

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“APLICACIÓN DE BORO EN EL CONTROL DE LA
MALFORMACIÓN DE FRUTAS DEL CULTIVO DE
PAPAYO (*Carica papaya* L.)”**

T E S I S

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Breeny Castillo Valdiviezo

PROMOCIÓN II - 2000

“Unasinos hacia el Desarrollo de un Nuevo Ecomilenio”

TINGO MARÍA – PERÚ

2004

DEDICATORIA

A mis padres: Wilder y Luci Marilú, los amo con todo mi corazón para siempre; a ellos les debo la vida.

A mis queridos hermanos: Llovany, José, Rosa Alvina, Betsy y David; son parte de mi ser y somos uno solo.

A mis preciosos sobrinos: José Alberto, Kevin Aroon, Wilder Macduval, Enrique, Lila, Anita, Diego, Alvaro, Lucy Beatriz, y Estephany, que llenan mi felicidad.

"El genio es aquella persona que construye, pero el ser humano es aquella persona que masifica lo construido"

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por dejarme vivir, gracias Dios Mío te amo mucho.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María, especialmente a la Facultad de Agronomía, por darme la apertura profesional para promover desarrollo.
- A todos mis profesores que compartieron sus experiencias para fortalecer mis decisiones.
- Al Ing. Carlos Carbajal Toribio gerente del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP) – Tingo María, por el apoyo institucional.
- A mis Jurados de Tesis: Ing. Carlos Carbajal Toribio, Ing. M.Sc. José Wilfredo Zavala Solórzano e Ing. Jorge Adriazola del Aguila, por impulsar la investigación.
- A mis asesores Ing. Jaime J. Chávez Matías e Ing. Carlos Huatuco Barzola por facilitarme todo el proceso de investigación.
- A mis amigos con mucha fraternidad Tito Josip y María Luisa, Ronald A, Juan Carlos y Ludjer, por entendernos y compartir a cada momento de nuestras vidas, lo que es una verdadera amistad.
- A toda mi familia Castillo y Valdiviezo desde lo mas profundo de mi ser.
- Al señor Julio Collazos Paredes, por facilitarme su parcela.
- A mi fantasía entrañable, solo él sabe, ahora tengo una visión más amplia de lo que es la vida y el amor.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
2.1 Generalidades sobre el cultivo de papayo.....	12
2.2 Importancia de los micronutrientes en las plantas.....	15
2.3 Funciones del boro en las plantas.....	17
2.4 Efectos de la deficiencia de boro.....	18
2.5 Factores que afectan la disponibilidad del boro.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 Ubicación del campo experimental.....	28
3.2 Materiales e insumos.....	33
3.3 Componentes en estudio.....	35
3.4 Tratamientos en estudio.....	36
3.5 Diseño experimental.....	37
3.6 Modelo aditivo lineal y análisis de variancia.....	37
3.7 Características del campo experimental.....	38
3.8 Ejecución del experimento.....	39
3.9 Observaciones registradas y metodologías.....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 Del porcentaje de frutos con protuberancias.....	49
4.2 Del número de protuberancias por fruto.....	64
4.3 Del análisis sensorial.....	72

	Pág.
V. CONCLUSIONES.....	75
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII. RESUMEN.....	77
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	79
IX. ANEXO.....	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Datos meteorológicos registrados durante el período de ejecución del experimento (Abril – Noviembre 2001).....	29
2. Resultados del análisis físico - químico del suelo del campo experimental al inicio del trabajo de investigación.....	30
3. Resultados del análisis físico - químico del suelo del campo experimental al final del trabajo de investigación.....	31
4. Resultados del análisis foliar de las plantas del campo experimental al final del trabajo de investigación.....	32
5. Composición química de wuxalboro.....	35
6. Relación de los tratamientos en estudio.....	36
7. Esquema del análisis de variancia.....	38
8. Escala hedónica – prueba de Friedman para la evaluación sensorial de los atributos olor y sabor.	47
9. Escala hedónica – prueba de Friedman para la evaluación sensorial del atributo color.....	48
10. Escala hedónica – prueba de Friedman para la evaluación sensorial del atributo textura.....	48
11. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante tres evaluaciones.....	50

Cuadro	Pág.
12. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las fuentes de Boro (A) en el porcentaje de frutos con protuberancias durante tres evaluaciones.....	53
13. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las dosis de fuentes de Boro (B) en el porcentaje de frutos con protuberancias durante tres evaluaciones.....	57
14. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante tres evaluaciones.....	61
15. Resumen del análisis de variancia para el número de protuberancias por fruto de papayo durante tres evaluaciones.....	65
16. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las dosis de fuentes de Boro (B) en el número de protuberancias por fruto de papayo durante tres evaluaciones.....	67
17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número promedio de protuberancias por fruto durante tres evaluaciones.....	69
18. Resumen del análisis estadístico sensorial de Friedman para los atributos color, olor, sabor, textura de frutos de papayo y grosor de la pulpa de frutos sanos y con protuberancias por efecto de la aplicación de Boro.....	73
19. Datos originales del porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante la primera evaluación.....	85

Cuadro	Pág.
20. Datos originales del porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante la segunda evaluación.....	85
21. Datos originales del porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante la tercera evaluación.....	86
22. Datos originales del número promedio de protuberancias por fruto de papayo durante la primera evaluación (estrato inferior).....	86
23. Datos originales del número promedio de protuberancias por fruto de papayo durante la segunda evaluación (estrato superior).....	87
24. Datos originales del número promedio de protuberancias por fruto de papayo durante la tercera evaluación (estrato superior).....	87
25. Datos originales del análisis sensorial.....	88
26. Cronograma de evaluaciones.....	89
27. Croquis de la parcela – distribución de los tratamientos.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Efecto principal de las fuentes de Boro (A) en el porcentaje de frutos con protuberancias en el cultivo de papayo.....	54
2. Efecto principal de las dosis de fuentes de Boro (B) en el porcentaje de frutos con protuberancias en el cultivo de papayo.....	58
3. Efecto de la aplicación de Boro en el porcentaje de frutos con protuberancias en el cultivo de papayo.....	63
4. Efecto de la aplicación de Boro en el número de protuberancias por fruto en el cultivo de papayo.....	71
5. Esquema de distribución de estratos para evaluar el número de protuberancias de frutos de papayo.....	84

I. INTRODUCCIÓN

Últimamente en la zona papayera del Alto Huallaga se viene observando con mayor frecuencia la presencia de frutos malformados que no son aceptados en el mercado debido a su mal aspecto que presentan; esta malformación del fruto posiblemente se deba a los agentes fitopatológicos, textura del suelo, precipitación pluvial así como también deficiencia del elemento Boro que puede estar en pocas cantidades o no disponible por la planta.

El Boro constituye un microelemento importante ya que interviene directamente en la calidad y producción de frutos, su deficiencia se manifiesta con frutos malformados con exudación de látex por encima de la cáscara, abortamiento de flores en épocas de sequía, producción de frutos alternados en el tronco (16). En terrenos laderosos, secos, suelos que no guardan humedad y suelos calizos con pH demasiados altos los síntomas de deficiencia se hacen más evidentes y en regiones húmedas donde el Boro es lavado con mucha facilidad (17, 4). En Tingo María llueve 3300 mm/año, lo que podría estar ocasionando esta escasez de Boro, pero no existen reportes técnicos sobre este problema.

Esta situación merece ser controlada a fin de que el agricultor de nuestra amazonía aumente su productividad y mejore la calidad de fruta de esta caricaea, que le permitirá competir en el mercado nacional y obtener buenos ingresos económicos.

Considerando lo antes mencionado se planteó el presente trabajo de investigación cuyos objetivos son los siguientes:

1. Determinar la presencia o ausencia de malformación de frutos en el cultivo de papayo, ante la aplicación de las fuentes de Boro.
2. Determinar el efecto de la dosis de aplicación de Boro en el control de la malformación del fruto de papayo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades sobre el cultivo de papayo

2.1.1 Origen y distribución

El papayo es originario de América tropical, sin embargo el centro de origen botánico de la especie cultivada no está determinada con exactitud (15). Así mismo, es originario del nor-occidente amazónico y se encuentra distribuida en toda la cuenca amazónica, se cultiva en la selva alta y selva baja (14).

2.1.2 Clasificación taxonómica

División	:	Espermatofita
Sub división	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledóneas
Sub clase	:	Apétala o Arquiclamidea
Orden	:	Cristales
Familia	:	Caricaceae
Género	:	Carica
Especie	:	<i>Carica papaya</i> L (23).

2.1.3 Descripción botánica, agronómica y fisiológica

El papayo pertenece a la familia Caricaceae que al mismo tiempo posee cuatro géneros, de las cuales el de mayor importancia comercial es la

Carica, que a su vez este género comprende 21 especies, dentro de ellas está la *Carica papaya* que es la que se cultiva agronómicamente, por su gran aceptación en el mercado, mientras las otras especies: *Carica pentagona*, *C. monoica*, *C. glandulosa*, *C. pubescens*, *C. candicans*, etc. son para trabajos de mejoramiento genético (14).

El papayo es una planta herbácea, siempre verde de rápido crecimiento llegando a medir de 8 - 10 m de altura, de copa pequeña, hojas grandes, simples, alternas, largamente pecioladas, palmatilobadas con 7, 9 ú 11 lóbulos y con nervaduras prominentes, asimismo el tallo es herbáceo, fistulado, succulento y con abundante látex lechoso, que a la vez mide de 10 - 30 cm de diámetro, posee corteza externa lisa con cicatrices prominentes por la caída de las hojas. El sistema radicular es superficial con raíces suaves, carnosas, succulentas y frágiles que no toleran excesiva humedad, asimismo la mayor concentración de raíces se encuentran en los primeros 30 cm del suelo (15).

Respecto a las flores encontramos 6 tipos y éstas son: tipo I (femenina, pistilada o ginoica) es un tipo estable sin estambres pero con cinco pétalos de color blanco-cremoso y libres, el pistilo es globoso con 5 carpelos y la fruta es ovoide o esférico; tipo II (pentandria) corola de 5 pétalos casi libres pues sólo se unen en la base, posee 5 estambres fértiles alternos con los pétalos, el estigma es menos desarrollado que el tipo anterior, el fruto de esta flor es ovoide con 5 surcos y marcado por la presencia de los estambres de la flor; tipo III (carpeloide o intermedio) posee pétalos soldados en longitud variable muy retorcida, con 5 - 10 estambres carpeloides; los frutos son ovoides y con

frecuencia deformes a consecuencia de los estambres; tipo IV (elongata) flor con estambres seriados, en dos con 5 cada uno, los pétalos se encuentran unidos en más de un tercio, el pistilo tiene ovario alargado y los frutos son de forma cilíndrica; y tipo V (masculino o androico), es gamopétala presenta inflorescencia en pedúnculos alargados, con muchas flores que solo tienen flores estaminadas pero a veces se ven flores hermafroditas que llegan a fructificar pero pequeños y no son comerciales, ocurren con frecuencia en las épocas frías o en lugares altos (22, 23, 26).

La forma y tamaño de fruto depende del tipo de flor que se origina, generalmente la pulpa es de color amarillo, anaranjado o rojizo succulenta, aromática, dulce o ligeramente insípido; la cavidad central es grande o contiene numerosas semillas de forma globosa negrusca de 5 - 7 mm de diámetro, las mismas que se encuentran cubiertas por un mucílago conocido como arilo (15, 1).

2.1.4 Requisitos de clima, suelo y fertilidad

El papayo es una planta típicamente tropical vigorosa que produce frutos excelentes, que necesita grandes insolaciones con temperaturas de 22 - 28 °C, una humedad relativa de 60 - 85%, necesita suelos con buena permeabilidad areno arcilloso, con un pH variado de 5.5 a 7.0 (16, 28).

El cultivo crece y produce satisfactoriamente en un rango de temperatura entre 22 - 32 °C, mejores resultados en 25 °C y menor de 18 °C limitan su desarrollo y producción afectando la calidad de pulpa; así mismo

necesita de 1800 - 2000 mm de agua distribuidas uniformemente todo el año, y su producción comercial va desde el nivel del mar hasta los 1600 m.s.n.m., lógicamente requiriendo un 70 - 80% de humedad relativa y un suelo que tenga buen drenaje y fertilidad apropiada de clase textural franco arenoso, franco - limoso o franco arcilloso que son mas adecuados (9).

En condiciones de la amazonia peruana el cultivo de papayo puede crecer y producir tolerando como máximo 3419 mm/año, y como mínimo 1020 mm/año (14).

El papayo para su crecimiento y desarrollo requiere 680, 260 y 520 kg/2años/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente (15). Asimismo sugieren aplicar 250 kg de K_2O y 500 kg de P_2O_5 por hectárea y de 0 - 300 gr de N/planta (20); y en la zona se recomienda aplicar anualmente 300 kg de N, 400 kg de P_2O_5 y 300 kg de K_2O por hectárea (8).

2.2 Importancia de los micronutrientes en las plantas

Los suelos varían en su contenido de micronutrientes y generalmente tienen una menor cantidad de micronutrientes que de nutrientes primarios y secundarios. Hay que recordar que el contenido total de micronutrientes en el suelo no indica las cantidades disponibles para el crecimiento de la planta durante un ciclo de crecimiento, pero si indica la abundancia relativa y el potencial para abastecer un nutriente en particular (19).

La fertilización con micronutrientes debe ser manejada como cualquier otro insumo de la producción, si se sospecha de una deficiencia de micronutrientes, ésta se debe confirmar mediante herramientas de diagnóstico como el análisis de suelo, el análisis foliar, los síntomas visuales de deficiencia y mediante pruebas de campo. Se debe desarrollar el hábito de observar detenidamente el cultivo en crecimiento para detectar posibles áreas problemáticas. El diagnóstico de campo es una de las herramientas más efectivas en el manejo de la producción (2).

Los micronutrientes esenciales que los organismos vegetales necesitan para su desarrollo son: Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro, Molibdeno y Cloro; el efecto favorable del Boro sobre el crecimiento de las plantas fue observado por primera vez por Bertrand (1911) y Agulhon (1910), siendo muy conocidos los síntomas de deficiencia en un gran número de cultivos por lo que se ha convertido en un micronutriente muy importante en la agricultura (25).

El Boro constituye el microelemento más importante ya que interviene directamente en la calidad y producción de frutos, como causa de su deficiencia es la acidez excesiva en la fruta y su deficiencia hídrica. Como síntoma de deficiencia los frutos se presentan mal formados con exudación de látex por la cáscara, ocurriendo un mayor abortamiento de flores en períodos de sequía, asimismo la producción de frutos se presenta en forma alterna en el tronco y el sistema vascular puede o no ser oscurecido (16).

El Boro es un elemento poco conocido aunque se sabe que interviene directamente en la síntesis de los elementos de la pared celular, donde la riqueza del suelo con Boro queda bloqueada en suelos calizos con pH demasiado

alto y en regiones húmedas se experimenta lavado del Boro. En el suelo el Boro se presenta en cuatro formas diferentes: boro soluble en agua, boro ligado a la materia orgánica, boro de los minerales de arcilla y boro silicatos (4).

