembra de papa. Boletín de Información Técnica 11 CIP. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. Pp 81 - 96.

CASTILLO, L. 1997. *El Fenómeno mágico de la osmosis*. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. Segunda edición. México D.F. La Ciencia Para Todos. Fondo de Cultura Económica. [fecha de consulta: 05 de septiembre 2004] disponible en: <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/16/htm/fenomeno.htm>

DOMINGUEZ, A. 1989. Tubérculos y raíces. Tratado de fertilización, segunda edición. Madrid, España. Ediciones Mundiprensa. 601 p.

- DOOREMBOS, J. Y KASSAM, A. 1979. Estudio del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos. Riego y Drenaje. Roma, Italia. Estudio FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations. P 33.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. 1986. Yield response to water. Irrigation and Drainage. Roma, Italia. FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations. P 193.
- EKANAYAKE, I. 1994. Estudios sobre estrés por sequía y necesidades de riego en la papa. Guía de Investigación CIP 30. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 40 p.
- FAIGUENBAUM, H. 1987. Producción de cultivos en Chile, papa. Santiago, Chile. Publicitaria Torrelodones. 332 p.
- FERREYRA, R. y SELLES, G. 2000. Manejo del Riego; cuando el agua escasea. Tierra Adentro, Especial riego y drenaje. INIA Instituto de Investigaciones Agropecuarias (34):32 - 35.
- FUENTEALBA, J. 2001. La papa una planta C-3. *Revista de la Papa*. [en línea]: revista electrónica fuente en internet. Año 3. N° 10. Diciembre 2001. Pp 6-7 [fecha de consulta: 20 de octubre del 2004]. Disponible en: <http://www.redepapa.org/papaC3.pdf>
- GONZÁLEZ, ESTÉVEZ, CASTILLO, SALOMÓN, HERNÁNDEZ, OLIVIA, MORÉ y ORTIZ (2002).
- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseños de sistemas de riego. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Editorial Ilca, Costa Rica. 433p.
- HAVERCORT, A. 1986. Manejo de agua en la producción de papa. Boletín de

- Información Técnica 15 CIP. Lima, Perú. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Centro Internacional de la Papa. 24 p.
- HINRICHSEN, D.; BRYANT, M y USHMA D. 1998. Agricultura; Producir más con menos. Publicación del Population Information Program, Center for Communication Programs. Volumen XXVI, Número 1. Septiembre de 1998. [en línea]: documento electrónico fuente en internet [fecha de consulta: 20 de octubre del 2004]. Disponible en: <http://www.infoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14creds.shtml#top>
- HUAMAN, Z. 1986. Botánica Sistemática y Morfológica de la Papa. Boletín de Información Técnica 6 CIP. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 22p.
- JARA, J. 1999. Relaciones agua - planta - producción. En: XI<sup>as</sup> Jornadas de Extensión Agrícola. (21 - 22 de octubre, 1999, Temuco, Chile). Avances en Tecnología de Riego y Mecanización. (Temuco, Chile). Universidad Católica de Temuco. pp 30 - 34.
- JEREZ, J.; SIMPFENDÖRFER, C. 2000. Efecto del riego en cultivos de papa. Tierra Adentro. Especial riego y drenaje. INIA Instituto de Investigaciones Agropecuarias (34): 36 - 38.
- KALAZICH, J. 1993. Nuevas variedades de papa, objetivos, aptitudes y usos. En: 5° Jornadas de extensión Agrícola. "Manejo Agronómico del Cultivo de Papa y las perspectivas de mercado". Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.
- KLASSEN, G.; MILLS, G. Y GEISEL B. 2001. Potato Production. Irrigation. [en línea]: documento electrónico fuente en internet [fecha de consulta: 05 enero 2004]. Disponible en: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/potatoes/bda01s11.html>

KING, B.; STARK, J. 2000. *Potato irrigation management*. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. University of Idaho, Coperative extension system, College of agriculture. [fecha de consulta: 15 de septiembre 2004]. Disponible en: <http://info.ag.uidaho.edu/resources/PDFs/BUL0789.pdf>

MALDONADO , I. 1993. *Sistema de validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos de riego, en el área del proyecto PROMM Canal Cayupil y Peleco* [en línea]: documento electrónico fuente en internet. CGIAB, Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia.[fecha de consulta: 15 de septiembre 2004]. Disponible en: [http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos\\_verde/TC-006.htm](http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-006.htm)

MARTINEZ, C; MORENO, U. 1992. Expresiones fisiológicas de resistencia a la sequía en dos variedades de papa sometidas a estrés hídrico en condiciones de campo. Revista Brasileira de Fisiología Vegetal 4(1): 33-38.

MIDMORE, D. 1998. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación 24. Lima, Perú. CIP, Centro Internacional de la Papa. 15 p.

MILLER, E. y MARTIN, M. 1983. Effect of daily irrigation rate and soil texture on yield quality of Russet Burbank potatoes. *American Potato Journals*. 60(10):745 - 757.

MILLER, E. y MARTIN, M. 1985. Effect of water stress during tuber formation on subsequent growth and internal defect in Russet Burbank potatoes.

American Potato Journal. 62(2):83 - 89.

NISSEN, J. 1999. Experiencias hídricas preliminares en la décima región de Chile. En: XI<sup>as</sup> Jornadas de Extensión Agrícola. Avances en Tecnología de Riego y Mecanización (21 - 22 octubre, 1999 Temuco, Chile). Universidad Católica de Temuco. pp 19 - 29.

