

# **RESPUESTA DE LA APLICACIÓN DE UN FERTILIZANTE FOLIAR SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD INDUSTRIAL DE PAPA cv. INNOVATOR**

**Izaskun Ruiz de Apodaca Sanz**

Trabajo de tesis para ser presentado como requisito  
parcial para optar al Título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA**

Unidad Integrada Balcarce: Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP – Estación  
Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA

**Balcarce, Argentina**

**Junio de 2011**

**RESPUESTA DE LA APLICACIÓN DE UN FERTILIZANTE  
FOLIAR SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD INDUSTRIAL  
DE PAPA cv. INNOVATOR**

**Izaskun Ruiz de Apodaca Sanz**

**Comité Consejero:**

.....

Directora de Tesis. Ing. Agr. María Cristina Monti

.....

Co-Directora de Tesis. Ing. Agr. (M. Sc.) Silvia Capezio

.....

Asesor. Ing. Agr. (Ph. D.) Marcelo Huarte

**RESPUESTA DE LA APLICACIÓN DE UN FERTILIZANTE  
FOLIAR SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD INDUSTRIAL  
DE PAPA cv. INNOVATOR**

**Izaskun Ruiz de Apodaca Sanz**

**Aprobada por:**

.....

Directora de Tesis. Ing. Agr. María Cristina Monti

.....

Co-Directora de Tesis. Ing. Agr. (M. Sc.) Silvia Capezio

.....

Asesor. Ing. Agr. (Ph. D.) Marcelo Huarte

.....

Delegado del Decano

## DEDICATORIA

Urte hontan urrun egon diren arren hurbiletik jarraitu nautenei. Bereziki ama, aita eta Amaiari. Familia eta lagunei. Baita Ivani, momentu guztietan nere alboan egon izanagatik. Bihotzez eskerrak eman nahi dizkizuet, zuengatik heldu bainaiz izatera gaur naizena.

## AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Agr. Cristina Monti y la Ing. Agr. Silvia Capezzio (MsC), por su tiempo, su dedicación, su orientación, sus conocimientos transmitidos y su apoyo constante.

Al Dr. Marcelo Huarte, por sus aportes y visión clara del tema.

A Paola Ceroli y a Gisela Lagos, por su gran colaboración.

A mis dos familias argentinas, a Laura, y a Luis, por su respaldo permanente y su paciencia.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURA.....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1. Calidad de la papa destinada a procesamiento industrial.....	4
1.1. Materia seca.....	4
1.2. Almidón/azúcares reductores.....	5
1.3. Ácido ascórbico.....	5
1.4. Contenido de fenoles y susceptibilidad al pardeamiento enzimático.....	5
1.5. Características sensoriales de papas fritas en bastones.....	6
2. Fertilización.....	6
2.1. Boro.....	7
2.2. Molibdeno.....	8
2.3. Citocininas.....	8
2.4. Fertilización con boro, molibdeno y citocininas.....	9
III. HIPÓTESIS.....	10
IV. OBJETIVOS.....	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
1. Ensayo a campo.....	11
2. Análisis fisicoquímicos y sensoriales.....	13
2.1. Peso específico.....	14
2.2. Materia seca.....	14

2.3. Contenido de almidón.....	14
2.4. Decoloración enzimática.....	15
2.5. Color de chips.....	15
2.6. Fenoles totales.....	16
2.7. Ácido ascórbico.....	16
2.8. Papas fritas en bastones.....	16
3. Análisis estadístico.....	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
1. Observaciones del material vegetal durante el cultivo.....	19
2. Análisis del rendimiento y el aspecto de los tubérculos.....	21
3. Análisis del peso específico, materia seca y contenido de almidón.....	23
4. Análisis del ácido ascórbico, fenoles totales, color de chips y decoloración enzimática.....	25
5. Correlación entre los coeficientes del color y la composición de los tubérculos.....	28
6. Análisis sensorial de papas fritas en bastones.....	30
6.1. Longitud.....	30
6.2. Firmeza.....	31
6.3. Color externo, dureza, granulosis, humedad y aceitosidad residual.....	31
6.4. Crocantesz.....	31
6.5. Harinosidad.....	31
VII. CONCLUSIONES.....	32
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<p><b>Tabla 1.</b> Contenido de macro y micronutrientes, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica en el suelo en el momento de la plantación. Balcarce 2010/11.....</p>	11
<p><b>Tabla 2.</b> Descripción de los tratamientos.....</p>	12
<p><b>Tabla 3.</b> Medias de componentes del rendimiento de los tres tratamientos y medias del aspecto del tubérculo. Balcarce 2010/11.....</p>	22
<p><b>Tabla 4.</b> Medias del aspecto del tubérculo, número de tallos, número de tubérculos y número de tubérculos por tallo para cada tratamiento. Balcarce 2010/11.....</p>	23
<p><b>Tabla 5.</b> Medias de peso específico y porcentajes estimados de materia seca y almidón de los tres tratamientos.....</p>	24
<p><b>Tabla 6.</b> Medias de peso específico y porcentajes analíticos de materia seca y almidón de los tres tratamientos.....</p>	25
<p><b>Tabla 7.</b> Medias de ácido ascórbico y fenoles totales y color de chips de los tres tratamientos.....</p>	26
<p><b>Tabla 8.</b> Medias de los parámetros L*, a*, b* y HUE, que definen la decoloración enzimática para los tres tratamientos.....</p>	27
<p><b>Tabla 9.</b> Correlaciones entre los coeficientes de color y la composición de los tubérculos.....</p>	29
<p><b>Tabla 10.</b> Valores promedio de los descriptores de los tres tratamientos.....</p>	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Esquema de trabajo con las muestras en el laboratorio.....	14
<b>Figura 2.</b> Planilla de evaluación sensorial de papas fritas en bastones.....	17
<b>Figura 3.</b> Peso fresco de follaje y raíz para tres tratamientos de fertilización en cuatro momentos de crecimiento de la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.....	20
<b>Figura 4.</b> Peso fresco de tubérculo para tres tratamientos de fertilización en cuatro momentos de crecimiento de la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.....	20
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de materia seca acumulada en tubérculo para tres tratamientos de fertilización en cuatro momentos de crecimiento de la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.....	21
<b>Figura 6.</b> Rendimiento total y utilizable de los tres tratamientos de fertilización en la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.....	22
<b>Figura 7.</b> Evolución de los valores L* del homogeneizado para los tres tratamientos.....	28
<b>Figura 8.</b> Evolución de los valores HUE del homogeneizado para los tres tratamientos.....	28

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de un fertilizante compuesto de B, Mo y citocininas (BoMoCy) sobre el rendimiento y la calidad industrial del cultivar de papa Innovator, ampliamente utilizado por la industria en el Sudeste Bonaerense. Se realizó un ensayo a campo usando un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Se probaron dos dosis de fertilizante: T.1 = Aplicación de 2l/ha a los 35 días después de plantación (DDP) y 3 l/ha a los 50 DDP; T.2= Aplicación de 2 l/ha a los 35 y 50 DDP y de 3 l/ha a los 75 y 90 DDP; y, un testigo (T.0), sin aplicación.

Para elaborar curvas de crecimiento se tomaron muestras de plantas en cuatro momentos del ciclo del cultivo y se registraron los pesos fresco y seco del follaje, la raíz y los tubérculos. A la cosecha se determinó el rendimiento total y se registró el peso de tubérculos clasificados por tamaño.

En los tubérculos se determinó peso específico, materia seca, contenido de almidón, fenoles totales, ácido ascórbico, decoloración enzimática y la calidad de productos fritos. Se realizaron análisis de varianza de las variables medidas y análisis de correlación entre los coeficientes de color del pardeamiento enzimático ( $L^*$  y hue) y las variables de calidad industrial.

La aplicación del fertilizante no produjo un aumento del peso fresco, peso seco en los tubérculos, raíces y estolones, y follaje, ni mayor contenido de materia seca en los cuatro estadios de cultivo que el testigo. El BoMoCy en el cultivar Innovator no incrementó el rendimiento agronómico ni mejoró la calidad industrial del cultivar de papa Innovator. En el análisis de correlación tampoco se observaron resultados relevantes.

Todo parece indicar que la aplicación del fertilizante no influye en la tasa de movilización de carbohidratos hacia los tubérculos.

Palabras clave: regulador de crecimiento, boro, molibdeno, citocininas, calidad sensorial.

## I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) se ha cultivado durante miles de años. Originaria del altiplano en los Andes, entre Perú y Bolivia (Burton, 1966), fue introducida en Europa por los españoles a mediados del siglo XVI (Hawkes, 1967; Thornton; Sieczka, 1980). Las condiciones adecuadas de clima y suelo han permitido la propagación de la papa progresivamente en todos los continentes, sobre todo en regiones templadas y áreas montañosas (Lisinska; Leszczyński, 1989).

La papa es uno de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial. El tubérculo como parte comestible de la planta es un alimento básico para muchas personas, sobre todo en Europa y América (Sulaiman, 2005). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el 2008 el cultivo ocupa el cuarto lugar en producción, después de cultivos como el maíz, el trigo y el arroz. La producción mundial en 2007 fue de más de 325 millones de toneladas, siendo China, Rusia, India, USA y Ucrania los cinco mayores productores. Hoy en día, la papa se está convirtiendo en algo más que un alimento de primera necesidad. Las industrias alimentarias y otras industrias basadas en la papa están creciendo rápido en todo el mundo. Esta expansión en las utilidades de la papa hace que sea de importancia clave la calidad del tubérculo (Sulaiman, 2005).

Argentina es el tercer mayor productor de papa en América Latina, después de Perú y Brasil. Según la FAO (2008) en Argentina las papas fueron el octavo cultivo alimenticio más importante después de los cultivos de soja, caña de azúcar, maíz, trigo, girasol, sorgo y uvas, con una superficie de 68.000 ha cosechadas y un rendimiento de casi 30 toneladas por hectárea.

En Argentina, se consume principalmente como producto natural sin procesos industriales. Sin embargo, su empleo como producto procesado está adquiriendo más importancia. Actualmente se destaca la producción de papas fritas congeladas, papas fritas en hojuelas y productos prefritos formulados (Trincheró *et al.*, 2007).

El sector agroindustrial establece unos requerimientos cualitativos para la comercialización de la papa, basándose en los criterios sobre los que juzga el

consumidor del producto final. Las características de calidad de los tubérculos dependen del componente genético de las variedades, de las condiciones ambientales y del manejo agronómico (Trinchero *et al.*, 2007). Uno de los factores principales que va a determinar la calidad del tubérculo dentro del manejo del cultivo es la fertilización.