2.3 Funciones del Boro en las plantas

El Boro es absorbido por la planta como ácido bórico ($B(OH)_3$) y también como anión borato ($B(OH)_4^-$) a pHs elevados, tanto por las raíces como por las hojas. Es un elemento con escasa movilidad dentro de la planta, está comprobado que las plantas jóvenes lo absorben con mayor intensidad que las más viejas, siendo pequeña la movilidad de los tejidos viejos a los jóvenes; puede incluso existir deficiencia de este micronutriente en una hoja, mientras que en otra del mismo tallo el contenido es adecuado (7).

Se ha comprobado que el Boro interviene en multitud de procesos biológicos importantes que no pueden realizarse sin la intervención de enzimas; actuando en algún sistema enzimático como constituyente o componente activo y esencial del sustrato donde tiene lugar la reacción biológica. En cuanto a la influencia del Boro sobre el metabolismo de ácidos nucleicos, se ha demostrado que su deficiencia interrumpe el desarrollo y maduración de las células, segunda fase del desarrollo celular (12).

Por otro lado cuando las células adquieren madurez no se ven afectadas por la deficiencia de este elemento; pero las carencias se reflejan en una destrucción de los meristemas terminales y tubos polínicos, es decir, las zonas de crecimiento en cualquier planta. Este elemento interviene en la absorción y metabolismo de los cationes (sobre todo el Ca^{2+}), en la formación de la pectina

de las membranas celulares, en la absorción del agua y en el metabolismo de glúcidos. También ejerce influencia en el metabolismo y transporte de carbohidratos, habiéndose comprobado que una deficiencia provoca la acumulación de azúcares en los tejidos (7).

Está comprobado que las plantas con deficiencia en Boro tienen paredes celulares menos resistentes. En cuanto a la influencia del Boro en el metabolismo nitrogenado, ésta se muestra sobre todo en la síntesis proteica (12).

El Boro es esencial en la actividad meristemática y división celular, de ahí que una falta de este elemento produce daños en los meristemas apicales y muerte de los ápices y brotes laterales. Esta función en la división celular explica la irregularidad en la expansión de los entrenudos y en una pobre expansión radicular; es también determinante para el desarrollo de semillas y frutos. Estas funciones esenciales de las plantas son la fuente principal de pérdidas de rendimiento en algodón, maíz, girasol y cultivos de frutas (29).

En cultivos más susceptibles y en especial aquellos sembrados en suelos livianos el Boro puede ser un factor limitante en el rendimiento. Entre los cultivos más susceptibles a deficiencias están: algodón, girasol, alfalfa, soja, café, algodón, cítricos, papayo y manzano (33).

2.4 Efectos de la deficiencia de Boro

El efecto favorable del Boro sobre el crecimiento de las plantas fue observado por primera vez por Bertrand (1911) y Agulhon (1910), siendo muy

conocidos los síntomas de deficiencia en un gran número de cultivos por lo que se ha convertido en un micronutriente muy importante en la agricultura (25).

La deficiencia de Boro es un desorden ampliamente difundido, una de las primeras respuestas a la deficiencia de Boro es la detención del crecimiento de los ápices radicales y una disminución en la síntesis de ARN. Las deficiencias de Boro han sido determinadas principalmente en tejidos jóvenes, los síntomas se observan en las yemas terminales y en hojas jóvenes, las cuales se decoloran y hasta pueden morir, el crecimiento de los brotes es bastante reducido en plantas deficientes, con marcado acortamiento de entrenudos y muerte de las ramas (21).

Si bien no existe un exacto conocimiento del papel del Boro en la nutrición de las plantas, sin embargo son bien conocidos los efectos provocados por su deficiencia, existe una larga lista de funciones en las que se ha comprobado la participación del Boro, tales como: transporte de azúcares, síntesis de la pared y membrana celular, lignificación y estructura de la pared celular, metabolismo de carbohidratos, metabolismo de ácido ribonucleico (ARN), respiración, metabolismo del ácido indol acético AIA, metabolismo de los fenoles y de las membranas (21).

Sin embargo, el Boro también puede causar síntomas de toxicidad en determinadas áreas provocando graves daños a la planta, por ejemplo el uso de agua de riego contaminada con una alta concentración de este elemento, dicha contaminación puede ser provocada por: vertidos urbanos (ricos en detergentes y productos de limpieza), vertidos industriales y productos químicos utilizados en la

agricultura. Otras causas de los síntomas de toxicidad en las plantas pueden ser los suelos derivados de sedimentos marinos, suelos de las regiones áridas o semiáridas o de suelos derivados de una roca madre rica en Boro encontrándose éste en solución como ácido bórico (H_3BO_3) o como Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) (25).

El Boro es poco móvil en la planta, lo que disminuye su movimiento desde los tejidos viejos a los puntos de mayor demanda, razón por la cual los síntomas de deficiencia aparecen inicialmente en las zonas de crecimiento (3).

En una demostración se observó que las aplicaciones foliares de Boro son rápidamente absorbidas por las hojas de cerezos, durazneros, manzanos y cereales y transportado fuera de las hojas maduras hacia los tejidos de los frutos y flores en desarrollo (18).

En los géneros, donde el Boro se comporta como inmóvil, la aplicaciones foliares solo son efectivas si se aplican directamente sobre los tejidos que precisan de este microelemento; esto indica, claramente, que las aplicaciones foliares de Boro en especies productoras de sorbitol, corrigen las deficiencias en los frutos. La alta acumulación de Boro en frutos y tallos jóvenes, pero no en hojas maduras en los géneros mencionados, se contrapone con la visión de que el Boro se transporta por xilema a los sitios de mayor pérdida de agua (32).

En maíz, las deficiencias leves traen como resultado un pobre llenado de granos y las más severas muestran un acortamiento de entrenudos, pobre en floración y formación de espigas. Este cultivo no demanda mucho Boro, pero

puede presentarse su necesidad en sitios muy cultivados bajo alto nivel de insumos, especialmente en años secos en suelos sobre-encalados (24).

La deficiencia de Boro generalmente detiene el crecimiento de la planta, primero dejan de crecer los tejidos apicales y las hojas más jóvenes, las flores y frutos son afectados por la carencia de este nutrimento (13).

Los estados deficitarios de Boro tienen como consecuencia la acumulación de compuestos nitrogenados en las partes más viejas de las plantas; otros efectos del Boro son su implicación en la síntesis de sustancias importantes en la planta, como en el metabolismo del fósforo, también influye en la síntesis de vitaminas del complejo B y en el contenido de nicotina en la hoja de tabaco (7).

La falta de Boro puede observarse desde los primeros meses del cultivo de papayo, ya que las hojas jóvenes de plantas entre 3 a 5 meses de edad se muestran deformadas, pequeñas con lóbulos estrechos coriáceos y de color verde amarillento a amarillo total, sin embargo conforme la planta se va haciendo adulto el desarrollo del tallo disminuye especialmente en el ápice, de donde sale un racimo de hojas cloróticas y de menor tamaño. Asimismo los frutos de plantas deficientes con Boro se presentan arrugados con pequeños abultamientos con carácter corchoso; cuando la deficiencia se presenta durante la floración, aparece una exudación blanquecina en las yemas florales más jóvenes, los cuales llegan a caer y en su mayoría antes de abrirse (15).

Las deficiencias de Boro ocurren más comúnmente cuando los cultivos se desarrollan en suelos ricos en carbonatos y con pH superior a 6.5. El Boro está presente en el suelo bajo pH 7 primariamente como $B(OH)_3$, el cual no es adsorbido en gran proporción por la fracción coloidal del suelo, al subir el pH la concentración de $B(OH)_4$ aumenta, incrementando la proporción de Boro fijado. Muchos investigadores han sugerido que la materia orgánica en el suelo también limita la disponibilidad de Boro por las plantas (34).

Los valores de micronutrientes encontrados en el pecíolo y hojas del cultivo de papayo ante la aplicación de solución nutritiva indican que el Boro es completo cuando en su concentración foliar tiene 25.00 ppm y es deficiente cuando el valor es 16.00 ppm (30).

2.5 Factores que afectan la disponibilidad del Boro

Es importante tener en consideración que la dinámica del Boro está particularmente vinculada a los procesos ocurridos en el estrato superior del suelo: adsorción/desorción en las partículas lábiles de arcillas y materia orgánica. La fertilización con Boro puede resultar crítica especialmente en cultivos como algodón, café y alfalfa si el nutriente no está lo suficientemente ofertado en el suelo es indispensable su incorporación (29).

Entre los factores que influyen en la disponibilidad del Boro en el suelo tenemos:

2.5.1 Materia orgánica

La materia orgánica es la fuente de Boro más importante en el suelo. En climas cálidos y secos, la descomposición de la materia orgánica en la parte superior del perfil del suelo es lenta, esto puede llevar a una deficiencia de Boro, a temperaturas bajas la descomposición de la materia orgánica también se hace lenta, y se liberan bajas cantidades de Boro, afectando a muchos cultivos de clima frío (col de Bruselas, rábanos, etc.) (2).

2.5.2 Condiciones climáticas

El clima seco restringe la actividad de las raíces en el suelo y esto puede causar una deficiencia temporal de Boro. Los síntomas tienden a desaparecer inmediatamente después de que el suelo recibe un poco de lluvia; el crecimiento de las raíces puede continuar, pero el potencial de producción del cultivo a menudo es menor que el normal (2).

Las condiciones climáticas pueden tener relación con la tolerancia al Boro, pero no en todos los cultivos los efectos son los mismos, sino que unos acumulan más Boro en condiciones de altas temperaturas y climas secos y otros lo hacen a bajas temperaturas y húmedas (25).

2.5.3 pH del suelo

El Boro está disponible para la planta en un rango de pH entre 5.0 y 7.0 a valores de pH más altos la absorción de este elemento se reduce. El encalar suelos ácidos puede reducir la disponibilidad de Boro y aumentar la

respuesta a los fertilizantes que contienen este nutriente (2); a valores de pH más elevados el elemento se torna menos disponible, suelos más arcillosos adsorben más Boro y pueden dificultar la absorción por las plantas. El efecto del calcio puede estar relacionado con interacciones de la planta; un factor muy importante para la disponibilidad del Boro es la cantidad de agua en el suelo, ya que en condiciones de sequía las deficiencias se acentúan, debido posiblemente por la menor liberación del elemento en la materia orgánica (36).

De igual manera el Boro es más soluble bajo condiciones ácidas ya que en parte existe como ácido bórico ($B(OH)_3$) que es aprovechable por la planta, mientras que en suelos arenosos ácidos los fertilizantes conteniendo Boro soluble puede ser lixiviado con mucha facilidad, se dice que el Boro es menos aprovechable a pH más altos debido a la fijación inducida por la cal y otros minerales ya que los boratos de calcio y sodio son relativamente solubles (6).

A medida que se aplican fertilizantes nitrogenados, debido a su acción favorable sobre el crecimiento paralelo aumentan las necesidades de Boro. Es así que este elemento tiene importancia en la arboricultura frutal para la absorción de la pectina y metabolismo de los cationes, sobre todo del calcio, formación de la pectina de las membranas celulares, absorción del agua y metabolismo de los glúcidos; cabe mencionar que estas funciones son pocas conocidas, ya que el diagnóstico en muchos casos puede confundirse por otras enfermedades bacterianas o por las producidas por virus (31).

Cambios en el pH del suelo pueden afectar la disponibilidad de Boro para las raíces, donde la principal razón para esto es el cambio en la forma del Boro encontrado en la solución del suelo. El Boro es utilizado por las plantas como ácido bórico no tiene cargas y se mueve libremente en la solución del suelo, por lo que rápidamente es lavado. La estabilidad del ácido bórico en la solución del suelo depende del pH. A bajo pH, por ejemplo 5.99 el Boro activo en la solución está en forma de ácido bórico, a medida que el pH aumenta, el ácido bórico se disocia tomando un grupo hidroxílico para formar el ion borato (carga negativa) (25).

La proporción aproximada de ácido bórico y el ion borato es de 99.9:0.1 a pH 7.2, 90:10 a pH 8.2 y 50:50 a pH 9.2. A medida que el pH aumenta la disponibilidad del Boro por las raíces decrece, particularmente a pH 8 y mayores, los cationes como el calcio y magnesio pueden formar complejos con borato el cual es insoluble y puede salir de la solución, dejando el Boro no disponible para la planta en un corto tiempo. Cuando esto pasa, más Boro de ácido bórico a borato se necesita para mantener el equilibrio. Si más calcio y magnesio están libres en la solución, más iones de borato formarán complejos, reduciendo la cantidad total disponible para la planta (7).

2.5.4 Textura del suelo

La textura del suelo tiene gran influencia en la disponibilidad de Boro, siendo fácilmente adsorbido en partículas de arcilla las cuales están compuestas por capas de aluminio y moléculas de sílice unidas entre ellas por

varios elementos, donde el ácido bórico o borato esta disponible para unirse al aluminio o al sílice. A mayor superficie de arcilla expuesta al suelo, más grande será el potencial de adsorción del Boro, por lo que suelos con pequeños tamaños de partículas tienen mayor superficie de exposición por kilo de suelo; por lo tanto texturas finas como arcillas adsorben más que suelos con texturas gruesas como la arena (25).

Los suelos de textura gruesa (arenosos), compuestos principalmente por cuarzo, tienen una baja cantidad de minerales que contienen Boro. Las plantas que crecen en esos suelos comúnmente son deficientes, los suelos con textura ligera contienen en general mayores cantidades de Boro soluble que los suelos de textura gruesa, debido a que en estos el Boro es adsorbido por la arcilla, quedando restringida la lixiviación (2).

La textura del suelo tiene un gran efecto en el nivel de Boro de la hoja, por ejemplo para obtener 50 ppm en el flush de verano, un suelo arenoso requiere 0.44 a 0.64 ppm de Boro; en cambio en suelos arcillosos se requiere 7.2 a 11.6 ppm de Boro (25).

La mayor solubilidad del boro se presenta bajo condiciones ácidas, ya que en parte existe como ácido bórico $[B(OH)_3]$ que es aprovechable por la planta; mientras que en suelos arenosos ácidos los fertilizantes conteniendo Boro soluble pueden ser lixiviados con mucha facilidad, resultando menos aprovechable a pH más altos ya que la fijación del Boro es inducida por la cal y otros minerales, debido a que los boratos de calcio y sodio son relativamente solubles (6).

2.5.5 Lixiviación

El Boro es móvil en el suelo y está sujeto a lixiviación, principalmente en suelos arenosos y/o en las áreas de abundante precipitación, los cultivos varían ampliamente en sus necesidades y en su tolerancia al Boro, sin embargo el rango entre deficiencia y toxicidad es muy estrecho, más estrecho que en cualquier otro nutriente esencial; por lo tanto, el Boro debe ser utilizado muy cuidadosamente, en rotaciones con cultivos sensibles al Boro (2).

La adsorción del Boro juega un papel importante en la determinación de la cantidad de Boro disponible para la absorción por las plantas. El Boro asimilable (extraíble en agua caliente) que consiste sobre todo en ácido bórico $(BOH)_3$, es muy pequeño en relación al Boro total (entre 0,1 y 3 μg B/ml), el Boro total (entre 2 y 200 μg B/ml) que principalmente depende del tipo de suelo se encuentra bajo las siguientes formas: en el interior de los minerales silicatados (no asimilable por las plantas), adsorbido sobre los minerales arcillosos (con un máximo de adsorción hacia pH 8.5 - 9.0), adsorbido sobre hidróxidos de hierro y aluminio (con un máximo de adsorción entre pH 8.0 -9.0 para hidróxidos de hierro y hacia pH 7.0 para hidróxido de aluminio) y ligado a la materia orgánica (provocando un aumento del contenido en Boro en las plantas) (25).

