

**Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, A. C.**

**EFFECTO DE EXTRACTOS DEL ALGA MARINA *Ascophyllum nodosum*
EN LA PRODUCCIÓN, NUTRICIÓN Y CALIDAD DE LITCHI (*Litchi
chinensis* Sonn.)**

POR

Laura Dennisse Carrasco Peña

TESIS APROBADA POR LA

**UNIDAD CULIACÁN DEL CIAD EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA
PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE ZONAS TROPICALES Y SUBTROPICALES**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CULIACÁN, SINALOA

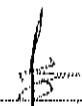
DICIEMBRE, 2005

APROBACIÓN

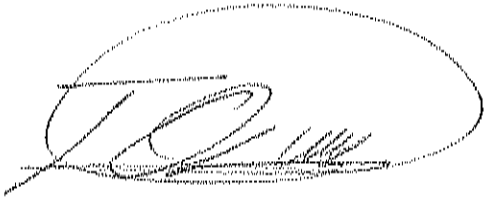
Los miembros del comité designado para evaluar la tesis de Ing. Laura Dennisse Carrasco Peña, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.




Dr. Raymundo Saúl García Estrada
Director de Tesis



M. C. Verónica Pérez Rubio
Asesor



Dr. Tomás Osuna Enciso
Asesor



Dr. José Benigno Valdez Torres
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen citas breves del material contenido en la presente tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con autorización escrita del Director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del director o directora del trabajo de tesis.

Dr. Alfonso A. García Béjar
Director General

DEDICATORIA

A quienes me dedicaron su amor y sabiduría y soñaron con verme convertida en una profesional exitosa:

Abuelito Ramón Carrasco Cota, Abuelas Sofia Briceño Valdez y Julia Luna Zamora y tío Juan José Peña Luna.

A los seres que me brindan su infinito amor y apoyo incondicional, mis padres: Fausto Carrasco Briceño y Luz del Carmen Peña Luna y mi abuelito: Ascensión Peña Martínez.

A mi adorada gemela y compañera de travesuras y retos: Indira Enid y a las princesitas más bellas de mi familia: Carmen Julia y Natalia.

A Karla por su cariño e interés constante en mis retos e inquietudes.

A Iván Pacheco López, quien llena mi vida de amor y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico que me otorgó durante mi permanencia en el programa de maestría.

Al Dr. Raymundo S. García Estrada, director de tesis, por apoyarme en todo momento en la realización de este trabajo y por compartirme sus conocimientos y experiencia.

A los productores de litchi Benito y Gaspar Urquidez, por la insuperable disposición e interés que mostraron a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis asesores M. C. Verónica Pérez R., Dr. José B. Valdez T. y Dr. Tomás Osuna E., por brindarme su atención sin importar la gran cantidad de ocupaciones que tenían.

A mis maestros del CIAD: Dra. Ma. Dolores Muy Rangel, Dr. Jorge H. Siller Cepeda, M. C. Manuel A. Báez Sañudo, M. C. Armando Carrillo Fasio y Dr. Miguel Ángel Angulo Escalante, quienes me transmitieron conocimientos invaluable y a los técnicos de laboratorios: Ing. Isidro Márquez, M. C. Eduardo Sánchez, M. C. Werner Rubio, M. C. Laura A. Contreras, Ing. Rosalba Contreras M., M. C. Rosabel Vélez de la Rocha, que durante la realización de este proyecto me ofrecieron apoyo y atención superiores a sus obligaciones.

A mis compañeros de maestría y muy especialmente a Emily, Gladys y Guillermo.

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
Objetivo general.....	3
Objetivos particulares.....	3
HIPÓTESIS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Origen y Distribución del Litchi	5
Origen.....	5
Distribución.....	5
Generalidades del Litchi	6
Familia Botánica	6
La Planta y sus Partes.....	7
Cultivares	9
Importancia Económica	10
Fases del Desarrollo de Litchi.....	12
Diferenciación de Panículas	14
Crecimiento de la Panícula.....	15
Floración	16
Cuajado de los Frutos.....	17
Crecimiento del Fruto y Abcisión	17
Nutrición Vegetal y Fertilización.....	19
Cambios Nutrimientales en las Hojas	20
Análisis Foliar y de Suelo	20
Importancia de Algunos Nutrientes en Litchi	21
Técnicas Utilizadas para Favorecer la Floración y el Cuajado de Frutos.....	26
Efecto de la Nutrición en la Producción	26
Uso de Reguladores de Crecimiento y Anillado para Promover la Floración y el Cuajado de Frutos	27
Algunos Cambios Bioquímicos durante la Maduración y el Almacenamiento	29
Oscurecimiento Postcosecha del Pericarpio.....	33
Extractos de Algas Marinas y su Utilización en la Agricultura	35
Proceso de Elaboración de los Extractos	36
Métodos de Aplicación	36
Composición de los Extractos.....	37
Reguladores de Crecimiento	37
Composición Mineral.....	38

Efectos y Posibles Mecanismos	39
Producción	39
Calidad	41
MATERIALES Y MÉTODOS	43
Experimento 1. Aplicación Quincenal de los Extractos a partir de la Emergencia de Panfculas	43
Tratamientos.....	44
Aplicación de los Tratamientos.....	45
Nutrición Foliar.....	45
Amarre de Frutos.....	49
Producción	50
Calidad al Momento del Corte.....	50
Calidad Poscosecha.....	53
Diseño experimental.....	61
Experimento 2. Aplicación Mensual de los Extractos a partir de la Emergencia de Panfculas	65
Tratamientos.....	66
Aplicación de los Tratamientos.....	66
Experimento 3. Aplicación Quincenal de los Extractos a partir de la Antesis	67
Tratamientos.....	67
Aplicación de los Tratamientos.....	67
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
Experimento 1. Aplicación quincenal de los extractos a partir de la emergencia de panfculas.....	69
Nutrición Foliar.....	69
Amarre de Frutos.....	94
Producción	96
Calidad al Momento del Corte.....	97
Calidad Poscosecha.....	102
Experimento 2. Aplicación mensual de los extractos a partir de la emergencia de panfculas.....	115
Nutrición Foliar.....	115
Amarre de Frutos.....	116
Producción	117
Calidad al Momento del Corte.....	118
Calidad Poscosecha.....	121
Experimento 3. Aplicación quincenal de los extractos a partir de la antesis.....	133
Producción	133
Calidad al Momento del Corte.....	134
CONCLUSIONES	138
LITERATURA CITADA	139
ANEXOS	153

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Anuario Estadístico de la producción Agrícola para el cultivo de Litchi en el ciclo 2004.....	11
Cuadro 2. Etapas del desarrollo reproductivo en litchi.....	14
Cuadro 3. Composición de extractos líquidos comerciales de <i>A. nodosum</i>	39
Cuadro 4. Fechas de muestreo foliar y etapas de desarrollo de árboles de litchi 'Brewster' en la evaluación de la nutrición.....	46
Cuadro 5. Análisis de varianza para el contenido foliar de nitrógeno evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.....	70
Cuadro 6. Análisis de varianza para el contenido foliar de potasio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	72
Cuadro 7. Análisis de varianza para el contenido foliar de fósforo evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	74
Cuadro 8. Análisis de varianza para el contenido foliar de calcio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	77
Cuadro 9. Análisis de varianza para el contenido foliar de magnesio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.....	79
Cuadro 10. Análisis de varianza para el contenido foliar de cobre evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de	

<i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos,	81
Cuadro 11. Análisis de varianza para el contenido foliar de fierro evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos,	83
Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido foliar de manganeso evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.....	85
Cuadro 13. Análisis de varianza para el contenido foliar de zinc evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	87
Cuadro 14. Análisis de varianza para el contenido foliar de boro evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos,	89
Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido foliar de sodio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos,	92
Cuadro 16. Análisis de varianza para el porcentaje de amarre de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos,.....	94
Cuadro 17. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en el amarre de frutos de litchi 'Brewster'.	95
Cuadro 18. Análisis de varianza para la producción de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.....	96
Cuadro 19. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en variables físicas y químicas de la calidad de frutos de litchi 'Brewster'.	102

Cuadro 20. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en el contenido proximal de frutos de litchi 'Brewster'.	112
Cuadro 21. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en el contenido mineral de frutos de litchi 'Brewster'....	113
Cuadro 22. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en el contenido de vitamina C total de frutos de litchi 'Brewster'.....	114
Cuadro 23. Efecto de la aplicación mensual de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en el amarre de frutos de litchi 'Brewster'.	116
Cuadro 24. Efecto de la aplicación mensual de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en variables físicas y químicas de la calidad de frutos de litchi 'Brewster'.	121
Cuadro 25. Efecto de la aplicación mensual de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en el contenido proximal de frutos de litchi 'Brewster'.	130
Cuadro 26. Efecto de la aplicación de los extractos en el contenido mineral evaluado como parte de la calidad poscosecha del experimento 1.....	131
Cuadro 27. Efecto de la aplicación mensual de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas en el contenido de vitamina C total de frutos de litchi 'Brewster'.....	132
Cuadro 28. Análisis de varianza para la producción de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la antesis.....	133
Cuadro 29. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la antesis en variables físicas y químicas de la calidad de frutos de litchi 'Brewster'.	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Concentración foliar de nitrógeno en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	71
Figura 2. Concentración foliar de potasio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	73
Figura 3. Concentración foliar de fósforo en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	76
Figura 4. Concentración foliar de calcio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	78
Figura 5. Concentración foliar de magnesio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	80
Figura 6. Concentración foliar de cobre en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	82
Figura 7. Concentración foliar de hierro en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	84
Figura 8. Concentración foliar de manganeso en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	86
Figura 9. Concentración foliar de zinc en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.	88

- Figura 10. Concentración foliar de boro en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.91
- Figura 11. Concentración foliar de sodio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.93
- Figura 12. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en la producción de litchi 'Brewster'.97
- Figura 13. Representación en el círculo de color de los valores de ángulo de matiz y cromaticidad de frutos de árboles de litchi 'Brewster' aplicados quincenalmente con extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.100
- Figura 14. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* en litchi 'Brewster' sobre el color de los frutos tratados con dióxido de azufre y ácido cítrico y mantenidos 7 días a 2 °C.103
- Figura 15. Comportamiento de la luminosidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.104
- Figura 16. Comportamiento del ángulo de matiz (Hue) de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.105
- Figura 17. Comportamiento de la cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.106
- Figura 18. Comportamiento de la pérdida de peso acumulada de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.108
- Figura 19. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.109
- Figura 20. Comportamiento de la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.110
- Figura 21. Comportamiento de la relación bríx:acidez de frutos de litchi 'Brewster' en su almacenamiento a 2°C durante el experimento 1. Los datos son las medias de todos los tratamientos.111
- Figura 22. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en la producción de litchi 'Brewster'.117

Figura 23. Efecto de la aplicación mensual de extractos de <i>A. nodosum</i> en litchi 'Brewster' sobre el color de los frutos tratados con dióxido de azufre y ácido cítrico y mantenidos 7 días a 2 °C.	122
Figura 24. Comportamiento de la luminosidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.	123
Figura 25. Comportamiento del ángulo de matiz de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.	124
Figura 26. Comportamiento de la cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.	125
Figura 27. Comportamiento de la pérdida de peso acumulada de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.	126
Figura 28. Comportamiento de los sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.	127
Figura 29. Comportamiento de la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.	128
Figura 30. Comportamiento de la relación brix:acidez de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.	129
Figura 31. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de <i>A. nodosum</i> a partir de la antesis en la producción de litchi 'Brewster'.	134
Figura 32. Efecto de la aplicación mensual de extractos de <i>A. nodosum</i> en el color de frutos de litchi 'Brewster' a partir de la antesis.	136

RESUMEN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) presenta producción baja e irregular, asociada generalmente a la falta de iniciación floral y la falla en el amarre de frutos (Galán-Saúco, 1987). Para resolver este problema se han estudiado diferentes técnicas como el anillado, la poda y la aplicación de auxinas sintéticas (Menzel, 2001).

Extractos del alga marina *Ascophyllum nodosum* han sido asociados a efectos benéficos en producción y calidad en diferentes cultivos (Verkleij, 1992). Dichos extractos contienen entre otros, reguladores de crecimiento (Crouch y Van Staden, 1993) y elementos minerales (Verkleij, 1992).

A pesar de que la aplicación de extractos de *A. nodosum* ha probado incrementar la producción y mejorar la calidad en algunos cultivos, su uso no ha sido evaluado en litchi. Por lo que, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de extractos comerciales ATAN SECA y ACADIAN 0010 FoF de *A. nodosum* en la producción, nutrición y calidad en litchi cultivar Brewster. El estudio se dividió en tres experimentos, en el primero se llevó a cabo la aplicación quincenal de dichos extractos durante las etapas de emergencia de panículas y amarre inicial de los frutos. En el segundo, las aplicaciones fueron realizadas mensualmente desde la emergencia de panículas hasta la maduración de los frutos. En ambos experimentos se evaluó la producción, calidad nutricional, amarre de frutos, calidad de los frutos al momento del corte y durante la poscosecha. En el tercer experimento, se evaluó el efecto

en la producción y calidad de los frutos en respuesta a la aplicación quincenal de los extractos a partir de la antesis hasta la maduración de los frutos.

Bajo las condiciones de esta investigación, los extractos ATAN SECA y ACADIAN 0010 FoF incrementan la producción de litchi 'Brewster'. Sin embargo, estadísticamente sólo ATAN SECA aplicado quincenalmente (ya sea a partir de la emergencia de panículas o de la antesis) aumentó la producción. Este mismo extracto en su aplicación quincenal a partir de la emergencia de panículas incrementó el amarre de frutos. Respecto a la calidad de los frutos, la aplicación de los extractos aumentó notablemente el peso y adelantó la aparición del color rojo característico y redujo levemente el contenido de sólidos solubles totales y la acidez titulable. La aplicación de los extractos no afectó la calidad nutrimental de los frutos, ni tampoco el comportamiento poscosecha de los mismos.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de extractos de algas se ha incrementado en los últimos años debido a los efectos positivos que éstos tienen sobre la asimilación de nutrientes, producción, calidad y la protección en contra de algunos patógenos en diversos cultivos (Verkleij, 1992). Dichos extractos son elaborados a base de algas deshidratadas o partes frescas de ella; la especie más utilizada para su producción es *Ascophyllum nodosum* (Norrie y Hiltz, 1999). Pueden o no tener micronutrientes adicionados y son utilizados como fertilizantes complementarios de árboles frutales y hortalizas (Fornes *et al.*, 2002). Se ha demostrado que la aplicación foliar y en el suelo de los extractos de algas aumentan la productividad y/o la calidad en cultivos de chile, vid, mandarina y naranja (Eris *et al.*, 1995; Norrie *et al.*, 2002; Fornes *et al.*, 2002). Sin embargo, en algunos otros como tomate y cebolla, se encontró que dichos extractos no tuvieron el mismo efecto (Tourte *et al.*, 2000; Feibert *et al.*, 2003;).

Los extractos de algas marinas son fuente de nutrientes minerales (Senn, 1987) y de diferentes compuestos orgánicos. Finnie y Staden (1985), señalan a estos últimos como los responsables de los efectos bioestimulantes, ya que al calcinar los extractos, dichos efectos no son observados. Dentro de los compuestos orgánicos, las citoquininas han recibido la mayor atención, refiriéndoles como las sustancias activas (Sanderson y Jameson, 1986). Crouch y Van Staden (1993), al recopilar información, señalan la presencia de otras sustancias como auxinas, betainas, ácido abscísico y poliaminas entre

otras, presentes en extractos comerciales de algas marinas. También indican que es posible que las citoquininas no sean las únicas responsables de los efectos observados.

Dentro del programa de fertilización de algunos cultivos como litchi (*Litchi chinensis* Sonn), en forma tradicional se utilizan fertilizantes convencionales y abonos orgánicos para lograr aumento en la producción, además de otras estrategias como la aplicación de hormonas sintéticas como auxinas (Menzel y Simpson, 1987; Stern *et al.*, 1995; Stern y Gazit, 1997; Stern y Gazit, 1999; Menzel, 2002).

En la actualidad, en México y particularmente en Sinaloa, no existe información relacionada con la aplicación en litchi de productos naturales como los extractos de *A. nodosum* que contengan tanto micronutrientes y reguladores de crecimiento. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación foliar y en suelo de extractos comerciales de *A. nodosum* en litchi cv. Brewster, sobre la producción, nutrición y la calidad de los frutos al momento del corte y durante la poscosecha.

Esta investigación consistió de tres experimentos realizados durante los ciclos agrícolas 2004 y 2005 en un huerto de litchi ubicado en Eldorado, Culiacán, Sinaloa. En el primer experimento se evaluó la aplicación quincenal de los extractos a partir de la emergencia de panículas hasta la etapa inicial de amarre de frutos. En el segundo, se estudió la aplicación mensual de los mismos extractos también desde la emergencia de panículas hasta la etapa de maduración de los frutos. Por último, en el tercer experimento se probó la aplicación quincenal de los extractos después de la antesis floral hasta la etapa de maduración de los frutos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de extractos comerciales del alga marina *A. nodosum* en la producción, nutrición y calidad de *L. chinensis* cultivar Brewster.

Objetivos particulares

1. Determinar la respuesta en el amarre de frutos por efecto de la aplicación de los extractos del alga.
2. Evaluar el efecto de la aplicación de los extractos del alga en la producción total por árbol.
3. Conocer el efecto de la aplicación de extractos de *A. nodosum* en el contenido de elementos mayores (N, P, Na, Ca, K y Mg) y menores (Fe, Cu, Zn y Mn) en hojas de *L. chinensis* y su comportamiento a partir de la floración hasta el desarrollo final de frutos.
4. Determinar el efecto de la aplicación de los extractos en la calidad de los frutos evaluando las variables físicas (color y peso) y químicas (sólidos solubles totales, acidez titulable y la relación brix:acidez).
5. Evaluar el efecto de la aplicación de los extractos en las variables de calidad poscosecha: físicas (pérdida de peso acumulada y color), químicas (sólidos solubles totales, acidez titulable y la relación brix:acidez), el contenido proximal (humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra bruta y carbohidratos), mineral y vitamina C total

HIPÓTESIS

La aplicación de extractos de *A. nodosum* incrementa la producción de *L. chinensis*.

El efecto en el aumento de peso de frutos de *L. chinensis* será diferente de acuerdo a la etapa de desarrollo de los árboles en la que se realice la aplicación de extractos de *A. nodosum*.

Los extractos de *A. nodosum* incrementan el amarre de frutos en *L. chinensis* al ser aplicados con mayor frecuencia durante primer mes siguiente a la polinización.

Si existe deficiencia en alguno de los elementos nutricionales en las hojas de *L. chinensis* se incrementará como efecto de la aplicación de extractos de *A. nodosum*.

La aplicación de extractos de *A. nodosum* en *L. chinensis* no modifican negativamente la calidad de los frutos.

La aplicación de extractos de *A. nodosum* en *L. chinensis* no afecta la calidad poscosecha.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y Distribución del Litchi

Origen

El litchi (*Litchi chinensis* Soan.) es un frutal originario del área formada entre la zona sur de China, el norte de Vietnam y la Península Malaya (Menzel, 2002). Del litchi no se conocen plantas en estado silvestre, lo que implica una evidencia de su antigua utilización por el hombre. La mayoría de los autores señalan que esta especie se cultiva desde hace unos 3,000 o 4000 años (Galán-Saúco, 1987).

Distribución

La escasa viabilidad de la semilla del litchi y la dificultad para obtener nuevas plantas a partir de ella manifiestan la razón por la cual el litchi permaneció durante muchos siglos en su área de origen (Schwentenius y Gómez, 2001). El litchi llegó a la India a través de Myanmar en 1789, posteriormente fue introducida a Bangladesh y Nepal. Tiene un largo historial de producción en Tailandia, sin embargo, se desconoce la fecha exacta de su introducción, presumiéndose que fue desde hace 150 años y que provenía de China. De igual manera, no se tienen registros de su arribo a las Filipinas, pero se hace mención acerca de él en la literatura local de los albores del siglo XIX. Alrededor de 1850 se introdujeron semillas de Litchi a Australia (Menzel, 2002), a las

islas de Madagascar y Mauricio, África, llegó en 1870; de ahí se extendió a Sudáfrica en 1876 (Schwentenius y Gómez, 2001).

A nuestro continente, el litchi llegó a través de Hawái en 1873, en Florida apareció en 1883, siguiendo la ruta China – Madagascar – Francia – Inglaterra. El reverendo W. M. Brewster, es el productor de litchi más famoso en el mundo, quien entre 1903 y 1906 seleccionó cultivares de litchi en Florida; el cultivar más difundido en los Estados Unidos y México, en la actualidad lleva su nombre (Lychee Woods, citado en Shewentesius y Gómez, 2001). Los primeros indicios de su introducción en California datan desde 1897, pocos años después se introdujo a México (Morton, 1987).

En 1970 comenzó su cultivo en las Islas Canarias, España y aproximadamente seis años después en la Costa del Sol de la región de Málaga (García-Rivas, 1990).

Generalidades del Litchi

Familia Botánica

El litchi es uno de los más importantes miembros de la familia *Sapindaceae* en la que se encuentran más de 2,000 especies y 150 géneros. Otros frutos originarios de Asia que se incluyen en ella son el longan (*Euphoria longan*), rambután (*Nepheleium lappaceum*) y pulusán (*Nepheleium mutabile*) (Menzel, 2002).

La Planta y sus Partes

El litchi es un árbol subtropical perenne de relativamente poca altura (10 – 12 m), aunque los ejemplares más vigorosos pueden tener una altura de hasta 20 metros cuando tienen 25 – 30 años (Galán-Saúco, 1987). Su tronco es corto y fuerte, en algunos cultivares, las ramas son encorvadas o retorcidas y extendidas de manera que forman una copa más ancha que alta, mientras que en otros cultivares, las ramas son muy rectas y verticales formando una copa compacta y redonda (Menzel, 2002).

Las hojas se encuentran dispuestas de forma alterna, son de color rojo-bronceado a verde pálido e incluso cremoso cuando jóvenes y verde oscuro, brillantes cuando adultas. Poseen un número variable de pares de folíolos, comprendido entre dos y doce, con una longitud comprendida entre 7.5 y 20 cm de largo y entre 2.5 y 6 cm de ancho (Galán-Saúco, 1987).

Las inflorescencias están compuestas de varias panículas ramificadas, cada una con una o más hojas y más de 3,000 flores, y desde 5 hasta 80 frutos al momento de la cosecha (Menzel, 2002).

Las inflorescencias se producen generalmente a finales del invierno y principios de la primavera. Existen tres tipos de flores que se abren sucesivamente en la misma panícula. Todas las flores poseen un cáliz cupuliforme con 4-5 sépalos cortos y dentados y son apétalas (Galán-Saúco, 1990). Las flores se diferencian entre sí debido a su grado de desarrollo sexual, o sea, en la longitud y funcionalidad tanto de los estambres y en el desarrollo y funcionalidad del pistilo. Se denominan tipo I, funcionalmente masculino, tipo II, funcionalmente femenino y tipo III, también funcionalmente masculino pero con

mayor desarrollo hermafrodita que las del tipo 1 (Galán-Saúco, 1987). Existen dos etapas de floración masculina traslapándose con el ciclo femenino: sucediendo una floración masculina primero y después la funcionalmente masculina que abre durante el final del periodo de floración. La segunda floración masculina posee un pistilo bicarpelado, el cual no se presenta en la primera etapa. Las flores funcionalmente femeninas tienen de seis a diez estaminoides y un pistilo bicarpelado funcional. La última etapa de la floración masculina generalmente provee la mayor parte del polen utilizado para fertilizar a las flores femeninas (Menzel, 2002).

El fruto es considerado como una drupa, y su forma varía de acuerdo con el cultivar. Teniendo formas desde redonda, ovoide o acorazonadas, y su diámetro puede ser de 2.0 a 3.5 cm. La piel puede ser suave o rugosa con protuberancias, delgada o gruesa, y su color rosa-rojo, rojo brillante o púrpura-rojo (Menzel, 2002). El color rojo brillante es debido a la presencia de antocianinas (Lee y Wicker, 1991). El arilo es blanco, translúcido con un sabor dulce y ácido que puede ser consumido fresco o procesado (Salunke y Desai, 1984). La semilla es de color café y su tamaño va desde 6 a 12 mm de ancho y de 10 a 23 mm de longitud (Menzel, 2002).

Holcroft y Mitcham (1996) recopilan información acerca de la composición del fruto de litchi y mencionan que ésta ha sido reportada por diversos autores. Contiene de 77 a 83% de agua, 0.8 a 0.9% de proteína y <1% de grasa. Además, indican que el fruto no es una fuente significativa de tiamina, riboflavina, calcio, fósforo o hierro pero sí lo es en ácido ascórbico (0.4-1.0 mg/g) al momento de la cosecha, y que éste último decrece durante su almacenamiento poscosecha. Respecto a su contenido de vitamina C,

existen datos controversiales, ya que de acuerdo al método de determinación éste puede variar. Por ejemplo la USDA (2004) reporta un contenido de ácido ascórbico de 90 mg/100g de porción comestible sin especificar el cultivar, por otro lado Paul y Chen (1987) mencionan un contenido de 1.2 mg/g (120 mg/100g) en frutos de litchi cultivar Brewster, este último dato coincide con los 138 µg/g (138 mg/100g) reportados por Luximon *et al.* (2003). En estos dos últimos estudios se utilizó el método de titulación propuesto por la AOAC. Finalmente, Vinci *et al.* (1995), señalan un contenido de 21.94 mg/100g de ácido ascórbico determinado mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), lo cual es muy diferente de lo reportado anteriormente.

