



# El BORO: Un Micronutriente Importante en el Cultivo de la Papa en Suelos de Cundinamarca y Boyacá

LUIS L. BARRERA B. *ayrera*

## 1. INTRODUCCION

La papa es un cultivo de gran importancia socioeconómica en las zonas frías de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, con un área anual de siembra de alrededor de 100.000 has, lo cual los sitúa como los departamentos más productores de papa del país según se observa en el gráfico 1.

Dentro de los costos de producción de este cultivo, los fertilizantes son de gran importancia tal como se puede observar en el gráfico 2 donde el costo de los fertilizantes alcanza el 20% para el primer semestre de 1993. Adicionalmente, la eficiencia actual promedio de los fertilizantes es baja siendo esta de alrededor del 80% para el fósforo y entre el 30% y 50% para el nitrógeno y el potasio. De los elementos secundarios y micronutrientes es escasa la investigación realizada en Colombia. El costo de estos fertilizantes continúa aumentando sin una compensación en el precio del producto, lo cual hace necesario que se busquen alternativas tecnológicas para reducir los costos y lograr de este modo mejorar la rentabilidad de este cultivo.

De otra parte, estudios preliminares realizados por el ICA sobre la disponibilidad de elementos menores en el altiplano Cundi-Boyacense, (Gráficos 3 y 4) indicaron que los contenidos de boro en suelos de Cundinamarca y Boyacá



LUIS L. BARRERA B.

Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional

Master en Ciencia del Suelo Universidad Agrícola de Holanda

Extensionista Secretaría de Agricultura, Boyacá

Asistente Técnico en cultivo de clima cálido, Agrícola Oblen, Caracas.

Investigador del Programa Nacional de Suelos y Programa Nacional de Papa del ICA.

Lider Proyecto Manejo de Suelos en los Sistemas de Producción de Papa Regional I Corpoica.

Director Creced Hunza. Corpoica Tunja.

Coordinador Subregión Norte, Corpoica, Tunja.

Catedrático Fertilidad de Suelos.

Cra 10 No 16-47 Tel (987)431953

se encontraban en un nivel medio de disponibilidad y que las mayores probabilidades de respuesta a micronutrientes se encontrarían con el boro(B), el cobre(Cu) y el zinc(Zn).

En el presente escrito se presenta una revisión general de la dinámica del boro en el suelo, sus posibles efectos en el metabolismo y su papel en la producción, haciendo énfasis sobre el cultivo de la papa.

El contenido total de B en los suelos está en el rango de 20 a 200 ppm. Sin embargo, la mayoría del B del suelo no está disponible para las plantas y el rango corriente de disponibilidad (soluble en agua caliente) está entre 0.4 y 5 ppm (Gupta 1979). De acuerdo con Reisenauer et al (1973) menos de 1 ppm de boro soluble en agua en los suelos puede no ser suficiente para un normal crecimiento de las plantas mientras que valores superiores a 5 ppm pueden ser tóxicos. La papa es uno de los cultivos más sensibles a la toxicidad de boro (Bradford, 1966).

La literatura reporta que la absorción del B se incrementa con el pH del suelo y explica el porqué el sobreencalado puede inducir deficiencia de este elemento en varios suelos (Mengel y Kirkby, 1987). Los suelos ácidos arenosos en particular necesitan tratamiento regular con boro.