El cultivo de papa requiere cantidades significativas de nutrientes para obtener rendimientos elevados. Sin embargo, es necesario realizar un manejo racional de la fertilización para maximizar el rendimiento, obtener tubérculos de calidad y no producir efectos adversos en el ambiente (Echeverría, 2005).

El Sudeste Bonaerense, entre los sistemas montañosos de Tandil y Ventania es la principal área productora de papa de consumo e industria de todo Argentina (Caldiz, 2007). Los suelos en esta región se caracterizan por ser Argiudoles con un contenido de materia orgánica superior a  $5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  y un pH levemente ácido que favorece la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes (Echeverría; Ferrari, 1993). Además, las condiciones favorables del ambiente promueven la obtención de altos rendimientos en esta zona (Caldiz, 2007).

Entre los nutrientes requeridos por las plantas se encuentran el boro y el molibdeno, considerados micronutrientes esenciales (Manahan, 2007). La planta requiere los micronutrientes normalmente en cantidades minúsculas, pero aún así son vitales para su crecimiento (Beason, 1941; Camp, 1945; Mulder; Gerretsen, 1952; Wallace, 1957). Una incorporación de los micronutrientes a los fertilizantes líquidos es ventajosa, ya que se puede proveer en forma homogénea las pequeñas cantidades de nutrientes requeridas por las plantas (Morel, 1971) que no obtienen del suelo.

Además de la incorporación de micronutrientes a los fertilizantes se les pueden agregar reguladores de crecimiento. Los reguladores son compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes que, en pequeñas cantidades, fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal. No se limitan a los compuestos sintéticos, sino que puede incluir también hormonas, por ejemplo las citocininas (Lira, 1994). Las citocininas en el cultivo de la papa juegan un papel importante en la formación del tubérculo, ya que son necesarias para estimular la división celular y el crecimiento de células radiales (Ferne; Willmitzer, 2001).

La aplicación conjunta de boro, molibdeno, y la hormona citocinina mediante la fertilización foliar, actúa neutralizando el Ácido Indol Acético (IAA) en los puntos de crecimiento y provocando que los carbohidratos que se producen en las hojas se transloquen hacia los tejidos de almacenamiento, mejorando la calidad de los tubérculos (Stoller, 2007).

En este trabajo se presentan los resultados de una evaluación realizada con la finalidad de observar cómo afecta la aplicación de diferentes dosis de un fertilizante que contiene los micronutrientes boro y molibdeno y el regulador de crecimiento citocinina en el rendimiento del cultivo y las variables que determinan la calidad industrial y sensorial de los tubérculos del cultivar Innovator bajo las condiciones del Sudeste Bonaerense.

El efecto de este fertilizante ha sido investigado por parte de la empresa Stoller® encargada de comercializar el producto, quién muestra resultados beneficiosos en cultivos como café, árboles frutales (ciruelo y melocotonero), caña de azúcar, tomate, piña y papa. La empresa encargada sugiere la aplicación en el cultivo de papa de una dosis de 1.5 Litros/ha, cada 2 semanas a partir del inicio de formación de tubérculos, consiguiendo así un tubérculo de mejor peso, más sólidos solubles y, por lo tanto, de mayor calidad. Esta acción se complementa con la aplicación de 4.0 Litros/ha de 4 a 3 semanas antes de defoliar la papa.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las características de calidad determinantes para el procesamiento de la papa están definidas por parámetros físico-químicos como el contenido de materia seca, relación entre almidón y azúcares reductores, el contenido de ácido ascórbico y de fenoles, y la susceptibilidad al pardeamiento enzimático (Andrade, 1997). Todas estas características de calidad están determinadas por la variedad, las condiciones de crecimiento, las condiciones ambientales y las prácticas culturales durante el periodo de crecimiento. Dentro de estas últimas la fertilización ejerce una importante influencia.

### 1. Calidad de la papa destinada a procesamiento industrial

#### 1.1. Materia seca

Uno de los criterios de calidad más significativos para la industria del procesamiento de la papa es el contenido de materia seca. La materia seca condiciona la harinosidad, la consistencia del puré y las características físico-químicas de los productos fritos (Gravouille; Gehanne, 1990). Niveles elevados de este parámetro mejoran la consistencia de los purés, hacen que los chips sean más crujientes, aumenta el rendimiento industrial y disminuye la retención de aceite en los productos fritos (Ritter; Ruiz de Galarreta, 2006). En Argentina, el contenido mínimo de materia seca que exige la industria es de 18% (Caldiz; Gaspari, 1997).

Los glúcidos representan la parte más importante de la materia seca, que está constituida en sus tres cuartas partes por almidón. Esta sustancia de reserva se forma en el tubérculo a partir de la sacarosa elaborada por el follaje, como consecuencia de la fotosíntesis, pero puede ser reconvertida en glucosa bajo la acción de diferentes enzimas. En el tubérculo hay un equilibrio almidón/azúcares solubles variable durante el ciclo vegetativo y el período de conservación. Los azúcares solubles del tubérculo de la papa son esencialmente la sacarosa y los azúcares reductores (glucosa y fructosa) (Rouselle *et al.*, 1999).

## 1.2. Almidón/azúcares reductores

Cuando el balance dinámico entre almidón y azúcares reductores se modifica a favor de estos últimos, el valor de los tubérculos destinados al procesamiento se ve reducido (Caldiz, 2007). Esto se debe principalmente a que los azúcares reductores pueden reaccionar con los aminoácidos durante la fritura de las papas dando alteraciones de color y sabor perjudiciales para la presentación de productos terminados (Roe; Faulks, 1991; Roe *et al.*, 1990; Sowokinos *et al.*, 1987; Marquez; Añon, 1986). Este fenómeno se conoce con el nombre de reacción de Maillard o con el de pardeamiento no enzimático.

## 1.3. Ácido ascórbico

Las dos formas predominantes de vitamina C son: L-ácido ascórbico (AA) y L-ácido dehidroascórbico (DHAA); sin embargo, los términos de vitamina C y ácido ascórbico son frecuentemente utilizados como sinónimos (Bates, 1997). La cantidad diaria recomendada para consumo humano de vitamina C oscila entre los 30 y los 120 mg (Han *et al.*, 2004), y los tubérculos recién cosechados pueden contener más de 30mg por 100g de peso fresco de vitamina C (Haase; Weber, 2003). Por todo esto, el AA, como parámetro de calidad de los tubérculos, debería mantenerse en unos niveles apropiados.

El ácido ascórbico participa en otra ruta de pardeamiento no enzimático, ya que se somete a una reacción química similar a la de los azúcares, pero sin que los aminoácidos sean necesarios para el pardeamiento. La oxidación del ácido ascórbico es catalizada por el pH bajo y temperaturas elevadas. Los productos de descomposición resultantes de la oxidación del ácido ascórbico causan una coloración marrón, y la pérdida de valor nutritivo (Lab-Ferrer, s.f.). Hasse y Weber (2003), observaron una disminución considerable en el nivel de L-ácido ascórbico durante el procesado de papas fritas en bastones y chips.

## 1.4. Contenido de fenoles y susceptibilidad al pardeamiento enzimático

Entre las reacciones que producen cambios en el color de la papa se encuentra también el pardeamiento enzimático catalizado por la enzima polifenol oxidasa (PPO).

En el tejido intacto del tubérculo, los sustratos fenólicos se encuentran separados de las fenolasas, por lo que no se produce pardeamiento (Fennema, 1993). El pardeamiento se inicia cuando el tubérculo se corta y se expone la superficie de corte al aire, debido a la oxidación enzimática de los fenoles a quinonas (Cilliers; Singleton, 1989; Singleton, 1987). Estas quinonas polimerizan espontáneamente para formar compuestos pardos o negros llamados melaninas (Reyes-Moreno *et al.*, 2001). Esta reacción produce un deterioro en el flavor, color y calidad nutricional de la papa (Lee; Whitaker, 1995). Dos de los parámetros que se utiliza para la evaluación del color del pardeamiento son  $L^*$  y  $h^\circ$ . El valor  $L^*$  indica el grado de luminosidad y, el valor  $h^\circ$  indica el tono del producto (Papadakis *et al.*, 2000).

Mondy *et al.* (1967) demostró que el pardeamiento enzimático se correlacionaba positivamente con la concentración fenólica de papas. Corsini *et al.* (1992) más tarde confirmó las conclusiones de Mondy *et al.* (1967).

### 1.5. Características sensoriales de papas fritas en bastones

La descripción de las propiedades sensoriales de un producto (longitud del bastón, firmeza, color externo, dureza, crocantez, harinosidad, humedad, granulosis y aceitosidad residual) se puede realizar a través de los perfiles sensoriales, donde se considera el orden de percepción de los atributos y se asigna un valor de intensidad para cada uno (IRAM 20019, 2004). El color, junto con la textura y la aceitosidad de las papas fritas son los atributos más importantes para determinar la calidad sensorial el tubérculo (Van Boekel, 1998, Thybo *et al.*, 2000; Thygesen *et al.*, 2001; Lee; Park, 2005).

## 2. Fertilización

No hay publicaciones sobre la aplicación del fertilizante compuesto de boro (8%), molibdeno (0,004%) y citocininas (0,0008%) en papa. Sin embargo, son varios los ensayos que han estudiado el efecto que produce la aplicación exógena de boro, molibdeno o citocininas, sobre el rendimiento agronómico de las plantas y sobre factores que determinan la calidad industrial del tubérculo.

## 2.1. Boro

Warrington (1923) demostró que el boro (B) es un micronutriente esencial para las plantas superiores. Pese a ser el micronutriente que mayores concentraciones molares presenta en plantas dicotiledóneas, el conocimiento de su papel fisiológico es aún limitado (Will *et al.*, 2011)

Las plantas absorben el B de la solución del suelo principalmente bajo la forma de ácido bórico  $\text{H}_3\text{BO}_3$  no disociado, aunque parece que se absorbe de forma activa como anión borato  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  en algún grado. Se transporta vía xilema, y el ritmo de transpiración ejerce una influencia decisiva sobre el transporte de este elemento hasta las partes altas de la planta, donde se acumula en los puntos de crecimiento, es decir, en hojas y en tallos (Blevins; Lukaszewski, 1998). Una vez en las partes más altas de la planta es difícil su re-translocación, ya el B se queda fijado al apoplasto. Actualmente se sabe que es móvil en el floema de aquellas especies que utilizan polioles (azúcares simples: sorbitol, manitol) (Bielecki, 2005), como metabolitos fotosintéticos primarios con alta afinidad para formar complejos estables con el B. Estos compuestos facilitan la re-translocación desde hojas viejas hasta los órganos de destino como hojas jóvenes en desarrollo, raíces, frutos y tejidos meristemáticos (Brown *et al.*, 1999; Shelp *et al.*, 1998; Brown; Hu, 1996; Delgado *et al.*, 1994).