El Boro es absorbido por un flujo hídrico a través de las raíces de las plantas como ácido bórico no dissociado, sigue el flujo de la transpiración, y es transportado únicamente en el xilema, en gran parte inmóvil en el floema. Se ha demostrado que puede haber un control genético en el transporte de dicho elemento (25).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del campo experimental

3.1.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se ejecutó durante el período de abril a octubre del 2001, chacra del Sr. Julio Collazos Paredes que se encuentra ubicada en el sector La Cadena, carretera Tingo María - Aucayacu, distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, cuya ubicación geográfica es como sigue: Latitud sur 09°17'58", longitud oeste 75° 54'07" y una altitud de 660 m.s.n.m

La zona en estudio pertenece al Bosque Húmedo Tropical, según Holdridge (ONERN, 1982).

3.1.2 Historia del campo experimental

El campo donde se instaló el presente experimento, tiene la siguiente secuencia histórica:

Antes de 1989	Cañaveral.
1989 - 1993	Cultivo de plátano.
1994 - 1995	Descanso del terreno.
1996 - 1999	Cultivo de papayo.
15 -04-2000	Instalación del cultivo de papayo.
04 - 04-2001	Desarrollo del trabajo de investigación.

3.1.3 Datos meteorológicos

Para el presente trabajo de investigación se tomaron datos de la Estación Meteorológica del SENAMHI, ubicada en el sector Los Milagros, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos meteorológicos registrados durante el período de ejecución del experimento (Abril – Noviembre 2001).

Mes	Temperatura			Precipitación (mm)	H.R° (%)
	Máxima	Mínima	Media		
Abril	29.8	20.1	24.9	220.3	84.5
Mayo	29.2	19.2	23.7	328.4	84.5
Junio	29.4	19.5	24.5	250.4	84.0
Julio	29.6	19.7	24.7	277.1	84.0
Agosto	30.1	17.8	24.0	71.7	83.0
Septiembre	31.1	19.2	25.2	135.9	82.0
Octubre	31.7	19.9	25.8	198.8	84.0
Noviembre	30.6	20.7	25.6	377.7	86.0
Total	241.5	156.1	198.4	1860.3	672.0
Promedio	30.2	19.5	24.8	232.5	84.0

Fuente: SENAMHI – estación meteorológica Los Milagros

En el Cuadro 1, se observa que la temperatura media mensual durante el período de ejecución del experimento fluctuó de 23.7 a 25.8 °C,

valores que se encuentran dentro del rango para el desarrollo óptimo del cultivo de papayo. En relación a la precipitación, el menor valor se observa en el mes de agosto (71.7 mm), incrementándose en los meses subsiguientes, valores dentro del rango para el desarrollo del papayo, cuyo exceso fueron controlados mediante buenas prácticas de manejo del cultivo.

3.1.4 Características físico - químicas del suelo

Cuadro 2. Resultados del análisis físico - químico del suelo del campo experimental al inicio del trabajo de investigación.

Parámetro	Valor	Método empleado
Análisis físico		
Arena (%)	48.80	Hidrómetro
Limo (%)	38.60	Hidrómetro
Arcilla (%)	12.60	Hidrómetro
Clase textural	Franco	Triángulo textural
Análisis químico		
Materia orgánica (%)	2.80	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	0.12	%M.O x 0.045
Fósforo (ppm)	6.40	Olsen modificado
K ₂ O (kg/ha)	320.00	Ácido sulfúrico 6N
CaCO ₃ (%)	0.15	Gasó - volumétrico
pH	7.40	Potenciómetro
CIC (meq/100g)	10.80	Acetato de amonio 1N pH 7.0
Ca (meq/100g)	8.60	Absorción atómica
Mg (meq/100g)	3.20	Absorción atómica
K (meq/100g)	1.10	Absorción atómica
Na (meq/100g)	0.10	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la U.N.A.S.

Cuadro 3. Resultados del análisis físico - químico del suelo del campo experimental al final del trabajo de investigación

Parámetro	Tratamientos/valor								Promedio	Método empleado
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈		
Análisis físico										
Arena (%)	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	Hidrómetro
Limo (%)	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	Hidrómetro
Arcilla (%)	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	Hidrómetro
Clase textural	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco	Triángulo textural
Análisis químico										
Materia orgánica (%)	3.1	3.3	3.4	3.3	3.7	2.6	3.3	2.2	3.1	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.11	0.15	0.1	0.14	%M.O x 0.045
Fósforo (ppm)	6.5	6	9.8	9.6	7.2	9	11.2	7.8	8.39	Olsen modificado
K ₂ O (kg/ha)	870	540	540	606	516	438	378	354	530.25	Ácido sulfúrico 6N
CaCO ₃ (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	Gasó - volumétrico
pH	7.5	7.4	7.4	7.4	7.6	7.5	7.5	7.3	7.45	Potenciómetro
CIC (meq/100g)	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	Acetato de amonio 1N pH 7.0
Ca (meq/100g)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Absorción atómica
Mg (meq/100g)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	Absorción atómica
K (meq/100g)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	Absorción atómica
Na (meq/100g)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de análisis suelos de la UNAS

Cuadro 4. Resultados del análisis foliar de la plantas del campo experimental al final del trabajo de Investigación

Tratamiento	Descripción	B en ppm	Promedio fuente de boro
T ₁	Bórax 5 g/planta	36.00	
T ₂	Bórax 10 g/planta	29.68	
T ₃	Bórax 15 g/planta	31.63	32.44
T ₄	Granubor 5 g/planta	37.96	
T ₅	Granubor 10 g/planta	34.06	
T ₆	Granubor 15 g/planta	32.60	34.87
T ₇	Wuxalboro 4 lt/ha	18.00	18.00
T ₈	Testigo	29.20	29.20
T ₀	Parcela en general	30.80	
Análisis completo de la muestra T ₀ en %			
Ca	0.75		
Mg	0.18		
K	0.10		
Na	0.02		
Na	1.10		
P	1		

Fuente: Laboratorio de espectrofotometría de la UNAS

Los análisis físico - químicos del suelo del campo experimental se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para lo cual se tomaron muestras de suelo hasta una profundidad de 20 cm con los métodos de muestreo de suelos convencionales.

Los resultados nos indican un suelo franco, de reacción ligeramente alcalino, con un contenido medio de materia orgánica y nitrógeno, nivel medio de fósforo y potasio, condiciones aptas para el cultivo de papayo.

3.2 Materiales e insumos

3.2.1 Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Wincha.
- Tubo muestreador.
- Cintas de agua color rojo, verde y marrón.
- Machete.
- Vernier digital.
- Cordel.
- Placas metálicas.
- Triplay/listones.
- Pintura.
- Libreta de apuntes/plumón indeleble.

3.2.2 Insumos

Entre los insumos utilizados, se encuentran micronutrientes, fertilizantes y pesticidas, tal como a continuación se detalla:

Bórax

Es un fertilizante granulado como arenisca, se encuentra en el mercado como tetraborato decahidratado de sodio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) con 11% de Boro.

Granubor

Es un fertilizante granulado aperdigonado que contiene 14.3% de Boro, se aplica directamente al suelo solo o conjuntamente con otros fertilizantes debido a que son formulaciones altamente solubles y fácilmente asimilables por la planta.

Wuxalboro.

Es un abono foliar concentrado que contienen micronutrientes quelatados, con una formula nutricional muy bien balanceada, su composición química es la siguiente:

Cuadro 5. Composición química de wuxalboro

Macronutrientes		Porcentaje volumen	Micronutriente	Porcentaje en peso
Nitrógeno	N	7.0	Boro B	4.00
Fósforo	P ₂ O ₅	15.4	Cobre Cu	0.05
Potasio	K ₂ O	7.0	Fierro Fe	0.10
			Manganeso Mn	0.05
			Molibdeno Mo	0.05
			Zinc Zn	1.50

Fuente: Dirección ventas Aventis Cropscience Perú S.A.

- Urea (46% N).
- Superfosfato triple de calcio (46% de P₂O₅).
- Cloruro de potasio (60% de K₂O).
- Benlate (fungicida Benomil).
- Azufre micronizado.
- Pirimor (insecticida).
- Adherente.

3.3 Componentes en estudio

3.3.1 Productos químicos fuente de Boro (A)

a₁ = Bórax (localizado en el suelo).

a₂ = Granubor (localizado en el suelo).

3.3.2 Dosis de fuente de Boro (B)

b_1 = 5 g/planta.

b_2 = 10 g/planta.

b_3 = 15 g/planta.

3.3.3 Testigos adicionales (T)

t_{AF} = Aplicación de abono foliar wuxalboro (foliar).

t_{SA} = Testigo (Sin aplicación).

3.4 Tratamientos en estudio

Los tratamientos generados según el arreglo factorial $2 \times 3 = 6$ tratamientos, más 2 testigos adicionales, se detallan a continuación:

Cuadro 6. Relación de los tratamientos en estudio.

Clave	Tratamiento	Descripción
T_1	a_1b_1	Aplicación de bórax al suelo: 5 g/planta.
T_2	a_1b_2	Aplicación de bórax al suelo: 10 g/planta.
T_3	a_1b_3	Aplicación de bórax al suelo: 15 g/planta.
T_4	a_2b_1	Aplicación de granubor al suelo: 5 g/planta.
T_5	a_2b_2	Aplicación de granubor al suelo: 10 g/planta.
T_6	a_2b_3	Aplicación de granubor al suelo: 15 g/planta.
T_7	t_{AF}	Aplicación foliar de wuxalboro: 4 lt/ha.
T_8	t_{SA}	Testigo (Sin aplicación)

3.5 Diseño experimental

El diseño experimental adoptado fue el completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2 x 3, más dos testigos adicionales y diez repeticiones. Las características evaluadas se sometieron al análisis de variancia y la significación estadística fue determinada por la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

3.6 Modelo aditivo lineal y análisis de variancia

3.6.1 Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Para:

$i = 1, \dots, a$ producto químico fuente de Boro.

$j = 1, \dots, b$ dosis de fuente de Boro.

$k = 1, \dots, r$ repeticiones.

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación a la k-ésima repetición con el i-ésimo producto químico fuente de Boro aplicado al suelo a la j-ésima dosis.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto del i-ésimo producto químico fuente de Boro aplicado al suelo.

β_j = Efecto de la j-ésima dosis de las fuentes de Boro.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo producto químico
fuente de Boro con la j-ésima dosis.

ϵ_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental asociado a dicha
observación Y_{ijk} .

3.6.2 Análisis de variancia

Cuadro 7. Esquema del análisis de variancia.

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad	
Tratamientos	$(ab-1) + t$	7
Factorial	$(ab-1)$	5
A (Fuente de Boro)	$(a-1)$	1
B (Dosis)	$(b-1)$	2
A x B	$(a-1)(b-1)$	2
Testigo	$(t-1)$	1
Factorial vs. Testigo	1	1
Error experimental	$(ab+t)(r-1)$	72
Total		79

3.7 Características del campo experimental

a. Dimensiones del campo experimental

Largo	135.00 m
Ancho	18.70 m
Área total	2525.00 m ²

b. Características de las hileras

Número de hileras o camellones totales	54
Distanciamiento entre hileras	2.50 m
Distanciamiento entre planta	2.00 m

c. Características de las unidades experimentales

N° de plantas totales de la parcela experimental	505
N° de plantas evaluadas por tratamiento	10
N° de plantas evaluadas por fuente de Boro	20
N° de plantas evaluadas por dosis de fuente de Boro	30
N° total de plantas evaluadas del experimento	80

d. De los tratamientos

N° de fuentes de Boro	02
N° de dosis por fuente de Boro	03
N° de testigos	02
Total de tratamientos	08

3.8 Ejecución del experimento

3.8.1 Determinación del área experimental

El trabajo de investigación se inició el 04 de abril del 2001, en una plantación nueva de papayo (1 año de edad) variedad criollo mejorado con semillas procedente del mismo agricultor, cuya siembra fue realizada el 15 de abril del 2000 en un área total de 2525.00 m², que estuvieron repartidas en 54

camellones y/o hileras con distanciamiento de 2.00 x 2.50 m haciendo un total de 505 plantas, instalada en un terreno aluvial, margen derecha del río huallaga.

Previo a la instalación del experimento se tuvo en cuenta que en la parcela no se haya efectuado ningún tipo de fertilización, asimismo de que la plantación este uniforme en crecimiento y en distribución en el área.

3.8.2 Inventario del área experimental

Las evaluaciones en campo se iniciaron el 04 de abril del 2001, concluyéndose toda la fase de campo el 28 de octubre del mismo año. Esta actividad consistió en cuantificar el total de plantas sanas y plantas con frutos con protuberancias existentes en toda el área, asimismo al azar se asignaron las claves según cuadro de tratamientos en estudio y croquis; según diagnóstico realizado se encontró 505 plantas totales de los cuales 304 plantas sanas y 201 plantas con frutos con protuberancias.

3.8.3 Muestreo de suelo

Al inicio y finalización del trabajo de investigación se hicieron muestreos de suelo en toda el área experimental, siguiendo todas las recomendaciones establecidas por el laboratorio, la que posteriormente estas muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su respectivo análisis físico – químico.

3.8.4 Muestreo foliar de las plantas

Esta actividad se hizo al finalizar el trabajo de investigación fase campo, con la finalidad de comprobar la presencia o ausencia de elemento Boro en las hojas en mediciones ppm, la extracción de la muestras se hicieron independientemente por tratamiento y repetición (una hoja al azar por cada planta). La labor consistió en coger al azar tres hojas por planta con 10 cm de pedúnculo.

Limpieza y secado de las hojas

Consistió en lavar todas las hojas por tratamiento con abundante agua y se procedió a enjuagar con agua destilada y se dejó secar a medio ambiente por espacio de 10 minutos. Para la obtención de la materia seca de las hojas estas fueron llevadas a una estufa a temperatura de 65 - 70°C por espacio de 48 horas; se hizo la molienda de las hojas por tratamiento utilizándose 50 gr. de muestra molida, que fueron evaluadas en el laboratorio de espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.8.5 Identificación de frutos pequeños, frutos medianos y en proceso de madurez fisiológica en sus tres estratos de crecimiento.

Una vez hecho el inventario del área experimental y asignación de claves a cada uno de los tratamiento de las plantas en estudio (tres estratos de crecimiento de los frutos), se cogieron al azar 03 frutos desarrollados que

pertenecen a la parte inferior de la planta y al mismo tiempo se colocaron cintas de color marrón, asimismo al azar se cogieron 03 frutos de la parte intermedia (aproximadamente de 25 días de crecimiento) de la planta y se colocaron cintas de color de verde y finalmente 03 frutos de la parte superior (aproximadamente de 10 días de crecimiento) de la planta y se les diferenció con cintas de color rojo, a estos tres estratos se les denominó tres niveles de crecimiento de los frutos, las cuales fueron evaluadas de acuerdo a los parámetros establecidos.