El boro es probablemente tomado

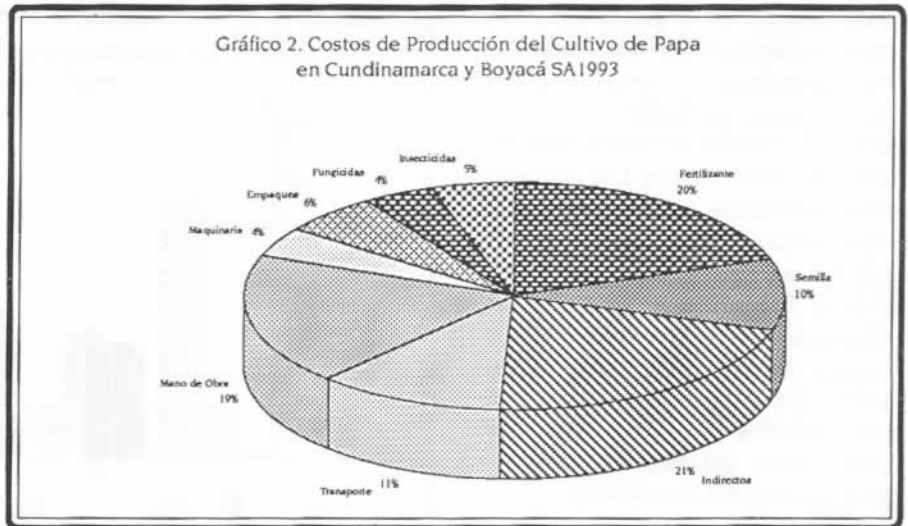
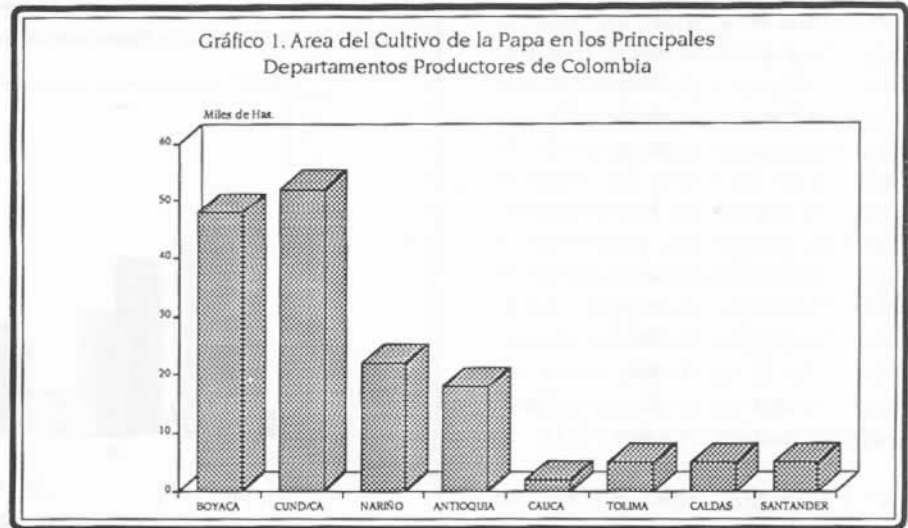


Foto 1. Deficiencia de Boro en Papa. Detalle de quebraduras de tallos, a nivel de campo. Hojas de las ramas presentan el envejecimiento.

por las plantas como el ácido bórico no-disociado, aunque el proceso no está aún bien comprendido. De acuerdo a la revisión hecha por Mengel y Kirkby (1987) la toma del B sigue principalmente el flujo de agua a través de las raíces.

El B es relativamente inmóvil en las plantas. Frecuentemente el contenido de B se incrementa desde las partes más bajas hacia las partes altas de las plantas siendo translocado principalmente a través del xilema. El movimiento de este nutrimento a través de la corriente transpiratoria explica el hecho de que la deficiencia de boro empieza siempre en los puntos de crecimiento. Generalmente se asume que el boro como el calcio es inmóvil o móvil en poca magnitud a través del floema (Raven, 1980).

El papel del B en el metabolismo de las plantas no está bien comprendido y ninguna función específica ha sido identificada, solamente se encuentra disponible información de las consecuencias fisiológicas de la deficiencia de B. El efecto más pronunciado de la



deficiencia en el metabolismo es un disturbio en la síntesis del ARN. Contrario a muchos elementos esenciales, el B no es componente de enzimas (Mengel y Kirkby, 1987). Además de su papel en la síntesis de ARN, otros aspectos han sido considerados relacionados con el papel del B en el metabolismo, estos incluyen biosíntesis de carbohidratos, fotosíntesis, metabolismo de las proteínas y recientemente un papel en la estabilidad de las membranas celulares (Pilbean and Kirkby, 1983).

Un aspecto común de la deficiencia de B es el disturbio en el desarrollo de los tejidos meristemáticos tanto en las puntas de las raíces como en las partes apicales de los tallos o tejidos de cambio (Mengel y Kirkby 1987). Por lo anterior, un suministro continuo de boro es requerido para el mantenimiento de la actividad meristemática.

En el caso de deficiencia de boro en las plantas de papa, el punto de crecimiento muere y las yemas laterales se vuelven activas, los



entrenados se acortan, las hojas se engrosan y enrollan hacia arriba en forma similar al enrollamiento viral, la planta toma apariencia arbustiva con una pronunciada acumulación de almidón en las hojas, las raíces se acortan y engruesan, los tubérculos son más pequeños, presentan la superficie agrietada, particularmente en el extremo que va unido al estolón, presentan áreas castañas localizadas debajo de la epidermis cerca del estolón o una coloración castaña en el anillo vascular (Hooker 1981).