Cultivares

Las dificultades para una estandarización de los cultivares son considerables, una parte de ellas se debe a la traducción de los nombres chinos al idioma cantonés romanizado o al mandarín y después al inglés. Por lo que existen considerables sinonimias (Galán, 1987). Sin embargo, se reportan que mundialmente existen más de 100 variedades o cultivares, de los cuales en México se han introducido solamente cinco: Brewster, Mauricio, Haak Yip, Groff y Sweet Cliff, predominando la primera (Schwentesiuss y Gómez, 2001).

El cultivar Brewster se ha identificado como 'Chen zi' (Púrpura de la familia Chen) y también como 'Royal Chen' . Aunque también en Australia el cultivar Beugal es llamado como 'Bedana' y también como 'Brewster' (Galán, 1987). En Israel, Goren

et al. (2001), mencionan que 'Floridian' es posiblemente una progenie de 'Brewster' proveniente de Florida.

Menzel (2002), resume las características del cultivar Brewster y señala que los árboles son pequeños y erectos, con un follaje denso y con amplios y muy marcados ángulos. Galán-Saúco (1987), menciona que posee racimos de 10 – 20 frutos, de forma oblonga, moderadamente grandes (23 g) y de color rojo brillante. Menciona además, que posee alrededor de 78 % de pulpa de calidad aceptable, que es firme y de sabor ácido pronunciado a excepción de que esté bien maduro. Señala también que la semilla es oblonga, grande (16 % en promedio de peso) y que rara vez es abortada. Respecto a la madurez y a la producción, refiere que es temprana y que es un productor errático.

Importancia Económica

La producción mundial de litchi se estima en 2.11 millones de toneladas, de las cuales el 95% está concentrada en el continente asiático, siendo los principales países productores China, India, Taiwán, Tailandia y Vietnam. Aunque también se cultiva en otras regiones subtropicales como Israel, Australia, Madagascar y otras partes de África, además de México y Centro y Sudamérica (FAO, 2002).

Uno de los principales mercados de este producto es Estados Unidos de Norteamérica, en el cual México en el 2003 se posicionó como el segundo proveedor, solo antecedido por Taiwán y precedido por China e Israel (Evans *et al.*, 2004).

Nuestro estado ha figurado como uno de los principales líderes productores de litchi en México, escribiendo su propia historia y destacando como la entrada de este frutal a nuestro país desde hace más de 100 años, cuando fue introducido por la familia Redo. A partir de entonces ha despertado el interés de productores que han invertido en él y debido a las ganancias la superficie ha crecido de forma espectacular y sin control (Schwentesius y Gómez, 2001). Actualmente, de acuerdo a datos del Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), Sinaloa se posicionó en tercer lugar en superficie sembrada y cosechada de litchi y lo más importante, figuró como el tercer productor de litchi en nuestro país durante el año 2004, logrando una producción de 3,230 Ton mismas que tuvieron un valor de \$13,619,000.00 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Anuario Estadístico de la producción Agrícola para el cultivo de Litchi en el ciclo 2004.

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción (Pesos)
Baja California Sur	5.50	1.00	1.50	1.500	40,000.00	60,000
Michoacán	82.00	16.00	96.00	6.000	15,000.00	1,440,000
Morelos	4.00	4.00	25.00	6.250	3,944.00	98,600
Nayarit	82.00	72.00	144.10	2.001	19,893.82	2,866,700
Oaxaca	555.00	215.00	3,762.50	17.500	25,000.00	94,062,500
Puebla	73.00	73.00	284.00	3.890	20,919.01	5,941,000
San Luis Potosí	215.19	96.00	284.60	2.965	15,000.00	4,269,000
Sinaloa	241.00	241.00	778.50	3.230	17,493.90	13,619,000
Veracruz	961.00	957.00	3,564.15	3.724	8,952.06	31,906,500
TOTAL	2,248.69	1,675.00	8,940.35	5.138	17,254.73	154,263,300

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

Fases del Desarrollo de Litchi

Los árboles de litchi experimentan durante el año diferentes fases en su desarrollo. Estas incluyen expansión de hojas, floración, antesis y desarrollo de los frutos (Menzel, 2002). En el caso particular de litchi, normalmente ocurren dos brotaciones vegetativas después de la cosecha, la siguiente durante el invierno será floral (Menzel, 2002).

Davenport (2000), hace un análisis del desarrollo reproductivo de tres especies: cítricos (*Citrus* L.), litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) y mango (*Mangifera indica* L.). En éste se marca que la fenología de la floración en estas especies es similar a pesar de las diferencias morfológicas. En esta publicación, se indica que los tallos individuales de esas tres especies tropicales están en dormancia la mayoría del tiempo. El crecimiento ocurre periódicamente, como la emergencia de brotes o retoños de yemas laterales o apicales que están en dormancia. Los tallos son tomados como las puntas de las ramas que están en dormancia, mientras que los retoños son referidos como las puntas o los desarrollos laterales que están creciendo activamente independientemente de si son vegetativas o reproductivas. Las brotaciones son el crecimiento que ocurre en retoños, usualmente en partes de la copa o en el árbol completo. Los tres tipos principales de retoños que normalmente se desarrollan a partir de tallos son vegetativos (hojas), reproductivos (inflorescencias definitivas o panículas) y mixtas (compuestas de hojas e inflorescencias laterales).

De acuerdo con Davenport (2000), las brotaciones vegetativas en las especies antes mencionadas ocurren una o varias veces por año en un tallo. Las brotaciones reproductivas normalmente ocurren después de largos períodos de dormancia en los tallos en los trópicos de bajas latitudes o inmediatamente después de temperaturas frescas durante la noche en los trópicos y subtropicos de mayores latitudes. La floración normalmente ocurre de enero a marzo en el Hemisferio Norte y de julio a septiembre en el Hemisferio Sur.

Para que se presente ya sea el crecimiento vegetativo o reproductivo, dos eventos separados deben de suceder. La yema en dormancia debe tener una iniciación para crecer. La iniciación puede ser definida como el comienzo de un desarrollo rápido del retoño, independientemente del tipo. Junto con la iniciación, la inducción se presenta dependiendo de las condiciones presentes en la iniciación. La inducción se refiere a la condición temporal de las yemas para provocar un tipo particular de retoño, recordemos que éstos son vegetativos (inducción vegetativa), reproductivos (inducción floral) o mixtos (combinación de la inducción vegetativa y floral).

Menzel (1983), hace una amplia revisión acerca de la iniciación floral en *litchi*, lo describe así: primero, el domo vegetativo al llegar a la iniciación se aplana y ensancha elevándose rápidamente ambos lados del ápice. El desarrollo de las distintas partes florales va a continuar en sucesión acropétala sin que exista dormancia entre la iniciación y la antesis. La iniciación tiene lugar en invierno (Noviembre a Febrero en el Hemisferio Norte y de Mayo a Agosto en el Hemisferio Sur).

Menzel (1983), menciona que es necesario un período de dormancia vegetativa para que se produzca la iniciación floral. La dormancia puede ser inducida por distintos factores como las bajas temperaturas, el estrés hídrico, factores nutricionales, el anillado y la aplicación de fitohormonas.

Los eventos que ocurren después de la iniciación de las yemas son revisados ampliamente por Menzel (1984), en lo sucesivo se presentará la información recopilada en esa publicación. En el Cuadro 2, se resumen las etapas del desarrollo reproductivo descritas por Menzel, éste inicia con la diferenciación de panículas y concluye de 6 a 8 meses después cuando el fruto alcanza su madurez.

Cuadro 2. Etapas del desarrollo reproductivo en litchi

Etapa	Duración (semanas) ¹
1. Diferenciación de panículas (iniciación-emergencia)	2-4
2. Crecimiento de panículas	5-8
3. Floración (antesís, dehiscencia de anteras y polinización)	3-6
4. Fructificación (cuajado de frutos-madurez)	14-17

¹La duración de cada etapa varía con el genotipo y el ambiente.

Fuente: Menzel, C. M. 1984. The pattern and control of reproductive development in litchi: a review. *Scientia Horticulturae*, 2: 333-345.

Diferenciación de Panículas

Después de la iniciación, el eje primario de la inflorescencia se alarga y aparecen los primordios de las ramas secundarias. Las ramas secundarias experimentan algo similar, con el desarrollo de las distintas partes florales teniendo lugar en sucesión acropétala en las axilas de las brácteas principales y las ramas. Un primordio central se

alarga y se diferencia en 2-4 lóbulos vellosos del cáliz, con los primordios de las anteras diferenciándose en las axilas del cáliz. Dos protuberancias laterales se desarrollan a partir del primordio central y dan lugar al carpelo.

La estructura futura de la panícula, el número y tipo de flores y su distribución, es determinada durante la diferenciación de la panícula y la yema floral. La inflorescencia está formada por muchas panículas ramificadas iniciadas en la madera del año. Las panículas son normalmente terminales en grupos de diez o más, aunque pueden existir en algunos árboles panículas axilares. Las inflorescencias son comúnmente compuestas, donde las yemas bajas producen solo hojas, las de la mitad producen yemas florales en las axilas de las hojas y las de la parte superior producen solo ramas florales y en algunas ocasiones hojas muy pequeñas que son efímeras. El desarrollo de este patrón depende de las diferencias de temperatura experimentadas por diferentes yemas durante las etapas iniciales del desarrollo de los brotes.

Crecimiento de la Panícula

El crecimiento de la panícula es sigmoideal y tarda cerca de 5-8 semanas, con variaciones aún dentro de un mismo árbol. Altas temperaturas aceleran el desarrollo de la panícula y la floración, mientras que las bajas tienden a matar las inflorescencias jóvenes.

Floración

La duración de la floración (anthesis a polinización) es normalmente de 20 a 45 días, dependiendo de las condiciones ambientales. Los tres tipos de flores mencionadas en el apartado de "La planta y sus partes" pueden presentarse en sucesión en el mismo árbol, pero usualmente en diferentes panículas o ramas. Recordándolas en orden de aparición: las hermafroditas con el ovario abortivo (funcionalmente masculinas), las hermafroditas con anteras no dehiscentes (funcionalmente femeninas) y las masculinas.

Solo las flores femeninas pueden fructificar y su proporción varía con el huerto, año y cultivar; los cultivares con alto número de flores femeninas tienen mayor potencial para producir (Menzel, 2002).

La apertura floral ocurre durante el día y la noche. Las temperaturas por debajo de 8°C suprimen este acontecimiento; por otro lado, las condiciones de poca humedad y temperaturas altas (más de 20.8°C) durante la noche la reducen (Menzel, 1984). La anthesis dura normalmente de 2 a 4 semanas (Menzel, 2002).

La dehiscencia de anteras inicia un día después de la anthesis y continúa por tres días más (Menzel, 1984). El polen no tiene mucha resistencia y dura sólo un día después de que ha sido soltado por las anteras (Menzel, 2002).

La polinización existe sólo si las etapas masculina y femenina se traslapan (Menzel, 2002). Una vez que los estigmas se dividen en lóbulos, permanecen receptivos hasta por tres días más, alcanzando su máxima receptividad un día después de la anthesis (Menzel, 1984). Por lo general, se acepta que las flores de litchi son estériles, por lo que se requieren insectos para su polinización (Menzel, 1984). Sin embargo, también se

reconoce que existe controversia entre si los insectos son necesarios o no (Menzel, 2002).

Cuajado de los Frutos

De acuerdo con lo revisado por Menzel (1984), en litchi sólo pocas flores continúan su desarrollo hasta frutos (principalmente debido a la caída prematura de las mismas), y reporta estudios donde el cuajado de frutos va desde menos de 1% hasta 50% dependiendo del árbol, cultivar, año y las condiciones ambientales.

Crecimiento del Fruto y Abscisión

Pocos son los estudios que se han realizado para determinar el patrón de crecimiento de litchi. Huang y Xu (1983), determinaron que las curvas de crecimiento del pericarpio, semilla y arilo, así como el fruto completo de frutos de litchi cultivares San Yue Hong, Gui Wei y Huai Zhi son típicamente sigmoidales. Además, encontraron que la semilla y el pericarpio crecen primero y casi al mismo tiempo, que el arilo crece hasta que la semilla y el pericarpio han disminuido su crecimiento, casi simultáneamente. Por otro lado, Paull *et al.* (1984), encontraron que el crecimiento de litchi cultivares Groff, Shui Dong, Gui Wei y Mei selectio en todo el fruto y en el arilo exhibió una curva sigmoideal, mientras que la piel y la semilla mostraron un crecimiento más lento y más lineal.

Menzel (2002), expone que durante las primeras siete a ocho semanas después de la polinización, la piel, el embrión y la piel de la semilla son formados. Que al final de

esta etapa el arilo sólo es una pequeña porción. En las dos o tres semanas que continúan, los cotiledones se forman, y es cuando el desarrollo del arilo comienza. El período final de crecimiento del fruto es caracterizado por un rápido crecimiento del arilo aunque la formación de la semilla sigue. Cuando el fruto alcanza su madurez, el arilo aporta el 65 a 75% del peso del fruto. El crecimiento máximo del fruto ocurre dos o tres semanas antes de que el fruto madure. Finalmente, el fruto tarda en madurar de 12 a 16 semanas dependiendo del cultivar y de la estación.

En litchi, mucho más fruto es formado que lo que es cosechado, normalmente la caída prematura de frutos comienza muy temprano después de la formación inicial de estos y continúa hasta la madurez de los mismos (Menzel, 1984). La mayoría de las flores y los frutos se caen durante el primer mes después de la polinización (Stern *et al.*, 1995; Stern *et al.*, 1997; Stern *et al.*, 1999). El porcentaje de caída de frutos durante el período de desarrollo varía de acuerdo con la localidad, cultivar, y condiciones ambientales y culturales. En algunos casos, todos los frutos de una panícula se caen antes de ser cosechados (Stern y Gazit, 2000).

En los cultivares Mauritius, Floridian (aparentemente similar a Brewster o Chen zi) y Kaimana, se ha determinado un patrón de abscisión en dos etapas con pocas variaciones entre los tres cultivares. El primer período dura aproximadamente 4 semanas, al término del cual sólo del 5 al 15% de las flores femeninas sobreviven y son capaces de transformarse en pequeños frutos. Una o dos semanas después, una segunda etapa de abscisión tiene lugar, y tiene una duración de alrededor de 2 semanas. En esta etapa todos los frutos que se caen contienen una cubierta de su semilla bien desarrollada

y pesan de 2 a 6 g (Stern *et al.*, 1999). De este mismo estudio se pudo determinar que 'Mauritius' retiene casi el doble de los frutos por panícula que 'Floridian' y esto se relacionó con una mayor producción en la primera. La velocidad de abscisión de los frutos de 'Mauritius' se estaciona cuando el embrión ha alcanzado su tamaño completo y en esta etapa sólo de 1 a 5% de las flores presentes inicialmente por panícula desarrollan finalmente frutos (Stern *et al.*, 1995).

Nutrición Vegetal y Fertilización

En litchi, el nitrógeno (N) es el nutriente más importante, seguido de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg); los micronutrientes hierro (Fe), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn), como su nombre lo lleva implícito, se requieren en cantidades muy pequeñas (Menzel, 2002).

Los nutrientes tienen que ser obtenidos del suelo a través de las raíces del árbol y para capturarlos, la planta tiene que producir raíces continuamente; la energía para este crecimiento y metabolismo proviene de la fotosíntesis en las hojas, por lo que la nutrición implica un costo biológico sustancial (Menzel, 2005).

La nutrición tiene poco impacto en la producción, a menos que los árboles tengan deficiencia o exceso de uno o más nutrientes. A los árboles les toma mucho tiempo en responder a los fertilizantes, las hojas nuevas, flores y frutos dependen de las reservas en el árbol en lugar de los fertilizantes aplicados al suelo (Menzel, 2002).

Cambios Nutrimientales en las Hojas

Las concentraciones de nutrientes en las hojas reflejan las reservas en el resto de los árboles, indicando que son un índice real del estado nutricional del árbol (Menzel *et al.*, 1992d). Cambios en la composición de las hojas pueden cambiar de estación en estación. Menzel *et al.* (1992b) colectaron hojas maduras de brotes vegetativos o detrás de las panículas con frutos en siete huertos de los cultivares 'Tai So', 'Haak Yip' y 'Wai Chec' durante tres años en Queensland, Australia. Las concentraciones de los nutrientes móviles como nitrógeno, fósforo y potasio alcanzaron un máximo durante la floración y de ahí en adelante disminuyeron durante el desarrollo del fruto. Por el contrario, el calcio, magnesio, hierro, cobre, boro y manganeso tuvieron menor concentración durante la floración y posteriormente, se incrementaron. De esto se concluyó que la elección de las etapas de desarrollo para colectar las muestras puede influir en el diagnóstico para los elementos mencionados. En general, las concentraciones de la mayoría de los nutrientes fueron estables, por lo que la emergencia de panículas es la etapa recomendada para la toma de muestras.

Análisis Foliar y de Suelo

Estándares para la composición de hojas de litchi han sido desarrollados por investigadores Australianos, basados en la observaciones hechas a huertos con alta producción en Queensland, (Menzel *et al.*, 1992b). El estándar obtenido correspondió a muestras obtenidas de la primera hoja debajo de la panícula tomada de ocho ramas uniformemente distribuidas por cada árbol. La colecta de las muestras se realizó 1-2

semanas después de la emergencia de panículas de mayo a agosto. En esta etapa las concentraciones de la mayoría de los elementos permanecían sin cambios drásticos. El estándar obtenido (base seca) fue: 1.50-1.80% N, 0.14-0.22% P, 0.70-1.10% K, 0.60-1.00% Ca, 0.30-0.50% Mg, 50-100µg/g Fe, 100-250 µg/g Mn, 15-30µg/g Zn, 10-25 µg/g Cu, 25-60 µg/g B, <500µg/g Na y <0.25% Cl.

Menzel (2005), hace una revisión acerca de la nutrición vegetal y la fertilización en litchi y longan, en ella se menciona que investigadores australianos (incluido él), desarrollaron estándares para el suelo. El estudio se realizó en huertos de litchi con alta producción de donde se tomaron muestras de suelo de 0-15 cm de profundidad. De dicho estudio se obtuvieron los siguientes datos: pH 5.5-6.0; carbono orgánico 1.0-3.0%; conductividad eléctrica <0.20DS/m; Cl <250mg/Kg; Na <1meq/100 g, NO₃-N 10mg/Kg; P 100-300 mg/Kg; K 0.5-1.0 meq/100g; Ca 3.0-5.0 meq/100g; Mg 2.0-4.0 meq/100g; Cu 1.0-3.0 mg/Kg; Zn 2-15 mg/Kg; Mn 10-50 mg/Kg y B 1.0-2.0 mg/Kg.

Importancia de Algunos Nutrientes en Litchi

Nitrógeno. Este es el elemento considerado como el más importante ya que afecta el crecimiento y la productividad (Menzel, 2005). Síntomas de deficiencia se han reportado en concentraciones menores de 1.3 %, siendo notados primero en las hojas más viejas. Cuando la deficiencia es severa, los márgenes de las hojas se pueden enrollar, las hojas pueden ser más pequeñas o no desarrollarse o caer prematuramente (Menzel, 2002).

Menzel (2005), menciona que algunos autores sugieren que bajas aplicaciones de nitrógeno pueden mejorar la floración, aunque esto no siempre ha resultado en una

producción consistente. En esta área, Li *et al.* (2001), sugieren que a través de una fertilización apropiada con nitrógeno se puede obtener una floración abundante. En este trabajo, se obtuvo que $138 \text{ g N árbol}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y $362 \text{ g N árbol}^{-1} \text{ año}^{-1}$, el primero aplicado durante la diferenciación de panículas y el segundo en la diferenciación de panículas tuvieron una floración de 60 y 74 % para el cultivar Brewster y de 82 y 94% para 'Mauritius'. Cantidades mayores de nitrógeno incrementaron el desarrollo vegetativo disminuyendo la floración.

Fósforo. Menzel (2002), expone estudios realizados sobre la deficiencia de fósforo en litchi cultivadas en suelos arenosos. De estos estudios se resume que los síntomas de deficiencia son áreas 'muertas' de color café en las puntas y bordes de las hojas maduras. Dichas regiones pueden avanzar hacia la mitad de la nervadura. Posteriormente, las hojas se enrollan, se deshidratan y caen.

Menzel *et al.* (1995), en un estudio sugieren que a concentraciones de 0.18-0.44% se tuvo una producción similar, por lo que sugieren que el estándar para fósforo debe ser revisado. Menzel (2005), menciona que las respuestas por efecto de la aplicación de fósforo son menores a las registradas para nitrógeno.

Potasio. Menzel (2005), en una revisión presenta los síntomas de deficiencia de potasio, los cuales inician con la adopción de color amarillo por parte de las hojas, seguidas por la muerte de las puntas de las hojas y después la base de las mismas. La deficiencia severa de este nutriente está asociada con restricción del desarrollo de tallos y retoños, floración y el amarre de frutos y por último la muerte de los árboles. También se ha

reportado que el potasio afecta la fotosíntesis, de lo que se deriva que el potasio puede incrementar la producción incrementando la fotosíntesis en las hojas.

Menzel *et al.* (1995), reportan que la aplicación de 0-3.2 Ton/ha de potasio no generaron síntomas de deficiencia o exceso. La concentración de potasio en las hojas de los árboles sin aplicación disminuyó muy poco. Además, la producción fue similar en el rango de 0.75-1.37%, con lo que la cantidad sugerida por el estándar australiano (0.70-1.10%) debe ser revisado.

Calcio. El calcio afecta la calidad del fruto, al menos en litchi (Menzel, 2005). El autor cita estudios en los que se pudieron determinar como síntomas de deficiencia de calcio el desarrollo de áreas necróticas en los márgenes de las hojas y caída posterior de las mismas, crecimiento interrumpido de hojas, tallos y raíces, y a pesar de que los árboles florecen, estos no son capaces de fructificar.

El calcio tiene un papel importante en el “agrietamiento” de los frutos de litchi. Estudios realizados por Huang *et al.* (2005), mostraron que el contenido de calcio en las paredes celulares como pectatos de calcio fue más alto en el pericarpio de litchi cultivar resistente ‘Wai Chee’ (‘Huaizhi’) comparado con el cultivar susceptible ‘No Mai Chee’ (‘Nuomici’). De esta investigación también se derivó que las concentraciones bajas de calcio en la pared celular se debieron más a una menor movilización del elemento que a una falta del mismo. Li *et al.* (2001), exponen diferentes temas relacionados con el agrietamiento y se presentan las técnicas para el manejo integrado de este desorden. Dentro de estas, se recomienda la aspersión de Ca, B, Zn y K además de auxinas durante el desarrollo del fruto.

Existe una amplia investigación respecto a el agrietamiento y las bajas cantidades de calcio en litchi. Sin embargo, no se han establecido las relaciones entre el crecimiento y la producción y las concentraciones foliares de calcio, por lo que el papel de este nutriente en la producción comercial aún no ha sido determinado (Menzel, 2005).

Magnesio. No se tienen reportados estudios respecto a la deficiencia de magnesio en árboles en campo. Menzel (2005), reúne los estudios realizados en torno a este nutrimento y de ellos se derivan los síntomas derivados de su deficiencia. Él describe que en la ausencia de este elemento, las hojas de los árboles son pequeñas, las puntas y el centro de algunas mueren y eventualmente estas caen. Menciona además, un estudio realizado en el que la floración fue suprimida cuando las concentraciones de este elemento en las hojas fueron menores a 0.25%. Las deficiencias pueden ser inducidas por una alta aplicación de nitrógeno y potasio; se cree, que las altas concentraciones de nitrógeno interfieren en la obtención del mismo.

Zinc. Los estudios realizados para determinar la deficiencia de este elemento se limitan sólo a aquellos con plantas cultivadas en macetas; sólo la respuesta de los árboles en campo con aplicaciones foliares durante la floración ha recibido atención (Menzel, 2005).

Los síntomas de su deficiencia y los resultados obtenidos de las aplicaciones foliares del mismo son revisados por Menzel (2005). En esta revisión se expone que los síntomas incluyen la aparición de un color bronce o moteado en las hojas. Respecto a las aplicaciones foliares, se presenta un trabajo en el que en respuesta a la aplicación de 2.7

g Zn/l antes de la floración, se produjeron frutos de mayor tamaño y más dulces comparados con el testigo.

Hierro. Menzel (2002), revisa la función de algunos nutrientes, entre los que se encuentra el hierro. Este autor establece que las concentraciones menores a 40 ppm son consideradas como deficientes. Los síntomas son la adquisición de un color amarillo por parte de las hojas jóvenes y éste se extiende hacia las hojas maduras. Cuando la deficiencia es severa, las ramas pueden morir.

Cobre. Las deficiencias por este elemento son muy raras en Australia (Menzel, 2005). Los síntomas descritos por este investigador son enrollamiento de las hojas en sus márgenes y la muerte de las mismas cuando la concentración es menor a 6 µg Cu/g. También menciona que otros investigadores encontraron que el tamaño del fruto se reduce. Además, señala que la deficiencia de este elemento junto con zinc propicia que los árboles tengan retoños largos con pequeñas hojas y que posteriormente éstas caen.