3.8.6 Aplicación del fertilizante

Esta actividad se inició conjuntamente con la determinación de área experimental, inventario del área experimental, muestreo de suelo, identificación de frutos pequeños, medianos y grandes. Se hicieron dos tipos de fertilización: una con macronutrientes NPK (úrea 46% N, superfosfato triple de calcio 46% de P_2O_5 y cloruro de potasio 60% de K_2O) todos estos elementos con la formula 300 - 300 - 250 de N - P - K Kg/ha/año respectivamente; papayo necesita 250 kg de K_2O (20), en la zona se recomienda aplicar 300 - 400 - 300 kg/ha de N - P - K respectivamente (8), y la fórmula utilizada en la tesis ha sido en base a estas recomendaciones y el análisis de suelo hecho al inicio del trabajo de investigación.

El N ha sido fraccionado en tres frecuencias de aplicación, el P y K en dos momentos, esta fertilización se realizó en todo el experimento, la primera se hizo en el mes de abril y la segunda en el mes de julio.

Para la fertilización con micronutrientes se emplearon dos fuentes de Boro: bórax (11% Boro) y granubor (14.3% Boro) con la dosis de 5, 10 y 15 g/planta y fueron aplicados de acuerdo a los tratamientos en estudio, directamente al suelo de acuerdo a las dosis y tratamientos asignados a cada planta en estudio; esta fertilización se hizo en el mes de abril y en el mes de julio con la misma distribución de los tratamientos y dosis.

Asimismo los tratamientos T₇ y T₈ fueron asignados como testigos adicionales, donde para el tratamiento T₇ se utilizó abono foliar (wuxalboro) a una dosis de 04 lt/ha con un gasto de agua de 400 lt/ha, con un intervalo de 45 días, durante la evaluación de la tesis se realizó 05 aplicaciones de este producto.

3.8.7 Control de malezas

Se realizó cada dos meses en forma manual empleando machete con la finalidad de evitar dañar el sistema radicular de la planta del papayo; la maleza predominante en el área experimental fue el arrocillo.

3.8.8 Control fitosanitario

En un diagnóstico fitosanitario se encontró un 2% de áfidos y en baja proporción acaro hialino (*Polyphagotarsonemus latus* Banks), se realizó aplicaciones preventivas cada 60 días 10 g benlate (Benomil), 10 g de pirimor y 40 g de azufre micronizado por mochila de 20 lt de agua.

3.8.9 Poda fitosanitaria

Se eliminó semanalmente las hojas secas colgadas y frutos enfermos (afectados por insectos y hongos) de la planta para evitar la presencia de hongos y su diseminación.

3.8.10 Cosecha

Se cosechó los frutos con características peculiares de madurez fisiológica solo que en la segunda y tercera evaluación se cogieron al azar dos frutos maduros (con protuberancias y sin protuberancias) de cada uno de los tratamiento y estos fueron sometidos a una prueba de análisis sensorial para determinar el color, olor, sabor y textura de los frutos, datos que se corroboran con la prueba de Friedman.

3.9 Observaciones registradas y metodología

Fueron registradas cada tres meses: la primera al año de haber sido transplantada, la segunda fue al año y tres meses y la tercera al año y seis meses, según fechas planificadas que se anexan en el cuadro de cronograma de evaluaciones.

3.9.1 Número total de plantas, sanas y con protuberancias

Se realizó al momento de instalar la tesis, labor que consistió en cuantificar el número plantas totales en todo el área experimental (NPTexp), así como también el número total de plantas con frutos sanas (NTPSP) y el número

total de plantas con frutos protuberancias (NTPCP) (se consideraban aquellas plantas que presentaban más de 02 frutos con protuberancias totalmente visibles) por unidad experimental (10 plantas por unidad experimental).

NPTexp	505
NTPSP	304
NTPCP	201

3.9.2 Número de frutos totales, sanos y con protuberancias por planta en tratamiento

Se evaluaron después de la instalación de la tesis y en tres oportunidades la primera al año de haber sido transplantado, la segunda al año y tres meses y la tercera al año y seis meses. Se contabilizó el número de frutos totales por planta, frutos con protuberancias y frutos sanos por unidad experimental.

3.9.3 Porcentaje de frutos con protuberancias

En base al número de frutos al número de frutos con protuberancias y frutos totales por unidad experimental, se determinó el porcentaje de frutos con protuberancias, aplicándose la siguiente formula:

$$\% \text{ frutos con protuberancias} = \frac{\text{N}^\circ \text{ frutos con protuberancias}}{\text{N}^\circ \text{ frutos totales}} \times 100$$

3.9.4 Determinación del número de protuberancias por frutos en sus tres niveles

Este parámetro ha permitido determinar la presencia o ausencia de malformación de frutos en el cultivo de papayo ante la aplicación de las fuentes de Boro, se ha registrado en función al desarrollo de los frutos en sus tres niveles de crecimiento, en sus límites longitudinales, la misma que consistió en cuantificar el número de protuberancias existentes en cada límite longitudinal del fruto se sumaron y se sacaron promedios y solo la sumatoria en promedios se registraron.

Para la primera evaluación se registró los datos del estrato inferior, la segunda y tercera evaluación se consideró solo el estrato superior.

3.9.5 Determinación del grosor de pulpa de frutos sanos y con protuberancias

Consistió en coger al azar un fruto de papayo de cada una de las plantas en tratamiento y luego partir longitudinalmente en dos partes iguales, la misma que fue medida en cm. con vernier en tres espacios la primera parte cerca al pedúnculo, la segunda en la parte intermedia del fruto y la tercera cerca al ápice, se sumaron las tres medidas y se promediaron para ser registrado.

3.9.6 Prueba sensorial de los frutos en tratamiento

Este parámetro se registró en la segunda y tercera evaluación de la tesis, la misma que consistió en coger al azar dos frutos maduros (sano y con

protuberancia) de cada una de los tratamientos, luego se procedió a pelar y cortar en trozos pequeños para hacer degustar a 10 panelistas, y el resultado ha sido analizado estadísticamente con la prueba de Friedman (35), según cuadros de escalas hedónicas.

Cuadro 8. Escala hedónica – prueba de Friedman para la evaluación sensorial de los atributos olor y sabor.

Escala	Valor numérico
Muy agradable	7
Regularmente agradable	6
Ligeramente agradable	5
No desagrada ni agrada	4
Ligeramente desagradable	3
Regularmente desagradable	2
Muy desagradable	1

Fuente: Ureña (1999)

Cuadro 9. Escala hedónica – prueba de Friedman para la evaluación sensorial del atributo color.

Escala	Valor numérico
Muy bueno	7
Regularmente bueno	6
Ligeramente bueno	5
Ni bueno ni malo	4
Ligeramente malo	3
Regularmente malo	2
Muy malo	1

Fuente: Ureña (1999)

Cuadro 10. Escala hedónica – prueba de Friedman para la evaluación sensorial del atributo textura.

Escala	Valor numérico
Muy duro	7
Regularmente duro	6
Ligeramente duro	5
Ni duro ni suave	4
Ligeramente suave	3
Regularmente suave	2
Muy suave	1

Fuente: Ureña (1999)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Del porcentaje de frutos con protuberancias

En el Cuadro 11 se presenta el análisis de variancia para la característica porcentaje de frutos con protuberancias durante la primera (primera y segunda quincena mes de abril), segunda (primera y segunda quincena del mes de julio) y tercera (primera y segunda quincena del mes octubre) evaluación, donde se observa que:

- No existe diferencias significativas para el efecto de tratamientos y factor testigos durante la primera evaluación, pero sí existe diferencias estadísticas al 1% de probabilidad durante la segunda y tercera evaluación.
- No existen diferencias significativas para la fuente Factorial, factor A (fuentes de Boro), factor B (dosis de las fuentes de Boro), interacción A x B y contraste factorial vs. testigo durante la primera y tercera evaluación.
- Durante la segunda evaluación, existen diferencias estadísticas al 1% de probabilidad para el efecto de factorial, factor B (dosis de las fuentes de Boro) y contraste factorial vs. testigo, y diferencias estadísticas al 5% de probabilidad para el factor A (fuentes de Boro) e interacción A x B.
- Respecto al coeficiente de variabilidad para la primera (15.44%) y segunda evaluación (13.64%) nos indica que existe muy buena homogeneidad de los

resultados experimentales, mientras que para la tercera evaluación (24.94%) nos indica regular homogeneidad de los resultados experimentales.

Cuadro 11. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante tres evaluaciones.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios ^{1/}		
		1 ^{era} Eval.	2 ^{da} Eval.	3 ^{era} Eval.
Tratamiento	7	1.88 NS	11.61 AS	9.71 AS
Factorial	5	2.61 NS	6.14 AS	3.01 NS
A (Fuentes de Boro)	1	4.37 NS	4.11 S	0.00 NS
B (Dosis)	2	2.48 NS	10.42 AS	3.60 NS
A x B	2	1.87 NS	2.86 S	3.94 NS
Testigos	1	0.00 NS	43.62 AS	51.64 AS
Factorial vs. Testigos	1	0.09 NS	7.00 AS	1.29 NS
Error experimental	72	1.93	0.73	1.78
Total	79			
C.V.:		15.44%	13.64%	24.94%

- ^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x+1}$
 NS No existen diferencias estadísticas.
 S Diferencias estadísticas al 5% de probabilidad.
 AS Diferencias estadísticas al 1% de probabilidad.

Las diferencias no significativas para cada fuente de variación durante la primera evaluación, se debe posiblemente al efecto lento del Boro, cuyo efecto es insignificante en la reducción del porcentaje de frutos afectados. Estudios realizados, han permitido demostrar que el Boro es un elemento con escasa

movilidad dentro de la planta (17). Lo que disminuye su movimiento desde los tejidos viejos a los puntos de mayor demanda, originando deficiencias en los brotes terminales o tejidos en crecimiento (3), para corroborar la deficiencia de este elemento se ha visto en frutos que se encuentran en pleno proceso de desarrollo se presentan mal formados con exudación de látex por la cáscara, asimismo existe un mayor abortamiento de flores especialmente en períodos de sequía, de igual manera la producción de frutos se presenta en forma alterna en el tronco (16).

Las diferencias encontradas para tratamientos a la segunda y tercera evaluación, se debe al efecto de las fuentes de Boro (Cuadro 12) y las dosis de aplicación (Cuadro 13), originando una reducción en el porcentaje de frutos afectados. Si bien es cierto que existe un efecto favorable en la reducción del porcentaje de frutos afectados, es precisamente por la fertilización conjunta que se hizo con micronutrientes y NPK, es preciso manifestar que el cultivo de papayo es exigente a la fertilización NPK debido que facilita todo el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta, y estas aplicaciones han sido en épocas oportunas (al primer año de haber sido trasplantado y al año y tres meses), estos resultados se confirman con las observaciones y/o pruebas directas en campo.

En el Cuadro 12, se presenta la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las fuentes de Boro en el porcentaje de frutos con protuberancias durante tres evaluaciones, observándose que:

- Durante la primera evaluación, los porcentajes de frutos afectados en el factor A (fuentes de Boro) el nivel a_1 (bórax) y a_2 (granubor), así como los tratamientos T_7 (wuxalboro) y T_8 (testigo sin aplicación) no difieren significativamente entre sí, demostrándonos que no hubo efecto inmediato de la aplicación de las diferentes fuentes de Boro en la reducción de protuberancias en frutos de papayo (Figura 1 y Cuadro 14).

- En la segunda y en la tercera evaluación, se observa una significativa reducción del porcentaje de frutos con protuberancias por efecto de la aplicación de fuentes de Boro, sin embargo el tratamiento T_7 (wuxalboro) se ha mostrado como uno de los testigo que ha tenido buenos resultados respecto a la disminución de las protuberancias en los frutos posiblemente debido a su aplicación directa al sistema foliar lo que permite un mayor asimilación y un mejor síntesis del producto. El efecto del tratamiento T_7 (wuxalboro) en relación al tratamiento T_8 (testigo sin aplicación) durante la segunda y tercera evaluación es aproximadamente 300% más eficiente, lo que nos permite indicar como un posible tratamiento eficaz para el control de protuberancias en frutos de papayo (Figura 1 y Cuadro 14).

Cuadro 12. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las fuentes de Boro (A) en el porcentaje de frutos con protuberancias durante tres evaluaciones.

Factor Fuentes de Boro	Porcentaje de frutos con protuberancias		
	1 ^{era} Eval.	2 ^{da} Eval.	3 ^{era} Eval.
a ₁ (bórax)	9.25 (86.1) a	6.37 (41.1) a	5.41 (29.4) a
a ₂ (granubor)	8.71 (77.7) a	5.85 (34.3) b	5.42 (29.6) a

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.
(Valor) promedios originales.

El mejor efecto mostrado por el tratamiento T₇ (wuxalboro) en relación a las demás fuentes de Boro durante la segunda y tercera evaluación (Cuadros 12 y 14), se debe básicamente a su aplicación directa al sistema foliar lo que permite un mayor asimilación y un mejor síntesis del producto, debido a que el producto contiene quelatos que le permiten dar mayor movimiento y facilidad de ingreso al Boro hacia los órganos, la concentración de Boro encontrada en las hojas es de 18.00 ppm que indica un termino regularmente completo, tal como se muestra en el Cuadro 4. Trabajos de investigación reportan valores de micronutrientes encontrados en pecíolos y hojas de papayo calificándoles como completo cuando en tienen 25.00 ppm y deficiente 16.00 ppm ante una aplicación de una solución nutritiva (30).

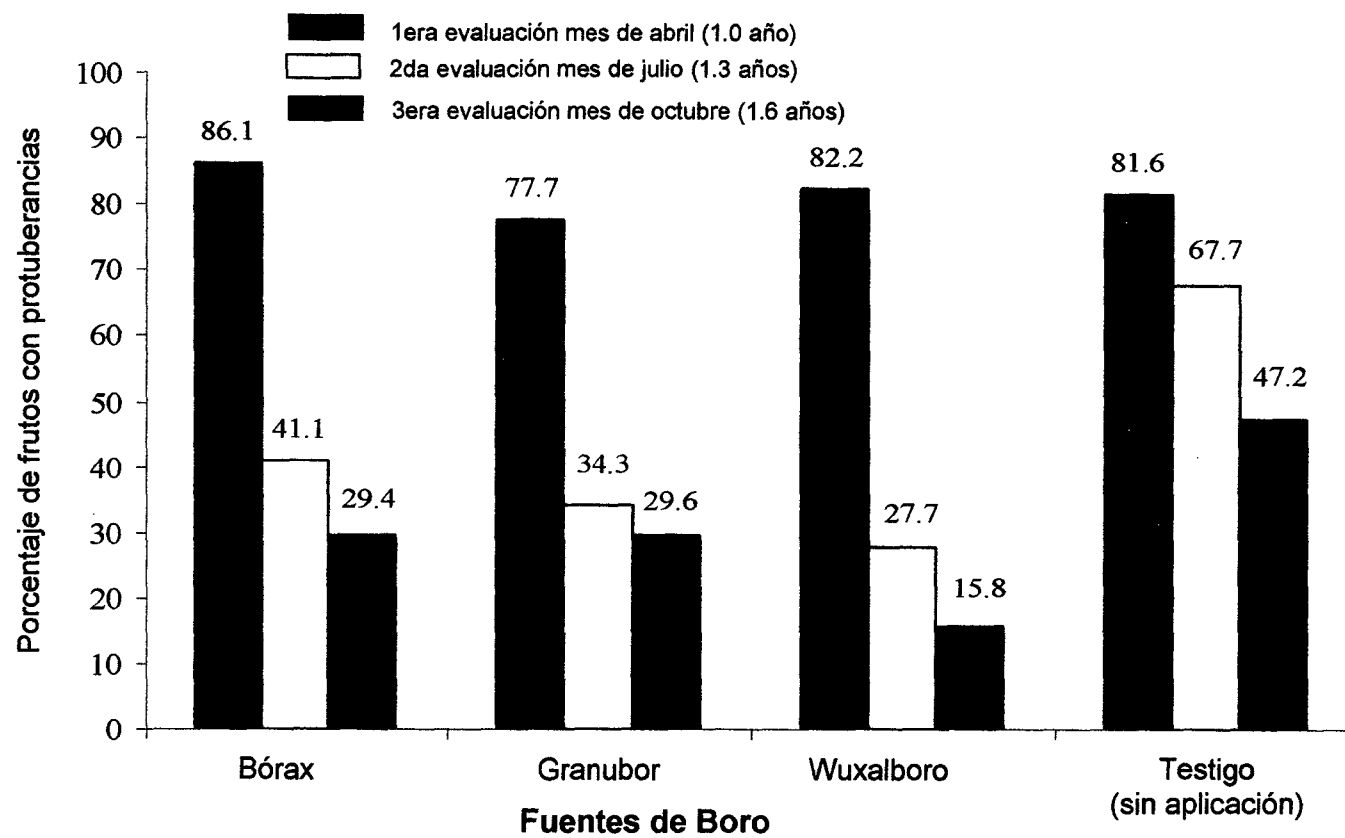


Figura 1. Efecto principal de las fuentes de Boro (A) en el porcentaje de frutos con protuberancias en el cultivo de papayo.