La movilidad del B ha sido observada principalmente en plantas de la familia *Rosaceae* (p.ej., manzano, cerezo, melocotonero), que tienen un nivel elevado del poliol sorbitol en la savia del floema, y también en aquellas ricas en manitol, correspondientes a la familias *Apiacea* (zanahoria y apio), *Brassicaceae* (brocoli y coliflor), *Fabaceae* (guisante, frijol) y *Oleraceae* (olivo) (Brown; Shelp, 1997; Bielecki, 1982).

Las respuestas favorables a las aplicaciones foliares de B en el rendimiento han sido observadas en las especies *Prunus*, *Malus* y *Pyrus* (Brown; Shelp, 1997). En papa, Bernal y Gómez (2004) evaluaron la respuesta de la papa criolla Colombiana a diferentes dosis de microelementos, y encontraron efecto significativo en los tratamientos de boro para las variables rendimiento total y tamaño de tubérculos, pero no señalaron efectos en los contenidos de materia seca.

Hopkins *et al.* (2007) no encontraron respuesta significativa a las aplicaciones foliares de B en el rendimiento del cultivo de papas Russet Burbank, a pesar de que los análisis de suelo sugerían una respuesta potencial.

La importancia del B también se ha visto reflejada en el metabolismo de los fenoles. Mondy *et al.* (1965), utilizando tres cultivares, Ontario, Katahdin, y Pontiac, encontraron que el uso foliar de boro disminuía la decoloración de las papas. Mondy *et al.* (1993) señaló que el empleo de boro mediante la aplicación foliar durante el crecimiento de plantas de papas disminuía considerablemente la decoloración enzimática y la concentración fenólica en los tubérculos.

Según Mondy *et al.*, (1993), el ácido ascórbico, uno de los principales aportes nutritivos de la papa, también aumenta considerablemente fertilizando foliarmente con boro. El aumento de la concentración del ácido ascórbico debido a la fertilización con boro, hace el tubérculo más nutritivo, debido a que es conocido que la papa suministra hasta un 50 % de la cantidad diaria recomendada de esta vitamina.

## 2.2. Molibdeno

La planta absorbe este micronutriente en forma de ión molibdato ( $\text{Mo O}_4^{2-}$ ) en pequeñas cantidades (Urbano, 1992). La presencia del Mo es indispensable para la fijación de nitrógeno atmosférico (Evans *et al.*, 1950; Mulder, 1948), y para la reducción del nitrato (Beevers; Hageman, 1980). La fertilización de Mo en tomates, coles de Bruselas, coliflor, colza, col rizada, cebada y remolacha azucarera implicó el incremento del contenido de ácido ascórbico (Hewitt *et al.*, 1950). Munshi y Munshi (1988) demostraron incrementos de ácido ascórbico en papa. Sin embargo, no observaron diferencias significativas en la decoloración enzimática y en el contenido de fenoles totales con la aplicación del fertilizante del agregado de molibdato de sodio.

## 2.3. Citocininas

Actualmente se sabe que las citocininas regulan varios procesos en las plantas, tales como el crecimiento de yemas axilares, la inhibición del crecimiento de la raíz, el retraso de la senescencia y la regulación de la relación fuente-sumidero. En papa, las citocininas juegan un papel importante en la formación del tubérculo, ya que son

necesarias para estimular la división celular y el crecimiento de células radiales. Con la aplicación exógena de citocininas se ha logrado inducir la formación de tubérculos, y la acumulación de almidón en estolones cultivados de papa *in vitro* (Ferne; Willmitzer, 2001). A pesar del intenso trabajo sobre el efecto que producen las citocininas en el desarrollo del tubérculo, el papel exacto de las mismas en la formación del tubérculo de la papa sigue sin estar claro (Purushothama; Nisha, 2007).

#### 2.4. Fertilización con boro, molibdeno y citocininas

El fertilizante compuesto de boro (8%), molibdeno (0,004%) y citocininas (0,0008%), actúa neutralizando el Ácido Indol Acético (IAA) en los puntos de crecimiento y provocando que los azúcares u carbohidratos que se producen en las hojas se transloquen hacia los tejidos de almacenamiento, mejorando la calidad de los tubérculos. La mayoría de los ensayos agronómicos que han utilizado es fertilizante los ha llevado a cabo la empresa Stoller®, encargada de su comercialización. En ellos se ha estudiado cómo afecta la aplicación del producto en *Vitis vinífera* L., *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Prunus domestica* L. y *Lycopersicon esculentum* Mill. En vid los resultados indicaron que, con la aplicación del producto se obtuvieron unos racimos de mayor peso y de mayor calibre que sin aplicación alguna. En árboles frutales se observó un efecto positivo sobre el tamaño, sabor, jugosidad y calidad en general del fruto.

En papa, según Stoller®, con la aplicación de este producto se obtendrían tubérculos de mejor peso, más sólidos solubles y, por lo tanto, de mayor calidad. Aunque, un estudio de rendimiento y calidad industrial en papa realizado en el INTA Balcarce (2005) no obtuvo resultados concluyentes para este cultivo, aplicando las dosis recomendadas por la empresa Stoller®.

Considerando la importancia de la calidad de la materia prima para obtener productos elaborados comercialmente competitivos, en este trabajo se evalúa el efecto del producto compuesto de B, Mo y citocininas sobre el rendimiento del cultivo y la calidad de los tubérculos, en un cultivar de papa para industria (Innovator) ampliamente utilizado por la industria en el sudeste Bonaerense.

### III. HIPÓTESIS

Las hipótesis de trabajo son:

- La aplicación del fertilizante compuesto de boro, molibdeno y citocininas (BoMoCy) en el cultivo de papa incrementa el rendimiento de tubérculos y otras variables de crecimiento de la planta.
- La aplicación del fertilizante compuesto de boro, molibdeno y citocininas mejora la calidad industrial del cultivar de papa Innovator.

### IV. OBJETIVOS

El objetivo general es:

- Evaluar el efecto del fertilizante BoMoCy en dosis diferentes sobre variables vegetativas y sobre variables químicas que afectan la calidad industrial.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar el efecto del fertilizante BoMoCy sobre el peso fresco, peso seco de los tubérculos, raíces y estolones, y follaje, y el contenido de materia seca de los tubérculos en cuatro estadios de cultivo.
- Evaluar el rendimiento final del cultivo.
- Evaluar el efecto del fertilizante BoMoCy sobre los contenidos de almidón, fenoles totales, ácido ascórbico, así como sobre la decoloración enzimática de los tubérculos.
- Evaluar el efecto del fertilizante BoMoCy sobre la calidad de productos fritos.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Ensayo a campo

Se realizó un ensayo a campo en el cual se plantó el cultivar Innovator. La plantación se realizó mecánicamente el día 20 de octubre de 2010, utilizando un diseño en bloques completos aleatorizados, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 0,85 m entre sí.

Se realizó un análisis de suelo que se muestra en la Tabla 1. Los resultados mostraron una baja concentración de los micronutrientes B y Zn y unos niveles adecuados de los elementos Ca, Mg y K .

**Tabla 1. Contenido de macro y micronutrientes, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica en el suelo en el momento de la plantación. Balcarce 2010/11.**

Características	Estrato 0-20 cm
P (ppm)	21,8
M.O (%)	4,5
N <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> (ppm)	16,2
S <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> (ppm)	4,2
pH	6,1
C.E (mmhos/cm)	0,28
Ca (meq/ 100g)	12,2
Mg (meq/ 100g)	2,1
K (meq/ 100g)	1,8
Na (meq/ 100g)	0,39
PSI	2,37
Zn (ppm)	1,1
Fe (ppm)	106,2
Cu (ppm)	2,9
Mn (ppm)	41,5
B (ppm)	0,68

Para el ensayo se utilizó una parcela que se preparó con dos pasadas de cincel, cinco pasadas de rastra de discos y una de cultivador de campo.

A la plantación se fertilizó con 200 Kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) y al aporque con 200 kg/ha de urea (46-0-0).

Se realizó una aplicación preemergencia con los herbicidas Dual (principio activo: S-metacloro) y Sencorex (principio activo: Metribuzin). Durante todo el cultivo se registraron 412,9 mm de precipitación, y se regó de forma tradicional con un total de diez riegos de 25 mm cada uno. Para el control de *Phytophthora Infestans* se realizaron aplicaciones de fungicidas preventivos (Polyram, Acrobat e Infinito) y, para el control de bicho moro se aplicaron los insecticidas Lorsban y Padan.

El fertilizante compuesto de boro, molibdeno y citocininas (BoMoCy) fue el evaluado en el presente ensayo, mediante los tratamientos que se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2. Descripción de los tratamientos.**

Tratamiento	Dosis de fertilizante (l/ha)	Momento de la aplicación (DDP)
T.0 = Testigo	0	-
T.1	2	35
	3	50
T.2	2	35
		50
	3	75 90

DDP: Días después de la plantación.

Se tomaron cuatro muestreos de cuatro plantas, a los 47, 61, 75 y 87 días después de la plantación (DDP) con el fin de elaborar una curva de crecimiento y estudiar la influencia de los tratamientos sobre la tuberización. Las muestras fueron divididas en raíz, parte aérea y tubérculos y se pesaron para determinar el peso fresco. Para estimar el peso seco se colocaron en una estufa a 60°C por una semana y se volvieron a pesar. El peso seco de los tubérculos muestreados a los 75 y 87 DDP se

determinó calculando la materia seca por el método gravimétrico por secado en estufa a 105 °C durante 24 horas, debido al gran tamaño de los tubérculos, en el Laboratorio de Calidad y Tecnología de Postcosecha y Alimentos del Grupo Papa de la EEA Balcarce.

La cosecha se realizó el 17 de marzo de 2011, a los 145 DDP. Se cosecharon los dos surcos centrales de cada tratamiento y repetición con sacadora de discos y los tubérculos se embolsaron manualmente. La producción se pesó y se clasificó por tamaño de tubérculos menores de 50 mm, entre 50 y 75 mm, entre 75 y 90 mm, mayores de 90 mm de longitud, y peso de tubérculos con defectos externos e internos y tubérculos con pudriciones blandas. Se determinó el rendimiento utilizable restándole al rendimiento total, el peso de los tubérculos menores a 50 mm y el de los tubérculos con defectos y pudriciones. El peso y clasificación de los tubérculos se realizó en el tinglado del Grupo Papa.