En Colombia son pocas las investigaciones realizadas con el B en el cultivo de la papa. Lora (1978) reporta un nivel crítico para B disponible en el rango de 0.6 a 0.8 ppm por el método del agua caliente. En trabajos de campo con la variedad ICA-Guantiva, encontró altas respuestas en suelos con contenido de B menores de 0.7 ppm. Los trabajos fueron realizados con Borax del 11% B. Hubo alta respuesta en un andept hasta 2.4 kg B/ha. La aspersión foliar también fue promisoría. Posterior investigación realizada por Avella y Gerenas (1984) en un andept de paramo, indicaron alta respuesta en las variedades San Jorge, Pastusa y Monserrate e igualmente la aspersión foliar resultó promisoría.

En el presente trabajo se pretendió ampliar la información sobre respuestas al boro en otros suelos y con la variedad más cultivada la Parda Pastusa. Los objetivos fueron:

- Determinar el efecto sobre el rendimiento aplicaciones radicales y foliares de boro en diferentes suelos de Cundinamarca y Boyacá.
- Establecer la mejor dosis y método de aplicación.
- Evaluar el efecto de su aplicación sobre la resistencia de los tallos a la quebradura.

Gráfico 3. Disponibilidad de Elementos Menores en Suelos Cultivados con Papa en Boyacá

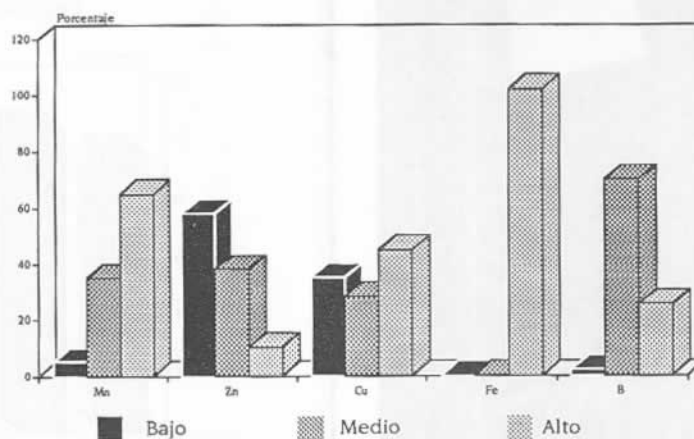
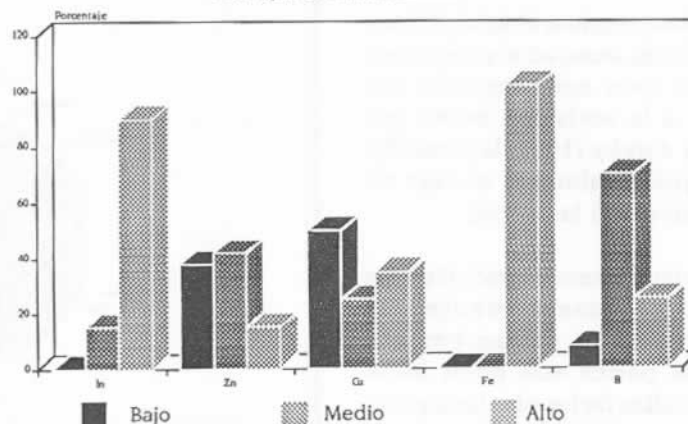


Gráfico 4. Disponibilidad de Elementos Menores en Suelos Cultivados con Papa en Cundinamarca



## 2. MATERIALES Y METODOS

Se realizaron 7 experimentos en las localidades mencionadas en la tabla I correspondientes a los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. en la misma tabla se incluyen los análisis de suelos.

Los suelos se caracterizaron por tener rangos de pH de fuertemente ácidos

a muy fuertemente ácidos; contenidos medios a altos en materia orgánica; contenidos predominantemente bajos en fósforo y valores de boro de bajos a medios.

Se utilizó la variedad Parda Pastusa por ser la más cultivada en la región bajo estudio. Como fuente de NPK se utilizó un fertilizante comercial de relación 1-3-1 en dosis común de 1000 kg/ha. Como fuente de boro se utilizó borax granulado (11%B) y



TABLA 1. Análisis de Suelos de las localidades estudiadas.