Manganeso. No se han descrito síntomas para la deficiencia de manganeso. Valores de 100-250 µg/g en base seca son considerados aceptables para árboles cultivados en suelos moderadamente ácidos en Australia (Menzel *et al.*, 1992b).

Boro. Bajas concentraciones de este elemento han sido relacionadas con la muerte de tallos nuevos y raíces, deficiente anarre de frutos y deformación de los mismos al momento de la cosecha (Menzel, 2002). La aplicación de este elemento debe hacerse con cuidado, ya que el margen entre la deficiencia y la toxicidad es pequeño; la toxicidad en litelí ocurre con concentraciones foliares de 100 µg B/g o superiores (Menzel, 2005).

Técnicas Utilizadas para Favorecer la Floración y el Cuajado de Frutos

La razón principal de la baja producción en litchi es la falta de floración, aunque en algunos casos, los árboles pueden tener una buena floración pero sólo pocos frutos pueden llegar hasta la cosecha (Menzel, 2001).

Una floración abundante puede ser inducida por estrés hídrico durante el otoño (Ster *et al.*, 1995), sin embargo, la producción puede ser deficiente, principalmente debido a la caída masiva de frutos durante las etapas iniciales del desarrollo del fruto (Stern *et al.*, 1995; Stern *et al.*, 1997; Stern *et al.*, 1999).

Existen diferentes métodos para incrementar la producción, como la poda, el anillado y el uso de reguladores de crecimiento con lo que se favorece la iniciación floral y la retención de los frutos (Menzel, 2001).

Efecto de la Nutrición en la Producción

La nutrición por lo general tiene poco impacto en la producción a menos que existan deficiencias o exceso de uno o más nutrientes en los árboles (Menzel, 2001).

Li *et al.* (2001) exponen que bajo condiciones de temperaturas cálidas, lluvia abundante y exceso de nutrientes se puede tener floración y amarro de frutos erráticos. Mencionan que aunque los productores no pueden controlar el clima, ellos sí pueden manejar el desarrollo vegetativo de sus árboles. Cuando se riega y fertiliza en exceso, los árboles crecen vigorosamente y producen brotes vegetativos cada dos o tres meses. La falta de madurez del último brote vegetativo a finales del otoño o principios del invierno evita la floración en enero o febrero. Los brotes vegetativos en el otoño pueden ser

evitados restringiendo el nitrógeno en el verano. Así, los productores pueden lograr una floración abundante mediante una fertilización apropiada con nitrógeno.

Los autores anteriormente mencionados demostraron que altas concentraciones de nitrógeno en las hojas favorecen la brotación vegetativa y reducen la floración y por lo tanto la producción. En ese mismo estudio tuvieron los mejores resultados en cantidad de floración con una aplicación de 181 g N árbol⁻¹ año⁻¹ durante la diferenciación de panículas (enero) o con la aplicación de 362 g N árbol⁻¹ año⁻¹ durante la diferenciación de panículas y durante la floración (marzo).

Uso de Reguladores de Crecimiento y Anillado para Promover la Floración y el Cuajado de Frutos

Auxinas sintéticas fueron utilizadas en 1950 y 1960 para controlar el crecimiento y la floración en Florida y Hawái (Menzel, 1983). Los químicos se aplicaron antes de la floración para controlar el desarrollo de brotes vegetativos tardíos. Aunque en algunos tratamientos se tuvieron incrementos en la producción, en otros las respuestas fueron impredecibles. Esto quizá se debió a que el clima frío necesario para la iniciación floral no siempre siguió a la aplicación de auxinas.

Menzel (2001), menciona que investigadores australianos utilizaron etefón (ácido fosfónico-2-cloroetil) para controlar las brotaciones de hojas rojas, después de esto, las nuevas yemas emergen y florecen cuando las condiciones climáticas son lo suficientemente frías para la iniciación floral.

El anillado puede ser utilizado como las auxinas o el etefón para promover la floración (Menzel, 1983). Esta técnica se realiza después de que la brotación que sigue a la cosecha ha madurado; de esta manera se evita que nuevos retoños sean producidos hasta por tres meses, después de esto las yemas crecen bajo condiciones que permiten la floración. Ramburn (2001), evaluó el anillado y la aplicación de retardadores de crecimiento como paclobutrazol, etefón, en litchi cultivar 'Tai So' y como resultado obtuvo que el anillado produjo fructificación consistente pero en el caso de los retardadores no. Este autor marca que, aunque es posible inducir la floración de litchis cultivadas en Mauricio, la caída de frutos todavía constituye un problema. Además se desconocen los efectos a largo plazo que ésta técnica pueda tener en la salud de los árboles (Menzel, 2001).

Stern y Gazit (2000), exponen que en diversos estudios en diferentes especies, la abscisión de frutos ha sido reducida o evitada por la aplicación de auxinas. Estos mismos autores mencionan que investigaciones han sugerido que las auxinas inhiben la acción de las enzimas poligalacturonasa y celulasa, las cuales son responsables de la degradación de la pared celular y la lámina media en la zona de abscisión.

Sustentados en lo anterior, muchos estudios han sido conducidos para examinar la posibilidad de reducir la abscisión en litchi por la aplicación de auxinas sintéticas (Stern y Gazit, 2000). Por ejemplo, Stern *et al.* (1995), encontraron que la abscisión de frutos en 'Mauritius' se redujo, y que la producción se incrementó por la aspersión de 100 ppm de 2,4,5-TP (ácido 2,4,5 -triclorofenoxipropiónico), obtenidas de un producto comercial (Tipimon 0.15%) en la etapa en que los frutos pesaban 2 g. Los autores

explican que la retención de frutos se debió a que se incrementó el contenido de auxinas en los frutos a través de absorción.

Bajo la sospecha de que la formulación podría contener un agente carcinogénico se evaluó la aplicación de otra auxina sintética: ácido 3,5,6-tricloro2-piridil-oxiacético (3,5,6-TPA), conocida comercialmente como Maxim. Stern y Gazit (1997), encontraron que esta auxina a 50 ppm redujo efectivamente la abscisión de frutos del cultivar Mauritius. Posteriormente, se conoció que 2,4,5-TP no contenía la sustancia carcinogénica y Stern *et al.* (2000), evaluaron de nuevo su aplicación a 100 ppm en 'Mauritius' y se probó también en 'Floridian' (considerada como 'Brewster'). Además, se incluyó 3,5,6 TPA a 20 ppm y se analizó también el efecto de la mezcla de ambos. De este estudio se obtuvo que la mezcla de ambas auxinas, fue el mejor tratamiento para los dos cultivares. En el caso de 'Floridian' se logró incrementar tres veces la producción y en el de 'Mauritius' cinco veces, comparados con el testigo. En los cultivares Fei Zi Xiao y Hei Ye se incrementó la producción y el peso de los frutos por efecto de la aplicación de estas dos auxinas; además, el color rojo se mejoró por la aplicación de 3,5,6-TPA (Stern *et al.*, 2001).

Los reguladores de crecimiento como las auxinas sintéticas han incrementado la retención de los frutos y la producción en Israel, sería interesante ver si estas técnicas pueden ser aplicadas en otros países y también si es posible que otros químicos tengan beneficios similares, sin representar un riesgo para la salud del hombre (Menzel, 2001).

Algunos Cambios Bioquímicos durante la Maduración y el Almacenamiento

Los cambios más dramáticos durante el crecimiento del fruto de litchi son el color de la piel (pericarpio) y los contenidos de azúcares y ácidos (Yoneya y Nip, 1993). El color rojo brillante del litchi se debe a antocianinas presentes en el pericarpio (Lee y Wicker, 1990). La clorofila del pericarpio comienza a disminuir cuando el fruto empieza a incrementar su crecimiento, además la producción de antocianinas aumenta a la mitad del crecimiento del fruto (Paull *et al.*, 1984). Rivera *et al.* (1999), observaron que frutos del cultivar Brewster se volvieron oscuros durante la maduración y cambiaron de verde claro a amarillo-verde (de 12 a 15 semanas después de anthesis) y finalmente de amarillo-rojo a rojo oscuro (de 16 a 20 semanas después de anthesis). Durante el crecimiento del fruto la cantidad de ácidos orgánicos disminuye, mientras que los azúcares se incrementan (Yoneya y Nip, 1997). En litchi cultivar Brewster el ácido predominante es el málico (80%), y el resto es seguido por el cítrico, succínico, levulínico, fosfórico, glutárico, malónico y láctico (Chan y Kwok, 1974). Paull *et al.* (1984), reportan que la acidez titulable (AT) disminuye conforme avanza el desarrollo de los frutos y que ésta se debe principalmente a los ácidos málico y succínico, siendo el primero el predominante al final del desarrollo de los frutos. Yoneya y Nip (1997), reportan un descenso en la AT de litchi hasta tener 0.58 (% ácido málico) cuando los frutos alcanzaron el color rojo. Rivera *et al.* (1999) determinan también la reducción de AT en litchi cultivar Brewster hasta alcanzar 0.16 (% ácido málico) en la etapa de rojo oscuro. De acuerdo con Paull *et al.* (1984), los azúcares se comportan de manera similar al patrón de crecimiento del arilo, teniendo un incremento en la cantidad de los mismos 40 días después de la anthesis para el cultivar Groff. El contenido de sólidos solubles totales expresados en ° Brix se

incrementa en litchi cultivar Brewster hasta tener 18.1 cuando los frutos adquieren un color rojo oscuro (Rivera *et al.*, 1999).

Respecto al contenido mineral durante el desarrollo de los frutos de litchi, son pocos los estudios. Paull *et al.* (1984), determinan que el contenido mineral se comportó de manera paralela al crecimiento del fruto. El potasio fue el mineral predominante seguido de calcio, fósforo y magnesio, con 9.33, 1.79, 1.44 y 1.27 mg/g en base seca.

La madurez puede ser determinada por el peso de los frutos, color, azúcares, ácidos, relación azúcar:acidez, sabor y los días después de la antesis (Holcroft y Mitcham, 1996). El incremento en la relación Bris/Acidez (RBA) durante el desarrollo del fruto, causado por el descenso en la cantidad de ácidos orgánicos y el incremento en azúcares, podría contribuir significativamente a la calidad de consumo (Yoneya y Nip, 1993). Underhill y Wong (1990), determinaron que una RBA de 30-40 es recomendable como buena calidad de consumo para nueve cultivares en Queensland, Australia. Paull *et al.* (1984), reportan una alta correlación entre el color de la piel y la calidad de consumo. Aunque en la práctica la madurez es evaluada por el color de los frutos (Holcroft y Mitcham, 1996). Sin embargo, Underhill y Wong (1990), mencionan que para que el color sea un índice objetivo de madurez se deberían de considerar el cultivar, la región y el manejo. Estos mismos autores exponen que Grisebach (1982), adjudica cambios en la producción de antocianinas, el principal pigmento, debido a los niveles de radiación solar, efectos nutricionales, hormonas, daño mecánico y al ataque de patógenos.

Cuando los frutos de litchi son almacenados en condiciones ambientales (20-25°C), el color rojo se pierde dentro de 48 horas (Underhill y Critchley, 1993). El oscurecimiento del pericarpio es el problema poscosecha asociado a litchi más importante (Holcroft y Mitcham, 1996).

Paull y Chen (1987), reportan que durante el almacenamiento de litchi cultivar Brewster el oscurecimiento enzimático fue menor a 2°C que a 22°C. Los cambios más notables fueron en el ácido ascórbico que tuvo un descenso dramático de 1.2 a 0.2 mg/g a 22°C y a 0.4 mg/g a 2°C después de 8 días. Los SST también disminuyeron de 18 a 14% en 8 días a 22°C y la AT tuvo un valor inicial de 34 µeq/g (ácido cítrico), que también disminuyó.

Cambios en Hormonas, su Relación con la Maduración y su Efecto en la Coloración

La maduración en litchi no ha sido bien explorada respecto a la o las hormonas que podrían estar involucradas en este proceso. Se ha sugerido que el ácido abscísico (ABA) es la hormona clave para la maduración de frutos no climatéricos (Coombe, 1972). En el caso de litchi, considerado como no climatérico, se ha estudiado la participación de ABA y del etileno. Wang *et al.* (2001), sugieren que ABA está más asociado con éste proceso que el etileno. Ya que como respuesta a la citoquinina sintética 6-BA (benciladenina) se tuvo retraso en la coloración y en la acumulación de ABA y por el contrario, los cambios en el ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), precursor inmediato del etileno (Zacarias, 1993) no fueron considerables. Por

otro lado, se ha determinado que un incremento en ácido abscísico (ABA) podría inducir la síntesis de etileno, lo que consecuentemente promueva la maduración y la coloración en litchi (Yin *et al.*, 2001). Por lo que son necesarios más estudios para lograr dilucidar por completo la participación de las hormonas en el proceso de maduración.

Wang *et al.* (2001), además de estudiar los cambios de hormonas en la maduración de litchi, evaluaron el efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en la coloración. Encontrando que a diferencia de la aplicación de 6BA, la de etefón no tuvo efecto en la producción de antocianinas, pero provocó la disminución de las clorofilas. 6BA, inhibió la actividad de la clorofilasa, manteniendo la clorofila y así retardó la formación de las antocianinas.

Oscurecimiento Poscosecha del Pericarpio

Este es el problema poscosecha de mayor importancia (Holcroft y Mitcham, 1996). Jiang *et al.* (2004), mencionan que diferentes autores atribuyen este desorden principalmente a la degradación de los pigmentos rojos (antocianinas) en asociación con la oxidación de fenoles por las enzimas polifenoloxidasas (PPO) y/o peroxidasa (POD). En esta revisión se propone un mecanismo mediante el cual se explica el oscurecimiento enzimático. En este esquema inicia con que la alteración de la fluidez y permeabilidad de la membrana celular puede llevar a la pérdida de la compartimentalización subcelular con lo que se presenta la interacción de enzimas y sustratos involucrados en el oscurecimiento enzimático. Las enzimas postuladas son PPO, POD y una antocianasa, se ha propuesto que es necesario primero que las antocianinas sean hidrolizadas por una

antocianasa, formando una antocianidina. Este compuesto puede ser oxidado por la PPO y/o POD. Los productos oxidativos de fenoles como el 4-metilcatecol, resultado de la actividad de PPO, entonces pueden acelerar la degradación de la antocianidina, resultando en el oscurecimiento enzimático.

Algunas de las técnicas utilizadas para reducir el oscurecimiento son immersiones en ácidos (Jiang y Fu, 1998; Terdbaranee *et al.*, 2003), y la combinación de fumigación con dióxido de azufre seguido de inmersión en soluciones ácidas (Zauberman *et al.*, 1990; Zauberman *et al.*, 1991; Underhill *et al.*, 1992). Los tratamientos con azufre y otros con empaques plásticos tienen aplicación comercial (Holcroft y Mitcham, 1996).

Underhill *et al.* (1997), evalúan algunos tratamientos químicos para suprimir el oscurecimiento del pericarpio de litchi. En esa publicación se expone que el dióxido de azufre (SO₂) que puede ser obtenido por la combustión de azufre en polvo, actúa inhibiendo la actividad de la PPO. Además, que éste decolora el pericarpio del fruto debido a la formación de un complejo incoloro de antocianina-SO₃ y que el color parcialmente vuelve conforme el SO₂ es liberado.

Los tratamientos de fumigación con SO₂ seguidos de inmersión en soluciones de bajo pH (Zauberman *et al.*, 1990; Zauberman *et al.*, 1991; Underhill *et al.*, 1992) han mostrado que las soluciones ácidas restauran el color original del pericarpio. Además se estableció que el tratamiento adicional no afectó la calidad de consumo, sin embargo los consumidores podrían detectar el azufre y el ácido si la fruta fuera ingerida inmediatamente después del tratamiento (Underhill *et al.*, 1992).

Extractos de Algas Marinas y su Utilización en la Agricultura

Durante siglos, las zonas agrícolas cercanas a áreas costeras fueron abonadas con algas marinas, ya que se consideraba que éstas eran una fuente de materia orgánica valiosa para diferentes tipos de suelos y de cultivos (Senn, 1987). Actualmente, existen extractos líquidos y polvos de algas marinas que se presentan en forma pura o con ingredientes adicionados (Norrie y Hiltz, 1999), que son utilizados como fertilizantes complementarios de árboles frutales y hortalizas (Fornes *et al.* 2002). Éstos, han sido referidos como productos “suaves” o naturales que pueden influir en el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Norrie y Hiltz, 1999).

Para la elaboración de los extractos de algas marinas, se utilizan diferentes especies. En el norte del Océano Atlántico, las especies utilizadas son *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborea* y *L. Digitata*, y *Fucus vesiculosus* y *F. Serratus*. En el Hemisferio Sur, *Ecklonia maxima* y *Durvillea potatorum*. Todas pertenecientes a las algas pardas (*Phaeophyceae*) (Verkleij, 1992). Sin embargo, de todas las algas anteriormente mencionadas, *A. Nodosum* es el alga marina que más se ha utilizado en la agricultura (Norrie y Hiltz, 1999).

Verkleij (1992), estudió mediante documentación bibliográfica los efectos que han sido reportados en respuesta a las aplicaciones de extractos de algas marinas, entre los cuales menciona que incrementan la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades, el crecimiento vegetal, la producción y la calidad.

Proceso de Elaboración de los Extractos

En la preparación de los extractos líquidos, las algas deben ser fragmentadas y deshidratadas. Posteriormente, en algunos productos se sigue un proceso de hidrólisis bajo presión con carbonato de sodio o hidróxido de potasio, esto hace disponibles a los constituyentes activos (Verkleij, 1992). Un producto comercial preparado a partir de *E. máxima*, sigue un proceso en el que no se involucra calor, químicos o deshidratación. En éste, el alga marina es reducida en tamaño progresivamente hasta que sus partículas pasan de una cámara de alta presión a otra de baja donde son desintegradas, produciéndose así el extracto líquido (Featonby-Smith y Van Staden, 1983; citado en Verkleij, 1992).

Métodos de Aplicación

Los extractos de algas marinas son utilizados de diversas maneras. Las aplicaciones foliares son las más comunes, aunque también pueden ser aplicados al suelo (Verkleij, 1992), en riego por goteo o por el sistema de riego por surcos (Norrie y Hiltz, 1999).

Las dosis y tiempos de aplicación de varios extractos de algas marinas son específicos para diferentes tipos de cultivos; sin embargo las dosis van desde 0,2 a 1,5 Kg de alga sólida por hectárea (Norrie y Hiltz, 1999), y cuando los extractos líquidos son diluidos se maneja una concentración de producto de 1-50 l/ha (Verkleij, 1992). La aplicación temprana de los extractos ya sea en forma líquida o en polvo es muy eficaz para preparar a las plantas contra las temperaturas bajas y para que resistan

enfermedades al mismo tiempo que favorecen un rendimiento máximo de producción (Norrie y Hiltz, 1999).

Composición de los Extractos

Los extractos de algas marinas contienen entre otros, macro y micro nutrientes, además de, hormonas vegetales (Verkleij, 1992). Fike *et al.* (2001), reportan que un extracto elaborado con *A. nodosum* presentó entre otros componentes amino ácidos. Se ha postulado que los componentes orgánicos de los extractos sean los responsables de los efectos observados, ya que tras la incineración de éstos, se pierden los efectos bioestimulantes (Finnie y Van Staden, 1985; citado en Crouch y Van Staden, 1993). A continuación, se expone brevemente la presencia de reguladores de crecimiento y minerales en extractos de algas marinas con énfasis en aquellos de *A. nodosum*.

Reguladores de Crecimiento

Crouch y Van Staden (1993), señalan que diversos estudios sustentan que los extractos de *A. nodosum* contienen sustancias que tienen actividad como reguladores de crecimiento entre los que destacan citoquininas, auxinas y ácido abscísico. Además de éstas, otras sustancias como betafinas, giberelinas, etileno y poliaminas han sido identificadas en los extractos de diferentes algas marinas.

Sanderson y Jameson (1986), identificaron por medio de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM), un complejo de citoquininas presentes en el extracto líquido comercial "Maxierop", elaborado a partir de *A. nodosum*. Las

citoquininas identificadas fueron: zeatina, dihidrozeatina, isopentiladenina e isopentiladenosina. Además, realizaron un bioensayo del que reportan una actividad similar a la citoquininas equivalente a aproximadamente 1.3 mg de equivalentes de cinetina por litro de producto.

El ácido indol-3-acético (AIA) fue identificado por medio de CG-EM en un extracto de *A. nodosum* ("Maxierop") por Sanderson y Jameson (1986). Se ha establecido que un gramo del polvo seco de Maxierop contiene alrededor de 6.63 µg (Sanderson y Jameson, 1987; citado en Crouch y Van Staden, 1993).

Niveles altos de ácido absétsico (20 mg/g extracto seco) de un extracto comercial de *A. nodosum* han sido determinados (Kingman y Moore, 1982; citado en Crouch y Van Staden, 1993).

De acuerdo con Crouch y Van Staden (1993), las hormonas aisladas e identificadas de diferentes extractos de algas marinas son comparables en tipo y en cantidad a las encontradas en las plantas. Señalan además, que se carece de estudios que sustenten que las hormonas identificadas en los extractos estén en las cantidades necesarias para provocar efectos en las plantas. Citan también que estudios comparativos donde citoquininas han sido aplicados a plantas han provocado efectos similares a los provocados por los extractos de algas marinas.

Composición Mineral

La composición mineral de dos extractos líquidos comerciales de *A. nodosum* se presentan en el Cuadro 3. En éste se puede notar la gran variación en cuanto a los

nutrientes, destacando el nitrógeno, fósforo, hierro y zinc. Respecto a la participación de los minerales como componentes activos en los extractos de algas marinas, Verkleij (1992), menciona que los estudios que se han realizado a este respecto son controversiales, ya que algunos investigadores señalan que las cantidades presentes en estos extractos son insuficientes comparados con las demandas de diferentes cultivos. Por otro lado, otros autores señalan que la aplicación directa a las hojas hace que sean menores las cantidades requeridas. Otros, señalan que la forma quelatada reduce aún más las dosis necesarias.

Cuadro 3. Composición de extractos líquidos comerciales de *A. nodosum*.

ELEMENTO	ACADIAN 0010 FoF	ATAN SECA
Nitrógeno total (%)	6	18
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	4.34	0.03
Potasio K ₂ O (%)	7.46	4.58
Calcio (%)	0.03	0.11
Magnesio (%)	0.02	0.08
Sodio (%)	0.83	1.21
Hierro (ppm)	52.2	131
Manganeso (ppm)	2.7	2.42
Zinc (ppm)	7.17	26.8
Cobre (ppm)	3.46	17.43

Fuente: Laboratorio de Análisis Integral Nutricional de Productos Agrícolas del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Culiacán, 2005.

Efectos y Posibles Mecanismos

Producción

Incrementos en la producción de diferentes cultivos como chile, fresa, vid, mandarina y naranja, en respuesta a la aplicación de extractos de algas marinas han sido

reportados (Eris *et al.*, 1995; Türemis *et al.*, 1997; Norrie *et al.*, 2002; Fornes *et al.*, 2002). Sin embargo, también se han obtenido resultados en los que no se muestran efectos positivos en la producción, como los reportados en cebada, tomate, manzana y cebolla (Taylor *et al.*, 1990; Tourte *et al.*, 2000; Malaguti *et al.*, 2002; Feibert *et al.*, 2003).

La aplicación foliar de un extracto de *A. nodosum* en chile cultivar Wonder durante 5 etapas de desarrollo, incrementó en 30% la producción y en 40% el número de frutos (Eris *et al.*, 1995). Estos autores, sugieren que este resultado podría deberse a sustancias semejantes a las citoquininas presentes en este extracto. Türemis *et al.* (1997), reportaron que la producción en respuesta a la aplicación de un fertilizante elaborado a base de *A. nodosum* fue diferente en varios cultivares de fresa. Obteniendo que, en algunos caso como el del cultivar Lester la producción se redujo. Por otro lado, en el caso del cultivar Dorit, la aplicación quincenal al suelo de 5 g/L del extracto, se reportó un incremento del 15% en producción. Las posibles causas de este resultado no son discutidas. En el caso de vid, Norrie *et al.* (2002), reportan que 4 aplicaciones foliares de un extracto líquido de *A. nodosum* a una dosis de 2.34 L/ha aumentó en 25% la producción. Estos autores explican que esta respuesta podría deberse al efecto de la síntesis de proteínas inducida por citoquininas. Fornes *et al.* (2002), manifiestan que la aplicación de extractos líquidos de *A. nodosum* antes y durante la floración y al final de la etapa de abscisión de frutos, incrementó la producción en mandarina y naranja en 11 y 22%, respectivamente. Además, se tuvo un incremento en el cuajado de frutos sin reducir el tamaño de los frutos. Estos investigadores explican que los efectos observados

no podrían deberse a las giberelinas ya que éstas sustancias no son estables en soluciones acuosas, además éstas no son efectivas para incrementar el cuajado de frutos en naranjas dulces como el caso de las Navelina, utilizadas en ese estudio. Agregan, que las citoquininas y betaínas no podrían ser completamente responsables de las respuestas obtenidas, ya que las cantidades de éstas en los extractos son mucho menores a las requeridas por cítricos. Por último, señalan que el mecanismo fisiológico responsable que produce los efectos benéficos de los extractos de algas marinas en plantas es desconocido.