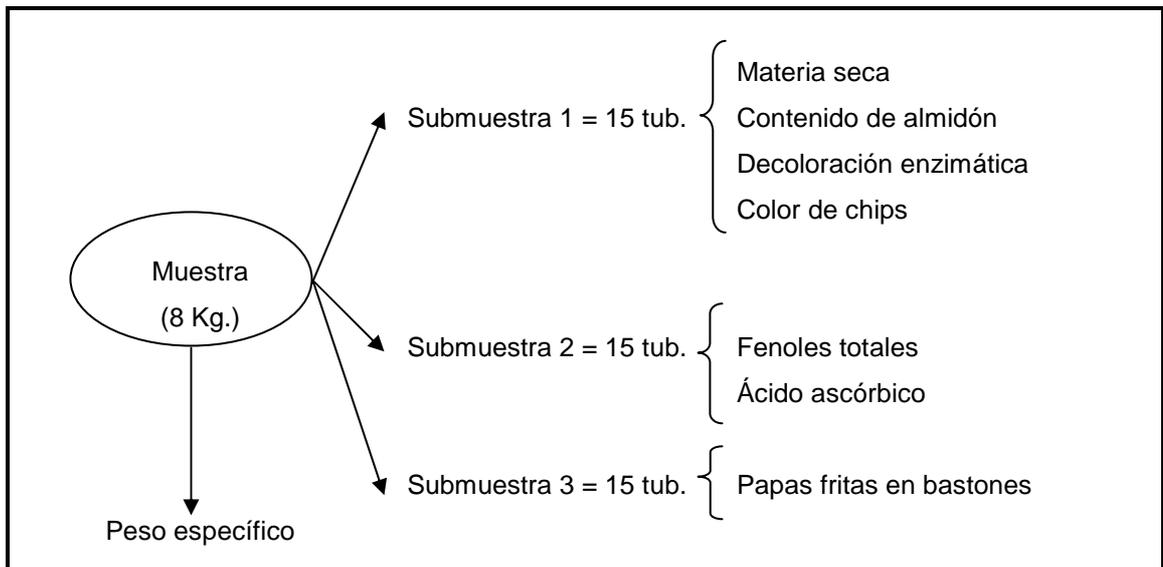
## **2. Análisis fisicoquímicos y sensoriales**

Para los análisis de calidad se guardaron en el tinglado del Grupo Papa muestras de 8 kg de tubérculos sanos de cada tratamiento y repetición.

A partir de los 14 días de la cosecha se realizaron análisis fisicoquímicos y sensoriales en los tubérculos cosechados, en el Laboratorio de de Calidad y Tecnología de Postcosecha y Alimentos del Grupo Papa de la EEA Balcarce.

Dentro de los análisis fisicoquímicos se realizaron las determinaciones de peso específico, materia seca, contenido de almidón, fenoles totales, ácido ascórbico, y decoloración enzimática de los tubérculos. En los análisis sensoriales se determinó el color de las papas fritas en rodajas delgadas (chips) y la calidad sensorial de las papas fritas en bastones.

En primer lugar se determinó el peso específico en 5 kg de cada tratamiento y repetición. Luego se separó en tres subgrupos de 15 tubérculos cada uno, para hacer los análisis pertinentes con cada subgrupo (Figura 1).



**Figura 1. Esquema de trabajo con las muestras en el laboratorio.**

### 2.1. Peso específico

El peso específico se determinó en una balanza hidrostática midiendo el peso en aire y en agua a partir de una muestra de 5 kg de papa. Con los valores de peso en agua se estimó el contenido de materia seca y el porcentaje de almidón. Para realizar las estimaciones se usó una tabla (IBVL, Wageningen, Holanda) que relaciona el peso específico, la materia seca y el porcentaje de almidón.

### 2.2. Materia seca

De la primera submuestra de 15 tubérculos se tomó un octavo de cada tubérculo para homogeneizar en la licuadora. Se tomaron 10 g del homogenato para determinación de la materia seca mediante el método gravimétrico por secado en estufa a 105 °C durante 24 horas.

### 2.3. Contenido de almidón

Del homogenato se tomaron 10 g que fueron destinados para medir el contenido de almidón mediante el método Polarimétrico de Ewers con hidrólisis ácida (Montoya 2003). Se utilizó un polarímetro (CARL ZEISS 84526) donde se mide la rotación de la luz polarizada de una lámpara de sodio estándar. A partir de tablas ajustadas al

polarímetro que relacionan el ángulo de rotación con el contenido de almidón se obtuvo el porcentaje de almidón de los tubérculos.

#### 2.4. Decoloración enzimática

En una parte del homogenato se midió la decoloración enzimática empleando el colorímetro MINOLTA CR300 que usa los parámetros de color de la Comisión Internationale de L'Eclairage (CIELAB)  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , y calculando el valor del ángulo hue. El colorímetro se calibró para la medición en la escala CIE Lab con la utilización de una placa blanca Minolta.

El valor  $L^*$  indica el grado de luminosidad, a medida que el valor  $L^*$  aumenta representa un color más claro, el 100% representa un color blanco mientras que un  $L^*=0$  corresponde al color negro. La escala de  $a^*$  y  $b^*$  se extiende desde -60 hasta 60,  $a^*$  es negativo para el verde y positivo para el rojo, mientras que  $b^*$  es negativo para el azul y positivo para el amarillo. El valor del ángulo hue ( $h^\circ$ ) indica el tono del producto, un  $h^\circ=90^\circ$  corresponde al color amarillo, valores cercanos a  $0^\circ$  corresponden al color rojo, y fue calculado como el arc tg de  $b^*/a^*$  en grados (Papadakis *et al.* 2000).

Se analizó  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en puré crudo de papa al momento de hacer el homogenato, a los 30 minutos y a las 4 horas expuesto al oxígeno.

#### 2.5. Color de chips

Una mitad de cada tubérculo de la submuestra 1 fue destinada para la determinación del color de papas fritas en rodajas según lo estipulado en la carta de colores (Colour Card Potato Chips Wageningen). Para la determinación de color de las papas fritas en rodajas delgadas se tomó una rodaja de 12 mm de espesor de la parte central de cada tubérculo de la muestra. Las rodajas se lavaron con abundante agua y se secaron. Muestras de 200 g se frieron durante 3 minutos en aceite de girasol a  $180^\circ\text{C}$ . El puntaje se asignó por el color de las papas fritas en rodajas comparando con la escala de colores de 1 (marrón oscuro) a 9 (amarillo dorado).

## 2.6. Fenoles totales

La submuestra 2 se utilizó para analizar la concentración de fenoles totales basada en el método Folin-Ciocalteu, con la extracción de los azúcares con metanol y cuantificación por espectrofotometría (Blessington, 2005).

## 2.7. Ácido ascórbico

El contenido de ácido ascórbico en el tejido de papa se determinó utilizando la metodología citada en el trabajo de Tudela *et al.* (2002).

## 2.8. Papas fritas en bastones

Los tubérculos de la tercera submuestra fueron lavados pelados y cortados en bastones (10x10 mm). Se eligieron los cuatro bastones centrales de cada tubérculo. La fritura se realizó en 15 litros de aceite de girasol con porciones de 200 g de bastones durante 5 minutos a 180 °C. Una vez fritos los bastones se realizó la determinación de la calidad sensorial de los mismos por la metodología de análisis descriptivo cuantitativo (Trincherro *et al.*, 2008), utilizando escalas no estructuradas, de 10 cm de longitud, ancladas en los extremos con términos descriptivos (Figura 2).

**EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAPAS FRITAS EN BASTONES**

**NOMBRE Y APELLIDO:** \_\_\_\_\_ **FECHA:** \_\_\_\_\_

**Longitud de bastones**

Corto  \_\_\_\_\_  Largo

**Firmeza del bastón:**

No firme  \_\_\_\_\_  Firme

**Color externo**

Blanco amarillento  \_\_\_\_\_  Marrón

**Dureza**

Blando  \_\_\_\_\_  Duro

**Crocantez**

No crocante  \_\_\_\_\_  Crocante

**Harinosidad**

No harinoso  \_\_\_\_\_  Harinoso

**Granulosidad**

No granuloso  \_\_\_\_\_  Granuloso

**Humedad**

Seco  \_\_\_\_\_  Húmedo

**Aceitosidad Residual**

No aceitoso  \_\_\_\_\_  Muy aceitoso

**Observaciones:**

Figura 2. Planilla de evaluación sensorial de papas fritas en bastones

### 3. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de un factor para todas las variables evaluadas. El procedimiento utilizado para análisis de medias fue la prueba de intervalos desarrollada por Duncan ( $p < 0.05$ ).

Además, se efectuaron estimaciones del grado de asociación mediante análisis de correlación entre las variables independientes:  $L^*$  y hue, y las variables dependientes: peso específico, materia seca estimada, materia seca analítica, contenido de almidón específico, contenido de almidón analítico, fenoles totales y ácido ascórbico. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ).

Para evaluar la normalidad de los errores se utilizó el test de Shapiro-Wilk, complementando el análisis con herramientas descriptivas, entre ellas el gráfico de tallo/hoja, box Plot y un gráfico de la probabilidad de la normalidad. La heterocedasticidad de varianzas, es decir, la falta de homogeneidad entre las varianzas de los tratamientos, se analizó por medio del test de Levene.

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa SAS (SAS Institute Inc., 1990).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Observaciones del material vegetal durante el cultivo

El peso fresco y seco de follaje, raíz y tubérculo fue similar en los tres tratamientos a los 47 y 61 días después de la plantación (DDP).

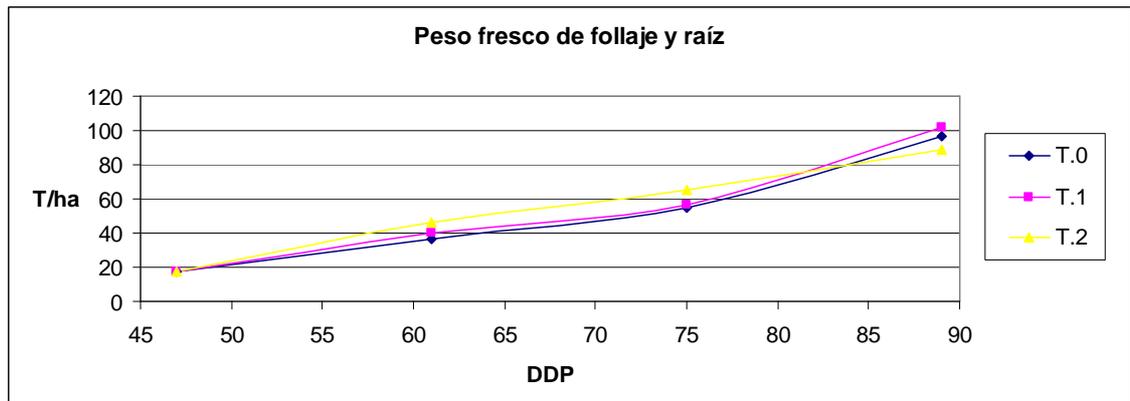
A los 75 DDP la aplicación de la menor dosis de fertilizante (T.1) produjo significativamente mayor peso fresco y peso seco en la planta que el resto de tratamientos. Sin embargo, no se tradujo en diferencias significativas para las variables peso fresco y seco de raíz.