LOCALIDAD	TEXT.	pH	M.O. %	P (ppm)	Meq / 100 g. suelo				Elementos Menores (ppm)				
					Al	Ca	Mg	K	Fe	B	Cu	Mu	Zn
1. Ventaquemada	F	4.6	7.0	6.1	3.1	2.0	0.9	0.4	337	0.14	2.2	13	0.3
2. Turmequé	Fl	5.3	6.4	16.6	1.2	4.0	1.2	0.9	696	0.41	2.5	17.3	1.2
3. Villapinzón	F	5.5	6.1	5.0	-	2.8	1.3	0.4	58	0.30	12.8	46.6	1.5
4. Villapinzón	F	5.3	7.2	7.0	1.4	3.1	1.7	1.0	567	0.38	12.1	35.1	2.7
5. Villapinzón	F	5.5	7.2	41.0	-	4.3	0.9	0.8	530	0.51	5.3	15.8	1.8
6. Tausa	Fl	4.5	26.0	15.0	5.0	1.1	0.2	0.3	115	0.15	11.4	12.8	3.3
7. Turmequé	F	5.7	16.0	9.0	-	3.2	0.6	0.7	147	0.51	3.0	14.3	1.9

solubor (20.5% B). Tanto el fertilizante comercial como el borax se aplicaron al momento de la siembra en banda al fondo del surco. Las aspersiones foliares de solubor se efectuaron a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia en soluciones de 200, 300, y 400 litros/ha usando una aspersora de presión constante y con una boquilla que permitía gotas finas.

Un experimento adicional se realizó en la localidad de Villapinzón comparando métodos de aplicación incluyendo la aplicación al suelo de solubor disuelto en agua como método promisorio para facilitar la aplicación de boro teniendo en cuenta que por ser cantidades pequeñas se dificulta su aplicación como polvo o granulado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

En las gráficas 5 al 8 y en la tabla 2 se presentan los resultados de rendimiento total obtenido para las diferentes localidades y se comparan los diferentes métodos de aplicación. Se observaron diferencias significativas con las aplicaciones de boro tanto al suelo

Gráfico 5. Respuesta de la Papa al Boro en Tres Suelos de Cundinamarca y Boyaca 1995

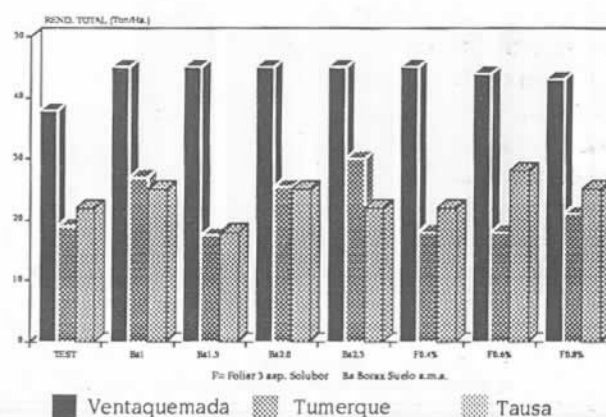


Gráfico 6. Respuesta Promedio de la Papa a la Aplicación de Boro\* Villapinzón Cund/ca 1986

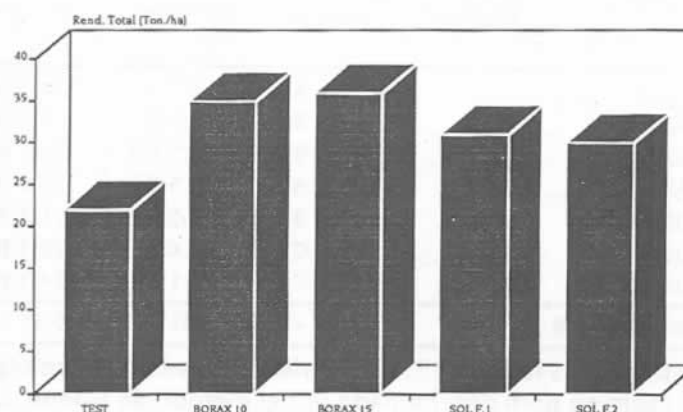
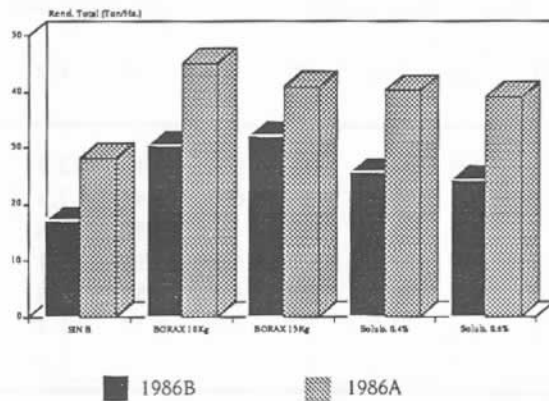