En cultivos en donde el Boro se comporta como inmóvil, las aplicaciones foliares solo son efectivas si se aplican directamente sobre los tejidos que necesitan de este elemento. Esto indica claramente que las aplicaciones foliares de boro en especies productoras de sorbitol, corrigen las deficiencias de Boro en los frutos (32).

El Boro encontrado en las hojas de papayo tiene una alta acumulación ante la aplicación de granubor y bórax en 34.87 y 32.44 ppm respectivamente, a la que se atribuye que el boro en las hojas se encuentra en altas concentraciones debido a la poca movilidad (18), para que el Boro sea aprovechado desde el suelo primero tiene que ser trasladado por el xilema hacia las hojas, para convertirse en Boro orgánico y de ahí recién es transportada a los frutos conjuntamente con los fotosintatos.

En relación a los altos porcentajes de frutos afectados al no realizar aplicación de Boro (testigo absoluto), se debe posiblemente a que en el suelo es deficitario de este elemento, ya que la parcela donde ha sido conducido el cultivo de papayo tiene un pH promedio 7.4, textura franco arenoso y con alto contenido de carbonato (Cuadro 2 y 3), entonces es ahí que el boro se manifiesta menos aprovechable debido a que ha sido fijado por la cal y otros minerales.

La materia orgánica es la fuente más importante de Boro en el suelo, los resultados reportados por el análisis de suelo efectuados al inicio (mes de abril del 2001) y finalización de la tesis (octubre del 2001) indican en contenido medio de materia orgánica con 2.8 y 3.1 % respectivamente; sin embargo esta materia

orgánica portadora de Boro ha beneficiado a las plantas pudiendo asimilar oportunamente ya que la materia orgánica retiene humedad en el suelo y el Boro se solubiliza con facilidad y en un tiempo prudencial de días este elemento puede haber sido rápidamente perdido y/o lixiviado por la precipitación, así como también por la textura del suelo franco arenoso y el contenido alto de carbonatos que limitan la disponibilidad de Boro en el suelo (34).

La mayor solubilidad del Boro se presenta bajo condiciones ácidas, ya que en parte existe como ácido bórico $[B(OH)_3]$ que es aprovechable por la planta; mientras que en suelos arenosos ácidos los fertilizantes conteniendo Boro soluble pueden ser lixiviados con mucha facilidad; resultando menos aprovechable a pH más altos ya que la fijación del Boro es inducida por la cal y otros minerales, debido a que los boratos de calcio y sodio son relativamente solubles (6).

En el Cuadro 13 y Figura 2, se presenta la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las dosis de fuentes de Boro, se observa que:

- En forma similar a las fuentes de Boro, no existe diferencias estadísticas entre los tres niveles o dosis de las fuentes de Boro durante la primera evaluación, en cuyos rangos porcentuales obtenidos por la aplicación del tratamiento T₇ (wuxalboro) y T₈ (Testigo sin aplicación).
- Al hacer un comparativo entre los niveles o dosis de las fuentes de Boro durante la segunda y tercera evaluación, se observa un mejor efecto del

nivel b_3 (15 g/planta) en la reducción del porcentaje de protuberancias, comportándose estadísticamente similar al nivel b_2 (10 g/planta).

Cuadro 13. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las dosis de fuentes de Boro (B) en el porcentaje de frutos con protuberancias durante tres evaluaciones.

Factor dosis de fuentes de Boro	Porcentaje de frutos con protuberancias		
	1 ^{era} Eval.	2 ^{da} Eval.	3 ^{era} Eval.
b_1 (5 g/planta)	9.37 (88.1) a	6.93 (47.5) a	5.81 (34.5) a
b_2 (10 g/planta)	8.88 (79.9) a	5.56 (31.6) b	5.47 (29.2) a b
b_3 (15 g/planta)	8.69 (77.6) a	5.85 (33.9) b	4.97 (24.7) b

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

(Valor) promedios datos originales.

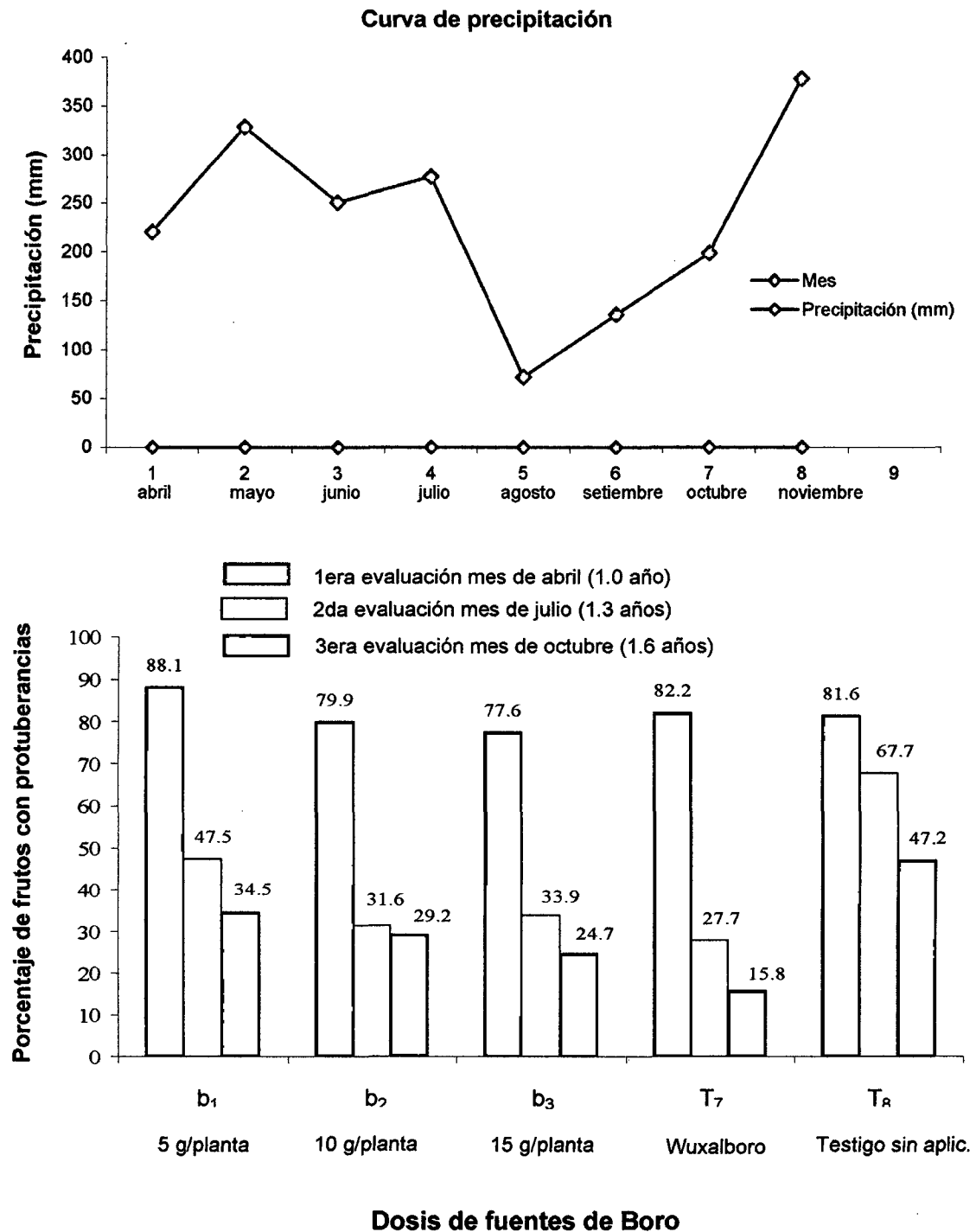


Figura 2. Efecto principal de las dosis de fuentes de Boro (B) en el porcentaje de frutos con protuberancias en el cultivo de papayo.

El mejor efecto mostrado por los niveles b_3 (15 g/planta) y b_2 (10 g/planta) en la reducción del porcentaje de frutos afectados durante la segunda y tercera evaluación, es atribuido a la mayor cantidad de micronutriente suministrado al suelo en comparación al nivel b_1 (5 g/planta). La efectividad significativa de los niveles b_3 y b_2 durante la tercera evaluación puede haberse visto favorecido por la precipitación durante el proceso de evaluación la misma que incrementó significativamente la solubilidad del Boro (Figura 2), induciendo a una absorción a través de un flujo hídrico de las raíces de las plantas bajo la forma de ácido bórico no disociado (25).

Durante las evaluaciones abril, julio y octubre la precipitación pluvial ha sido: 220.3 mm, 277.1 mm y 198.8 respectivamente (Figura 2) cantidad suficiente para la solubilización del Boro, asimismo se ha visto favorecida por la materia orgánica encontrada en el suelo al inicio y finalización de la tesis (2.8 y 3.1 % respectivamente); estudios hechos en la amazonia reportan que el papayo tolera como máximo 3419 mm/año siendo esto distribuido en 284.92 mm/mes y como mínimo 1020 mm/año con 85 mm/mes (14), demostrando que los valores obtenidos durante la evaluación de la tesis es suficiente el crecimiento y desarrollo del cultivo del papayo.

Las condiciones climáticas pueden tener relación con la tolerancia al Boro, pero no en todos los cultivos los efectos son los mismos, sino que unos acumulan más boro en condiciones de altas temperaturas y climas secos y otros lo hacen a bajas temperaturas y húmedas (14).

Los altos porcentajes de frutos con protuberancias mostrados con el tratamiento T₈ (testigo absoluto), nos estará indicando deficiencias de este elemento en el suelo experimental, debido a una posible pérdida de este micronutriente por lixiviación como consecuencia del elevado porcentaje de arena en el suelo experimental (48%) posiblemente por la presencia de carbonatos existentes en estos tipos de suelos. Estudios realizados indican que el Boro es móvil sin embargo esta sujeto a lixivitaciones debido principalmente a la textura del suelo franco arenoso y favorecido con las altas precipitaciones casos que se dan en la zona, perdiéndose este elemento con suma facilidad (2). Asimismo suelos con pH superior al 6.5. y ricos en carbonatos incrementa la proporción de boro fijado en el suelo (34)

En el Cuadro 14 y Figura 3, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) por efecto de la interacción los factores en estudio, así como los tratamientos testigos estudiados, observándose que:

- No existen diferencias significativas durante la primera evaluación por efecto de los tratamientos aplicados en la reducción del porcentaje de frutos con protuberancias, lo cual nos estará indicando un efecto lento de las fuentes de Boro en sus diferentes dosis. Asimismo estas similitudes de los valores porcentuales iniciales, nos estarán indicando una correcta distribución de los tratamientos dentro del campo experimental.

Cuadro 14. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante tres evaluaciones.

Tratamiento	Porcentaje de frutos con protuberancias		
	1 ^{era} Eval. (%)	2 ^{da} Eval. (%)	3 ^{era} Eval. (%)
T ₁ Bórax (5 g/plta)	9.38 (87.5) a	7.33 (52.9) b	6.13 (37.3) ab
T ₂ Bórax (10 g/plta)	9.48 (89.3) a	6.11 (37.9) cd	5.64 (31.2) abc
T ₃ Bórax (15 g/plta)	8.89 (81.4) a	5.69 (32.3) de	4.46 (20.3) cd
T ₄ Granubor (5 g/plta)	9.37 (88.7) a	6.53 (42.1) c	5.49 (31.7) abc
T ₅ Granubor (10 g/plta)	8.27 (70.5) a	5.01 (25.2) e	5.30 (27.3) bc
T ₆ Granubor (15 g/plta)	8.49 (73.9) a	6.02 (35.5) cd	5.48 (29.1) abc
T ₇ Wuxalboro (4 lt/ha)	9.05 (82.2) a	5.32 (27.7) de	3.52 (15.8) d
T ₈ Testigo (sin aplic.)	9.06 (81.6) a	8.27 (67.7) a	6.73 (47.2) a

Promedios unidos en columna por la misma letra no difieren significativamente entre sí.

(Valor) promedios originales.

- Durante la segunda evaluación, los efectos por la aplicación de Boro son significativamente diferentes, observándose un mejor efecto del tratamiento T₅ (granubor 10 g/planta), comportándose en forma similar al tratamiento T₇ (wuxalboro 4 lt/ha) y T₃ (bórax 15 g/planta).
- En la tercera evaluación, también se observa un mejor efecto en la reducción del porcentaje de frutos de papayo con protuberancias del tratamiento T₇ (wuxalboro 04lt/ha), cuyo comportamiento fue estadísticamente similar al tratamiento T₃ (bórax 15 g/planta).

- El tratamiento T₈ (testigo sin aplicación) obtuvo los más altos porcentajes de frutos con protuberancias durante la segunda y tercera evaluación, cuyo comportamiento fue estadísticamente diferente a los tratamientos con aplicación de fuentes de Boro en sus diferentes niveles.

Los mejores efectos obtenidos por el tratamiento T₇ (wuxalboro) al final del experimento se atribuye a la aplicación directa al sistema foliar lo que permite una mayor absorción y una mejor síntesis del producto, debido a que el contenido del wuxalboro son transportados a través del xilema a los sitios y/o órganos vegetativos terminales que necesita este elemento y también son transportados desde las hojas maduras hacia los tejidos de los frutos y flores en desarrollo; entonces la disminución del porcentaje de frutos con protuberancias se debe a este proceso ya mencionado (32); sin embargo si se aplica altas dosis puede causar intoxicaciones debido a que el Boro no se moviliza con suma facilidad dentro de la planta ya que altas concentraciones se albergan en hojas viejas y de ahí no se trasladan fácilmente a los tejidos jóvenes por ser reducido su transporte, es fácil pasar de la deficiencia a la toxicidad la cual resulta ser más grave que la deficiencia (5).