Calidad

En Chile cultivar Wonder, la respuesta a aplicaciones de extractos de *A. nodosum*, fue una tendencia a incrementar el peso individual de los frutos y también a aumentar el diámetro de los frutos (Eris *et al.*, 1995). Norrie *et al.* (2002), reportan un incremento de 22.5% en el peso de frutos de uva, éstos autores explican que esta respuesta se debió probablemente a una marcada introducción de potasio vía foliar así como también a un efecto osmótico en los frutos debido a la acción de betaínas y oligosacáridos.

Norrie *et al.* (2002), observan un descenso en el contenido de sólidos solubles totales (SST) en frutos de vid como respuesta a aplicaciones foliares de extractos líquidos de *A. nodosum*. Contrario a lo anterior, Eris *et al.* (1995), encontraron que extractos de *A. nodosum* aplicados en Chile cultivar Wonder incrementaron significativamente el contenido de SST y disminuyeron también significativamente la acidez titulable. Este comportamiento fue similar a lo reportado por Fornes *et al.*

(1995), esta respuesta provocó que los frutos tuvieran una maduración más temprana que los frutos no tratados. La diferencia fue de 5 a 7 días, lo que significó una ventaja económica, ya que permitió que los productores llegaran al mercado de consumo más rápido y su producto tuvo un mejor precio.

Las aplicaciones foliares de un extracto del alga marina (*Fucus spp*) en árboles de manzana cultivar Mondial Gala, provocaron una mejoría en la intensidad y la distribución del color rojo en los frutos, después de haber sido almacenados 4 meses en atmósferas controladas (Malaguti *et al.*, 2002). Estos autores, mencionan que son necesarios estudios posteriores para conocer el mecanismo por el cual se tuvo el resultado anterior.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se dividió en tres experimentos, dos de los cuales se llevaron a cabo durante el ciclo agrícola 2004 y el último en el 2005 en un huerto de litchi cultivar Brewster, ubicado en Eldorado, Culiacán, Sinaloa. En estos experimentos se evaluó el efecto de la aplicación de los extractos del alga marina *A. nodosum*, en la producción y calidad de litchi. Dichos extractos fueron ACADIAN 0010 FoF y ATAN SECA, ambos proporcionados por la compañía ACADIAN Seaplants Ltd. En el primer experimento, los extractos se aplicaron quincenalmente después de la emergencia de panículas hasta las primeras etapas del amarre de frutos. En el segundo, la aplicación fue mensual, iniciando en la misma etapa que el primero y concluyendo en la etapa final de crecimiento de los frutos. Por último, en el tercer experimento los extractos se aplicaron quincenalmente, después de la antesis hasta la etapa final de crecimiento de los frutos.

A continuación, se presentan los materiales y métodos utilizados en cada uno de los experimentos.

Experimento 1. Aplicación Quincenal de los Extractos a partir de la Emergencia de Panículas

En esta sección se presentan los tratamientos, su aplicación y las metodologías empleadas en la evaluación de las variables de producción y calidad. Además, se detallan el diseño experimental y los métodos utilizados para el análisis de los resultados.

A continuación se mencionan de manera general las variables evaluadas durante este experimento. En precosecha, se evaluaron las variables de contenido nutricional foliar y el porcentaje de amarre de frutos. Al momento de la cosecha, se evaluó la producción, y para la calidad de los frutos, las variables de peso, color, contenido de sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) y la relación brix / acidez (RBA). En poscosecha, se sometieron los frutos a condiciones de almacenamiento y se evaluaron las variables de calidad antes mencionadas. Adicionalmente, se evaluó la pérdida acumulada de peso y el contenido proximal, mineral y de vitamina C. Cabe mencionar que en lo sucesivo se hará referencia de calidad al momento del corte y calidad poscosecha, para distinguir las variables evaluadas inmediatamente después de cosechados los frutos y de aquellas en que los frutos fueron mantenidos a condiciones de almacenamiento, respectivamente.

Tratamientos

Durante este experimento se evaluaron los siguientes tratamientos: 1) Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF, 2) Aplicación foliar de ATAN SECA, 3) Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF, 4) Aplicación de agua y 5) Testigo, sin ninguna aplicación. Para cada uno de los cuales, se designaron 3 árboles de litchi de 8 años de edad. Dichos árboles, recibieron además del tratamiento, el manejo normal del productor.

Aplicación de los Tratamientos

Los extractos fueron diluidos en agua previa aplicación de acuerdo a las recomendaciones del proveedor. ACADIAN 0010 FoF al 0.25% y ATAN SECA al 0.50%, dichas concentraciones corresponden a las dosis de 1 y 2 L/ha, respectivamente. La aplicación tanto de los extractos como del agua, se realizó de manera uniforme mediante una bomba de aspersión Komatsu a 400 Lb de presión. Dichas aplicaciones, iniciaron desde la emergencia de panículas hasta las primeras etapas de amarre de frutos, realizándose en total seis. El volumen asperjado en cada una de estas aplicaciones fue de 10 L para el caso de los tratamientos dirigidos al follaje, 1, 2 y 4. Para el caso del tratamiento 3, se asperjaron 10 L al follaje y adicionalmente 10 L al suelo.

Nutrición Foliar

Se determinaron las concentraciones de los elementos mayores: N, P, K, Ca y Mg y menores: Fe, Mn, Zn, Cu, B y Na en hojas maduras de cada uno de los árboles de los tratamientos, mediante metodologías oficiales de la AOAC (1998). Por árbol, se realizó una lectura de cada uno de los elementos, teniendo por cada tratamiento un total de tres observaciones. Las hojas fueron colectadas durante cuatro muestreos mensuales (Cuadro 4). Una vez que se obtuvieron las hojas, se trasladaron al Laboratorio de Análisis Integral Nutricional de Productos Agrícolas del CIAD Unidad Culiacán. Posteriormente, se lavaron con agua corriente y después con agua destilada. Enseguida, se les eliminó el exceso de agua y se colocaron en bolsas de papel para su posterior secado en una estufa de calor seco Baxter Scientific Products mod. 8620-SA (Melrose

Park, III) durante 24 hrs a 60 °C. Después se molieron y se colocaron en bolsas de plástico para evaluar posteriormente cada uno de los elementos.

Cuadro 4. Fechas de muestreo foliar y etapas de desarrollo de árboles de litchi 'Brewster' en la evaluación de la nutrición.

Fecha	Muestreo	Etapas de desarrollo
11 de marzo	1	Floración
14 de abril	2	Amarre de frutos
11 de mayo	3	Desarrollo del fruto
11 de junio	4	Maduración del fruto

Determinación de nitrógeno. Este elemento se determinó de acuerdo al método Kjeldahl propuesto por la AOAC (1998), para lo cual se utilizó un digestor Labconco mod. 65000 (Kansas City, MS) y un destilador Microkjeldahl mod. Labconco 60300 (Kansas City, MS). Para llevar a cabo la digestión, 0.1g de la muestra pulverizada se colocaron en un matraz para digestión, 1.5 g de mezcla catalizadora (5 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 93 g de K_2SO_4) y 2 mL de H_2SO_4 y se dispusieron en el digestor hasta que se observó un color azul claro que persistió. El producto de la digestión se enfrió y posteriormente se diluyó con 10 mL de agua destilada, se colocaron en la unidad de destilación Microkjeldahl y se le agregaron 15 mL aproximadamente de NaOH al 40%. El amonio que se desprendió se recibió en 15 mL de ácido bórico al 4% y 3 gotas de indicador rojo de metilo modificado y posteriormente se valoró con HCl 0.1N. El contenido de N se determinó mediante la ecuación 1:

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{H \times N \times 0.01401 \times 100}{P} \quad (1)$$

En donde:

H = mililitros gastados de HCl

N = normalidad del HCl

0.01401 = miliequivalente del Nitrógeno

P = peso de la muestra seca y molida (g)

Determinación de P, K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, y B. Para la determinación de estos elementos se tomó 1 g de la muestra seca y molida de las hojas y se calcinó en una mufla tipo 30400 Furnace Dubuque (Iowa, USA) a 550° C por 8 horas. Posteriormente se adicionaron 5 mL de HCl concentrado para su digestión. Después se aforó con agua deionizada y de aquí se tomó una alícuota para la determinación de cada uno de los elementos.

El fósforo se determinó de la solución obtenida anteriormente, para lo cual se tomó 1 mL y se les adicionó 1 mL de molibdato de amonio, 1 mL de solución de hidroquinona y 1 mL de Na₂SO₃, después se aforó a 10 mL con agua deionizada. Se dejó reposar por 30 minutos hasta que se desarrolló un color azul y posteriormente se midió la absorbancia a 650 nm en un espectrofotómetro ultravioleta visible CARY UV-Vis. El contenido de fósforo se comparó contra una curva de calibración realizada con estándares de concentración conocida. El contenido de fósforo se determinó de acuerdo a la ecuación 2.

$$\% P = \frac{C \times F}{10000 \times W} \quad (2)$$

En donde:

C = concentración de P en ppm (lectura del equipo)

F = mL de la dilución original * mL de la dilución final / mL de la alícuota de la dilución original.

W = peso de la muestra seca y molida (g)

1000 = factor de conversión

El K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, y B se determinaron empleando un espectrómetro de absorción atómica Varian Spectra AA-220 (Victoria, Australia). La determinación de K y Na se realizó por emisión de llama a una longitud de onda de 589.6 y 769.9 nm, respectivamente, sobre la muestra digerida y aforada. Para la cuantificación del Ca y Mg se preparó una mezcla con 1 mL de la muestra digerida y 1 mL de óxido de lantano 10% y se aforó con agua destilada a 10 mL. Posteriormente se obtuvo la concentración en ésta última solución por medio de absorción, utilizando lámparas a 422.7 y 285.2 nm respectivamente. Respecto al Zn, Cu, Fe, Mn y B, éstos se determinaron por absorción con lámparas a 213.9, 324.7, 248.3, 279.5 y 247.9 nm respectivamente, directamente en la muestra digerida y aforada.

El contenido de cada uno de los elementos se obtuvo comparando contra curvas de calibración construidas con estándares de concentración conocida. Los resultados se expresaron en porcentaje para Ca y Mg y en ppm para el resto de los elementos y se calcularon mediante las ecuaciones 3 y 4, respectivamente:

$$\% E = \frac{C \times F}{10000 \times W} \quad (3)$$

En donde:

E = elemento a cuantificar (Ca o Mg)

C = concentración del elemento en ppm (lectura del equipo)

F = mL de la dilución original * mL de la dilución final / mL de la alicuota de la dilución original.

W = peso de la muestra seca y molida (g)

10000 = factor de conversión

$$E \text{ ppm} = \frac{C \times V}{P} \quad (4)$$

En donde:

E = elemento a cuantificar (K, Na, Zn, Cu, Fe, Mn, y B)

C = concentración del elemento en ppm (lectura del equipo)

V = volumen aforado

P = peso de la muestra seca y molida (g)

Amarre de Frutos

Para este experimento se siguió la metodología descrita por Stern y Gazit (1999), con ligeras modificaciones. Se seleccionaron 17 inflorescencias al azar en cada uno de los árboles de los tratamientos y se realizó un conteo inicial de los frutos el 5 de

mayo de 2004 y un final, el 14 de junio del mismo año. El amarre de frutos se calculó como porcentaje de amarre de frutos, mediante la ecuación 5:

$$\% \text{ Amarre de frutos} = \frac{C_f \times 100}{C_i} \quad (5)$$

En donde:

C_f = Conteo final de frutos

C_i = Conteo inicial de frutos

Producción.

Para realizar esta parte, se cosecharon manualmente la totalidad de los frutos de cada uno de los árboles de los tratamientos. Posteriormente, se pesaron en una balanza convencional utilizada en las instalaciones de la empacadora de litchis 'Urquidez'.

Calidad al Momento del Corte.

Luego de ser cosechados, los frutos fueron trasladados al Laboratorio de Calidad Poscosecha del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Culiacán. En este laboratorio se evaluaron las variables físicas como peso promedio de los frutos y color, las variables químicas sólidos solubles totales (SST), y acidez titulable (AT) con estas dos últimas se calculó la relación bríx: acidez (RBA). A continuación se describen las metodologías utilizadas en la evaluación de cada una de esas variables.

Variables físicas. Se seleccionaron 5 frutos por cada árbol, es decir, 15 por cada tratamiento y se determinaron el peso y el color.

Determinación del peso de los frutos. Esta evaluación se llevó a cabo utilizando una balanza digital AND GF 2000, en ella se pesó individualmente cada uno de los frutos.

Medición del color. El color se midió con un colorímetro portátil Minolta CR-300, calibrado con un estándar blanco ($Y=94.0$, $x=0.3141$, $y=0.321$) y se siguió la metodología propuesta por McGuire (1992). A cada fruto se le tomaron dos lecturas en el pericarpio, de las que se obtuvieron las coordenadas CIE 1976 (L^* , a^* , b^*), donde L (Luminosidad), va desde negro = 0 hasta blanco = 100. Las coordenadas a^* y b^* se utilizaron para calcular las componentes de ángulo de matiz (Hue) y cromaticidad (C) mediante las ecuaciones 6 y 7 respectivamente.

$$\text{Hue} = \text{Tan}^{-1} (a^* / b^*) \quad (6)$$

$$C = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (7)$$

Variables químicas. La evaluación de las variables químicas: SST, AT y RBA se realizó utilizando el mismo número de frutos que en las variables física, sólo que se utilizó la parte comestible (arilo) y se siguieron los métodos oficiales propuestos por la AOAC (1998). Primero se utilizó el método 920.149 c. Se pesaron 10 g de arilo y se adicionaron 50 mL de agua destilada neutra y se homogeneizó con una licuadora convencional marca Osterizer. Después se filtró a través de una tela de organza y se tomó una alícuota de 50 mL de este homogeneizado para la determinación de la AT, del volumen restante, se determinaron los SST. A continuación se detalla el proceso seguido en cada una de ellas.

Acidez titulable. Se utilizó un titulador automático marca Mettler Toledo DL21 y se determinó la AT. Se empleó el método 942.15 propuesto por la AOAC (1998), utilizando NaOH 0.1 N para la titulación. La AT se expresó como % de ácido málico y el equipo utilizado realizó su cálculo de acuerdo a la ecuación 8:

$$\% \text{ AT} = \frac{M \times N \times 0.067 \times 100}{V \times 8.333} \quad (8)$$

En donde:

% AT = Porcentaje de acidez titulable

M = Mililitros gastados de NaOH en la titulación

V = alicuota del homogeneizado (50 mL)

N = Normalidad del NaOH

0.067 = miliequivalente del ácido málico

8.333 = Peso de la muestra en la alicuota (g)

Sólidos solubles totales. Se realizó siguiendo el método 932.14 c de la AOAC (1998). Para lo cual, se tomó una gota del remanente del homogeneizado destinado para esta parte y se colocó en un refractómetro digital Mettler Toledo RE-40 D. La lectura que proporcionó el equipo correspondía a la muestra diluida por lo que ese valor se multiplicó por 6 (factor de dilución) y los SST se expresaron en °Brix.

Relación brix:acidez. Esta relación se obtuvo dividiendo los SST expresados en °Brix entre el % de AT expresada como % de ácido málico.

Calidad Poscosecha

Los frutos cosechados fueron tratados en el empaque como normalmente lo realiza el productor. Lo anterior consistió en exposición a dióxido de azufre (SO₂) durante 40 min, para lo cual se incineró 1g de azufre por cada 5 Kg de fruto. Posteriormente, se permitió que los frutos liberaran el SO₂ mediante ventilación natural y posteriormente se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 15% durante 3 min. Por último se dejaron escurrir y finalmente fueron trasladados inmediatamente en contenedores acondicionados con hielo a las instalaciones del laboratorio de calidad poscosecha del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Unidad Culiacán. En el mencionado laboratorio, los frutos fueron colocados en bolsas de papel perforadas y se mantuvieron a 2 °C en una cámara de refrigeración durante 7 días.

Durante el almacenamiento a 2°C, se evaluaron las variables físicas de color y pérdida de peso acumulada y las variables químicas mencionadas en la evaluación de calidad al momento del corte. Las variables físicas fueron evaluadas diariamente, y las químicas cada dos días. Además, al término del período de almacenamiento, se realizó el análisis proximal, mineral y de vitamina C total. A continuación se detallan las metodologías utilizadas en estos procesos.

VARIABLES FÍSICAS. Para esta parte se seleccionaron 5 frutos por cada árbol y sobre éstos, se evaluaron el color y la pérdida de peso acumulada durante el período de almacenamiento a 2°C. El color se evaluó utilizando la metodología expuesta en la

evaluación de calidad. Enseguida, se describe el procedimiento seguido para la determinación de la pérdida acumulada de peso.

Pérdida acumulada de peso. Se pesaron individualmente los frutos en una balanza digital AND GF 2000. La pérdida de peso acumulada se determinó como la sumatoria de la pérdida de peso diaria, considerando el peso inicial y final de los frutos de acuerdo a Díaz-Pérez (1998). La pérdida de peso acumulada se expresó en porcentaje de acuerdo a la ecuación 9:

$$\% \text{ PPA} = \frac{P_i - P_f \times 100}{P_i} \quad (9)$$

En donde:

%PPA = porcentaje de pérdida acumulada de peso

P_i = peso inicial

P_f = peso final

Variables químicas. Se utilizaron las mismas metodologías que en la evaluación de calidad, sólo que se usaron 3 frutos por cada árbol.

Análisis proximal. Se realizó un análisis proximal, es decir, se determinó humedad, cenizas, fibra bruta, proteína, grasa y carbohidratos en el arilo de los frutos. Los métodos seguidos en la determinación de cada uno de los anteriores componentes, fueron los propuestos por la AOAC (1998). De cada uno de los tratamientos se tuvieron 3 repeticiones, es decir, una por cada árbol

Humedad. Se secaron crisoles en una estufa a 95-100 °C hasta que éstos tuvieron peso constante, es decir, que dos pesadas sucesivas no difirieran en más de 0.002g. Posteriormente, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron, registrándose ésta lectura. Enseguida, se separó el arilo de los frutos (un fruto por árbol), se registró el peso de éste y se colocó en los crisoles llevados con anterioridad a peso constante. Después se dispusieron en la estufa a las condiciones mencionadas inicialmente, hasta que se alcanzó peso constante. Finalmente, los crisoles se dejaron enfriar en un desecador y se registró el peso. La pérdida de peso del arilo se consideró como humedad, calculándose ésta con la ecuación 10:

$$\% H = \frac{P_i - P_f \times 100}{P_i} \quad (10)$$

En donde:

% H = porcentaje de humedad

P_i = Peso inicial del arilo fresco

P_f = Peso final del arilo seco

Cenizas. Éstas fueron cuantificadas siguiendo el método oficial de calcinación, para lo cual, se colocaron las muestras que quedaron de la determinación de humedad en una mufla a 550 °C durante 8 hrs. Las muestras aún estaban contenidas en los crisoles originales y junto con éstos fueron introducidos a la mufla. Completada la calcinación, las cenizas se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron, posteriormente se conservaron para la determinación de minerales. Las cenizas se calcularon como porcentaje siguiendo la ecuación 11:

$$\% C_{BH} = \frac{P_c \times 100}{P_a} \quad (11)$$

En donde:

$\% C_{BH}$ = porcentaje de cenizas

P_a = Peso inicial del arilo fresco

P_c = Peso de las cenizas

Grasa. Para la determinación de la grasa se utilizó el método 920.39. Para lo cual se partió del arilo deshidratado y molido de 5 frutos por cada réplica, o sea, 15 por tratamiento. Se pesaron por diferencia aproximadamente 3 g de muestra seca en un papel filtro y se colocaron en un dedal de extracción, éste se fijó en el condensador del aparato de extracción Goldfish y debajo de ellos se colocó un vaso (mantenido con anterioridad a peso constante) con 30 mL de éter de petróleo anhidro durante 4 hrs. Se retiraron las muestras desengrasadas en el dedal y se secaron en una estufa para la determinación de fibra cruda. El extracto obtenido con el solvente en los vasos, se evaporó hasta sequedad en una estufa a 105 °C por 30 minutos. Se enfrió en un desecador y se registró el peso. El cálculo de la grasa en porcentaje en base húmeda (B H) se realizó con la ecuación 12:

$$\% G_{BH} = \frac{P_c \times (100 - \% H)}{P_s} \quad (12)$$

En donde:

$\% G_{BH}$ = porcentaje de grasa en base húmeda

$\% H$ = porcentaje de humedad

P_e = peso del extracto (diferencia del vaso seco al final de la extracción y el peso constante de éste previo a la extracción)

P_s = peso de la muestra seca y molida

Fibra cruda. Para su cuantificación, se utilizó el residuo seco y desengrasado obtenido de la determinación de grasa. Éste se pesó, y se colocó en los vasos para la determinación de fibra bruta y se les adicionaron 50 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1.25%. Posteriormente se hirvió a reflujo durante 30 minutos en el quipo para determinación de fibra cruda. Después se dejó enfriar y se filtró a través de una tela de organza. Los sólidos retenidos en la tela se lavaron con hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25% sobre los vasos hasta completar 200 mL. Enseguida se hirvieron a reflujo por 30 minutos. Después se dejó enfriar y se filtró con vacío a través de un papel filtro secado a peso constante. Luego se lavó con 50 mL de H_2SO_4 1.25%, después con 75 mL de agua caliente y finalmente con 25 mL de etanol. El papel filtro con el residuo insoluble se colocó en un crisol mantenido con anterioridad a peso constante y se secó durante 1 hora a $100^\circ C$. Se enfrió en un desecador y se registró el peso. Enseguida se calcinó el residuo seco en una mufla para la determinación de cenizas. El porcentaje de fibra cruda en base húmeda se obtuvo con la ecuación 13:

$$\% FC_{BH} = \frac{P_B - P_e \times (100 - \% H)}{P_s} \quad (13)$$

En donde:

$\% FC_{BH}$ = porcentaje de fibra cruda en base húmeda

% H = porcentaje de humedad

P_{ri} = peso del residuo insoluble seco (diferencia del peso del papel filtro con el residuo insoluble después de secarlo en la estufa y el peso constante del papel filtro inicial)

P_c = peso de las cenizas (peso del crisol con el papel filtro y el residuo insoluble antes de calcinar y el peso del crisol a peso constante)

P_s = peso de la muestra seca y molida

Proteína. Su determinación se llevó a cabo siguiendo el método oficial Microkjeldahl de la misma manera que en la parte de evaluación de nitrógeno en la nutrición foliar. Para obtener el porcentaje de proteína en base húmeda se aplicó la ecuación 14:

$$\%P_{BH} = \frac{H \times N \times 0,01401 \times 6,25 \times (100 + \%H)}{P_s} \quad (14)$$

En donde:

$\%P_{BH}$ = porcentaje de proteína en base húmeda

% H = porcentaje de humedad

H = mililitros gastados de HCl

N = normalidad del HCl

0.01401 = miliequivalente del Nitrógeno

6.25 = factor de corrección

P_s = peso de la muestra seca y molida (g)

Carbohidratos. El contenido de carbohidratos en las muestras se determinó por diferencia mediante la ecuación 15:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\%H + \%P_{BH} + \%G_{BH} + FC_{BH} + \%C_{BH}) \quad (15)$$

En donde:

% H = porcentaje de humedad

% P_{BH} = porcentaje de proteína en base húmeda

% G_{BH} = porcentaje de grasa en base húmeda

% FC_{BH} = porcentaje de fibra cruda en base húmeda

%C_{BH} = porcentaje de cenizas en base húmeda

Contenido mineral. En las cenizas provenientes de la determinación de cenizas se determinaron los minerales: P, K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, siguiendo las metodologías descritas para estos elementos en la parte de evaluación de la nutrición foliar. El contenido mineral de cada uno de los elementos se expresó como mg del elemento por cada 100 g de parte comestible en base húmeda y se calculó mediante la ecuación 16:

$$E \text{ (mg/100g)} = \frac{C \times V \times 0.1}{p} \quad (16)$$

En donde:

E = elemento a cuantificar (K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, y B) en mg / 100 g parte comestible en base húmeda

C = concentración del elemento en ppm (lectura del equipo)

V= volumen aforado

P = peso del arilo fresco (g)

Contenido de vitamina C total. Frutos completos de cada uno de los tratamientos se congelaron en un ultracongelador a -60°C al término del periodo de almacenamiento a 2°C , para determinar posteriormente el contenido de vitamina C total. La cuantificación de ésta vitamina se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Gökmen *et al.* (2000). Se tomaron 10 g de la parte comestible de 3 frutos por árbol tratado protegiendo las muestras de la luz. Posteriormente, se llevó a cabo la extracción, para lo cual se homogeneizó la muestra con cuatro partes de agua deionizada por cada parte de fruto usando una licuadora convencional a velocidad media por 2 minutos. Después la muestra homogeneizada se filtró primero a través de una malla de organza y luego a través de papel filtro Whatman No. 41 por medio de vacío. El sobrenadante obtenido se pasó por un cartucho Sep-Pak C18 y enseguida, de éste se tomó una alícuota de 1 mL y se le adicionó 1 mg de Dithitritol (potente agente reductor para convertir el ácido dehidroascórbico a ascórbico y así cuantificar la vitamina C total). Se dejó reposar por 2 horas protegiéndole de la luz y posteriormente se filtró a través de una membrana de Nylon de $0.45\ \mu\text{m}$ x 25 mm de diámetro. Enseguida se inyectó a un cromatógrafo de líquidos Varian equipado con una bomba terciara 9012 y un detector UV-Vis 9050. La separación cromatográfica se llevó a cabo mediante una columna C18 de 150 X 4.60mm, ($5\ \mu\text{m}$) operada a temperatura ambiente, y la fase móvil consistió de una

solución buffer de KH_2PO_4 0.2 M, el pH se ajustó a 2.5 con ácido fosfórico. La velocidad de flujo fue de 0.5 ml/min. La detección se efectuó a una longitud de onda de 254 nm.