NOGALES, A.; RIVERA, R. y DUARTE, N. 2002. *Lâminas de irrigação para produção de batata - semente em plântulas propagadas in vitro*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v6, n.3, p.409 - 413. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. [fecha de consulta: 05 de octubre 2004]. Disponible en: <http://www.agriambi.com.br/revista/v6n3/409.pdf>

PORTER, A.; OPENA, G.; BRADBURY, W.; MCBURNIE, J.; SISSON, J. 1999. Soil management and supplemental irrigation effect on potato: I. Soil properties, tuber yields and quality. Agronomy Journal. 91(3): 416 - 425.

ROJAS, M. 2003. Resistencia a la sequía. Ciencia UANL. VI(3):326 - 331, julio - septiembre 2003.

ROMÁN, M. y HURTADO, G. 2002. *Cultivo de la papa*. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. El Salvador. Guía Técnica. CENTA. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. [fecha de consulta: 15 de septiembre 2004]. Disponible en: <http://redepapa.org/roman.pdf>

SANDOVAL, J. 1993. Planificación y manejo del riego en el cultivo de la papa. En: 5<sup>o</sup> Jornadas de Extensión Agrícola. (26 - 27 agosto, 1993, Temuco, Chile). Manejo Agronómico del Cultivo de la Papa y las Perspectivas de Mercado. Universidad Católica de Temuco. pp 60-74.

- SEPÚLVEDA, P.; LÓPEZ, H y NÚÑEZ, D. 1999. Efecto de diferentes niveles de humedad en el suelo sobre el desarrollo del carbón de la papa (*Angiosorus solani*) en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) bajo condiciones de invernadero. Agricultura Técnica. 60(4):313 - 319. Octubre - diciembre 2000.
- SIERRA, C. 1993. Fertilización del cultivo de la papa. En: 5º Jornadas de Extensión Agrícola. (26 - 27 de agosto, 1993, Temuco, Chile). Manejo Agronómico del Cultivo de la Papa y las Perspectivas de Mercado. Universidad Católica de Temuco. pp 21 - 24.
- SING, S. 1989. Tomato Yield as Related to Drip Lateral Spacing and Fertilizer Applications on total and Wetted Area Basis. Canadian Journal of Plant Science. 69(3): 991-999.
- SOBOH, G., SULLY, R. y HOPKINS, H. 2000. Mecanismos para incrementar el número de tubérculos. *Boletín de la Papa*, RedePapa. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. Vol.3, nº4, 28 de febrero, 2001. De: *Australian Potato Research*. (31 de julio - 02 de agosto, 2000, Adelaide, Australia). Development and Technology Transfer Conference. [fecha de consulta: 05 de octubre 2004]. Disponible en: <http://www.redepapa.org/boletintreintacuatro.html>
- SOLANO, J.; MEDINA, L.; FERNANDEZ M. 1999. Efecto de niveles y frecuencias de agua aplicada mediante aspersión, sobre la distribución de calibres y rendimiento comercial de papa en la XI región. En: XI<sup>as</sup> Jornadas de Extensión Agrícola. (21 - 22 de octubre, 1999, Temuco, Chile). Avances en Tecnologías de Riego y Mecanización. Universidad Católica de Temuco. pp 35 - 57.
- SOLÓRZANO G.; LACRUZ C.; GARCÍA A.; BECERRA F. 1993. Riego en el cultivo de

la papa (*Solanum tuberosum*) y su efecto sobre el ataque de polilla a nivel de tubérculo. *FONAIAP Divulga*. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado de Mérida. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. (44) septiembre - diciembre, 1993 [fecha de consulta: 10 de junio 2004]. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd44/texto/riego.htm>

STALHAM, M. y ALLEN, E. 2001. Effect of variety, irrigation regime and planting date on depth, rate, duration and density of root growth in the potato (*Solanum tuberosum*) crop. The Journal of Agriculture Science. Cambridge University Press (137):251 - 270.

STRUCHTEMEYER A.; EPSTEIN, E. y GRANT, J. 1963. Some effects of irrigation and soil compaction on potatoes. American Potato Journal. 40:pp 266 - 270.

TÁCHIRA, E. 1993. Variedades de papa y manejo de semilla. *FONAIAP Divulga*. [en línea]: documento electrónico fuente en internet. (10) mayo - julio, 1983. [fecha de consulta: 10 de junio 2004]. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd10/texto/variedadesdepapa.htm>

TOSSO, J.1985. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones +Agropecuarias. Ministerios de Agricultura. Santiago, Chile. Primera edición. 723 p.

VALDÉS, M. 1997. Riego por goteo. Agraoanálisis 152: 18p.

VAN LOON, D. 1981. The effect of water stress on potato growth development, and yield. American Potato Journal. 58(1): 51- 69.

VARAS, B. 2000. Efecto del Riego en la Producción y Calidad de la Papa (*Solanum*

tuberosum L.). INIA CRI RAIHUEN. [en línea]: documento electrónico fuente en internet [fecha de consulta: 15 de junio 2004]. Disponible en: [http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos\\_verde/TC-153.htm](http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-153.htm)

VARAS, E.; PARKER, J.; CLARET. M.; MARDONES, R. 1995. Frecuencia de riego en papa. Tierra Adentro. pp: 34 - 36.

YUAN, B.; NISHIYAMA S.; KANG Y. 2003. Effect of different irrigation regimes on the growth and yield of drip - irrigated potato. Agricultural Water Management 63 (2003) 153 - 167