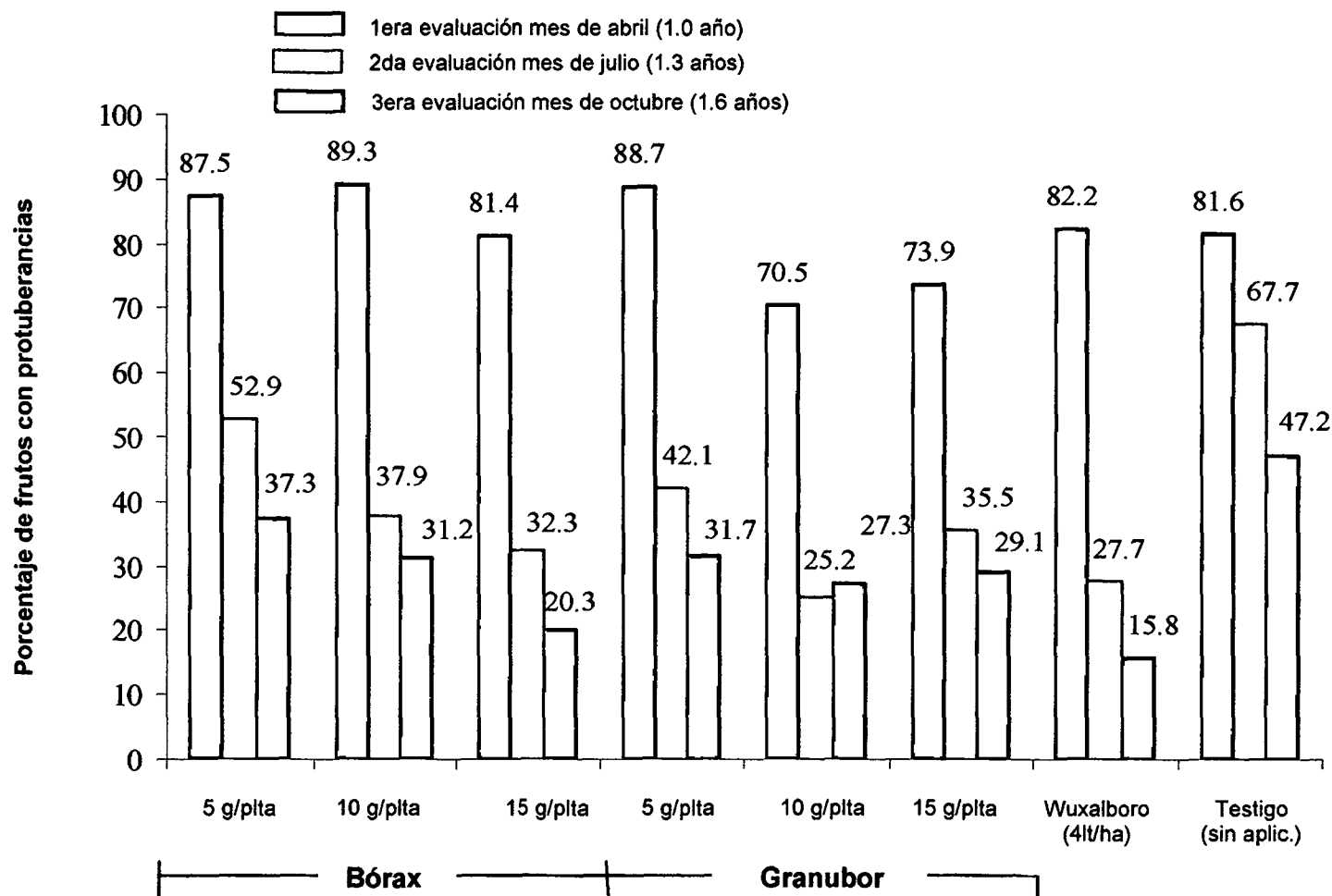


Figura 3. Efecto de la aplicación de Boro en el porcentaje de frutos con protuberancias en el cultivo de papayo.

4.2 Del número de protuberancias por fruto

En el Cuadro 15, se presenta el resumen del análisis de variancia para la característica número de protuberancias por fruto durante tres evaluaciones, donde se observa que:

- No existe diferencias significativas para tratamientos, factorial, efecto principal de las fuentes de Boro (A), dosis de las fuentes de Boro (B), interacción A x B, testigos y contraste factorial vs. testigo durante la primera evaluación.
- En relación a la segunda y tercera evaluación, no existe diferencias significativas para el efecto principal de las fuentes de Boro (A) y la interacción A x B; mientras que si existe diferencias significativas al 1% de probabilidad para tratamientos, factorial, efecto principal de las dosis de las fuentes de Boro (B), testigos y contraste factorial vs. testigos.
- Los coeficientes de variabilidad para la característica en estudio durante las tres evaluaciones (11.80, 10.59 y 11.28%) nos indican muy buena homogeneidad de los resultados experimentales.

Cuadro 15. Resumen del análisis de variancia para el número de protuberancias por fruto de papayo durante tres evaluaciones.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios ^{1/}		
		1 ^{era} Eval.	2 ^{da} Eval.	3 ^{era} Eval.
Tratamiento	7	0.06 NS	0.41 AS	0.15 AS
Factorial	5	0.05 NS	0.08 AS	0.08 AS
A (Fuentes de Boro)	1	0.05 NS	0.00 NS	0.01 NS
B (Dosis)	2	0.08 NS	0.16 AS	0.17 AS
A x B	2	0.02 NS	0.04 NS	0.02 NS
Testigos	1	0.15 NS	1.86 AS	0.46 AS
Factorial vs. Testigos	1	0.00 NS	0.60 AS	0.19 AS
Error experimental	72	0.04	0.01	0.02
Total	79			
C.V.:		11.80%	10.59%	11.28%

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x+1}$
 NS No existen diferencias estadísticas.
 AS Diferencias estadísticas al 1% de probabilidad

Las diferencias significativas encontradas para los tratamientos durante la segunda y tercera evaluación, se atribuye en forma significativa al efecto diferente de los niveles o dosis de las fuentes de Boro (B), más no de las fuentes de Boro en estudio (A); esto nos reporta comportamientos diferentes de los tratamientos en la expresión de esta característica.

El efecto significativo a la segunda y tercera evaluación de la suplementación de Boro, es corroborado por las diferencias encontradas para la

fuentes de variación testigos y contraste Factorial vs. Testigo, aún cuando el suelo experimental pueda contener significativas cantidades de este micronutriente; hay que recordar que el contenido total de micronutrientes en el suelo no indica las cantidades disponibles para el crecimiento de la planta durante un ciclo de crecimiento, pero sí indica la abundancia relativa y el potencial para abastecer un nutriente en particular (19).

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Duncan del efecto principal de los niveles o dosis de las fuentes de Boro (B) en el número promedio de protuberancias por fruto de papayo, observándose que:

- No existe diferencias estadísticas entre los niveles o dosis de las fuentes de Boro en estudio durante la primera evaluación; pero sí se observa diferencias numéricas entre estos niveles con los tratamientos T₇ (Wuxal boro) y T₈ (Testigo sin aplicación), que obtuvieron el mayor y menor número promedio de protuberancias, respectivamente.
- Durante la segunda y tercera evaluación, las dosis de 10 y 15 g/planta tuvieron un mejor efecto en el control de las protuberancias en frutos de papayo, diferenciándose significativamente de la dosis b₁ (5 g/planta) que obtuvo el mayor número promedio de protuberancias por fruto.

Cuadro 16. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las dosis de fuentes de Boro (B) en el número de protuberancias por fruto de papayo durante tres evaluaciones.

Factor dosis de fuentes de Boro	Número de protuberancias por fruto		
	1 ^{era} Eval.	2 ^{da} Eval.	3 ^{era} Eval.
b ₁ (5 g/planta)	1.81 (2.28) a	1.20 (0.48) a	1.26 (0.61) a
b ₂ (10 g/planta)	1.80 (2.28) a	1.07 (0.16) b	1.09 (0.21) b
b ₃ (15 g/planta)	1.69 (1.93) a	1.04 (0.08) b	1.10 (0.24) b

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.
(Valor) Promedios originales.

Las diferencias significativas por efecto del nivel o dosis de las fuentes de Boro indicadas en el Cuadro 13, es corroborado por los resultados encontrados al realizar la Prueba de Duncan (Cuadro 14), observándose efectos significativos de reducción del número promedio de protuberancias por fruto, cuyo efecto en promedio se va incrementando al aumentarse la dosis de la fuentes de Boro.

Este efecto significativo de reducción se debe a que el Boro aplicado en el suelo y vía foliar ha sido absorbido por la planta tanto por las raíces como por las hojas bajo la forma de ácido bórico $[B(OH)_3]$ y también como anión borato $[B(OH)_4^-]$ esta forma de absorción del Boro se dan en pHs relativamente elevados, sin embargo este elemento es deficitario en el suelo por muchos factores siendo este las constantes precipitaciones, así como también, textura arenosa y presencia de carbonatos en el suelo, y precisamente para suplir esta

deficiencia se ha trabajado con fertilizantes fuentes de Boro como bórax y granubor a dosis cada uno de 5, 10 y 15 g/planta de igual manera el uso de abono foliar wuxalboro a dosis de 04 lt/ha (Cuadro 17) y estas aplicaciones se vieron reflejadas en los resultados como la corrección y/o disminución de protuberancias por fruto (7).

Asimismo, el efecto benéfico en la reducción de protuberancias se debe a la compleja participación del Boro en el transporte de azúcares, síntesis de la pared y membrana celular, lignificación de la estructura de la pared celular, metabolismo de carbohidratos, metabolismo de ácido ribonucleico (ARN), respiración, metabolismo del ácido indol acético AIA, metabolismo de los fenoles, formación de membranas, etc, (21).

En el Cuadro 17, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) por efecto de la interacción de los factores en estudio, así como los tratamientos testigos estudiados en el número de protuberancias por fruto de papayo, observándose que:

- No existen diferencias significativas durante la primera evaluación por efecto de los tratamientos aplicados en la reducción del número de protuberancias por fruto de papayo; a excepción del tratamiento T₇ (wuxalboro) con el T₆ (granubor 15 g/planta).

Cuadro 17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número promedio de protuberancias por fruto durante tres evaluaciones.

Tratamiento	Número de protuberancias por fruto		
	1 ^{era} Eval.	2 ^{da} Eval.	3 ^{era} Eval.
T ₁ Bórax (5 g/plta)	1.81 (2.30) ab	1.26 (0.62) b	1.29 (0.70) b
T ₂ Bórax (10 g/plta)	1.82 (2.37) ab	1.06 (0.14) cd	1.13 (0.30) cd
T ₃ Bórax (15 g/plta)	1.76 (2.13) ab	1.00 (0.00) d	1.08 (0.19) d
T ₄ Granubor (5 g/plta)	1.80 (2.27) ab	1.15 (0.35) bc	1.23 (0.52) bc
T ₅ Granubor (10 g/plta)	1.78 (2.20) ab	1.08 (0.19) cd	1.06 (0.13) d
T ₆ Granubor (15 g/plta)	1.63 (1.73) b	1.08 (0.17) cd	1.13 (0.29) cd
T ₇ Wuxalboro (4 lt/ha)	1.86 (2.50) a	1.00 (0.00) d	1.11 (0.26) cd
T ₈ Testigo (sin aplic.)	1.69 (1.87) ab	1.61 (1.60) a	1.41 (1.02) a

Promedios unidos en columna por la misma letra no difieren significativamente entre sí.

(Valor) Promedios originales.

- Durante la segunda y tercera evaluación, existe un efecto significativo de control de las protuberancias por fruto de papayo como consecuencia de la utilización de las fuentes de Boro en sus diferentes dosis, donde el tratamiento T₈ (testigo sin aplicación) obtuvo los mayores valores promedios de protuberancias por fruto de papayo. El menor valor promedio de protuberancias por fruto se obtuvo con el tratamiento T₃ (Bórax 15 g/planta), no diferenciándose significativamente de los

tratamientos T_5 (granubor 10 g/planta), T_6 (granubor 15 g/planta), T_7 (wuxalboro 4 lt/ha) y T_2 (bórax 10 g/planta), tal como se observa en la Figura 4.

Las diferencias significativas entre los tratamientos en estudio con aplicaciones de Boro y el tratamiento T_8 (testigo sin aplicación) en el número de protuberancias por fruto, se debe principalmente a que este elemento interviene directamente en la síntesis de los elementos de la pared celular, y la presencia de protuberancias ha sido en mayor cantidad en el tratamiento T_8 específicamente en la segunda y tercera evaluación; debido a que la riqueza del suelo con Boro queda bloqueada en suelos calizos con pH demasiado alto y en regiones húmedas se experimenta lavado de nutrientes y minerales (4).

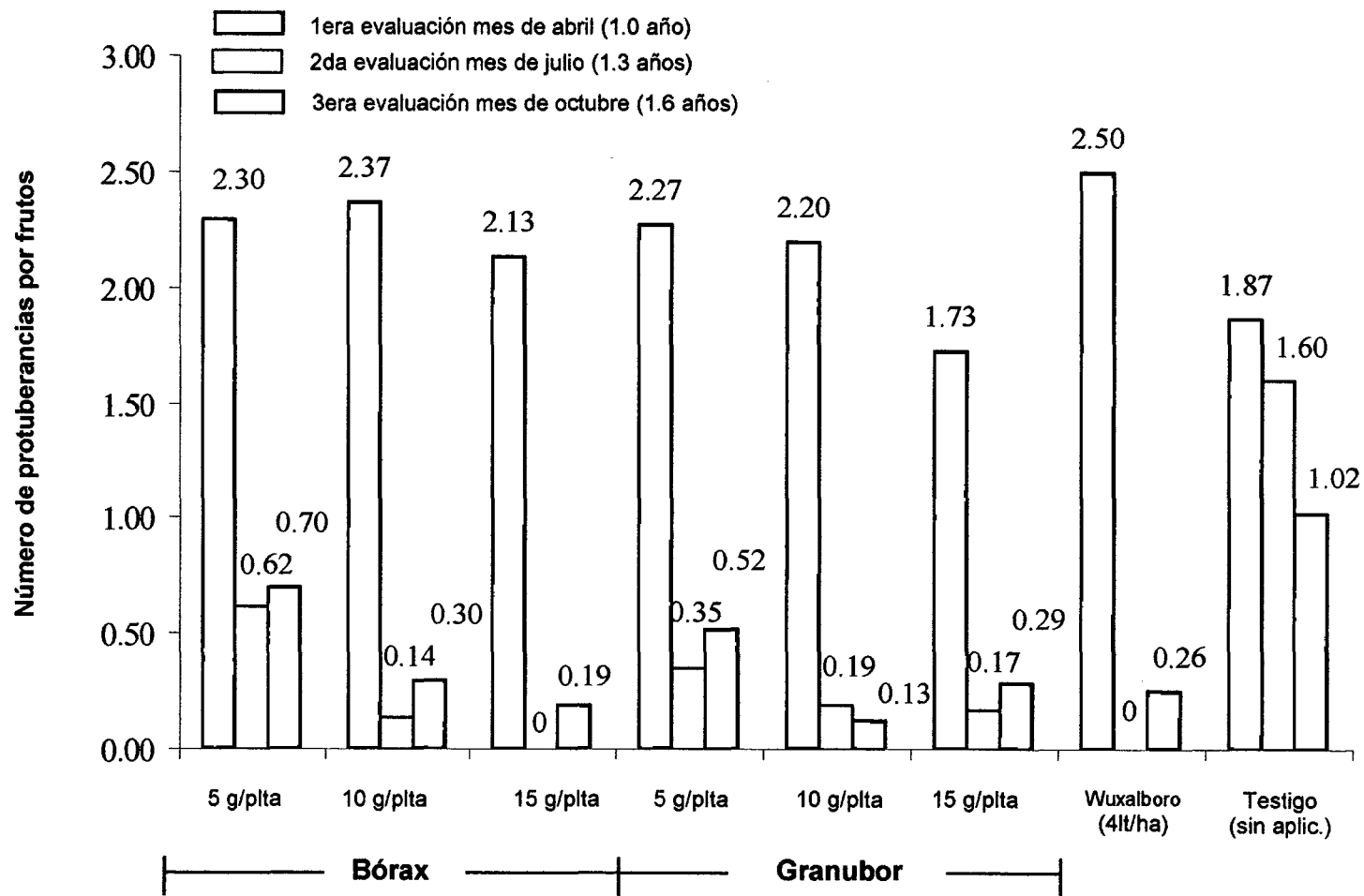


Figura 4. Efecto de la aplicación de Boro en el número de protuberancias por fruto en el cultivo de papayo.