En el último muestreo (89 DDP), el testigo presentó significativamente mayor peso fresco de raíz y peso seco de follaje que los tratamientos en los que se aplicó fertilizante.

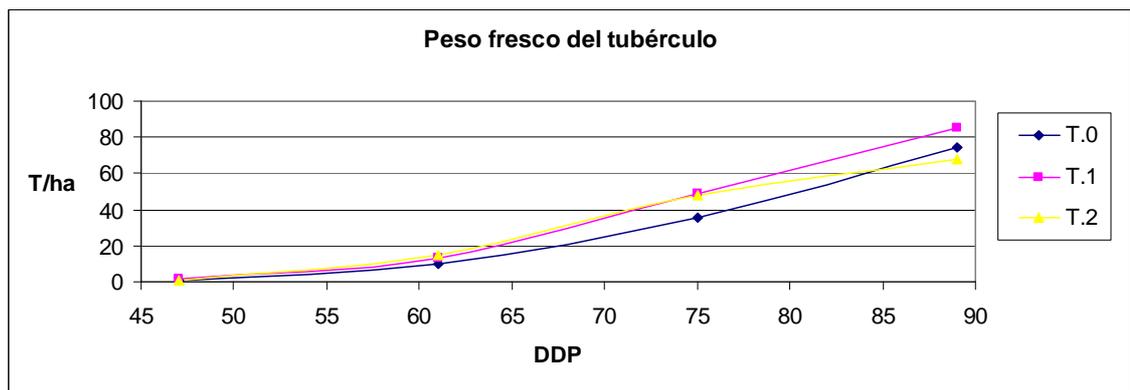
El peso fresco de los tubérculos del T.1 fue mayor que el del testigo y presentó diferencias significativas a los 75 DDP.

Una representación gráfica de lo expresado se muestra en las Figuras 3 y 4.

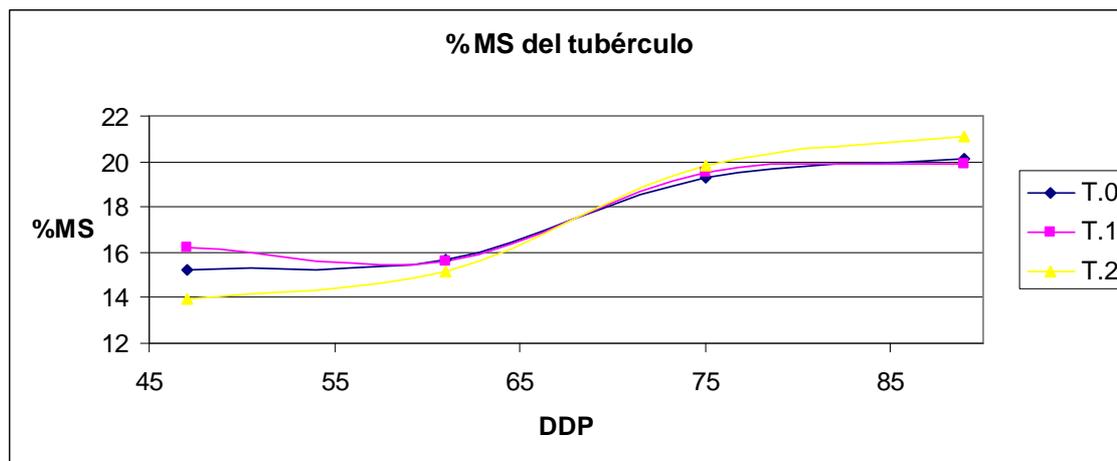
El contenido de materia seca de los tubérculos no fue significativamente afectado por las dosis de fertilizante y hasta los 75 DDP fue similar en los tres tratamientos (Figura 5). La mayor dosis de fertilización (T.2) modificó el contenido de materia seca de los tubérculos, ya que a los 89 DDP presentó mayor contenido de MS (21,12 %) en el tubérculo que el resto de tratamientos, aunque esa diferencia no fue significativa. Este último resultado coincide con las indicaciones de la empresa encargada de comercializar el fertilizante, que recomienda aplicar el producto en la fase de la tuberización ya que es cuando se obtienen mejores resultados.



**Figura 3. Peso fresco de follaje y raíz para tres tratamientos de fertilización en cuatro momentos de crecimiento de la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.**



**Figura 4. Peso fresco de tubérculo para tres tratamientos de fertilización en cuatro momentos de crecimiento de la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.**



**Figura 5. Porcentaje de materia seca acumulada en tubérculo para tres tratamientos de fertilización en cuatro momentos de crecimiento de la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.**

## 2. Análisis del rendimiento y del aspecto de los tubérculos

La Tabla 3 muestra los promedios para rendimiento total, rendimiento utilizable, rendimiento de tubérculos con pudriciones secas y defectos, rendimiento de tubérculos menores a 50 mm de longitud, rendimiento de tubérculos de entre 50 y 75 mm de longitud, rendimiento de tubérculos de entre 75 y 90 mm de longitud y rendimiento de tubérculos de más de 90 mm de longitud.

El rendimiento promedio del ensayo fue equivalente a 57,81 toneladas por hectárea.

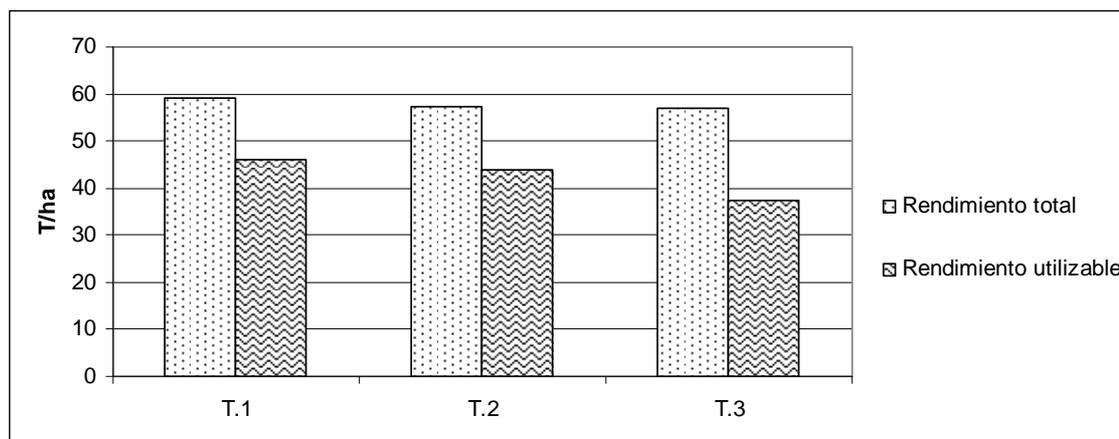
El rendimiento total de tubérculos a la cosecha no se vio afectado por los tratamientos de fertilizante aplicados, el testigo tuvo el mayor rendimiento (59,03 t/ha), el tratamiento de mayor dosis (T.2) el menor (57,06 t/ha) y el tratamiento uno (T.1) se ubicó en posición intermedia (57,36 t/ha) (Figura 6). La aplicación del fertilizante en el llenado de tubérculos provocó una disminución en el rendimiento total y utilizable, aunque la diferencia no fue significativa ( $p < 0.05$ ).

El rendimiento según el tamaño de los tubérculos no difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

**Tabla 3. Medias de componentes del rendimiento de los tres tratamientos y medias del aspecto del tubérculo. Balcarce 2010/11.**

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)						
	Total	Util.	Pud. y def.	<50 mm	50-75 mm	75-90 mm	>90 mm
<b>T.0 = Testigo</b>	59,03	46,19	11,29	1,55	1,28	4,55	40,00
<b>T.1</b>	57,36	43,84	11,55	1,96	1,21	3,57	38,05
<b>T.2</b>	57,06	46,18	9,26	1,62	0,89	3,59	41,29
<b>CV</b>	7,93	6,52	24,87	25,19	57,72	18,95	9,28

CV: Coeficiente de variación. Util.=Utilizable. Pud. y def.= Pudriciones y defectos.



**Figura 6. Rendimiento total y utilizable de los tres tratamientos de fertilización en la variedad Innovator. Balcarce 2010/11.**

La Tabla 4 muestra los promedios para aspecto del tubérculo, número de tallos, número de tubérculos y número de tubérculos por tallo para cada tratamiento.

El tratamiento con mayor dosis de fertilizante (T.2) produjo tubérculos significativamente ( $p < 0.05$ ) de mejor aspecto que el resto de tratamientos.

El tratamiento de mayor dosis fue el que presentó un mayor número de tallos, y el que obtuvo significativamente ( $p < 0.05$ ) un menor número de tubérculos por tallo. Las plantas sin aplicación del fertilizante presentaron significativamente ( $p < 0,05$ ) mayor número de tubérculos que los tratamientos en los que se fertilizó. Estos resultados refuerzan la idea de que la aplicación del fertilizante no afectó el rendimiento. Esto se debería a que el fertilizante no influyó en la tasa de movilización de carbohidratos desde los tallos hacia los tubérculos. Estos resultados coinciden con los que obtuvieron Hopkins *et.al.* (2007), quienes no encontraron respuesta significativa a las aplicaciones foliares de B en el rendimiento del cultivo de papas Russet Burbank, a pesar de que los análisis de suelo sugerían una respuesta potencial.

**Tabla 4. Medias del aspecto del tubérculo, número de tallos, número de tubérculos y número de tubérculos por tallo para cada tratamiento. Balcarce 2010/11.**

Tratamiento	AT	Nº Tallos	Nº Tubérculos	Nº Tubérculos/ Tallo
<b>T.0 = Testigo</b>	6 b	78,25 a	157,25 a	2,02 a
<b>T.1</b>	6 b	76,50 a	140,00 b	1,86 a
<b>T.2</b>	7 a	86,50 a	135,90 b	1,63 b
<b>CV</b>	6,04	9,99	5,56	9,99

Medias con igual letra no difieren significativamente entre sí,  $p < 0.05$ . CV: Coeficiente de variación. AT: Aspecto del tubérculo.

### 3. Análisis del peso específico, materia seca y contenido de almidón

En la Tabla 5 se muestran los valores de medias de peso en agua de 5 kg de muestra (PA), peso específico (PE), porcentaje de materia seca estimada (MSE), y porcentaje de almidón estimado (AE). No se observaron diferencias significativas en los resultados obtenidos.