Para cuantificar el contenido de vitamina C total, se utilizó el método de estándar externo, para lo cual previamente se elaboró una curva de calibración con soluciones de concentración conocida (0, 30, 60, 90 y 120 ppm) de un estándar de ácido ascórbico (Sigma-Chemical Co.). Los resultados se obtuvieron con un software Star Workstation versión 6.20 acoplado al cromatógrafo mediante una computadora personal.

Finalmente, la concentración de vitamina C total se determinó mediante la ecuación 17:

$$\text{Vitamina C total (mg / 100 g)} = \frac{R \times Fd}{10} \quad (17)$$

En donde:

R= Resultado del cromatograma (ppm)

Fd= Factor de dilución (Volumen final/peso de la muestra 50/10 = 5)

10= conversión de ppm a mg/100 g

Diseño experimental

Nutrición foliar. Para medir el efecto de los tratamientos sobre la nutrición foliar se utilizaron como variables de respuesta, la concentración de los elementos mayores (N, P, K, Ca y Mg) y menores (Cu, Fe, Mn, Zn, B y Na) en hojas a través del tiempo.

El diseño estadístico fue de dos factores con medidas repetidas en el tiempo con tres réplicas. El factor árbol se anidó en el factor tratamiento, el cual tuvo cinco niveles (los tratamientos evaluados) y el tiempo cuatro (fechas de muestreo). La unidad experimental fue un árbol, sobre el cual se colectaron las hojas y se realizaron una sola determinación de la concentración de cada una de los elementos. Para cada tratamiento, se designaron tres árboles, por lo que se consideraron como tres réplicas.

A los datos obtenidos se les realizó la prueba de adecuación del modelo estadístico por medio del paquete estadístico MINITAB versión 14.1 (2003). Con ese mismo paquete y por medio de un modelo general lineal se realizó un análisis de varianza (ANOVA) al 5% para detectar diferencias estadísticas en los factores. Cuando se detectaron diferencias estadísticas, con ese mismo paquete se realizó la prueba de comparación de medias por Tukey al 5% para conocer qué tratamientos o muestreos en su caso fueron diferentes.

Amarre de frutos. Se utilizó como variable de respuesta el porcentaje de amarre de frutos, calculado de acuerdo a la ecuación 5. El porcentaje de amarre de frutos se calculó en cada una de las 17 inflorescencias de cada árbol de los tratamientos.

El diseño estadístico fue de un solo factor totalmente al azar con tres réplicas. El factor fue tratamiento y tuvo los mismos niveles que en la evaluación de la nutrición foliar y también tres réplicas, ya que cada tratamiento tuvo tres árboles.

A los datos obtenidos se les analizó la adecuación del diseño y se realizó el ANOVA y la comparación de medias por Tukey bajo las mismas condiciones y utilizando el mismo paquete estadístico que en la parte de la nutrición foliar.

Producción. El peso de la totalidad de los frutos de los árboles designados para cada tratamiento fue la variable de respuesta. El diseño estadístico fue de un solo factor totalmente al azar con tres réplicas. Donde el factor fue tratamiento y al igual que en las evaluaciones anteriores tuvo cinco niveles. También se consideraron tres réplicas, ya que por cada tratamiento se utilizaron tres árboles.

Los datos fueron analizados de la manera que ya ha sido señalada.

Calidad al momento del corte. En esta se tuvieron como variables físicas el peso individual de los frutos y dentro del color, Hue, C y L. Las variables químicas fueron: SST, AT, RBA y pH. Dichas variables fueron evaluadas al momento del corte, por lo que el diseño estadístico empleado fue de un solo factor totalmente al azar con tres réplicas al igual que en el caso de producción. Los datos fueron analizados de la misma manera mediante ANOVA y Tukey ambas al 5% y utilizando el modelo general lineal de MINITAM versión 14.1 (2003).

Calidad poscosecha. Para la descripción del diseño experimental utilizado en esta parte, las variables se agruparán de acuerdo al modelo empleado en cada uno de ellas.

Variables físicas. Estas fueron la pérdida acumulada de peso y el color en el pericarpio (Hue, C y L) y se determinaron diariamente sobre cinco frutos por cada árbol de los tratamientos. Ya que las observaciones se hicieron sobre los mismos frutos a lo largo del almacenamiento a 2°C, el diseño fue de dos factores con medidas repetidas en el tiempo. El factor fruto se anidó en el factor tratamiento, el cual tuvo como niveles los tratamientos. El factor tiempo fue de ocho niveles, los cuales fueron los días de almacenamiento (desde día cero a siete). En cada tratamiento se tuvieron 15 observaciones diarias, ya que se designaron tres árboles por tratamiento.

El análisis de los datos fue realizado de la misma manera que en las evaluaciones anteriores.

Variables químicas. Las variables que aquí se incluyen son SST, AT, RBA y pH y fueron determinados en tres frutos diferentes por cada árbol de los tratamientos cada dos días durante el almacenamiento a 2°C. De esta manera, el diseño estadístico fue de dos factores totalmente al azar, donde el factor tratamiento tuvo los cinco niveles señalados con anterioridad y el factor tiempo, tuvo cuatro niveles (día 0, 2, 4 y 6 de muestreo). Por cada tratamiento se tuvieron nueve observaciones diarias, por lo que en todo el estudio por tratamiento se acumularon 36 observaciones.

El análisis de los datos fue llevado a cabo de la misma manera que en las evaluaciones anteriores.

Contenido proximal, mineral y de vitamina C. Las variables de respuesta de esta parte fueron determinadas en tres frutos frescos por cada árbol de los tratamientos, al final del

almacenamiento a 2°C. Para el contenido proximal las variables de respuesta fueron el porcentaje de humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra bruta y carbohidratos. Para el contenido mineral, se determinaron el porcentaje de P, K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn. Finalmente, se determinó el contenido de vitamina C total.

Por lo anterior, el diseño estadístico utilizado fue de un solo factor totalmente al azar con tres réplicas. Donde el factor tuvo como niveles los tratamientos aplicados y las réplicas fueron los árboles designados para cada uno de ellos, al igual que en producción, amarre de frutos y las variables de calidad al momento del corte.

El análisis de los datos se realizó de la manera que ha sido señalada en todas las evaluaciones.

Experimento 2. Aplicación Mensual de los Extractos a partir de la Emergencia de Paniculas

En esta parte se detallan sólo los tratamientos evaluados en el experimento 2 y algunos aspectos de su aplicación, ya que las variables evaluadas fueron las mismas que en el experimento anterior. Por lo anterior, las metodologías y muestreos en cada evaluación se llevaron a cabo de manera simultánea entre los experimentos 1 y 2. El diseño experimental fue similar al experimento anterior, difiriendo sólo en los niveles del factor tratamiento, ya que en este experimento se tuvieron cuatro tratamientos, mismos que a continuación son detallados.

Tratamientos

En este experimento los tratamientos evaluados fueron: 1) Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF, 2) Aplicación foliar de ATAN SECA, 3) Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF y 4) Testigo, sin ninguna aplicación. Para cada tratamiento se designaron al igual que en el experimento 1, tres árboles de litchi de 8 años de edad. Y de la misma manera, recibieron además de los tratamientos el manejo habitual del productor.

Aplicación de los Tratamientos

Los extractos fueron diluidos en agua antes de ser aplicados de la misma manera que en el experimento 1, ACADIAN 0010 FoF al 0.25% y ATAN SECA al 0.50%. Una vez diluidos, la aplicación de los extractos fue igual que en el experimento anterior, utilizando la misma bomba de aspersión (Komatsu a 400 Lb). Las aplicaciones iniciaron desde la emergencia de paniculas hasta las etapas finales de crecimiento de los frutos, realizándose cinco en total. El volumen asperjado en cada una de estas aplicaciones se realizó de la misma manera que en el experimento 1; 10 L para el caso de los tratamientos en el follaje, 1 y 2, y de igual forma, para el caso del tratamiento 3 se asperjaron 10 L al follaje y adicionalmente 10 L al suelo.

Experimento 3. Aplicación Quincenal de los Extractos a partir de la Antesis

En esta sección, únicamente se detallan los tratamientos evaluados y la manera en que éstos se aplicaron, ya que las variables evaluadas en este experimento fueron producción y dentro de la calidad al momento del corte, el color (H, C y L) y los SST. Por lo que se siguieron las metodologías y el diseño experimental correspondiente a estas variables, descritos en el experimento 1.

Tratamientos

Los tratamientos que se tuvieron en este experimento fueron, 1) Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF, 2) Aplicación foliar de ATAN SECA y 3) Testigo, sin ninguna aplicación. Para cada uno de los tratamientos se eligieron 15 árboles de litchi de 9 años de edad de tamaño y floración uniformes. Dichos árboles recibieron adicionalmente, el manejo normal del productor.

Aplicación de los Tratamientos

Antes de ser aplicados, los extractos fueron diluidos de la misma manera que en los experimentos 1 y 2, recordando que ACADIAN 0010 FoF se diluyó al 0.25 % y que ATAN SECA al 0.50%. En este experimento, las aplicaciones de los extractos se realizaron mediante una nodriza acoplada a un tractor, para reproducir las condiciones en que el productor lo hubiera llevado a cabo. Las aplicaciones como ya ha sido mencionado, iniciaron en las últimas etapas de la apertura floral y finalizaron en las

últimas etapas de crecimiento de los frutos, realizándose en total cinco. El volumen al igual que en los experimentos anteriores de 10 L al follaje y 10 L al suelo en el tratamiento 1, y de únicamente 10 L al follaje en el caso del tratamiento 2.

últimas etapas de crecimiento de los frutos, realizándose en total cinco. El volumen al igual que en los experimentos anteriores de 10 L al follaje y 10 L al suelo en el tratamiento 1, y de únicamente 10 L al follaje en el caso del tratamiento 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Aplicación quincenal de los extractos a partir de la emergencia de panículas

En este experimento se evaluó el efecto de seis aplicaciones quincenales de los extractos, en la nutrición foliar, el amarre de frutos, la producción, la calidad al momento del corte y la calidad poscosecha. A continuación, se presentan y discuten los resultados obtenidos del primer experimento.

Nutrición Foliar

En esta sección se presenta la información derivada de los análisis foliares, donde se determinó la concentración en las hojas de elementos mayores (N, P, K, Ca y Mg) y menores (Cu, Fe, Mn, Zn, Na y B). A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

Nitrógeno. En el Cuadro 5 se presenta el análisis de varianza, en el cual solo se encontraron diferencias significativas en el tiempo.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el contenido foliar de nitrógeno evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.09714	0.09714	0.02429	2.01	0.170
Árbol (Tratamiento)	10	0.12105	0.12105	0.01210	1.04	0.434
Tiempo	3	1.17586	1.17586	0.39195	33.77	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	0.19795	0.19795	0.01650	1.42	0.211
Error	30	0.34822	0.34822	0.01161		
Total	59	1.94022				

S = 0.107737 R-Sq = 82.05% R-Sq(adj) = 64.70%

La aplicación de los extractos no afectó el contenido de nitrógeno en las hojas. Sin embargo, el contenido de este elemento cambió a través del tiempo en todos los tratamientos, tal como puede observarse en la Figura 1. La concentración de nitrógeno como promedio de todos los tratamientos al inicio fue de 1.79%, misma que posteriormente disminuyó significativamente hasta la etapa de desarrollo inicial de los frutos. A partir de entonces los valores no variaron estadísticamente, teniendo que en el último muestreo correspondiente a la maduración de frutos la concentración de N promedio de los tratamientos tuvo un valor final de 1.44%.

La concentración foliar de nitrógeno y el comportamiento de éste a través del tiempo en este estudio son similares a lo reportado por Menzel *et al.* (1992). Esos investigadores realizaron estudios en huertos de litchi altamente productivos, en donde determinan que la concentración óptima de este elemento debe ser de 1.50 a 1.80 (% en base seca), en hojas maduras colectadas de 1 a 2 semanas después de la emergencia de panículas. Además, observaron que la concentración de este elemento en las hojas tiende

a disminuir a partir de la emergencia de panículas y la floración hasta alcanzar valores mínimos entre el amarre de frutos y la cosecha. Aunque el primer muestreo en el presente estudio se realizó en la etapa de floración, la concentración de nitrógeno en las hojas está dentro del estándar considerado como óptimo por los autores señalados, lo que significa que los árboles tenían las reservas suficientes para la producción.

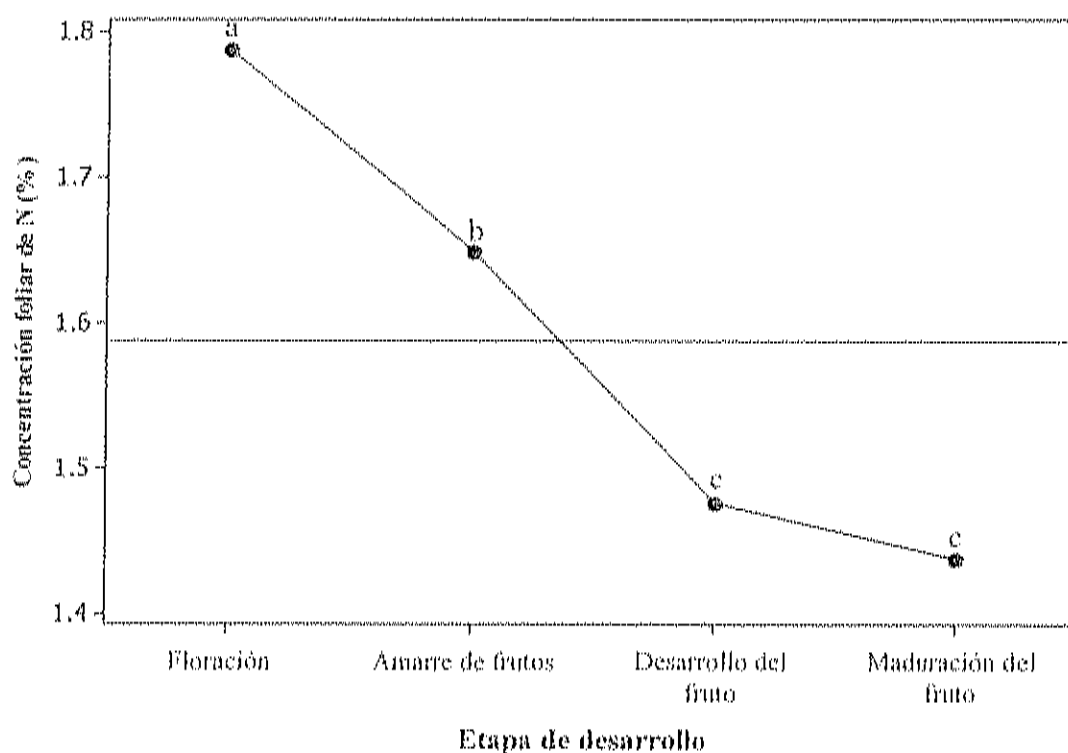


Figura 1. Concentración foliar de nitrógeno en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Potasio. El análisis de varianza mostró que tanto en los tratamientos como en el tiempo existió diferencia significativa, tal como se observa en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el contenido foliar de potasio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.068060	0.068060	0.017015	0.78	0.562
Árbol (Tratamiento)	10	0.217800	0.217800	0.021780	4.34	0.001
Tiempo	3	0.414218	0.414218	0.138073	27.5	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	0.057007	0.057007	0.004751	0.95	0.517
Error	30	0.150600	0.150600	0.005020		
Total	59	0.907685				

S = 0.0708520 R-Sq = 83.41% R-Sq(adj) = 67.37%

La concentración foliar de potasio a través del tiempo disminuyó en todos los tratamientos, teniendo al inicio 0.61% y finalmente 0.42 %, como puede observarse en la Figura 2. El potasio se mantuvo sin cambios significativos entre la floración y el amarre inicial de frutos. En el tercer muestreo correspondiente a la etapa de desarrollo de frutos se observó una disminución muy marcada y al final del estudio se mantuvo constante, esto coincidió con la etapa final de desarrollo de los frutos.

La concentración del potasio en las hojas tiene su máximo durante la floración y posteriormente disminuye a lo largo del desarrollo de los frutos (Menzel, 2005). Puede variar entre cultivares y aún tratándose del mismo cultivar, entre diferentes huertos (Menzel *et al.*, 1992a). El estándar óptimo para potasio determinado en árboles productivos de Australia, es de 0.70 –1.10% (Menzel *et al.*, 1992a). Los valores obtenidos en este estudio son menores a los definidos en el estándar australiano, sin

embargo, esto podría atribuirse a la diferencia en cultivares. No se podría afirmar que los árboles de los tratamientos tenían deficiencia de ese elemento ya que no se observaron síntomas de deficiencia como amarillamiento de las hojas, además, de que Thomas *et al.* (1995), estableció que plantas con deficiencia del elemento en cuestión deberían tener una concentración foliar menor a 0.38%.

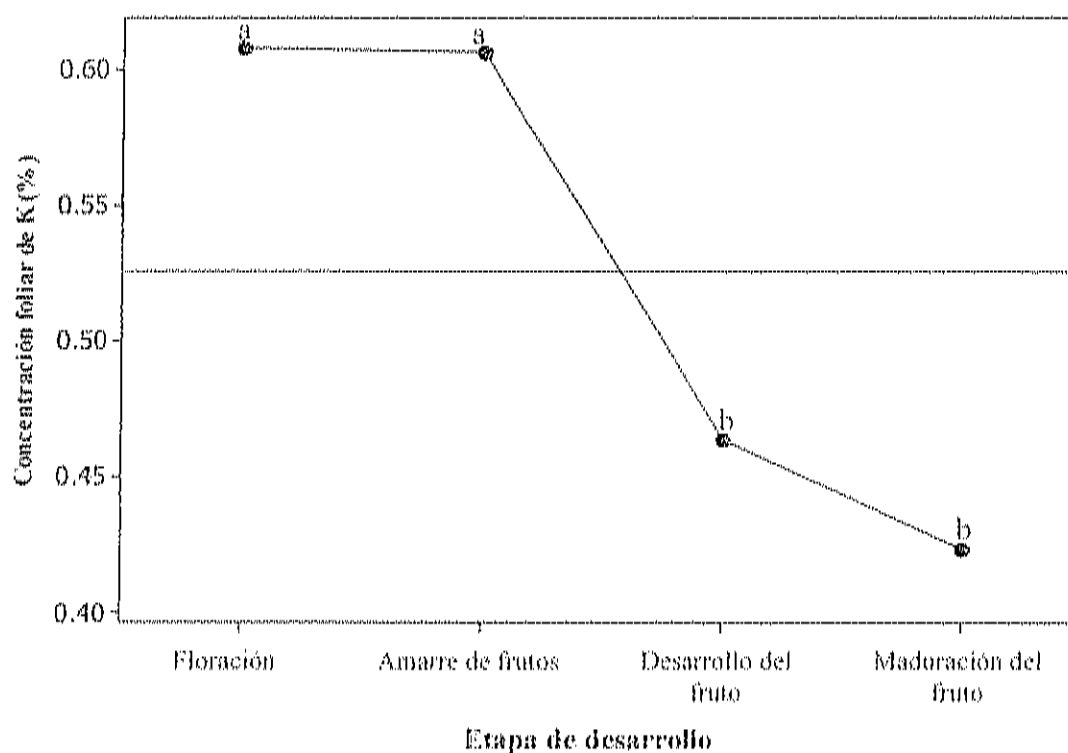


Figura 2. Concentración foliar de potasio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Fósforo. De acuerdo con el análisis de varianza, los tratamientos no fueron diferentes entre sí y solo se detectaron diferencias en el tiempo, Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el contenido foliar de fósforo evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.0017400	0.0017400	0.0004350	0.42	0.789
Árbol (Tratamiento)	10	0.0102833	0.0102833	0.0010283	4.59	0.001
Tiempo	3	0.0158533	0.0158533	0.0052844	23.6	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	0.0015800	0.0015800	0.0001317	0.59	0.834
Error	30	0.0067167	0.0067167	0.0002239		
Total	59	0.0361733				

S = 0.0149629 R-Sq = 81.43% R-Sq(adj) = 63.48%

El comportamiento de todos los tratamientos a través del tiempo fue similar y la concentración promedio de todos ellos a lo largo de los muestreos realizados se puede observar en la Figura 3. La concentración en la etapa de maduración de los frutos fue mayor que en la de floración, teniendo una concentración inicial de 0.12%. Sin embargo, se mostró un descenso en la concentración de fósforo en el tercer muestreo, correspondiente al desarrollo de los frutos llegando a observar valores estadísticamente iguales a los obtenidos en floración. Sin embargo, posteriormente la concentración de fósforo se incrementó en la maduración de frutos hasta 0.16%, siendo ésta estadísticamente similar a lo obtenido en las muestras colectadas durante el amarre inicial de frutos.

De acuerdo con Menzel *et al.* (1992a), este elemento al igual que el nitrógeno y el potasio deben disminuir después de la etapa de floración hasta tener valores mínimos

entre el amarre de frutos y la cosecha. Sin embargo, la concentración de fósforo puede variar entre huertos diferentes de un mismo cultivar y más aún entre diferentes cultivares. Además, en la misma investigación se señala que la concentración de este elemento y del nitrógeno puede incrementarse antes de la cosecha en respuesta a aplicación de fertilizantes. En el presente estudio, los niveles de fósforo fueron en promedio ligeramente menores a los reportados en el estándar australiano (0.14-0.22%), sin embargo, en respuesta a una aplicación de fertilizante (H_3PO_4) realizada por el productor en las etapas previas al amarre de frutos, la concentración del elemento alcanzó los niveles recomendados por Menzel *et al.* (1992a), modificando también el comportamiento del elemento a través del tiempo. Estos mismos autores señalan en ese mismo estudio que el cultivar 'Tai so' incrementó el nivel del elemento en cuestión entre la floración y el amarre de frutos y después este se incrementó en etapas cercanas a la cosecha, lo cual es similar a lo encontrado en este estudio.

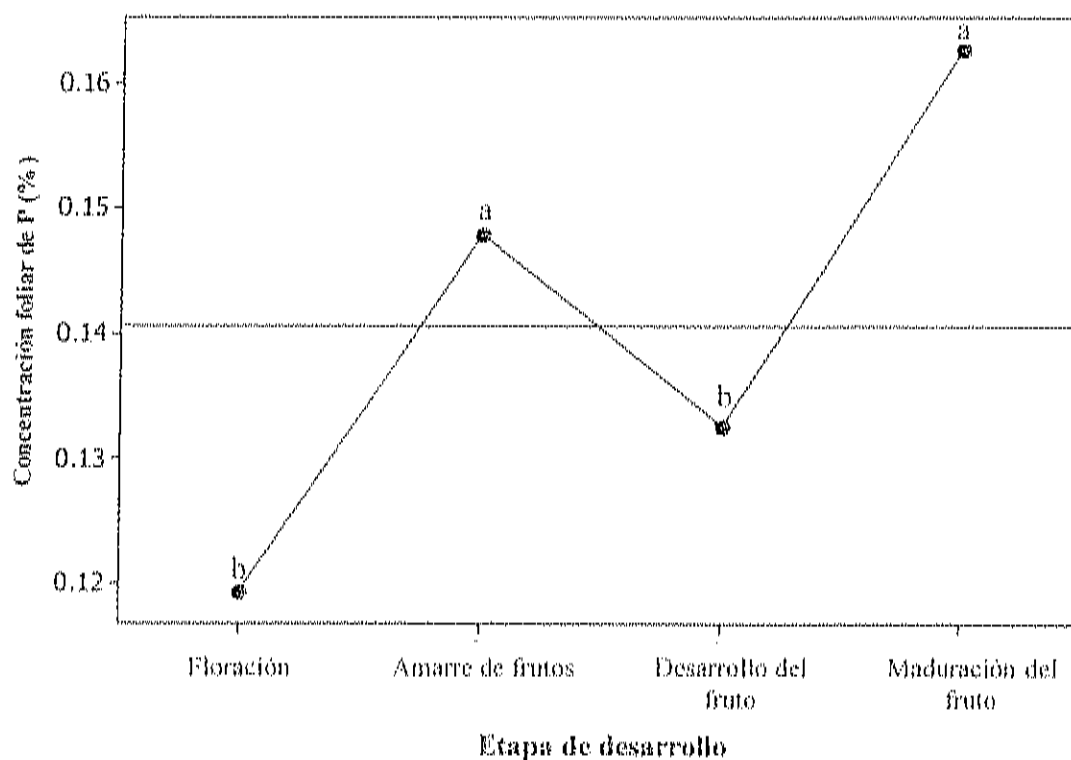


Figura 3. Concentración foliar de fósforo en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Calcio. Únicamente se detectaron diferencias estadísticas a través del tiempo, tal como se muestra en el Cuadro 8. Por lo tanto, la aplicación de extractos no tuvo efecto en la concentración foliar de este elemento.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el contenido foliar de calcio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.2608	0.2608	0.0652	0.60	0.670
Árbol (Tratamiento)	10	1.0832	1.0832	0.1083	3.82	0.002
Tiempo	3	45.0454	45.0454	15.0151	529.59	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	0.3183	0.3183	0.0265	0.094	0.526
Error	30	0.8506	0.8506	0.0284		
Total	59	47.5582				

S = 0.168381 R-Sq = 98.21% R-Sq(adj) = 96.48%

Los tratamientos presentaron un comportamiento similar a través del tiempo y la concentración promedio de todos ellos durante los muestreos realizados se muestra en la Figura 4. La concentración del elemento cambió estadísticamente en cada uno de las etapas fenológicas evaluadas. En general, se puede notar que la concentración de calcio se incrementó en el tiempo. Teniendo un valor en la floración de 1.05% y finalmente, durante la maduración de los frutos de 2.41%. En el segundo muestreo, correspondiente a la etapa de amarre inicial de frutos, se tuvo un descenso en la concentración del elemento y en las etapas siguientes la concentración de calcio se incrementó.