4.3 Del análisis sensorial

La prueba de Friedman se aplica para el análisis de varias muestras relacionadas. Generalmente es usada donde se presentan varias muestras relacionadas que provienen de un experimento diseñado para detectar diferencias entre tratamientos, y para determinar estas comparaciones se ha utilizado frutos sanos libres de protuberancias y frutos con protuberancias (35).

En los Cuadros 18 y 25, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en los atributos color, olor, sabor y textura de frutos de papayo; indicándonos que, los frutos de papayo suministrados con insumos químicos como bórax y granubor en las dosis de 5, 10 y 15 gramos tuvieron similares características en los atributos anteriormente mencionados con los tratamientos testigos (wuxalboro y tratamiento sin aplicación). Estos efectos similares, nos permiten deducir que muy posiblemente no existe efecto alguno en las características sensoriales de la fruta por aplicación de bórax y granubor en las dosis de 5, 10 y 15 gramos, así como también por aplicación de wuxalboro a razón de 4 lt/ha.

Con respecto al color, los valores numéricos promedios fluctuaron de 4.8 a 5.10, calificándose dentro de la escala hedónica como ligeramente bueno; para el atributo olor fluctuaron de 2.8 a 3.1 calificándose como ligeramente desagradable; mientras que el atributo sabor fluctuó de 3.8 a 4.2 calificándose como no desagradable ni agradable y por último el atributo textura de 5.8 a 6.2 ubicándose dentro de la escala de regularmente agradable.

Con relación al promedio de medición de grosor de pulpa tanto de frutos sanos como de frutos con protuberancias no difieren numéricamente; el valor menor grosor de pulpa de frutos sanos es 2.77 cm y el valor mayor es 2.90 cm, asimismo con respecto al frutos con protuberancias el valor menor de grosor de pulpa es 2.70 cm y el mayor es 2.83 cm, existiendo una diferencia entre ambos frutos (sanos y con protuberancias) 0.06 cm.

Cuadro 18. Resumen del análisis estadístico sensorial de Friedman para los atributos color, olor, sabor, textura de frutos de papayo y grosor de la pulpa de frutos sanos y con protuberancias por efecto de la aplicación de Boro.

Tratamiento	Valor numérico por atributo								Mgp/fs (cm)	Mgp/fp (cm)
	Color		Olor		Sabor		Textura			
T ₁ Bórax (5 g/plta)	4.8	a	3.1	a	4.2	a	5.9	a	2.79	2.74
T ₂ Bórax (10 g/plta)	5.0	a	3.0	a	4.1	a	5.8	a	2.86	2.81
T ₃ Bórax (15 g/plta)	4.9	a	2.9	a	3.9	a	6.1	a	2.77	2.70
T ₄ Granubor (5 g/plta)	4.8	a	2.8	a	3.8	a	5.9	a	2.86	2.81
T ₅ Granubor (10 g/plta)	5.1	a	2.9	a	3.9	a	5.8	a	2.86	2.79
T ₆ Granubor (15 g/plta)	4.9	a	3.1	a	4.2	a	6.2	a	2.90	2.83
T ₇ Wuxalboro (4 lt/ha)	4.8	a	2.8	a	4.1	a	6.1	a	2.86	2.78
T ₈ Testigo (sin aplic.)	5.0	a	3.0	a	4.0	a	6.0	a	2.82	2.76
Promedio									2.84	2.78

Promedios unidos en columna por la misma letra no difieren significativamente entre sí.

Mgp/fs: medición del grosor de pulpa de frutos sanos

Mgp/fp: medición del grosor de pulpa de frutos con protuberancias

Las diferencias no significativas encontradas en los atributos en estudio nos estarán indicando un efecto mínimo o nulo del Boro en dichas características; aún cuando se indica que este elemento constituye el microelemento más importante ya que interviene directamente en la calidad y producción de frutos. A su vez, el mismo autor indica que como causa de deficiencia son listados claramente su acidez excesiva (fruta) y deficiencia hídrica; se presentan frutos mal formados con exudación de látex por la cáscara, ocurriendo un mayor abortamiento de flores en períodos de sequía, asimismo la producción de frutos se presenta en forma alterna en el tronco y el sistema vascular puede o no ser oscurecido (16).

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que tuvo mejor efecto en la reducción del porcentaje de protuberancias es b_3 (15 g/planta), en segundo lugar el b_2 (10 g/planta) y en tercer lugar el b_1 (5 g/planta).
2. Con los tratamientos T_7 (wuxalboro 4 lt/ha), T_3 (bórax 15 g/planta) y T_5 (granubor 10 g/planta) se ha logrado disminuir frutos con protuberancias en un 15.8%, 20.3% y 27.3% respectivamente.
3. Las fuentes de Boro no ejercen ningún efecto significativo en los atributos sensoriales como color, sabor, olor y textura de frutos de papayo al momento de la cosecha, asimismo el comportamiento de grosor de pulpa son similares en promedio.
4. Los frutos con protuberancias son de igual calidad interna que los frutos sin protuberancias.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones del experimento, se recomienda lo siguiente:

1. Por su mejor efecto en la reducción del porcentaje de frutos con protuberancias y en el número promedio protuberancias por fruto, realizar aplicación conjunta de fertilizantes NPK con fuentes de Boro granulado; utilizar bórax 15 g/planta o granubor 10 g/planta, con dos fertilizaciones localizadas al suelo durante 6 meses.
2. Realizar trabajos de investigación referentes al efecto de la utilización de diferentes concentraciones y frecuencias de aplicación de wuxalboro durante el período productivo del cultivo de papayo.
3. Realizar trabajos de investigación sobre la presencia de los frutos con protuberancias en relación a la cantidad precipitación pluvial y el tipo de suelo.

VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante abril a octubre del 2001, chacra del Sr. Julio Collazos Paredes, ubicado en el sector La Cadena, carretera Tingo María - Aucayacu, distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, teniendo como objetivos: Determinar la presencia o ausencia de malformación de frutos y determinar el efecto de la dosis de aplicación de Boro en el control de la malformación del fruto en el cultivo de papayo, ante la aplicación de las fuentes de Boro.

Se probaron dos productos químicos fuentes de Boro aplicados al suelo (bórax y granubor) a tres niveles o dosis (5, 10 y 15 g/planta), más dos testigos adicionales uno con aplicación de abono foliar wuxalboro (4 lt/ha) y otro testigo absoluto (sin aplicación). El diseño experimental empleado fue el Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial $2 \times 3 + 2$ testigos adicionales, con 10 repeticiones (plantas) por tratamiento; para la comparación de medias de los tratamientos en estudio para cada una de las variables se utilizó la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Los resultado obtenidos en relación a las dosis de las fuentes de Boro, el que tuvo mejor efecto en la reducción del porcentaje de protuberancias es b_3 (15 g/planta), en segundo lugar el b_2 (10 g/planta) y en tercer lugar el b_1 (5 g/planta). Con relación a los tratamientos T_7 (wuxalboro 4 lt/ha), T_3 (bórax 15

g/planta) y T_5 (granubor 10g/planta) se ha logrado disminuir frutos con protuberancias en un 15.8%, 20.3% y 27.3% respectivamente.

Las fuentes de Boro no ejercen ningún efecto significativo en los atributos sensoriales como color, sabor, olor y textura de frutos de papayo al momento de la cosecha, asimismo el comportamiento de grosor de pulpa son similares en promedio. Asimismo los frutos con protuberancias son de igual calidad interna que los frutos sin protuberancias

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRONEGOCIOS. 2002. Guía técnica del cultivo de papayo. [En línea]: (<http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/papaya.pdf>, documentos, 14 Ago. 2003).
2. AGROPECSTAR. 2002. Micronutrientes. [En línea]: (<http://www.agropecstar.com/portal/doctor/agronomía7.htm>, documentos, 19 Oct. 2003).
3. BASSO, C.; WELNER, F. y ATSUIO, S. 1986. Fertilidade do solo e nutrição da macieira. Manual da cultura da macieira. Epagri. S.C. Brasil. Pp. 236-265.
4. BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA, 1997, Editorial Ilexus. Barcelona, España. 119 p.
5. BORNEMISZA, E. 1988. Oligoelementos en la nutrición del café. In curso regional sobre nutrición mineral del café. San José, Costa Rica. Pp. 135-140.
6. BUCKMAN H. y BRADY N.C. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Hispanoamericana S.A. México. 590 p.
7. CASARIN, V. R. 2003. Función del boro en las plantas. [En línea]: El Productor Online, (<http://www.revistaelproductor.com/julio2003/boro.htm>, documentos, 28 Set. 2003).

8. CARBAJAL, T.C.; ADRIAZOLA, D.A.J. y CERON, CH. J. 1991. Frutales tropicales: plátano, papayo y piña. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria, Perú. 43 p.
9. CONAFRUT. Enero 1993. El cultivo de papaya. Lima, Perú. 32 p.
10. DROKASA PERU. 2004. Hoja técnica informativa. Lima, Perú. 4 p.
11. DIRECCION VENTAS AVENTIS CROPS SCIENCE PERU S.A. 2004. Hoja técnica informativa. Lima, Perú. 2 p.
12. FERTIBERIA. 2000. Funciones del boro en las plantas. [En línea]: (http://www.fertiberia.com/servicios_on_line/cursos/micronutrientes/m2/s2.html?slide=1, documentos, 28 Set. 2003).
13. FERTURCA. 2000. Nutrición vegetal. El boro (B). [En línea]: (<http://www.ferturca.com/boro.htm>, documentos, 14 Ago. 2003).
14. FLORES, S.P. 1997. Cultivo de frutales nativos amazónicos. Manual para el extensionista. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima, Perú. 307 p.
15. FRANCIOSI, T.R. 1992. El cultivo de papayo en el Perú. Ediciones Fundeagro. Lima, Perú. 89 p.
16. FRUPEX. 1994. Mamao para exportacao. Aspectos técnicos da producao. Brasilia D.F. 40 p.
17. GONZALEZ, C y CAMACHO, J. 1952. Síntomas de al deficiencia de boro en el cafeto. Informe preliminar. Ministerio de Agricultura e Industria. Boletín técnico No. 11. San José, Costa Rica. Pp. 12 - 13.
18. HANSON, E. J. 1991. Movement of boron out of ttree fruit leaves. HortScience 26:271-273.

19. HERNANDEZ, G. R. 2002. Nutrición mineral de las plantas. [En línea]: Libro Botánica Online, (<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg>, documentos, 28 Set. 2003).
20. HUSSEIN, F. 1970. Effect of nitrogen aplication on growth, yield and fruit composition of 'solo' papaya (*Carica papaya* L.) growt at Asswan.U.A.R in: Reseach Bulletin N° 624. Aim salaws Univerty Fa Tulty 11p.
21. HORACIO, S. D. 2000. El boro en los frutales del género *Prunas*, *Pyrus* y *Malus*. [En línea]: (<http://www.intecace.com.ar/articulos/boro.htm>, documentos, 19 Oct. 2003).
22. IBAR, L. 1979. Aguacate, Chirimoya, mango y papayo. Editorial EADOS. Barcelona, España. Pp. 159 – 171.
23. LEON, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Editorial IICA. San José de Costa Rica. 445 p.
24. MELGAR, R. J. y CAMAÑO, A. A. s.f. Azufre, zinc y boro en maíz. [En línea]: (<http://www.agroconnection.com.ar/secciones/cultivos/maiz/S013A00072.htm>, documentos, 14 Ago. 2003).
25. MUÑOZ, C. E.; MAR, F. M. y RODRIGUEZ, G. M. 2002. Encuentros en la biología. Toxicidad de boro en las plantas. [En línea]: (<http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/encuentros82/82.pdf>, documentos, 19 Oct. 2003).
26. OCHSE, J.J. 1982. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Editorial LIMUSA- México. 828 p.

27. OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (ONERN). 1982. Inventario y evaluación integral de los recursos naturales del departamento de Huánuco. Lima, Perú. 408 p.
28. PROEXANT. 2002. Manual de papaya. [En línea]: (<http://www.proexant.org.ec/Index.html>), documentos, 14 Ago. 2003).
29. PROYECTO FERTILIZAR – INTA. 2002. Micronutrientes. Boro en la agricultura. [En línea]: (<http://www.fertilizar.org.ar/articulos/articulos.asp>, artículos, 14 Ago. 2003).
30. SANCHEZ, N.F y DANTAS, J.L.L. 1999. O Cultivo do mamão. Brasil. 105 p.
31. SERGET, R. y RAYMOND G. 1966. El suelo y fertilización en fruticultura. Editorial Mundi Prensa. Madrid España. 664 p.
32. SHELP, B.; MARENTES, E.; KITHEKA, A. y VIVEKANANDAN, P. 1995. Boron mobility in plants. *Physiologia plantarum* 94:356-361.
33. SOTOMAYOR, D. A. s.f. Fertilidad de suelos y abonos. [En línea]: (<http://www.uprm.edu/wciag/agronomy/dsotomayor/agro4037/index.htm>, documentos, 19 Oct. 2003).
34. UNEX. 2001. Gestión y conservación de suelo. Salinización. [En línea]: (<http://www.unex.es/edafo/GCSL3DOSSaliEfecto.htm>, documentos, 14 Ago. 2003).
35. UREÑA, M. y D'Arrigo, M. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos. Edit. Agraria. UNALM. Lima, Perú, pg 111.
36. VAN, R.B. 1991. Fertilidad do solo e adubacao. Editorial Agronómico Ceres Ltda. Sau Paulo, Brasil. 343 p.