**Tabla 5. Medias de peso específico y porcentajes estimados de materia seca y almidón de los tres tratamientos.**

Tratamiento	PA	PE	MSE (%)	AE(%)
<b>T.0 = Testigo</b>	348,325	1,075	19,1	12,8
<b>T.1</b>	339,400	1,073	18,7	12,4
<b>T.2</b>	348,900	1,075	19,2	12,9
<b>CV</b>	2,19	0,18	1,99	2,98

PA: Peso en agua de 5kg de muestra. PE: Peso específico. MSE: Materia seca estimada. AE: Almidón estimado. CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 6 se presentan las medias de porcentaje de materia seca analítica y porcentaje de almidón analítico (AA). Como se puede observar, los mayores valores de MSA y AA (21,4% y 14,3%, respectivamente), los presentaron los tratamientos en los que se aplicó fertilizante (T.1 y T.2), aunque no presentaron diferencias significativas con el testigo. Estos resultados coinciden con los obtenidos con Bernal y Gómez (2004), quienes al aplicar B en el cultivar Russet Burbank tampoco encontraron diferencias significativas en el contenido de materia seca. Los valores de MS fueron en todos los casos superiores al umbral de recibo de 18% establecido por la industria (Caldíz y Gaspari, 1997), y según Cacace *et al.* (1994), todos los tratamientos estudiados presentaron un alto contenido de materia seca, al dar valores sobre el 20%. Estos valores indican que los tres tratamientos tienen buena aptitud culinaria.

Con la aplicación del fertilizante se esperaría un incremento de materia seca y almidón debido a que la aplicación del fertilizante estimula o facilita la descarga de carbohidratos hacia los tubérculos. Sin embargo, en el cultivar Innovator no se ha observado que los niveles de materia seca y almidón sean significativamente más elevados al aplicar el fertilizante.

**Tabla 6. Porcentajes analíticos de materia seca y almidón de los tres tratamientos.**

Tratamiento	MSA(%)	AA(%)
<b>T.0 = Testigo</b>	20,7	13,5
<b>T.1</b>	21,2	14,3
<b>T.2</b>	21,4	14,3
<b>CV</b>	3,21	5,48

MSA: Materia seca analítica. AA: Almidón analítico. CV: Coeficiente de variación.

#### **4. Análisis del ácido ascórbico, fenoles totales, color de chips y decoloración enzimática**

En la Tabla 7 se presentan las medias del contenido de ácido ascórbico, fenoles totales y color de chips.

No se han observado diferencias significativas para el nivel de ácido ascórbico entre las medias de los tres tratamientos. Estos resultados difieren de los obtenidos por Mondy y Munshi (1993), ya que en dos años de ensayo obtuvieron que la fertilización con B incrementaba significativamente ( $p < 0.01$ ) la concentración de ácido ascórbico. Munshi *et al.* (1988) también demostraron incrementos de ácido ascórbico en papa con la aplicación de Mo. Govidan (1950) señaló que la concentración de ácido ascórbico de los tomates incrementaba con el aumento de las dosis de B en la planta y Hewitt *et al.*, 1950 señalaron lo mismo para fertilizaciones con Mo en tomates, coles de Bruselas, coliflor, colza, col rizada, cebada y remolacha azucarera.

Mondy y Munshi (1993) señalaron que el empleo de boro mediante la aplicación foliar durante el crecimiento de plantas de papas disminuía considerablemente la concentración fenólica en los tubérculos. Sin embargo, en este estudio no se ha observado que con la aplicación del fertilizante se reduzca significativamente el nivel de fenoles totales de los tubérculos. Perkins y Aronoff (1956) indicaron que la

concentración fenólica de las plantas de girasol, tomate, lechuga y rábano estaba negativamente correlacionada con el status de boro de la planta.

El color de los chips no presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos. Tanto en el testigo, como en los tratamientos en los que se aplicó fertilizante el color de las chips tuvo una asignación de un valor de 7, que indica color amarillo claro. El color amarillo claro está relacionado con un bajo nivel de azúcares reductores, ya que el contenido de estos azúcares se correlaciona con el grado de oscurecimiento no enzimático que se desarrolla durante el calentamiento (Pritchard; Adam, 1994, Moreno, 2000), lo cual confirmaría la no intervención de los tratamientos en el equilibrio de los carbohidratos en el tubérculo.

**Tabla 7. Medias de ácido ascórbico y fenoles totales y color de chips de los tres tratamientos.**

Tratamiento	Ácido ascórbico (mg/100gPF)	Fenoles totales (mg/100gPF)	Color de chips
<b>T.0 = Testigo</b>	17,6	19,5	7,1
<b>T.1</b>	21,1	17,6	7
<b>T.2</b>	18,8	20,4	7
<b>CV</b>	20,66	10,92	2,05

CV: Coeficiente de variación.

Los resultados de la medición de la decoloración enzimática, utilizando los parámetros de color, L\*, a\*, b\* y HUE de la Comisión Internationale de L'Eclairage (CIELAB) se muestran en la Tabla 8. El color del homogenato sólo mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a los 30 minutos para el testigo y el T.2, que presentaron un color más claro (valores de L\* más elevados) que el T.1. Durante las 4 horas de exposición al aire el testigo fue el que presentó en todo momento de medición un color mas claro (valores de L\* mas elevados) que el resto de tratamientos (T.1 y T.2) (Figura 7). Por lo tanto, la decoloración enzimática, medida a través de la L\*, mostró tendencia

a aumentar con la aplicación del fertilizante. No fue lo observado por Mondy y Munshi (1993) en sus estudios, ya que observaron que con el uso foliar de boro disminuía la decoloración de las papas.

En la Figura 7 se observa que los valores de  $L^*$  son similares en los tres tratamientos durante las cuatro horas del oscurecimiento, y tiende a diferenciarse del  $L^*$  inicial en los treinta primeros minutos, lo cual fue significativo en el T1. El pardeamiento enzimático está relacionado con el contenido de sustrato y con la actividad de la PPO (Mondy *et al.*, 1967). Nuestros resultados podrían indicar que a los treinta minutos la etapa inicial de la reacción ha finalizado y no sería necesario esperar hasta las cuatro horas para hacer observaciones de decoloración enzimática.

En la Figura 8 se observa la evolución de los valores de hue para los tres tratamientos, que en ningún momento presentaron diferencias significativas entre ellos. Los tres tratamientos presentaron un ángulo hue entre  $65^\circ$  y  $66^\circ$  que se corresponde con amarillos. A las 4 horas, el homogenato del testigo tuvo una coloración menos rojiza que el homogenato de los tratamientos en los que se fertilizó, coincidiendo con lo mencionado en el análisis de  $L^*$ .

**Tabla 8. Medias de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y HUE, que definen la decoloración enzimática para los tres tratamientos.**

Trat.	Decoloración Enzimática											
	$L^*$			$a^*$			$B^*$			HUE		
	0'	30'	4h	0'	30'	4h	0'	30'	4h	0'	30'	4h
<b>T.0 = Testigo</b>	75,72	68,21 a	53,17	4,37	8,77	7,96	14,48	21,49	18,28	73,22	67,83	66,43
<b>T.1</b>	73,99	65,65 b	49,86	4,14	8,70	7,54	14,14	21,65	16,79	73,70	68,13	65,75
<b>T.2</b>	74,84	67,27 a	52,07	4,40	7,03	8,36	14,42	18,81	18,29	73,12	69,94	65,46
<b>CV</b>	2,51	2,10	4,99	10,97	19,43	7,19	6,49	12,01	7,61	1,28	2,78	1,42

Medias con diferente letra indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos. CV: Coeficiente de variación.

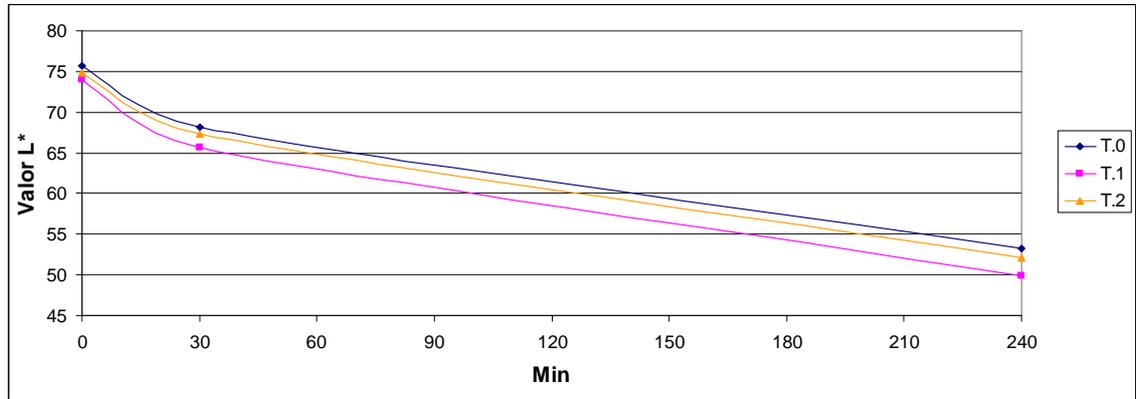


Figura 7. Evolución de los valores L\* del homogenato para los tres tratamientos.

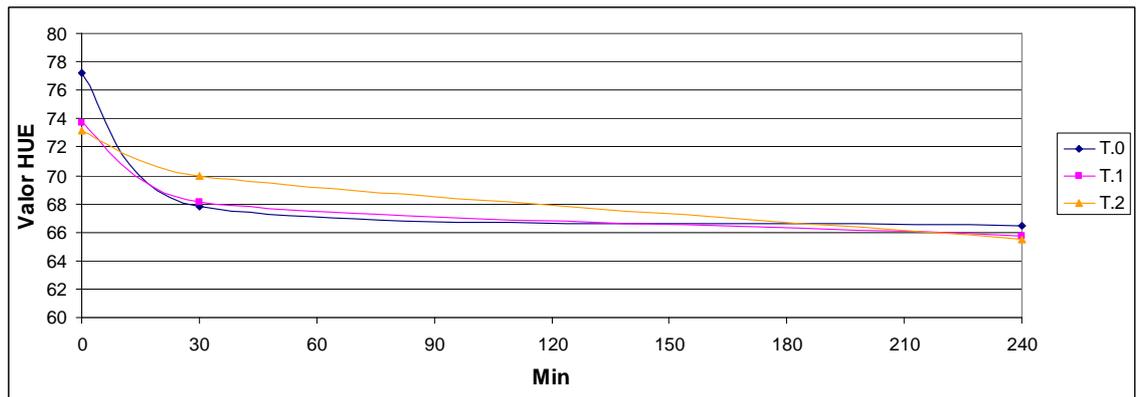


Figura 8. Evolución de los valores HUE del homogenato para los tres tratamientos.