La concentración de calcio determinada en este estudio fue similar a lo reportado por Menzel *et al.* (1992a), quienes determinan como concentración óptima de 0.6-1.00% en hojas maduras de litchi dos semanas después de la emergencia de panículas. En dicha investigación al igual que en el presente estudio, se estableció un aumento en la concentración de calcio después de la floración hasta antes de la cosecha.

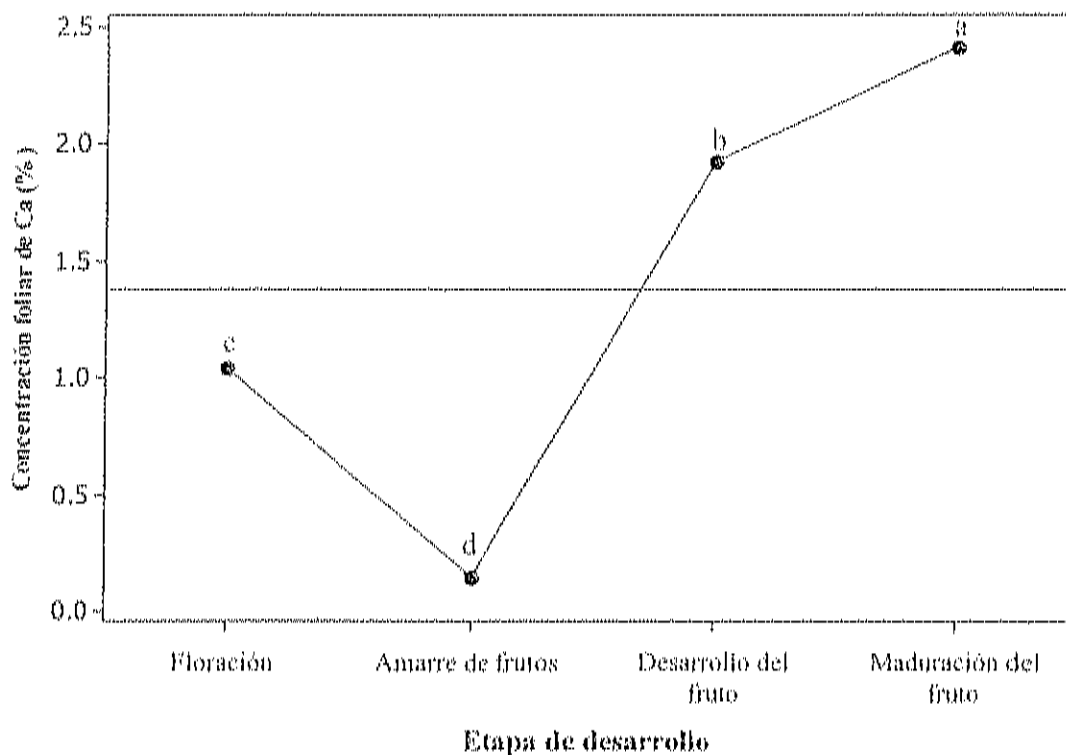


Figura 4. Concentración foliar de calcio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Magnesio. Después de realizar el análisis de varianza se detectó que sólo entre los niveles del factor tiempo existía diferencia estadística, esto se presenta en el Cuadro 9.

Los tratamientos no afectaron el contenido de magnesio en las hojas. Sin embargo, la concentración de magnesio a lo largo del tiempo sí presentó diferencia estadística. En floración se obtuvo una concentración de magnesio promedio de 0.28% y en el último muestreo, correspondiente a la maduración de los frutos se determinó una concentración de 0.57% (Figura 5). Al igual que en calcio, se mostró un descenso en la

concentración durante el amarre inicial de frutos. Después, la concentración del elemento se incrementó hacia las etapas previas a la cosecha.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el contenido foliar de magnesio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.009183	0.009183	0.002296	0.35	0.839
Árbol (Tratamiento)	10	0.065700	0.065700	0.006570	2.21	0.046
Tiempo	3	2.712658	2.712658	0.904219	303.54	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	0.019350	0.019350	0.001613	0.54	0.870
Error	30	0.089367	0.089367	0.002979		
Total	59	2.896258				

S = 0.0545792 R-Sq = 96.91% R-Sq(adj) = 93.93%

La concentración foliar de magnesio determinada en este estudio es similar al estándar propuesto por Menzel *et al.* (1992a), de 0.30-0.50%. De la misma manera que en este estudio, esos investigadores enuncian que la concentración de este elemento disminuye durante la emergencia de panículas y la floración, para después incrementarse durante el desarrollo de los frutos hasta la cosecha.

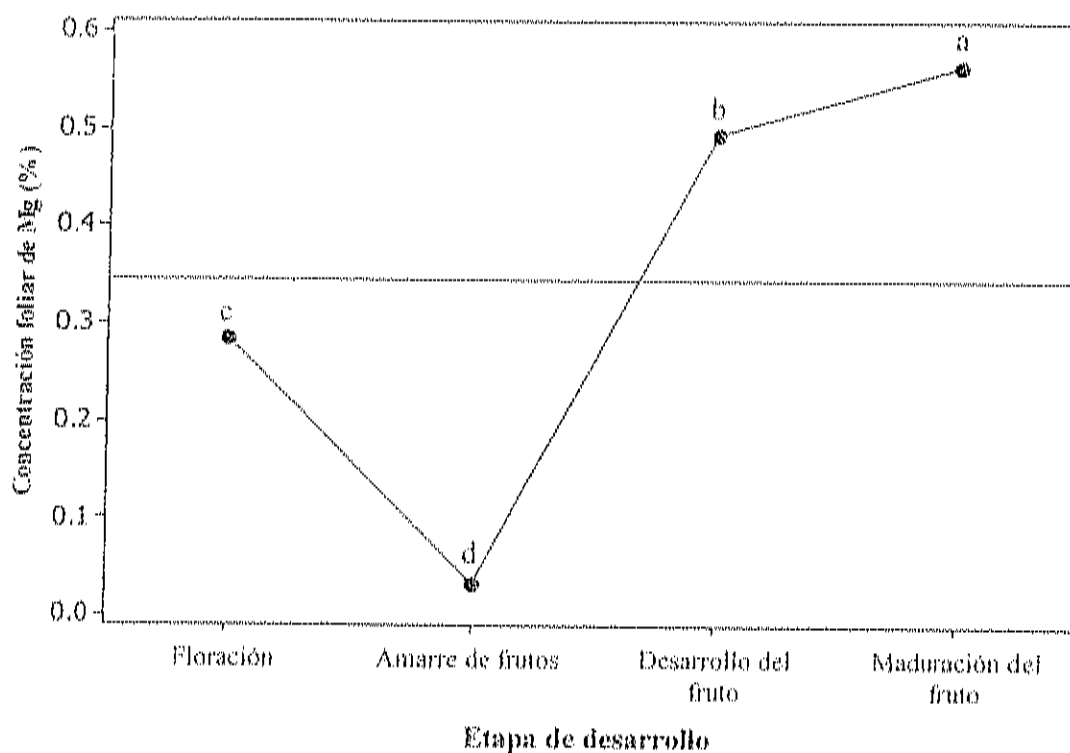


Figura 5. Concentración foliar de magnesio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cobre. En el Cuadro 10 se presenta el resultado del análisis de varianza, del cual se observa que existe diferencia estadística en el factor tiempo. Por ello, bajo las condiciones de este estudio no se detectó que la aplicación de los extractos tuviera efecto en la concentración foliar de cobre.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el contenido foliar de cobre evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	19.4438	19.4438	4.8610	1.13	0.397
Árbol (Tratamiento)	10	43.0762	43.0762	4.3076	9.94	0.000
Tiempo	3	43.1594	43.1594	14.3865	33.21	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	4.6738	4.6738	0.3895	0.90	0.558
Error	30	12.9950	12.9950	0.4332		
Total	59	123.3482				

S = 0.658155 R-Sq = 89.46% R-Sq(adj) = 79.28%

Los cambios en la concentración de cobre fueron similares en todos los tratamientos. La concentración de cobre en todos los tratamientos tuvo su valor mínimo durante la floración de 6.15 ppm, para posteriormente incrementarse significativamente hasta las primeras etapas de desarrollo de frutos que tuvo lugar en el segundo muestreo. De ahí en adelante se mantuvo sin cambios considerables teniendo una concentración final de 7.45 ppm.

La concentración foliar de cobre determinada en este estudio es menor al determinado por Menzel *et al.* (1992a), de 10-25 ppm, pero el comportamiento de este elemento a través del tiempo es similar al encontrado en este estudio.

Menzel (2005), menciona que concentraciones menores a 6 ppm de Cu, son consideradas como deficientes y el síntoma de ésta es el enrollamiento de los márgenes de las hojas. Aunque en la presente investigación no se contempló la observación de síntomas de deficiencia como una variable a estudiar, en los muestreos de hojas

realizados no se observaron los síntomas expuestos por Menzel (2005), por lo que no se podría indicar que existió deficiencia de este elemento.

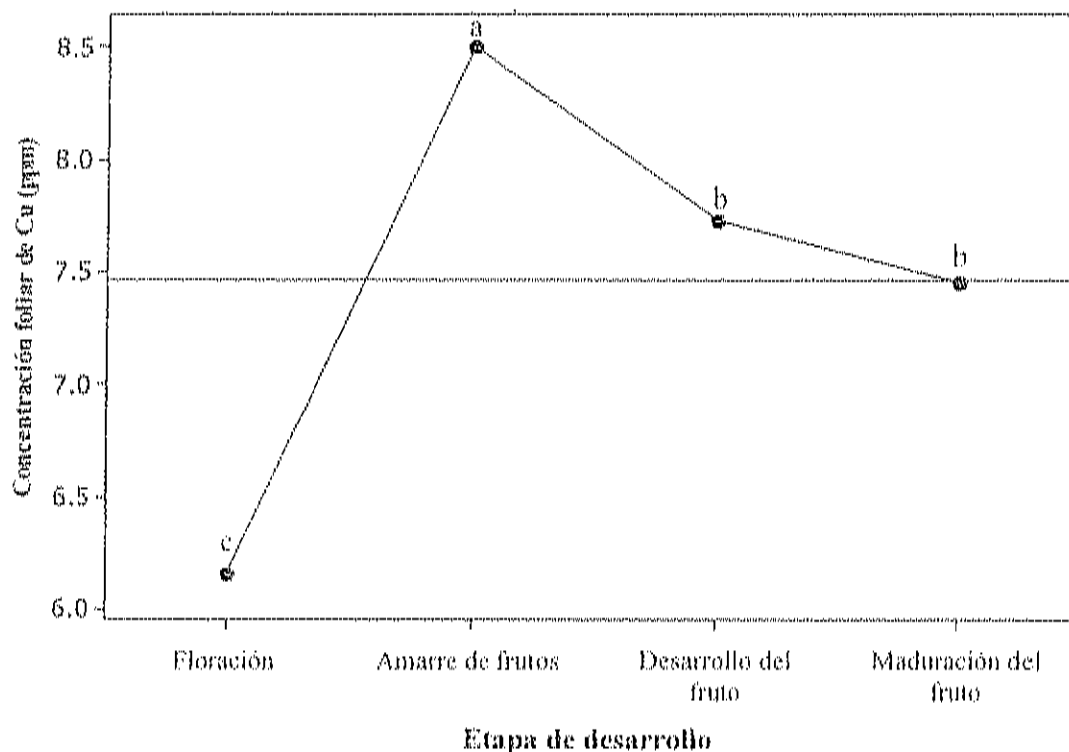


Figura 6. Concentración foliar de cobre en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Fierro. En el Cuadro 11 se presenta el análisis de varianza, el cual determinó que existió diferencia estadística sólo entre los muestreos.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el contenido foliar de fierro evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	1552.55	1552.55	388.14	2.09	0.158
Árbol (Tratamiento)	10	1859.85	1859.85	185.98	2.37	0.033
Tiempo	3	8966.71	8966.71	2988.90	38.13	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	1640.04	1640.04	136.67	1.74	0.106
Error	30	2351.45	2351.45	78.38		
Total	59	16370.60				

S = 8.85333 R-Sq = 85.64% R-Sq(adj) = 71.75%

La concentración foliar de fierro tuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos, incrementándose a través del tiempo. En la Figura 7 se puede observar el comportamiento de la concentración foliar de fierro como promedio de todos los tratamientos a lo largo de las etapas de desarrollo. La concentración foliar de fierro se mantuvo casi constante durante las etapas de floración y amarre de frutos, correspondientes a los muestreos 1 y 2, teniendo en promedio una concentración de 50.24 y 53.15 ppm, respectivamente. Posteriormente se incrementó significativamente hasta el desarrollo de los frutos teniendo un valor promedio de 71.71 ppm y de ahí en adelante se mantuvo sin cambios considerables, alcanzando una concentración final de 79.23 ppm.

Tanto la concentración de fierro como el comportamiento de éste a través de las etapas de desarrollo de árboles de litchi, coincide con lo expuesto por Menzel *et al.* (1992a), quienes establecen como concentración óptima de 50-100 ppm de éste elemento en las hojas maduras de litchi colectadas después de dos semanas de

emergencia de panículas. En dicha investigación, se determinó, que la concentración foliar de fierro aumenta a partir de la floración hasta la cosecha.

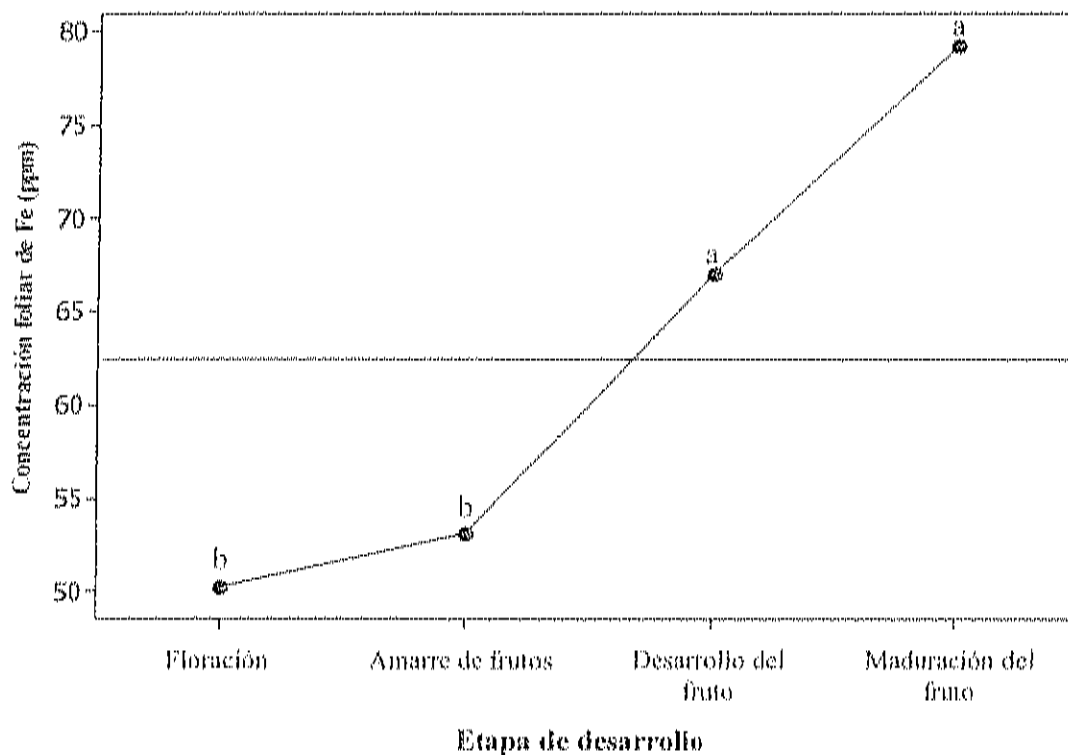


Figura 7. Concentración foliar de fierro en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Manganeso. En el Cuadro 12 se muestra el resultado del análisis de varianza, del cual se detectaron diferencias estadísticas entre las etapas de desarrollo.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido foliar de manganeso evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	175.06	175.06	43.77	0.35	0.833
Árbol (Tratamiento)	10	1249.41	1249.41	124.94	9.49	0.000
Tiempo	3	546.97	546.97	182.32	13.85	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	148.82	148.82	12.4	0.94	0.520
Error	30	394.81	394.81	13.16		
Total	59	2515.06				

S = 3.62771 R-Sq = 84.30% R-Sq(adj) = 69.13%

El comportamiento de la concentración foliar de manganeso en los tratamientos a través del tiempo fue similar y el promedio de todos ellos se muestra en la Figura 8. La concentración del elemento a través del tiempo se incrementó significativamente, teniendo un valor inicial en la etapa de floración, correspondiente al primer muestreo de 27.21 ppm y un valor final de 35.67 ppm en la maduración de frutos.

La concentración foliar de manganeso determinada en esta investigación es menor que la establecida como óptima en los huertos australianos por Menzel *et al.* (1992a), de 100-250 ppm. Sin embargo, el comportamiento de este elemento a través de las etapas de desarrollo del cultivo es similar a lo encontrado en este estudio. Menzel (2005), señala que la concentración de este elemento se ve influida por el pH del suelo, presentándose deficiencias en las hojas cuando un suelo tiene un pH mayor a 7. El estándar australiano está desarrollado en suelos ligeramente ácidos, en nuestra investigación el pH del suelo del huerto en estudio es ligeramente superior a 7, de acuerdo con análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Integral Nutricional de

Productos Agrícolas del CIAD Unidad Culiacán. Por lo que quizá los valores aquí reportados para la concentración foliar del elemento son menores que los reportados por Menzel *et al.* (1992a).

Las concentraciones del elemento que tuvieron los tratamientos, no pueden considerarse como deficientes, ya que Thomas *et al.* (1995), establece que aún a concentraciones tan bajas como 40 ppm, no se observan síntomas de deficiencia como amarillamiento entre las venas o nervaduras de las hojas.

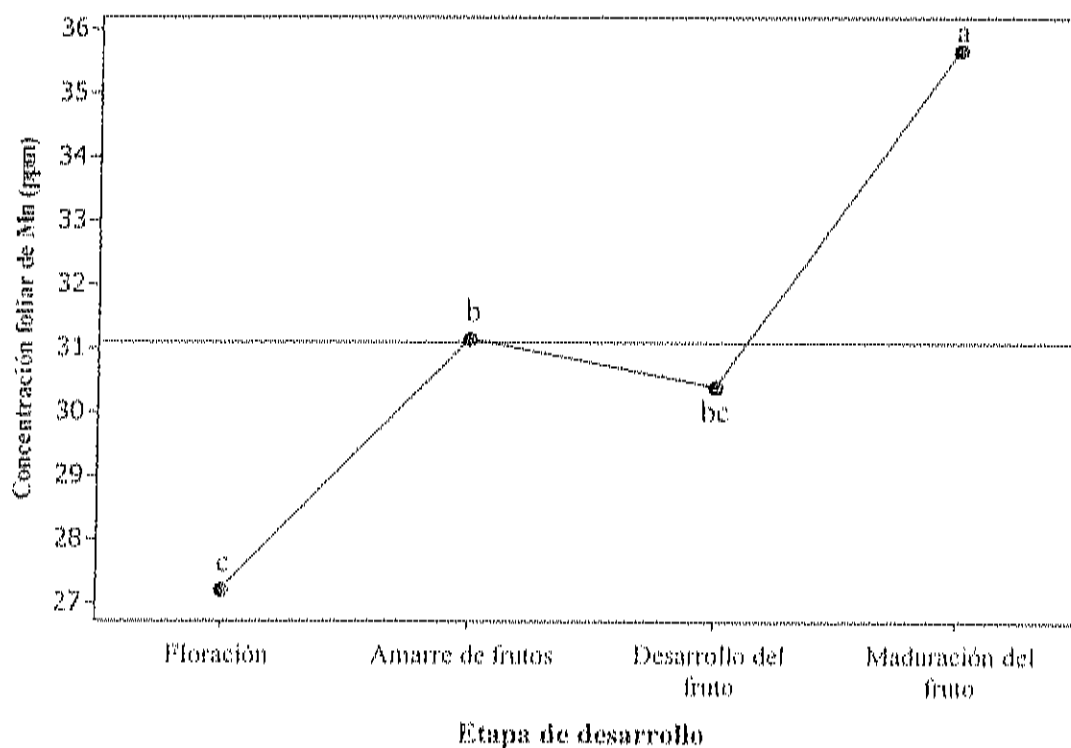


Figura 8. Concentración foliar de manganeso en diferentes etapas de desarrollo de lichi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Zinc. El análisis de varianza mostró que existió diferencia estadística únicamente en el tiempo (Cuadro 13). La aplicación de los extractos no modificó significativamente la concentración foliar de zinc a través del tiempo, ya que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el contenido foliar de zinc evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	9.287	9.287	2.322	0.25	0.902
Árbol (Tratamiento)	10	92.100	92.100	9.210	1.88	0.088
Tiempo	3	139.336	139.336	46.445	9.50	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	49.329	49.329	4.111	0.84	0.610
Error	30	146.669	146.669	4.889		
Total	59	436.720				

S = 2.21110 R-Sq = 66.42% R-Sq(adj) = 33.95%

Los cambios en la concentración foliar de zinc a través del tiempo fueron semejantes entre los tratamientos. Por lo que, en la Figura 9 se presentan los cambios en la concentración foliar de dicho elemento durante las diferentes etapas de desarrollo evaluadas promedio de todos los tratamientos. De dicha figura se puede observar que la concentración foliar de zinc a través del tiempo aumentó significativamente hasta la etapa de desarrollo final de los frutos, correspondiente al muestreo 3. En la floración el valor de la concentración de zinc fue de 13.99 ppm y aumentó significativamente hasta 18.04 ppm, siendo ésta última su valor máximo. Posteriormente, en la etapa de maduración de los frutos disminuyó hasta 15.71 ppm, siendo estadísticamente similar a la concentración foliar de zinc determinada en floración.

La concentración foliar de zinc y el comportamiento de ésta en los tratamientos a través del tiempo se encuentra en los límites inferiores óptimos reportados por Menzel *et al.* (1992a). Estos investigadores determinan como concentración óptima de éste elemento de 15-30 ppm. Además señalan, que este elemento tiene un comportamiento inestable a través del tiempo en las distintas etapas de los árboles de litchi. Mencionan que este elemento incrementa su concentración en las etapas previas al amarre de frutos y que esta aumenta de nuevo en las siguientes etapas a la cosecha.