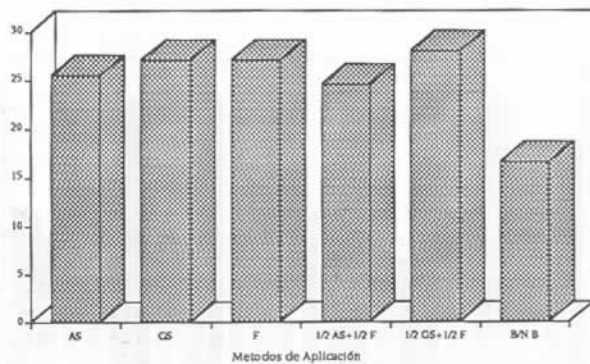


Gráfico 7. Efecto Semestral de las Aplicaciones de Boro sobre el Rendimiento de la Papa



como al follaje. Las respuestas se presentaron aún cuando el contenido de B del suelo estaba en el nivel de 0,5 ppm. En general no se presentaron diferencias significativas entre las diferentes dosis aplicadas al suelo, aunque en algunos casos (Villapinzón) y (Tausa) dosis cercanas a 2.5 kg/ha tendieron a disminuir los rendimientos. Esto nos indica que una dosis de 1 kg/ha de B es suficiente para suplir las necesidades de este micronutriente en los suelos estudiados.

Gráfico 8. Respuesta de la Papa A Métodos de Aplicación de B



Villapinzón 1987  
As: Solución Aspersión suelos GS=Norak F= Foliar & Asp.

Las aspersiones foliares de solubor también incrementaron significativamente los rendimientos, pero fueron inferiores a los obtenidos con las aplicaciones de boro al suelo. Esto coincidió con el más rápido desarrollo de las plantas cuando recibieron el boro al suelo, comparado con las parcelas destinadas a las aplicaciones foliares en las cuales fue necesario esperar hasta tener un follaje suficiente para comenzar a realizar las aspersiones. Por tanto estas presentaron deficiencias de boro en sus estados iniciales que afectaron su desarrollo, además de que la ruptura temprana de los tallos

Tabla 2. Resultados de rendimiento total en siete localidades de Cundinamarca y Boyacá

TRATAMIENTOS	FUENTE	DOSIS (kg/ha)	RENDIMIENTO TOTAL (Ton / ha)						
			LOCALIDADES						
			1	2	3	4	5	6	7
TESTIGO			35.1 A	18.1 A	20.2 A	28.1 A	17.1 A	19.3 A	32.4 A
BORAX	10		44.8 BC	25.5 B	23.7 B	45.2 B	30.5 B	31.7 B	34.0 A
BORAX	15		44.7 BC	26.5 CB	26.7 B	41.0 C	32.3 B	32.2 B	36.1 B
BORAX	20		45.8 B	24.5 BE	24.0 B	42.0 C			
SOLUBOR	0.4%*		46.0 B	23.2 BE	21.8 A	40.3 C	25.6 C	27.9 C	32.2 A
SOLUBOR	0.6%*		43.9 C	24.4 B	26.3 B	39.2 C	24.3 C	26.4 C	33.3 A
SOLUBOR	0.8%*		42.3 C	22.1 dE	24.3 B	41.5 C			
Contenido de B en ppm			0.14 +	0.41 +	0.30 +	0.38 +	0.30 +	0.51 +	0.51 +

\* 3 Aspersiones foliares 15, 30 y 45 días después de la emergencia + Contenido de boro disponible en el suelo en ppm determinado por el método de Hunter. Localidades: 1: Ventaquemada, 2: Turmequé, 3: Villapinzón, 4: Villapinzón, 5: Villapinzón, 6: Tausa, 7: Turmequé.



ejerció un efecto adverso en el desarrollo de las plantas.