## 5. Correlación entre los coeficientes del color y la composición de los tubérculos

En la Tabla 9 se muestran los coeficientes de correlación ( $r$ ) entre los coeficientes de color del pardeamiento enzimático y peso específico (PE), materia seca estimada (MSE), materia seca analítica (MSA), contenido de almidón estimado (AE), contenido de almidón analítico (AA), fenoles totales (FT) y ácido ascórbico (ACA).

Se observa una correlación positiva alta entre la luminosidad ( $L^*$ ) del homogenato a los 30 minutos y el peso específico ( $r= 0.71$ ), la materia seca estimada ( $r= 0.74$ ) y el contenido de almidón estimado ( $r= 0.74$ ).

No se ha obtenido una alta correlación positiva entre la decoloración enzimática y la concentración fenólica a pesar de que Mondy *et al.* (1967), Corsini (1992) y Mondy y Munshi (1993) la han observado en sus estudios.

El ácido ascórbico tampoco presentó diferencias significativas con las variables de color.

**Tabla 9. Correlaciones entre los coeficientes de color y la composición de los tubérculos.**

		$L^*$			HUE		
		0min	30min	4h	0min	30min	4h
<b>PE</b>	<b>r</b>	0,36	0,71	0,45	0,21	0,25	0,56
	<b>valor p</b>	0,247	0,009	0,137	0,513	0,430	0,059
<b>MSE</b>	<b>r</b>	0,36	0,74	0,50	0,17	0,32	0,54
	<b>valor p</b>	0,247	0,006	0,099	0,559	0,318	0,071
<b>MSA</b>	<b>r</b>	0,37	-0,36	-0,56	0,28	-0,18	-0,24
	<b>valor p</b>	0,231	0,255	0,058	0,372	0,571	0,446
<b>AE</b>	<b>r</b>	0,36	0,74	0,49	0,17	0,32	0,54
	<b>valor p</b>	0,246	0,006	0,099	0,599	0,318	0,071
<b>AA</b>	<b>r</b>	0,16	-0,53	-0,70	0,11	-0,24	-0,40
	<b>valor p</b>	0,623	0,078	0,011	0,734	0,461	0,202
<b>FT</b>	<b>r</b>	0,49	0,38	0,28	0,32	0,10	0,09
	<b>valor p</b>	0,107	0,218	0,385	0,304	0,747	0,765
<b>ACA</b>	<b>r</b>	0,33	-0,32	-0,64	0,40	-0,26	0,07
	<b>valor p</b>	0,528	0,534	0,177	0,434	0,620	0,884

PE: Peso específico. MSE: Materia seca estimada. MSA: Materia seca analítica. AE: Almidón estimado. AA: Almidón analítico. FT: Fenoles totales. ACA: Ácido Ascórbico.

## 6. Análisis sensorial de papas fritas en bastones

Los atributos evaluados fueron: longitud del bastón, firmeza, color externo, dureza, crocantez, harinosidad, granulosidad, humedad y aceitosidad residual. Los valores promedio de cada descriptor se presentan en la Tabla 10. Los parámetros de textura se evaluaron tomando como referencia la norma IRAM 20013, 1998, a excepción de la firmeza del bastón que fue determinada tomando el bastón con los dedos por un extremo y sacudiéndolo tres veces. Los atributos olor y sabor no se evaluaron por considerarse afectados por el aceite de fritura.

**Tabla 10. Valores promedio de los descriptores de los tres tratamientos.**

ATRIBUTOS	T.0 =Testigo	T.1	T.2
<b>LONGITUD BASTONES</b>	8.22 a	8.58 a	8.25 a
<b>FIRMEZA BASTONES</b>	8.80 a	8.97 a	8.85 a
<b>COLOR EXTERNO</b>	3.23 a	3.30 a	3.18 a
<b>DUREZA</b>	8.15 a	8.13 a	8.58 a
<b>CROCANTEZ</b>	6.30 b	6.70 a	6.86 a
<b>HARINOSIDAD</b>	7.53 a	7.75 a	7.90 a
<b>HUMEDAD</b>	1.95 a	1.55 a	1.40 a
<b>GRANULOSIDAD</b>	3.40 a	3.18 a	3.00 a
<b>ACEITOSIDAD RESIDUAL</b>	1.95 a	1.70 a	1.75 a

Medias con igual letra no difieren significativamente entre sí,  $p < 0.05$ .

### 6.1. Longitud

La longitud es una característica de las variedades y puede estar afectada por las condiciones del cultivo. El tratamiento de mayor dosis (T.2) presentó la mayor longitud de bastón. Aplicando el test de comparaciones múltiples de Duncan no se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.

## 6.2. Firmeza

La firmeza del bastón es una característica de textura que se relaciona con el contenido de almidón y la estructura celular (Shomer y Levy, 1988). No se observaron diferencias significativas de firmeza ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.

## 6.3. Color externo, dureza, granulosis, humedad y aceitosidad residual

En los atributos color externo, dureza, granulosis, humedad y aceitosidad residual no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

## 6.4. Crocancez

Se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre el tratamiento 1 y los tratamientos 2 y 3, siendo estos dos últimos más crocantes. La crocancez depende del contenido de materia seca del tubérculo crudo y del tiempo y temperatura de fritado (Kelly y Scanlen, 2004).

## 6.5. Harinosidad

Los valores más elevados de harinosidad se observaron en los tratamientos en los que se aplicó el fertilizante, aunque no difieren significativamente del testigo.

## VII. CONCLUSIONES

- La aplicación del fertilizante no produjo mayor peso fresco, peso seco en los tubérculos, raíces y estolones, y follaje, ni mayor contenido de materia seca en los cuatro estadios de cultivo que el testigo.
- El rendimiento total y el rendimiento utilizable no se vieron significativamente influidos por la aplicación del fertilizante.
- El contenido de almidón, fenoles totales y ácido ascórbico, así como la decoloración enzimática de los tubérculos no se vio afectada por la aplicación del fertilizante.
- Los atributos de los productos fritos no mejoraron con la aplicación del fertilizante.

Se rechaza la hipótesis planteada porque la aplicación del fertilizante compuesto de boro, molibdeno y citocininas en el cultivo de papa no incrementó el rendimiento agronómico ni mejoró la calidad industrial del cultivar Innovator. Todo parece indicar que la aplicación del fertilizante no influye en la tasa de movilización de carbohidratos hacia los tubérculos, ni con las dosis recomendadas por la empresa como fuera observado en un ensayo previo en INTA – Balcarce en 2005, ni con las mayores dosis ensayadas en el presente trabajo.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, H.B. 1997. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa. Revista INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-Ecuador) 9: 21-23.
- BATES, C. 1997. Bioavailability of vitamin C. Eur. J. Clin. Nutr. Suppl. 1, S28–S33.
- BEASON, K.C. 1941. The mineral composition of crops with particular reference to the soils in which they are grown. U.S.D.A. Miscellaneous Publication, 369 p.
- BEEVERS, L.; HAAEMAN, R.H. 1980. Nitrate and Nitrite Reduction. Biochem. Plants 5: 115.
- BERNAL H.; GÓMEZ P. 2004. Comportamiento de la papa criolla (*Solanum phureja*) a la aplicación de elementos menores Fe Cu Mn Zn B en suelos de la serie Bermeo. Trabajo de grado. Carrera de Ingeniería Agronómica Universidad de Ciencias Aplicadas Ambientales (UDCA) Bogotá.
- BIELESKI, R.L. 1982. Sugar alcohols. In: Encyclopedia of Plant Physiology, new series. V13A Plant Carbohydrates. I. Intercellular Carbohydrates. Eds F A Loewus and W Tanner. Springer-Verlag, New York. pp. 158–192.
- BIELESKI, R.L. 2005. Taxonomic patterns in the distribution of polyols within the proteaceae. Aust. J. Bot. 53:205-217.
- BLESSINGTON, T. 2005. The effects of cooking, storage, and ionizing irradiation on carotenoids, antioxidant activity, and phenolics in potatoe (*Solanum tuberosum* L.). Thesis Master of Science. Texas A&M University, U.S.A. 316 p.
- BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. 1998. Boron in plant structure and function. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol. 49:481–500.
- BROWN P.H.; HU, H. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol rich species. Ann. Bot. 77:497-506.
- BROWN, P.H.; SHELP, B.J. 1997. Boron mobility in plants. Plant and Soil. 193:85–101.
- BROWN, P.H.; BELLALOU, N.; HU, H.N.; DANDEKAR, A. 1999. Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency. Plant Physiol. 119:17-20.
- BURTON, W.G. 1966. The Potato: A survey of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. H. Veenman and Zonen N.V., 2<sup>nd</sup> ed. Wageningen, Holland. 382 p.
- CACACE, J.; HUARTE, M.; MONTI, M. 1994. Evaluation of potato cooking quality in Argentina. Am. Potato J. 71: 145-153.

- CALDIZ, D.O.; GASPARI, F.J. 1997. Análisis de los factores determinantes del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.) con especial referencia a la situación Argentina. Rev. Fac. Agr. La Plata. 102: 203-229.
- CALDIZ, D.O. 2007. Producción, cosecha y almacenamiento de papa en la Argentina. McCain Argentina SA, Balcarce – BASF Argentina SA, 2ª ed. Capital Federal, Argentina. 150 p.
- CAMP, A.F. 1945. Zinc as a nutrient in plant growth. Soil Sci. 60 (2): 157-164.
- CILLIERS J.L.; SINGLETON V.L. 1989. Nonenzymic autoxidative phenolic browning reactions in a caffeic acid model system. J. Agric. Food Chem. 37:890-896.
- CORSINI, D.L.; PAVEK, J. L.; DEAN, B. 1992. Differences in free and proteinbound tyrosine among potato genotypes and the relationship to internal blackspot resistance. Am. Potato J. 69: 423-435.
- DELGADO, A; BENLLOCH, M.; FERNANDEZ, R. 1994. Mobilization of boron in olive trees during flowering and fruit development. Hortic. Sci. 29: 616-618.
- ECHEVERRÍA, H.E.; FERRARI, J. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires. EEA. INTA Balcarce, Argentina. Boletín Técnico N° 112. 18 p.
- ECHEVERRÍA, H.E. 2005. Capítulo 17: Papa. En: H.E. Echeverría; García, F.O. (eds) Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA, Balcarce. pp. 365-378.
- EVANS, H.J.; PURVIS, E. R.; BEAR, F.E. 1950. Molybdenum Nutrition of Alfalfa. Plant. Physiol. 25 (4): 555-566.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2008. Base de datos estadísticos de la FAO. [En línea] <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> [Consulta: 25/02/2011]
- FENNEMA, O. 1993. Química de los alimentos. Acribia, Zaragoza, España. 1095 p.
- FERNIE, A.R.; WILLMITZER, L. 2001. Molecular and biochemical triggers of potato tuber development. Plant Physiology, 127: 1459-1465.
- GRAVOUEILLE, J.M.; GEHANNE, N. 1990. Etude comparative de variétés destinées à la transformation en chips. La pomme de Terre Française. 460: 205-210.
- GOVIDAN, P.R. 1950. A note on the influence of boron on the yield and ascorbic acid content in the tomato fruit. Curr. Sci. 19, 319 p.
- HAASE, N.U.; WEBER, L. 2003. Ascorbic acid losses during processing of French fries and potato chips. J. Food Eng. 56: 207–209.
- HAN, J.S; KOZUKUE, N.; YOUNG, K.S.; LEE, K.R.; FRIEDMAN, M. 2004. Distribution of Ascorbic Acid in Potato Tubers and in Home-Processed and Commercial Potato Foods. J. Agric. Food Chem. 52: 6516-6521.