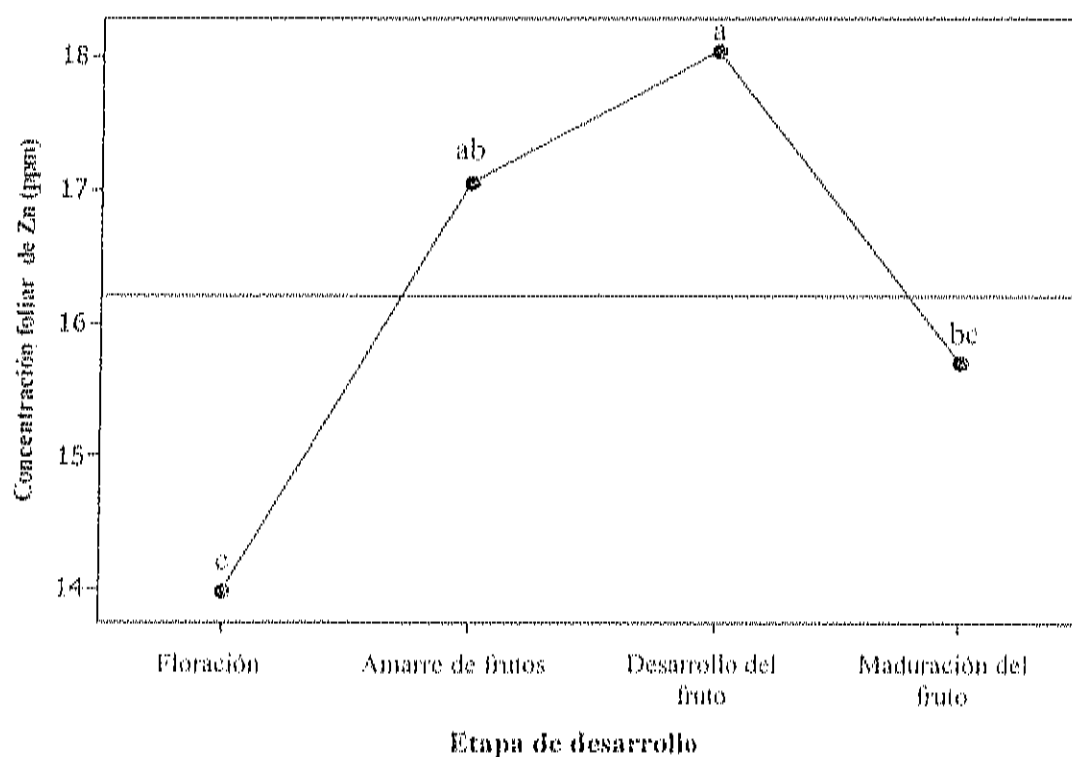


Figura 9. Concentración foliar de zinc en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Boro. Sólo se tuvieron diferencias estadísticas en el tiempo, tal como se puede observar en el análisis de varianza presentado en el Cuadro 14. Por lo que, la aplicación de los extractos no alteró significativamente la concentración foliar de boro al compararla con el tratamiento testigo.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el contenido foliar de boro evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	12196	12196	3049	1.69	0.229
Árbol (Tratamiento)	10	18067	18067	1807	1.29	0.278
Tiempo	3	20791	20791	6930	4.96	0.006
Tratamiento*Tiempo	12	24206	24206	2017	1.44	0.201
Error	30	41887	41887	1396		
Total	59	117147				

S = 37.3662 R-Sq = 64.24% R-Sq(adj) = 29.68%

La concentración foliar de boro en las hojas presentó un patrón similar en todos los tratamientos. El comportamiento de la concentración foliar de boro como promedio de todos los tratamientos durante las etapas fenológicas evaluadas se presenta en la Figura 9. Aunque se mostró diferencia estadística a través del tiempo, la concentración del elemento no fue diferente estadísticamente entre la floración y el resto de los muestreos. La concentración foliar de boro en la floración fue de 220.69 ppm. Posteriormente se mostró un descenso en la concentración en los muestreos 2 y 3 en las etapas de amarre de frutos y desarrollo de los mismos de 196.67 y 200.02 ppm, respectivamente. Finalmente, la concentración se incrementó significativamente hasta

243.166 ppm al compararlo con los dos muestreos anteriores, pero la concentración final no fue diferente estadísticamente de la inicial.

Menzel *et al.* (1992a), determinan que la concentración óptima de este elemento en hojas colectadas dos semanas después de la emergencia de panículas debe ser de 25-60 ppm, lo cual es ampliamente diferente de lo encontrado en esta investigación. Una parte de esa diferencia podría atribuirse a la diferencia de metodologías empleadas para la determinación del elemento, ya que en el caso de Menzel *et al.* (1992a), se utilizó el método de azometina H, y en el presente estudio la determinación de boro se realizó mediante espectrofotometría por absorción atómica.

Menzel *et al.* (2005), menciona que a concentraciones superiores a 100 ppm las plantas de litchi muestran toxicidad, la cual se manifiesta por caída de hojas y quemaduras en los contornos de las mismas. En este estudio, esos síntomas no se observaron por lo que quizá los árboles no presentaban toxicidad.

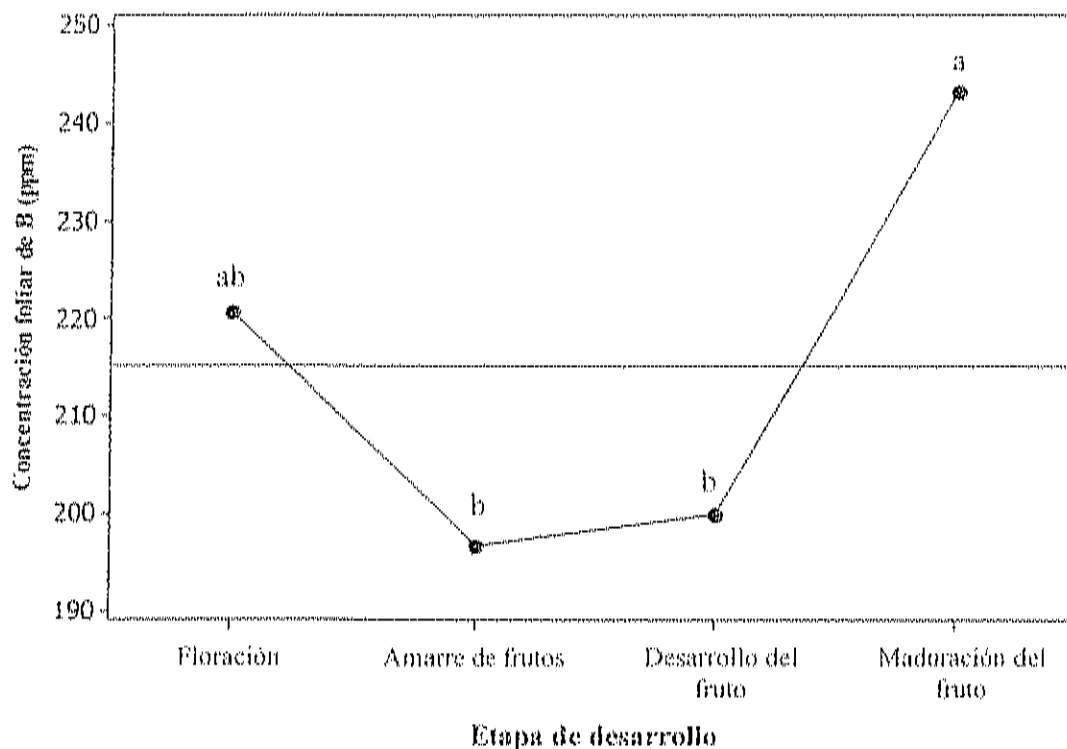


Figura 10. Concentración foliar de boro en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Sodio. Como resultado del análisis de varianza sólo se detectó que existían diferencias en el tiempo, tal como se observa en el Cuadro 15. Estos resultados indican que la aplicación de los extractos no modificó la concentración foliar de sodio.

Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido foliar de sodio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	44997	44997	11249	0.24	0.909
Árbol (Tratamiento)	10	469167	469167	46917	2.49	0.026
Tiempo	3	3418969	3418969	1139656	60.55	0.000
Tratamiento*Tiempo	12	9338	9338	7782	0.41	0.946
Error	30	564672	564672	18822		
Total	59	4591187				

S = 137.195 R-Sq = 87.70% R-Sq(adj) = 75.81%

El patrón que siguió la concentración foliar de sodio a través del tiempo fue semejante en todos los tratamientos. En la Figura 11 se presentan los cambios en la concentración foliar de sodio a lo largo de los muestreos realizados como promedio de todos los tratamientos. La mayor concentración foliar de sodio (1109.31 ppm) se obtuvo en el inicio de la floración. Posteriormente, la concentración foliar de sodio disminuyó significativamente hasta obtener el menor valor durante el segundo muestreo (437.09 ppm). Después la concentración foliar de dicho elemento tuvo un incremento estadísticamente significativo en el tercer muestreo, mismo que se mantuvo casi constante hacia el último muestreo alcanzando finalmente un valor de 729.94 ppm siendo éste menor estadísticamente que el registrado en el muestreo inicial.

La concentración foliar de este elemento en litchi de huertos australianos es considerada como óptima si se encuentra en niveles menores a las 500 ppm, y su comportamiento a través del tiempo ha sido considerado como oscilante (Menzel *et al.*, 1992a). Los resultados en la concentración foliar de sodio en el presente estudio son

superiores a los reportados en los árboles de litchi cultivados en Australia por Menzel *et al.* (1992a). Sin embargo, no se observaron síntomas de toxicidad por este elemento en los árboles en estudio, como la caída de hojas viejas.

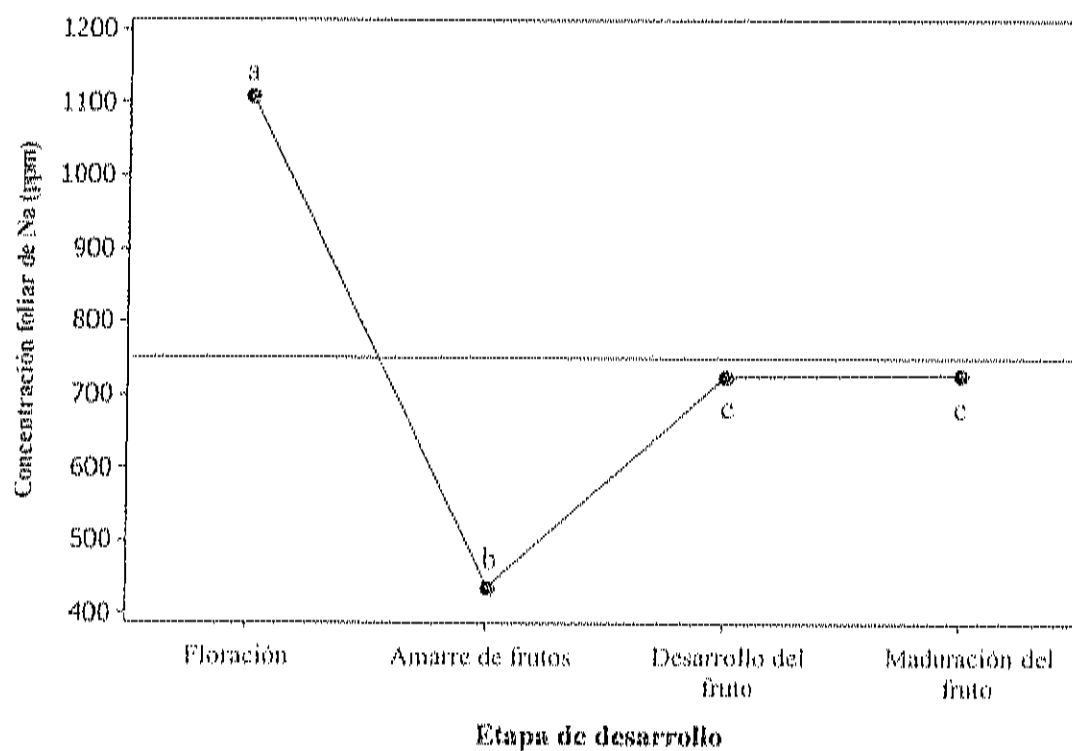


Figura 11. Concentración foliar de sodio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Amarre de Frutos

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos de la evaluación del amarre de frutos. Los datos se obtuvieron de acuerdo a la ecuación 5 descrita en la sección de materiales y métodos. En esta variable se comparó la proporción de frutos que llegaron a su desarrollo final y cosecha con los que se habían considerados como frutos amarrados inicialmente en el mes de mayo.

El análisis de varianza mostró que existe diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de varianza para el porcentaje de amarre de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	4481.5	4481.5	1120.4	3.64	0.007
Error	250	77005.8	77005.8	308.0		
Total	254	81487.3				

S = 17.5506 R-Sq = 5.50% R-Sq(adj) = 3.99%

La aplicación foliar del extracto ATAN SECA fue el que mayor porcentaje de amarre de frutos provocó al compararlo con el resto de los tratamientos, excepto con el testigo (Cuadro 17). No podría establecerse que la aplicación del extracto ATAN SECA no influye en el amarre de frutos por no ser diferente estadísticamente del testigo. Ya que, si se compara con el tratamiento en donde se aplicó únicamente agua, el extracto sí incrementó el amarre de frutos. Por lo que en estudios posteriores es recomendable incrementar el número de árboles y así poder detectar si es que la aplicación del extracto incrementa el amarre de frutos.

A diferencia de este estudio, ha sido reportado que la aplicación de un extracto comercial obtenido de *A. nodosum* (la misma alga empleada para la elaboración de los extractos aplicados en esta investigación), incrementa el amarre de frutos en árboles de naranja cultivar Navelina (Fornes *et al.*, 2002). En esa investigación la aplicación se realizó en tres etapas, durante el desarrollo de flores, la floración y al final del período de caída de frutos. Además, fue mayor la cantidad de árboles utilizados que en la presente investigación. Por lo antes señalado, es necesario incrementar el número de árboles en estudio.

Cuadro 17. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en el amarre de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	% Amarre de frutos
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010FoF	15.24 ^a
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	25.56 ^b
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF	15.65 ^a
4. Aplicación foliar de agua	13.87 ^a
5. Testigo	17.82 ^{ab}

Letras distintas, significa diferencia estadística (Tukey, P=0.05)

Producción

Como resultado del análisis de varianza se obtuvo diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Análisis de varianza para la producción de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas hasta el amarre inicial de frutos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	3644.8	3644.8	911.2	3.68	0.043
Error	10	2478.7	2478.7	247.9		
Total	14	6123.4				

S = 15.7438 R-Sq = 59.52% R-Sq(adj) = 43.33%

La aplicación foliar del extracto ATAN SECA fue el único tratamiento que fue estadísticamente diferente del testigo (Figura 12). Teniendo una producción cercana al doble al compararlo con este último. Al igual que en este estudio, el incremento en la producción de diferentes cultivos como chile, fresa, vid, naranja y mandarina en respuesta a la aplicación de extractos en polvo o líquidos de *A. nodosum* ha sido reportado (Eris *et al.*, 1995; Türemis *et al.*, 1997; Norrie *et al.*, 2002; Fornes *et al.*, 2002). De los estudios realizados por los investigadores antes señalados; se determinó en vid, naranja y mandarina, que la aplicación foliar de extractos líquidos de *A. nodosum* incrementaron un 25, 11 y 22% respectivamente, pero sólo en los cultivos cítricos se obtuvieron diferencias estadísticas.

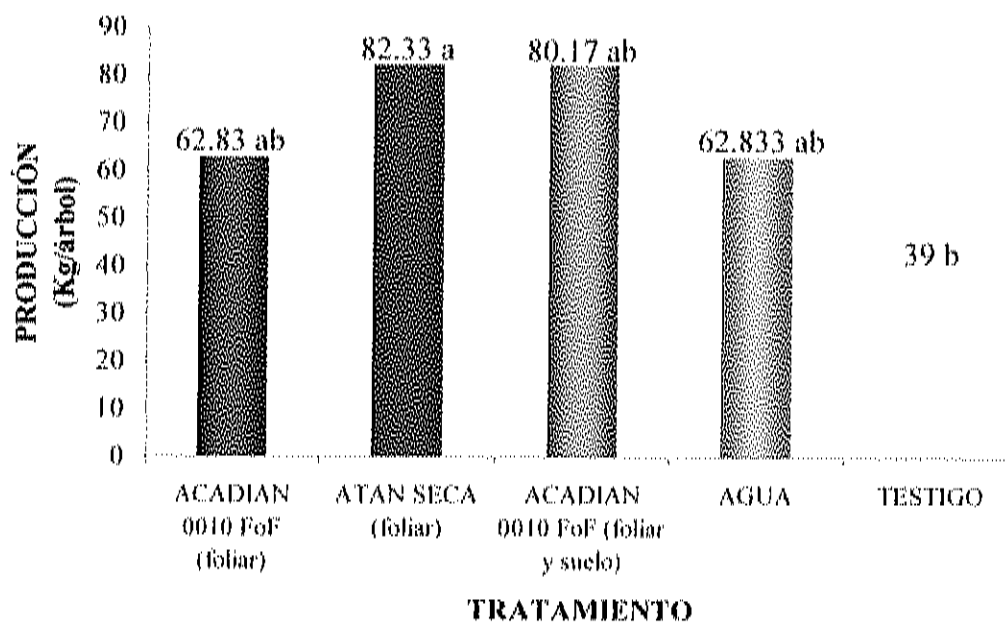


Figura 12. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en la producción de litchi 'Brewster'.

Calidad al Momento del Corte

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos como parte de la calidad al momento del corte. Dentro de las variables físicas se estudiaron el peso promedio de los frutos y el color. En las variables químicas se consideraron SST, AT y RBA.

Variables físicas. En el Cuadro 1 de la sección de anexos, se presenta el análisis de varianza efectuado para el peso promedio de los frutos en respuesta a la aplicación de los extractos. En dicho anexo se observa que no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Por ello se puede señalar que la aplicación de los extractos no afectó el

peso promedio de los frutos. Al igual que en este estudio, la aplicación de un extracto comercial elaborado a partir de *A. nodosum* en árboles de naranja cultivar Navelina, incrementó la producción sin afectar el peso de los frutos (Fornes *et al.* 2002). Los valores obtenidos en este estudio se presentan en el Cuadro 19, en dicho cuadro se puede observar que el peso determinado en los frutos fue desde 16.95 hasta 18.13 g, correspondientes al tratamiento testigo y a la aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF. Los valores determinados para el peso de los frutos son semejantes a lo obtenido por Galán-Saúco (2001), quien reporta un peso de 18.61 g en frutos de litchi cultivar Brewster.

Respecto al color, sólo en luminosidad (L), fueron detectadas diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 2 de Anexos). Sin embargo, los tratamientos con aplicación de los extractos no difirieron del testigo, pero visualmente se pudo notar que en los tratamientos 2 y 3, correspondientes a la aplicación foliar de ATAN SECA y a la aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF tenían frutos con un color más intenso, esto podría relacionarse con que estos tratamientos tuvieron los menores valores en luminosidad, 37.86 y 37.26 respectivamente (Cuadro 19). Rivera *et al.* (1999), determinan que frutos de litchi cultivar 'Brewster' se oscurecen en las etapas finales de la maduración, por lo que se podría establecer que la aplicación de los extractos adelantó la maduración de los frutos.

En el caso del ángulo de matiz (Hue) y cromaticidad (C), no se tuvo diferencia estadística entre los tratamientos y el resultado del análisis de varianza realizado para cada uno se presenta en los Cuadros 3 y 4 de la sección de Anexos, respectivamente. Los

valores obtenidos en cada tratamiento, se muestran en el Cuadro 19 y se representan en el círculo de color de la Figura 13. En esta figura puede se puede notar que el color de los frutos de los tratamientos testigo y aplicación foliar de agua estuvieron más cercanos a la región del tono amarillo, con Hue = 28.6 y 30.09, respectivamente, percibiéndose como menos rojos. El tratamiento de aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010FoF fue el que tuvo el menor valor de Hue = 26.55. El valor de Hue encontrado en el presente estudio es similar a lo reportado por Dávila (2005), quien reporta un valor de Hue = 28.06 en frutos de litchi cultivar Brewster. Además, la pureza del color medida por la cromaticidad fue mayor en los tratamientos con aplicación de los extractos que el testigo y la aplicación de agua. Los tratamientos con mayor valor de cromaticidad fueron ATAN SECA y la aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF con 43.32 y 43.35 respectivamente. El menor valor fue reportado por el tratamiento testigo y fue de 42.49. Este último es cercano al valor que puede calcularse de los datos reportados por Dávila *et al.* (2005), quien encontró que frutos de litchi cultivar Brewster tenían un valor de a y b de 36.4 y 19.4, lo que da un valor de cromaticidad de 41.25.

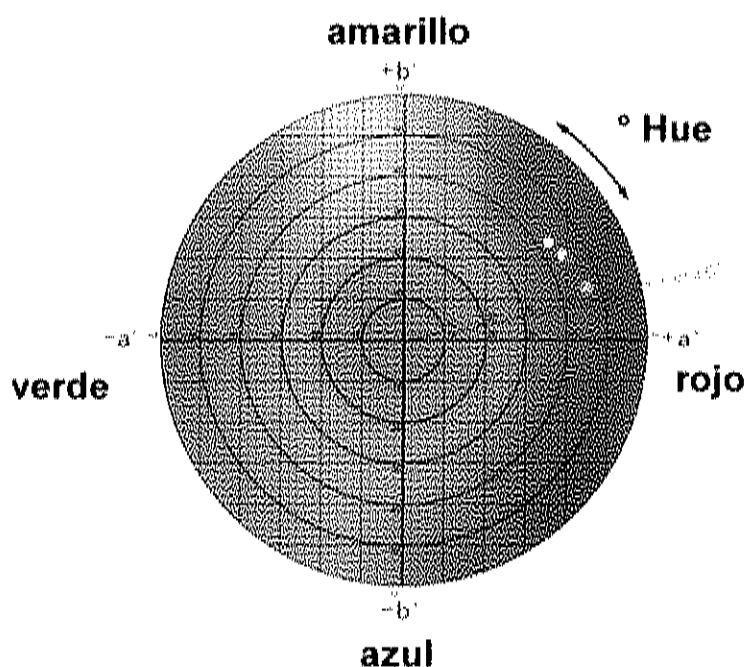


Figura 13. Representación en el círculo de color de los valores de ángulo de matiz y cromaticidad de frutos de árboles de litchi 'Brewster' aplicados quincenalmente con extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

- * Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF, Aplicación foliar de ATAN SECA,
- * Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF, * Aplicación foliar de agua y Testigo.

Variables químicas. De acuerdo con el análisis de varianza presentado en el Cuadro 5 de Anexos, la aplicación de los tratamientos no afectó el contenido de sólidos solubles totales (SST). El promedio de los SST en cada uno de los tratamientos se muestra en el Cuadro 19. En dicho cuadro se observa la tendencia general de los frutos con aplicación de los extractos a tener mayores valores de SST (18.47-18.6 °Brix) que el tratamiento testigo (18.2 °Brix) y el de aplicación foliar de agua (18.13 °Brix). Los SST determinados en este estudio son semejantes a lo reportado por Galán-Saúco (2001) y

en este estudio son semejantes a lo reportado por Galán-Saúco (2001) y Rivera *et al.* (1999), en el cultivar Brewster. El primer autor reporta 18.2 °Bx y el segundo 18.6° Bx.

La aplicación de los extractos bajo las condiciones de este estudio no afectó la acidez titulable (AT), de acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 6 de Anexos). La AT determinada en cada uno de los tratamientos se presenta en el Cuadro 19. Los valores obtenidos en los tratamientos con aplicación de extractos fueron desde 0.21 a 0.27%, siendo el menor valor correspondiente a la aplicación de ATAN SECA. Por otro lado, el mayor valor lo tuvieron los frutos del tratamiento con aplicación de agua, (0.29%). Los valores reportados en esta investigación concuerdan con los de Rivera *et al.* (1999) quienes mencionan que, litchi cultivar Brewster posee una AT de 0.23 % (ácido málico) una semana antes de que los frutos adquieran un color rojo oscuro. El descenso en la AT conforme avanza el desarrollo de los frutos ha sido reportado (Paull *et al.*, 1987; Rivera *et al.*, 1999), por lo que podríamos relacionar la menor AT obtenida en los frutos con aplicación foliar de ATAN SECA a una mayor madurez.

En la relación brix:acidez (RBA), la cual es importante como estándar de madurez tampoco se tuvo efecto por la aplicación de los extractos de acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 7 de Anexos). La RBA encontrada en cada uno de los tratamientos concuerda con la que se obtiene de los datos de SST y AT reportados por Rivera *et al.* (1999), esto es 80.87. Esta RBA, es alta al compararla con el estándar de madurez de entre 30 y 40 propuesto por Underhill y Wong (1990). Sin embargo, estos autores en este mismo estudio señalan que la RBA varía regionalmente para algunos cultivares.

Cuadro 19. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en variables físicas y químicas de la calidad de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Peso (g)	Color			Sólidos solubles *	Acidez titulable **	Relación brix:acidez (RBA)
		L	Hue	Cromaticidad			
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF	17.00 ^a	39.31 ^{ab}	27.75 ^a	42.50 ^a	18.47 ^a	0.25 ^a	77.56 ^a
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	17.69 ^a	37.86 ^b	26.72 ^a	43.32 ^a	18.40 ^a	0.21 ^a	92.73 ^b
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF	18.13 ^a	37.26 ^b	26.55 ^a	43.45 ^a	18.60 ^a	0.27 ^a	85.91 ^a
4. Aplicación foliar de agua	17.48 ^a	41.25 ^a	30.09 ^a	42.84 ^a	18.13 ^a	0.29 ^a	64.37 ^a
5. Testigo	16.95 ^a	39.63 ^{ab}	28.60 ^a	42.49 ^a	18.2 ^a	0.27 ^a	73.02 ^a

* Expresados en °Brix.

** Expresada como % ácido málico.

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, P=0.05)

Calidad Poscosecha

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos durante la evaluación del efecto de la aplicación de los extractos en la calidad poscosecha. Las variables evaluadas se presentan en el siguiente orden: variables físicas, químicas, contenido proximal, mineral y vitamina C total.

Variables físicas. De acuerdo con el análisis de varianza presentado en los Cuadros 8, 9 y 10 de Anexos para cada una de las componentes de color (L, °Hue y C) respectivamente, la aplicación de los extractos no interfirió con el proceso de fumigación con SO₂ y la inmersión en ácido cítrico. Al final del almacenamiento a 2 °C los frutos de todos los tratamientos recuperaron el color característico (Figura 14).

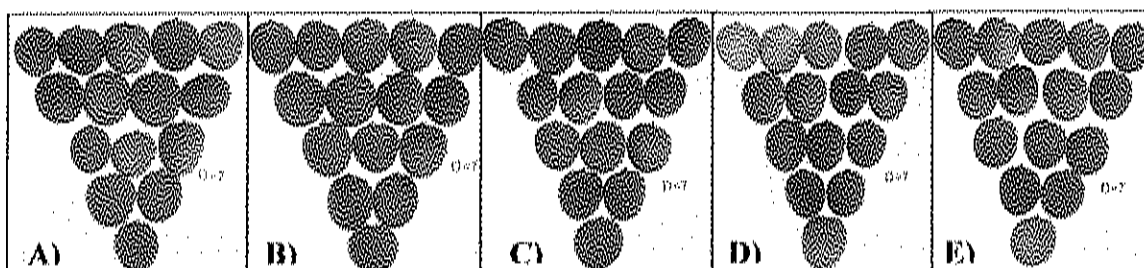


Figura 14. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* en litchi 'Brewster' sobre el color de los frutos tratados con dióxido de azufre y ácido cítrico y mantenidos 7 días a 2 °C. A) Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF, B) Aplicación foliar de ATAN SECA, C) Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF, D) Aplicación foliar de agua y E) Testigo.