IX. ANEXO

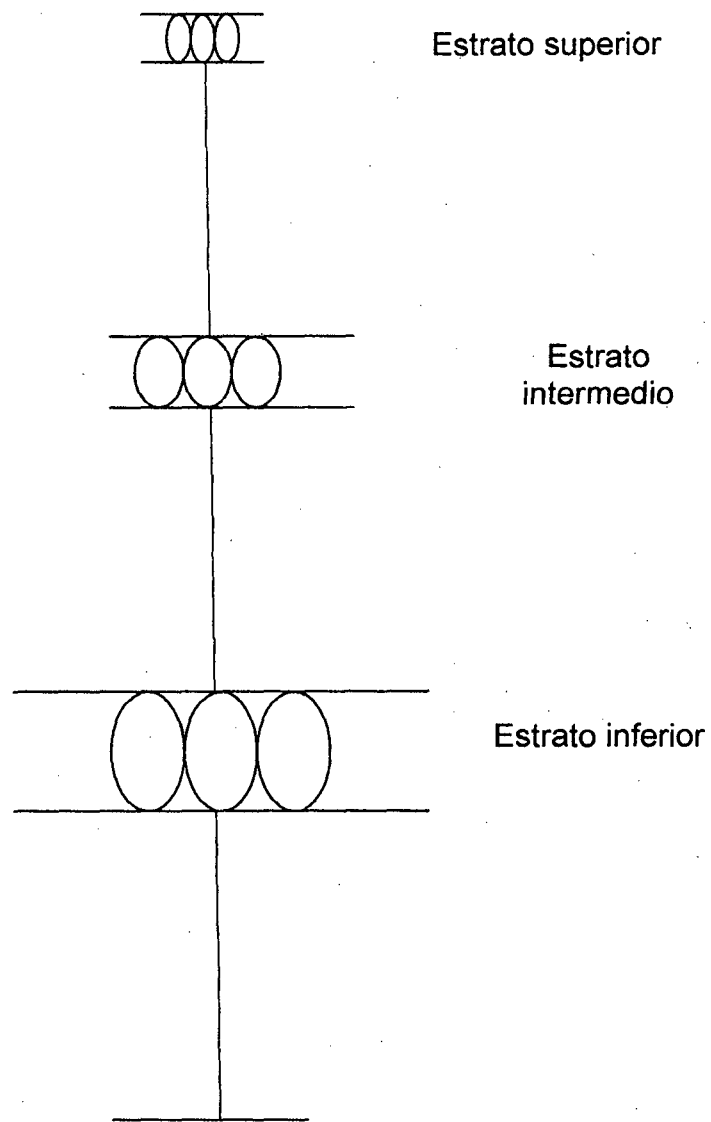


Figura 5. Esquema de distribución de estratos para evaluar el número de protuberancias por frutos de papayo.

Cuadro 19. Datos originales del porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante la primera evaluación.

Repetición o planta	Tratamientos							
	T ₁ (a ₁ b ₁)	T ₂ (a ₁ b ₂)	T ₃ (a ₁ b ₃)	T ₄ (a ₂ b ₁)	T ₅ (a ₂ b ₂)	T ₆ (a ₂ b ₃)	T ₇ (t _{AF})	T ₈ (t _{SA})
1	88.00	100.00	100.00	100.00	92.86	84.21	84.62	61.54
2	89.47	100.00	12.50	100.00	58.82	85.19	72.22	80.65
3	100.00	68.75	80.00	100.00	100.00	12.50	100.00	83.33
4	100.00	83.33	83.33	26.32	84.62	70.00	92.00	85.71
5	85.00	77.14	68.75	85.00	77.27	77.78	92.31	100.00
6	51.28	100.00	75.00	100.00	68.18	81.82	83.33	64.29
7	79.17	100.00	100.00	90.00	35.29	100.00	75.00	100.00
8	87.50	100.00	93.94	100.00	93.33	71.43	35.00	81.25
9	100.00	81.48	100.00	100.00	17.24	85.71	87.80	76.92
10	95.00	82.61	100.00	85.71	77.27	70.00	100.00	81.82
Promedio	87.54	89.33	81.35	88.70	70.49	73.86	82.23	81.55

Cuadro 20. Datos originales del porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante la segunda evaluación.

Repetición o planta	Tratamientos							
	T ₁ (a ₁ b ₁)	T ₂ (a ₁ b ₂)	T ₃ (a ₁ b ₃)	T ₄ (a ₂ b ₁)	T ₅ (a ₂ b ₂)	T ₆ (a ₂ b ₃)	T ₇ (t _{AF})	T ₈ (t _{SA})
1	71.43	35.50	40.00	33.33	25.20	32.20	30.77	70.00
2	50.00	38.46	20.00	33.33	27.27	47.06	28.57	58.82
3	44.44	6.67	33.33	60.00	28.57	37.80	23.08	80.00
4	54.00	40.20	35.20	30.00	30.00	44.44	33.33	75.00
5	50.00	50.00	10.00	41.67	33.33	33.33	30.00	60.00
6	54.55	46.67	41.67	50.00	41.67	36.20	27.70	77.78
7	54.50	38.50	28.57	42.86	8.00	30.00	33.33	60.00
8	50.25	30.00	44.44	33.33	27.27	33.33	34.78	60.00
9	50.00	60.00	30.00	42.86	9.09	35.50	15.00	62.50
10	50.00	33.33	40.00	53.85	21.43	25.00	20.00	72.50
Promedio	52.92	37.93	32.32	42.12	25.18	35.49	27.66	67.66

Cuadro 21. Datos originales del porcentaje de frutos de papayo con protuberancias durante la tercera evaluación.

Repetición o planta	Tratamientos							
	T ₁ (a ₁ b ₁)	T ₂ (a ₁ b ₂)	T ₃ (a ₁ b ₃)	T ₄ (a ₂ b ₁)	T ₅ (a ₂ b ₂)	T ₆ (a ₂ b ₃)	T ₇ (t _{AF})	T ₈ (t _{SA})
1	40.00	20.00	20.00	40.00	20.00	32.30	26.67	50.20
2	30.00	28.57	0.00	25.00	25.00	26.67	0.00	75.00
3	33.33	33.33	20.00	30.00	18.75	33.33	23.08	60.00
4	33.33	30.00	20.00	26.67	25.00	33.33	26.67	60.00
5	41.67	44.44	18.18	46.15	28.57	33.33	0.00	44.70
6	55.00	30.77	26.67	30.20	30.00	25.00	15.80	54.55
7	57.14	28.57	26.67	33.40	30.00	25.80	0.00	10.00
8	27.27	25.00	28.57	0.00	30.77	31.25	30.00	12.50
9	30.00	37.50	18.18	43.75	27.30	25.00	0.00	62.50
10	25.00	33.33	25.00	41.67	37.50	25.00	35.71	42.86
Promedio	37.27	31.15	20.33	31.68	27.29	29.10	15.79	47.23

Cuadro 22. Datos originales del número promedio de protuberancias por fruto de papayo durante la primera evaluación (estrato inferior).

Repetición o planta	Tratamientos							
	T ₁ (a ₁ b ₁)	T ₂ (a ₁ b ₂)	T ₃ (a ₁ b ₃)	T ₄ (a ₂ b ₁)	T ₅ (a ₂ b ₂)	T ₆ (a ₂ b ₃)	T ₇ (t _{AF})	T ₈ (t _{SA})
1	2.00	2.67	2.33	3.00	3.33	0.33	2.67	2.33
2	3.67	2.67	2.67	1.67	3.33	1.67	3.67	1.33
3	2.00	2.00	2.00	2.33	2.33	0.67	1.67	2.67
4	2.00	2.33	1.67	2.33	1.33	1.33	2.67	1.33
5	2.33	2.33	2.67	2.00	2.00	3.00	1.33	2.00
6	2.00	3.67	1.00	2.00	1.67	2.33	1.33	2.00
7	2.67	1.67	3.67	3.00	1.67	1.00	2.00	2.33
8	2.33	3.00	2.33	1.67	2.67	2.67	3.00	1.00
9	2.67	2.33	1.33	2.67	2.33	1.67	4.00	2.33
10	1.33	1.00	1.67	2.00	1.33	2.67	2.67	1.33
Promedio	2.30	2.37	2.13	2.27	2.20	1.73	2.50	1.87

Cuadro 23. Datos originales del número promedio de protuberancias por fruto de papayo durante la segunda evaluación (estrato superior).

Repetición o planta	Tratamientos							
	T ₁ (a ₁ b ₁)	T ₂ (a ₁ b ₂)	T ₃ (a ₁ b ₃)	T ₄ (a ₂ b ₁)	T ₅ (a ₂ b ₂)	T ₆ (a ₂ b ₃)	T ₇ (t _{AF})	T ₈ (t _{SA})
1	0.33	0.14	0.00	0.00	0.19	0.17	0.00	2.00
2	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.67
3	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.15	0.00	1.00
4	0.52	0.10	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	2.00
5	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	1.50
6	0.33	0.00	0.00	0.67	0.00	0.19	0.00	2.00
7	0.72	0.18	0.00	0.00	0.67	0.33	0.00	1.67
8	0.62	0.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	1.00
9	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	1.50
10	2.00	1.00	0.00	0.67	1.00	0.00	0.00	1.70
Promedio	0.62	0.14	0.00	0.35	0.19	0.17	0.00	1.60

Cuadro 24. Datos originales del número promedio de protuberancias por fruto de papayo durante la tercera evaluación (estrato superior).

Repetición o planta	Tratamientos							
	T ₁ (a ₁ b ₁)	T ₂ (a ₁ b ₂)	T ₃ (a ₁ b ₃)	T ₄ (a ₂ b ₁)	T ₅ (a ₂ b ₂)	T ₆ (a ₂ b ₃)	T ₇ (t _{AF})	T ₈ (t _{SA})
1	0.33	1.00	0.00	0.33	0.10	0.25	0.00	1.00
2	0.00	0.33	0.19	0.67	0.00	0.67	1.00	1.00
3	1.33	0.30	0.00	1.00	0.00	0.67	0.00	1.00
4	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.67	0.67
5	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	1.04
6	0.67	0.00	0.00	0.50	0.33	0.00	0.26	1.00
7	1.33	0.00	0.33	0.54	0.33	0.33	0.00	0.50
8	0.33	0.67	0.00	0.50	0.33	0.00	0.33	1.00
9	1.33	0.00	1.00	0.33	0.16	0.67	0.00	2.00
10	0.33	0.33	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	1.00
Promedio	0.70	0.30	0.19	0.52	0.13	0.29	0.26	1.02

Cuadro 25. Datos del análisis sensorial

Panelista	Tratamientos																																																																
	T ₁				T ₂				T ₃				T ₄				T ₅				T ₆				T ₇				T ₈																																				
	Color		Olor	Sabor	Textura		Color		Olor	Sabor	Textura		Color		Olor	Sabor	Textura		Color		Olor	Sabor	Textura		Color		Olor	Sabor	Textura		Color		Olor	Sabor	Textura																														
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂																											
1	6	5	4	4	4	4	6	6	6	5	2	3	5	4	6	6	7	6	3	3	4	3	6	6	5	5	3	3	5	4	6	6	6	6	4	3	3	4	5	6	6	6	3	3	5	6	7	7	4	4	4	4	3	3	6	6	4	5	4	4	5	4	6	7	
2	5	5	4	3	5	4	6	6	6	5	3	3	4	4	8	6	4	4	4	3	5	4	6	6	4	5	3	2	4	3	6	7	5	5	3	2	4	4	6	7	4	4	3	3	4	4	6	6	5	4	2	3	5	5	5	6	5	5	2	2	3	4	6	5	
3	6	4	2	3	4	4	5	6	5	5	3	4	4	4	6	6	4	5	3	2	4	4	6	6	4	5	3	3	5	4	6	6	7	5	3	4	5	3	6	6	5	4	4	5	4	4	5	6	5	6	3	3	5	5	7	6	5	6	2	3	4	4	6	5	
4	4	4	3	3	5	4	6	6	4	5	3	4	4	5	6	6	6	4	3	2	4	3	7	6	5	5	2	3	5	3	4	6	5	5	6	2	2	5	3	6	6	6	4	3	2	5	4	6	7	4	4	2	3	5	4	6	6	5	6	4	4	4	3	6	6
5	5	6	3	4	4	5	5	6	5	4	3	3	4	4	5	6	5	4	3	3	5	4	7	6	5	5	3	3	3	4	7	6	4	5	3	3	5	4	5	5	5	4	3	2	4	3	6	6	4	6	2	3	5	4	6	6	6	6	3	4	5	4	6	6	
6	4	5	3	3	5	4	6	6	4	5	4	3	4	4	6	5	5	4	3	3	4	3	7	6	5	5	3	3	4	3	6	5	5	5	2	3	4	3	6	6	6	5	3	2	4	3	5	7	6	6	2	3	5	4	6	6	4	4	2	2	3	3	6	6	
7	5	5	3	3	4	4	6	6	4	5	2	3	4	4	6	5	6	4	3	3	3	4	6	5	5	5	2	2	4	5	6	6	6	5	3	4	3	4	5	5	6	5	5	4	5	4	6	7	5	6	2	3	3	4	7	6	5	5	4	4	5	4	7	6	
8	4	4	2	3	4	4	6	6	6	5	2	3	4	4	5	6	7	5	2	3	4	5	5	5	5	5	2	3	3	3	4	6	4	5	4	3	4	4	5	6	5	5	2	2	5	4	7	6	4	6	3	3	4	4	6	6	4	5	4	3	6	5	6	6	
9	5	5	2	3	4	4	6	6	6	5	3	3	4	4	6	6	4	5	4	3	4	3	7	6	4	5	3	3	4	3	6	7	4	5	2	3	5	4	6	6	4	5	4	3	4	4	6	6	4	4	2	4	3	3	6	6	5	6	2	3	4	3	6	6	
10	5	4	4	3	4	4	6	6	5	5	3	3	4	4	6	6	5	4	3	2	4	4	7	6	4	5	4	3	4	3	6	6	4	5	2	3	4	3	6	7	5	4	3	3	4	4	7	5	4	5	2	3	4	4	7	6	4	5	2	2	3	4	6	6	
Subtotal	49	47	30	32	43	41	58	60	51	49	28	32	41	41	58	58	53	45	31	27	41	37	64	58	46	50	28	28	41	35	57	61	50	52	28	30	42	36	56	60	52	46	33	29	44	40	61	63	45	51	24	32	42	40	62	60	47	53	29	31	42	38	61	59	
Total	48	31	42	59	50	30	41	58	49	29	39	61	48	28	38	59	51	29	39	58	49	31	42	62	48	28	41	61	50	30	40	60																																	
Promedio	4.8	3.1	4.2	5.9	5	3	4.1	5.8	4.9	2.9	3.9	6.1	4.8	2.8	3.8	5.9	5.1	2.9	3.9	5.8	4.9	3.1	4.2	6.2	4.8	2.8	4.1	6.1	5	3	4	6																																	
R ₁ =	Frutos sin protuberancia																R ₂ = Frutos con protuberancia																																																

Cuadro 26. Cronograma de evaluaciones.

Actividades	Evaluaciones				
	Primera evaluación abril		Segunda evaluación julio		Tercera evaluación octubre
	1° quincena	2° quincena	1° quincena	2° quincena	2° quincena
Aplicación de NPK	X			X	
Aplicación localizada de bórax y granubor	X		X		
Aplicación de wuxalboro	X		X		X
Cuantificación del número total de plantas sanas y con protuberancias.	X				
Numero de frutos totales sanos y con protuberancias por planta en tratamiento	X	X	X	X	X
Porcentaje de frutos con protuberancias	X	X	X	X	
Cuantificación de los frutos sanos y con protuberancias por tratamiento	X	X	X	X	X
Determinación del número de protuberancias por frutos en sus tres niveles	X	X	X	X	X
Determinación del grosor de la pulpa de frutos sanos y con protuberancias			X		X
Análisis sensorial					X
Prevención y control fitosanitario	X			X	X

Cuadro 27. Croquis de la parcela - distribución de los tratamientos