- HAWKES, J.G. 1967. The history of the potato. *J. Roy. Hort. Soc.* 92(5): 207-224; 249-262; 288-302; 364-365.
- HEWITT, E.J.; AGANVALA, S.C.; JONES, E.W. 1950. Effect of Molybdenum status on the Ascorbic Acid Content of Plants in Sand Culture. *Nature (London)* 166, II 19-20.
- HOPKINS, B.G.; JOLLEY, V.D.; WEBB, B.L.; ELLSWORTH, J.W.; CALLAHAN, R.K. 2007. Boron fertilization in potato. *Western Nutrient Management Conference*. Vol. 7. Salt Lake City, U. pp. 215-218.
- IRAM 20013. 1998. Análisis sensorial. Metodología. Perfil de textura.
- IRAM 20019. 2004. Análisis sensorial. Metodología. Guía general para establecer un perfil sensorial. Esquema 1a (documento en estudio). 32 p.
- KELLY, A.R.; SCANLEM, M.G. 2004. A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust. *J. Food Eng.* 62: 417-423.
- LAB-FERRER. s.f. Fichas técnicas, pardeamiento no enzimático. [En línea] <<http://www.lab-ferrer.com/documentacio/aqualab/aw%20y%20reacciones%20de%20pardeamiento%20no%20enzimatico.pdf>> [Consulta: 10 abril 2011]
- LEE, C.; WHITAKER, J. 1995. Enzymatic browning and its prevention. *ACS Symposium Series 600*, Am. Chem. Soc. Washington, D. C. 338 p.
- LEE M.K., PARK I. 2005. Inhibition of potato polyphenol oxidase by Maillard reaction products. *Food Chem.* 91:57-61.
- LIRA, R.H. 1994. *Fisiología Vegetal*. Editorial Trillas, México. 237 p.
- LISINSKA, G.; LESZCZYNSKI, W. 1989. *Potato Science and technology*. Elsevier Applied Science (ed.), London, New York. 391 p.
- MANAHAN, S.E. 2007. *Introducción a la química ambiental*. Coedición UNAM-Editorial Reverté, México D.F., México y Barcelona, España. 326 p.
- MARQUEZ, G.; AÑÓN, M.C. 1986. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. *J. Food Sci.* 51 (1):157-160.
- MONDY, N.I.; BOURQUE, A.; BRESLOW, B.; MATTICK, L.R. 1965. The effect of boron on the lipid content and discoloration of potatoes. *J. Food Sci.* 30: 420-425.
- MONDY, N.I.; OWENSMOBLEY, E.; GEDDEDAHL, S.B. 1967. Influence of potassium fertilization on enzymatic activity phenolic content and discoloration of potatoes. *J. Food Sci.* 32: 378-381.
- MONDY, N.; MUNSHI, C.B. 1993. Effect of Boron on Enzymatic Discoloration and Phenolic and Ascorbic Acid Contents of Potatoes. *J. Agri. Food Chem.* 41 (4): 554-556.

- MONTOYA, M. 2003. Determinación del contenido de almidón en distintas variedades de papa y su relación con la textura de la papa cocida. Tesis de grado. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce. Argentina. 46 p.
- MOREL, P. 1971. Tecnología de los fertilizantes. Andres Bello, Santiago, Chile. 233 p.
- MORENO, J.D. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. Boletín de la papa 2:1-7.
- MULDER E.G. 1948. Importance of Molybdenum in the Nitrogen Metabolism of Microorganisms and Higher Plants. Plant Soil 1: 94.
- MULDER, E.G.; GERRETSEN, F.C. 1952. Soil manganese in relation to plant growth. Adv. Agron. 4: 221-227.
- MUNSHI, C.B.; MONDY, N.I. 1988. Effect of Soil Applications of Sodium Molybdate on the Quality of Potatoes: Polyphenol Oxidase Activity Enzymatic Discoloration Phenols and Ascorbic Acid. J. Agric. Food Chem. 36(5): 919-922.
- PAPADAKIS, S.E.; ABDUL –MALEK, S.; KAMDEM, R.E.; YAM, K.L. 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring colour of foods. Food Tec. 54:48-51.
- PERKINS, H.J.; ARONOFF, S. 1956. Identification of the blue fluorescent compounds in boron deficient plants. Arch. Biochem. Biophys. 64: 506.
- PRITCHARD, M.K.; ADAM, L.R. 1994. Relationship between fry color and sugar concentration in stored Russet, Burbank and Shepody potatoes. Am. Potato J. 71:59-66.
- PURUSHOTHAMA, M.G.; NISHA, K.K. 2007. Ch. 110: Tuber Specific Overproduction of Cytokinins Results in Enhanced Tuber Number in Transgenic Potato. In: Keshvachandran, R.; Nazeem, P.A. (eds.). Recent Trends in Horticultural Biotechnology. New India Publishing Agency Delhi. pp. 727-739.
- REYES-MORENO, C.; PARRA-INZUNZA, M.A.; MILAN-CARRILLO, J.; ZAZUETA-NIEBLA, J.A. 2001 .A response surface methodology approach to optimise pretreatments to prevent enzymatic browning in potato (*Solanum tuberosum* L.) cubes. J. Sci. Food Agr. 82: 69-79.
- RITTER, E.; RUIZ DE GALARRETA, J.I. 2006. Cap. 12: Mejora genética de la calidad de la patata. En: Llácer, G.; Díez, M.J.; Carrillo, M.J.; Badenes, M.L.(eds.), Mejora Genética de la calidad en plantas. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia, España. pp. 283-298.
- ROE M.A.; FAULKS R.M.; BELSTEN, J.L. 1990. Role of reducing sugars and amino acids in fry colour of chips from potatoes grown under different nitrogen regimes. J. Sci. Food Agric. 52: 207-214.
- ROE M.A.; FAULKS, R.M. 1991. Color development in a model system during frying: role of individual amino acids and sugars. J. Food. Sci. 56: 1711-1713.

- ROUSELLE, P.; ROBERT, CROSNIER, R. J. 1999. En: Capítulo 10: Utilización en la alimentación humana. La patata. Mundi – Prensa. España. pp. 459-508.
- SAS INSTITUTE, INC. 1990. SAS/STAT User's Guide, version 6, 4th ed., vol 1. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 890 p.
- SHELP, B.J.; KITHEKA, A.M.; VANDERPOOL, R.A.; VAN CAUWENBERGHE, O.R.; SPIERS, G.A. 1998. Xylem to phloem transfer of boron in broccoli and lupin during early reproductive growth. *Physiol. Plant.* 104:533-540
- SHOMER, I.; LEVY, D. 1988. Cell wall mediated bulkiness as related to the texture of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber tissue. *Potato Res.* 31: 321-334.
- SINGLETON V.L., 1987. Oxygen with phenols and related reactions in musts wines and model systems: Observations and practical implications. *Am. J. Enol. Vitic.* 38: 69-77.
- SOWOKINOS, J.R.; ORR, P.H.; KNOPER, J.A.; VANS, J.L. 1987. Influence of potato storage and handling stress on sugars chip quality and integrity of the starch (amyloplast) membrane. *Am. Potato J.* 64: 213-226.
- STOLLER. 2007. INFORMACIÓN TECNICA SUGAR MOVER GUA-GT-FORM-0007-V1. . QUIMICAS STOLLER DE CENTROAMERICA, S.A. [En línea] <<http://www.stoller.com.gt/pdf/productos/SUGAR%20MOVER%200007%20V1.pdf>> [Consulta:02/03/2011]
- SULAIMAN, M.I. 2005. Effect of calcium fertilization on the quality of potato tubers (*solanum tuberosum* L.) cv. Saturna. Doctoral Thesis, Georg-August-Universitat Gottingen, Germany. 133 p.
- THORNTON, R.E.; SIECZKA, J.B. 1980. Commercial Potato Production in North America. *Am. Potato J. Sup.* 57: 1-36.
- THYBO, A.K.; BECHMANN, I.E.; MARTENS, M.; ENGELSEN, S.B. 2000. Prediction of sensory texture of cooked potatoes using uniaxial compression, near infrared spectroscopy and low field <sup>1</sup>H NMR spectroscopy. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 33:103-111.
- THYGESEN, L.G.; THYBO, A.K.; ENGELSEN, S. B. 2001. Prediction of sensory texture quality of boiled potatoes from low-field <sup>1</sup>H NMR of raw potatoes. The role of chemical constituents. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 34:469-477.
- TRINCHERO, J. L.; MONTI, M. C.; CEROLI P. 2007. Características sensoriales de papas fritas en bastones. *Revista de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP)*, 14(1):33-40.
- TUDELA, J. A.; ESPÍN, J.C.; GIL, M.I. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biol. Tec.* 26: 75-84.
- URBANO, P. 1992. Tratado de Fitotecnia General. Mundi-Prensa Libros, Madrid, España. 865 p.

VAN BOEKEL, M.A.J.S. 1998. Effect of heating on Maillard reactions in milk. Food Chem. 62: 403-414.

WALLACE, T. 1957. Trace elements in plant nutrition. World Crops. 9: 289-292.

WARRINGTON, K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. Ann Bot 27: 629-673.

WILL, S.; EICHERT, T.; FERNÁNDEZ, V.; MHÖRING, J.; MÜLLER, T.; RÖMHELD, V. 2011. Absorption and mobility of foliar applied boron in soybean as affected by plant boron status and application as a polyol complex. Plant Soil Springer Science Business Media B.V. Published online Springer. [En línea] <<http://www.springerlink.com/content/0508t6718634401q>> [Consulta: 06/05/2011]