Valores con una letra en común no son significativamente diferentes al 5% de probabilidad.

Aplicaciones al follaje superiores al 0.6% presentaron efecto fitotóxico caracterizado por amarillamiento de la parte central de la planta, puntos necróticos y deformación de folíolos. Esto fue más notorio en la dosis de 0.8%. Esta fitotoxicidad fue desapareciendo a medida que las plantas incrementaron el área foliar indicando que aunque el boro es poco móvil, si fué capaz de translocarse gradualmente a través de floemay ejercer un efecto benéfico en el desarrollo de la planta y en su producción de tubérculos.

Las plantas que recibieron boro al suelo presentaron un follaje elástico y resistente a la quebradura de tallos. Las aspersiones foliares contrarrestaron igualmente este efecto. Las parcelas testigo fueron severamente afectadas por la quebradura de tallos particularmente en los experimentos de Villapinzón y Ventaquemada, lo cual indica que este síntoma se puede considerar asociado a las deficiencias de este micronutriente. En el caso particular de Villapinzón, las parcelas testigos presentaron poca floración debido a que los tallos principales fueron quebrados por el viento.

Los mejores resultados obtenidos en los tratamientos que recibieron boro pueden ser atribuidas en parte al efecto positivo sobre la resistencia mecánica del follaje que permitió que este no fuera afectado en su desarrollo. Además es de considerar que las plantas nutridas adecuadamente con boro se

desarrollaron más vigorosas desde el comienzo.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo foliar del cultivo de la papa (Variedad Parda Pastusa) es favorecido ampliamente por aplicaciones radiculares o foliares de boro. Este efecto incide significativamente en el incremento de los rendimientos, los cuales son muy rentables para el agricultor.

De los métodos aplicados evaluados, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación radicular del boro al momento de la siembra.

Una dosis de 1 kg/ha de B aplicado al suelo al momento de la siembra en forma granular o en solución es suficiente para corregir deficiencias en los suelos cuyo contenido sea inferior de 0.6 ppm (método de Hunter). Aunque de menor magnitud también son efectivas las aspersiones foliares de solubor entre 0.4 y 0.6% aplicados 15, 30 y 45 días después de la emergencia.

Aplicaciones de boro al suelo hasta 2,5 kg/ha no produjeron fitotoxicidad visible en el follaje, contrario a lo que sucedió con aspersiones foliares de solubor superiores al 0.6%. Por esto último deben tenerse precauciones en el uso de este método y preferir el de aplicación al suelo, mejorando la distribución, ya que utilizan dosis pequeñas del fertilizante boratado.

Es recomendable la aplicación de boro al suelo por medio de aspersión al surco antes de la

siembra, pues este método tiene las ventajas de su facilidad de aplicación.

Es conveniente investigar la combinación de fertilizante boratado con los insecticidas para el control de gusano blanco, tanto en sus formulaciones líquidas, como granulados, ya que este control es muy utilizado al momento de la siembra. Esto facilitaría la aplicación del boro cuando se utilice como único micronutriente complementario a la aplicación de NPK.

#### 5. BIBLIOGRAFIA.

Abella, P.J. y C.E. Gerenas, 1984. Respuesta varietal de la papa (*Solanum tuberosum* L.) a la aplicación del boro en un andepto de Cundinamarca. Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. Bogotá. Univ. Nacional. Fac. Agron. 157 p.

Bradford, G. R. 1966. Boron. In: Diagnostic criteria for plants and soils pp. 33-61, H.D. Chapman Ed. Univ of California.

Gupta, U.C. 1979. Boron nutrition of crops. Adv. Agron. 31: 273-307.

Hooker, W.J. 1981. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.

Lora, S.R. 1978. Respuesta de los cultivos de clima frío a la aplicación de micronutrientes. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9 (2): 183:191.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Pilbeam, D.J. and E.A. Kirkby. 1983. The physiological role of boron in plants. J. Plant. Nutr. 6: 563:582.

Raven, J.A. 1980. Short and long distance transport of boric acid in plants. New. Phytopathol. 84: 231-249.

Reisenauer, H. M.; Walsh, L.H. and R.G. Hoef. 1973. Testing soils for sulphur, boron, molibdenum and chlorine. pp. 173-200. In: L.M. Walsh and J.D. Beaton Eds.: Soil testing and plant analysis. Soil Science Soc. of America, Madison Wisconsin.