Aunque estadísticamente no se tuvo diferencia entre los tratamientos, visualmente los frutos más pálidos o con mayor valor de luminosidad fueron los del tratamiento con aplicación de agua y testigo. Los frutos de los tratamientos con aplicación de los extractos ATAN SECA y aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF fueron visualmente más atractivos, ya que el color de ellos fue más intenso (Figura 14). Los cambios en la luminosidad durante el almacenamiento de los frutos fueron similares en todos los tratamientos. El comportamiento de la luminosidad como promedio de todos los tratamientos se muestra en la Figura 15. La luminosidad se redujo significativamente después del primer día de almacenamiento a 2°C hasta el día 6 de evaluación. El valor inicial de la luminosidad fue de 61.58, posteriormente se redujo hasta 43.43 y en los días posteriores se mantuvo constante hasta el último día de almacenamiento a 2°C donde el valor final fue de 39.83.

La disminución de la luminosidad en frutos de litchi cultivar Brewster tratados con SO₂, sumergidos posteriormente en ácido cítrico y almacenados a 2°C en bolsas de papel ha sido reportada por Dávila (2005). Este autor determinó un valor inicial en

luminosidad de 58.7 y después de 7 días de almacenamiento a 2°C de 38.1. En nuestro estudio al igual que en el de Dávila (2005), se observó un descenso en la luminosidad de los frutos.

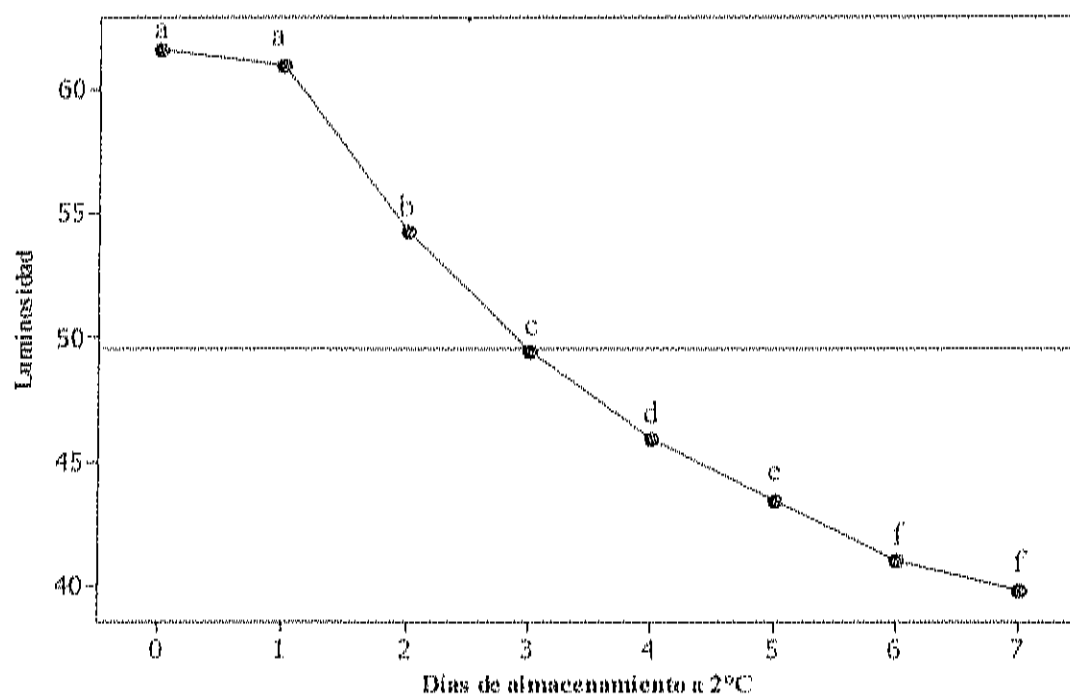


Figura 15. Comportamiento de la luminosidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

El ángulo de matiz (Hue) tuvo cambios significativos a partir del primer día de almacenamiento a 2°C hasta mantenerse constante al quinto día de evaluación (Figura 16). El valor inicial de Hue promedio para todos los tratamientos fue de 57.47, de acuerdo al círculo de color en la notación Lab, corresponde a la región de amarillo. Al día 7 de almacenamiento a 2°C los frutos de todos los tratamientos recuperaron el color rojo característico de litchi, teniendo un valor final promedio de 23.07. Al igual que en

el presente estudio, la reducción en el ángulo de matiz en frutos de litchi cultivar Brewster tratados con SO_2 , sumergidos enseguida en ácido cítrico y mantenidos en bolsas de papel a 2°C ha sido reportada por Dávila (2005). Dicho autor reporta que los frutos tuvieron un valor inicial de luminosidad de 58.7 y después de 7 días del almacenamiento a 2°C , la luminosidad se redujo a 38.1.

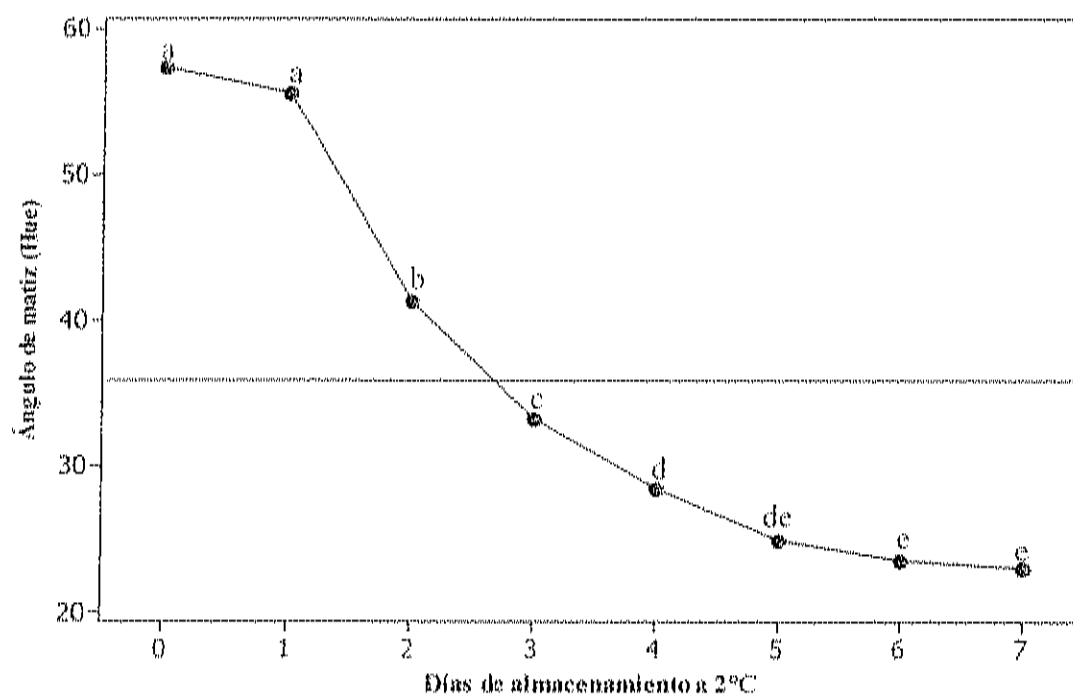


Figura 16. Comportamiento del ángulo de matiz (Hue) de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

La cromaticidad que indica la pureza de color, tuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos durante su almacenamiento a 2°C. Los promedios de la cromaticidad de todos los tratamientos a través del almacenamiento a 2 °C se muestran en la Figura 17. Este componente del color incrementó su valor de manera significativa hasta el tercer día de almacenamiento y a partir de ahí se mantuvo casi constante. El valor inicial de la cromaticidad fue de 35.43 y su valor al final del almacenamiento a 2°C fue de 40.26. Incremento en la cromaticidad de frutos de litchi cultivar Brewster mantenidos en bolsas de papel durante 7 días a 2°C ha sido reportado (Dávila, 2005).

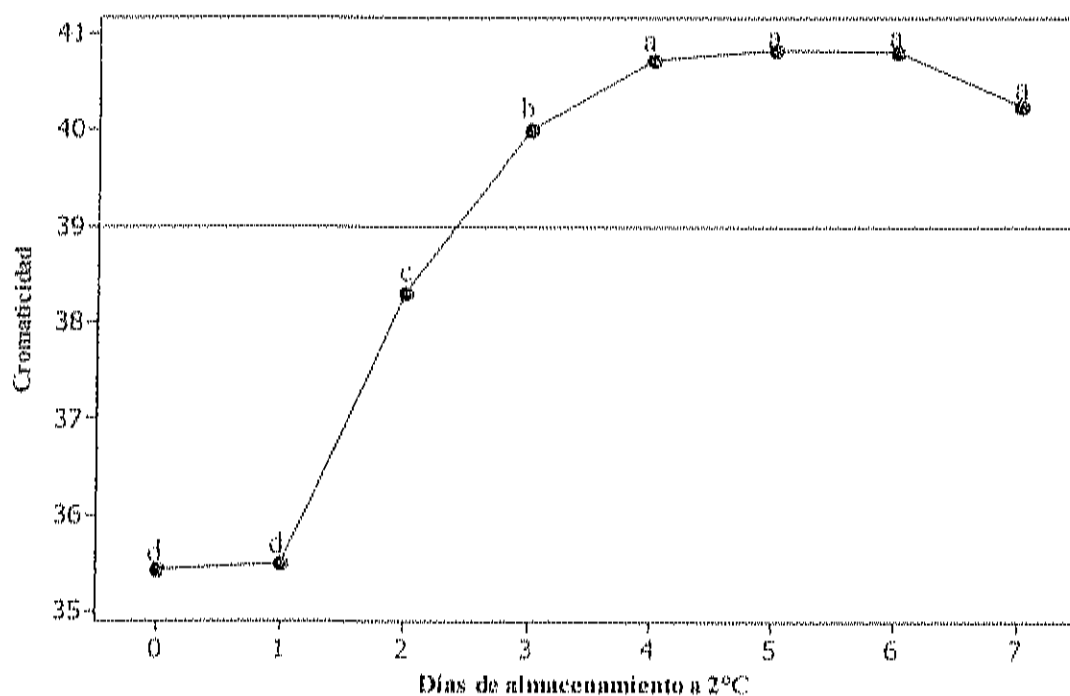


Figura 17. Comportamiento de la cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

La aplicación de los extractos no influyó en la pérdida de peso acumulada, de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 11 de Anexos). El perfil de la pérdida de peso acumulada en todos los tratamientos fue similar, siendo significativa durante todos los días de evaluación. Al final del período de evaluación los frutos registraron en promedio una pérdida del 11.12% de su peso inicial (Figura 18).

Los frutos de litchi pierden de hasta 11% de peso durante el primer día de almacenamiento a temperatura ambiente (Shi *et al.*, 2001). En nuestro estudio esta misma pérdida de peso se obtuvo al final del período de almacenamiento a 2° C, Donde además de haberlos mantenidos a baja temperatura, fueron colocados dentro de bolsas de papel con perforaciones. El uso de baja temperatura durante el almacenamiento de litchi ha demostrado extender la vida de anaquel, reduciendo la pérdida de peso al compararla con el almacenamiento a condiciones ambientales.

Sánchez (1998), determinó que la pérdida de peso en frutos de litchi 'Brewster' mantenidos en cajas de cartón corrugado de 2 a 4 °C fue superior a 6%. Dávila (2005), determinó una pérdida de peso de 2.13% en frutos de litchi 'Brewster' fumigados con SO₂ posteriormente sumergidos en ácido cítrico y mantenidos en bolsas de plástico a 2°C. La pérdida de peso reportada en este estudio es mayor a lo reportado por los autores antes mencionados, poniendo de manifiesto la conveniencia del uso de los empaques y la baja temperatura evaluados en las investigaciones anteriormente señaladas.

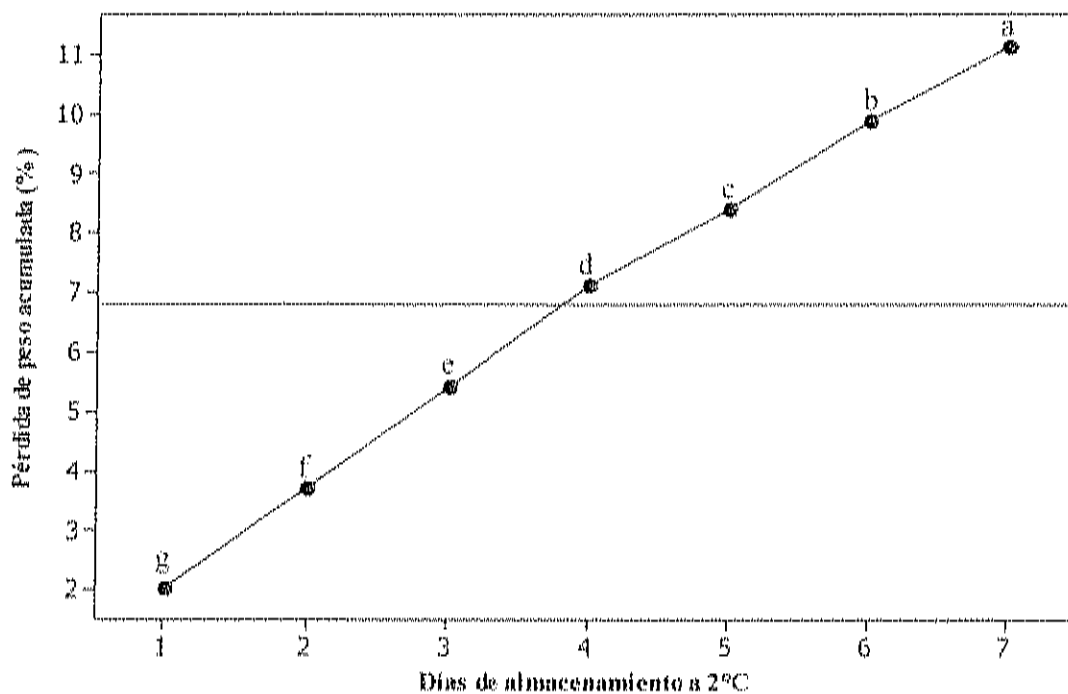


Figura 18. Comportamiento de la pérdida de peso acumulada de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

VARIABLES QUÍMICAS. El contenido de sólidos solubles totales no se afectó por la aplicación de los extractos y no tuvo cambios significativos a través del tiempo, tal como se muestra en su análisis de varianza (Cuadro 12 de Anexos). En general, el contenido de sólidos solubles totales disminuyó ligeramente durante el almacenamiento a 2°C (Figura 19), éste comportamiento también ha sido reportado para frutos de litchi cultivar Brewster mantenidos en bolsas de papel a 2°C (Paull y Chen, 1987).

Al igual que en el presente estudio Sánchez (1998), reporta descenso en los SST en frutos de litchi 'Brewster' mantenidos en cartones corrugados de 2 a 4 °C. Dicho autor determina que al inicio del almacenamiento los SST tuvieron un valor de 18 °Brix y que 8 días después un valor de 17.5 °Brix. Wara *et al.* (1990), también reportan descenso en los SST de frutos de litchi cultivar Bengal mantenidos a 5 °C, el valor inicial fue de 16.5 °Brix y después de 8 días de almacenamiento de aproximadamente 15 °Brix.

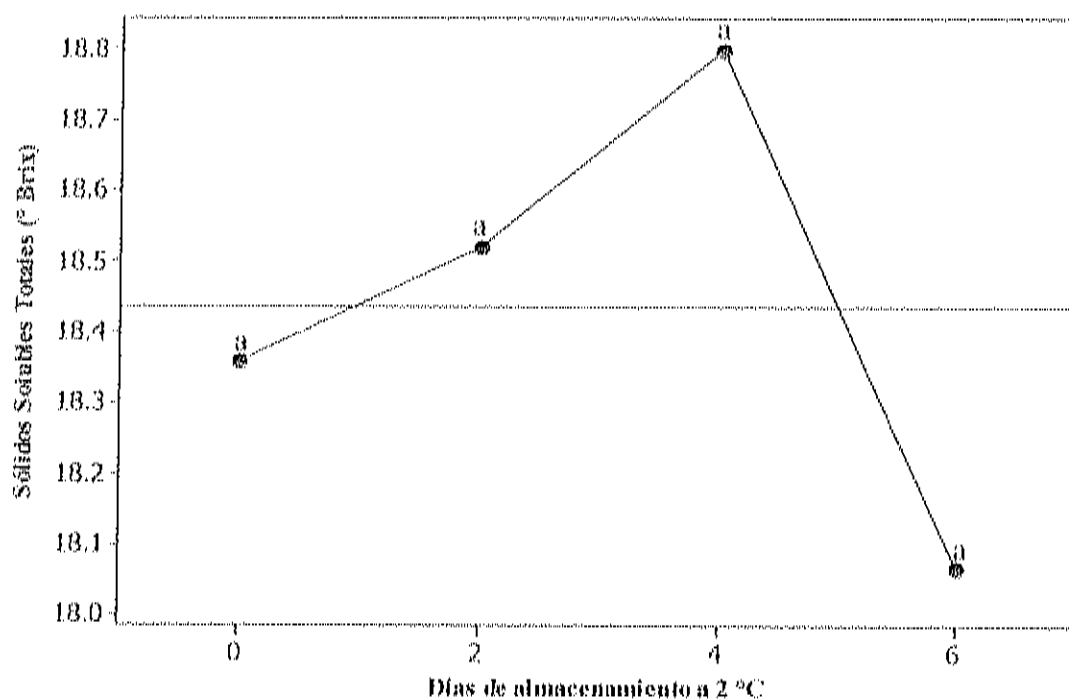


Figura 19. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1. Los datos son las medias de los tratamientos.

los tratamientos. La AT disminuyó significativamente de manera general través del tiempo (Figura 20). El valor de la AT al inicio del almacenamiento de los frutos fue cercano a 0.26% y en el último día de evaluación se tuvo una acidez de 0.19%. De la misma manera que en el presente estudio, ligera reducción en la AT de frutos de litchi 'Brewster' mantenidas en bolsas de papel a 2°C ha sido reportada (Paul y Chen, 1987). También ligero descenso en la AT en frutos de litchi 'Bengal' mantenidas a 5°C ha sido reportado (Wara *et al.*, 1990)

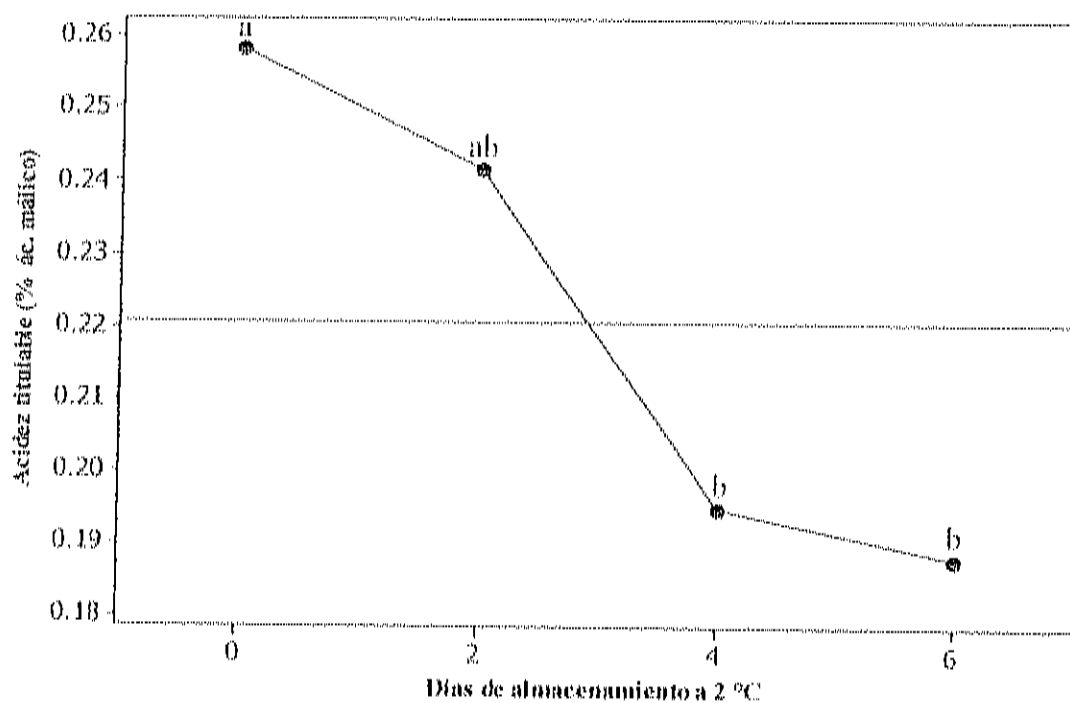


Figura 20. Comportamiento de la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

La relación brix acidez (RBA) aumentó significativamente a través del tiempo (Cuadro 14 de Anexos), teniendo el mismo comportamiento en todos los tratamientos.

El promedio de la RBA de todos los tratamientos durante el almacenamiento a 2 °C se presenta en la Figura 21. Esto se debió a que el descenso en la acidez fue mayor que aquel que tuvo el contenido de sólidos solubles totales.

Al igual que en el presente estudio Cota (2000), reporta incremento en la relación brjx:acidez en frutos de litchi cultivar 'Brewster' durante a su almacenamiento a 2 °C.

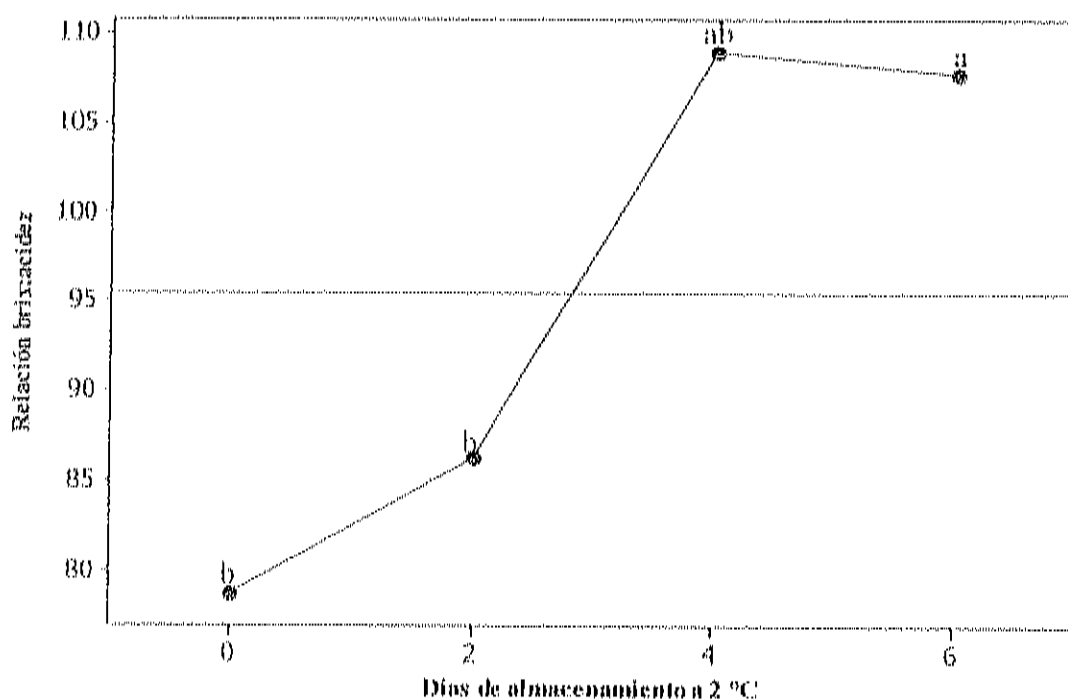


Figura 21. Comportamiento de la relación brjx:acidez de frutos de litchi 'Brewster' en su almacenamiento a 2°C durante el experimento 1. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Contenido proximal. La aplicación de los extractos no afectó significativamente el contenido proximal en todos sus componentes (humedad, cenizas, proteína, fibra bruta,

grasa, carbohidratos), tal como resultó del análisis de varianza para cada uno de ellos mostrado en los Cuadros 15 al 20 de Anexos. Los valores promedio obtenidos para cada uno de los tratamientos se muestran en el Cuadro 20. En general estos datos concuerdan con lo reportado por Holcroft y Mitcham, (1996) y el registro nutricional para estándares de referencia de la USDA en su documento 17. Aunque en ambas referencias no se hace alusión del cultivar al que corresponden dichos datos.

Cuadro 20. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en el contenido proximal de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Proximales					
	(g/100 g porción comestible en base húmeda)					
	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra bruta
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF	82.96 ^a	0.43 ^a	0.76 ^a	0.06 ^a	15.67 ^a	0.12 ^a
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	82.49 ^a	0.45 ^a	0.69 ^a	0.04 ^a	16.23 ^a	0.10 ^a
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF	84.76 ^a	0.35 ^a	0.73 ^a	0.05 ^a	13.98 ^a	0.13 ^a
4. Aplicación foliar de agua	84.63 ^a	0.57 ^a	0.72 ^a	0.08 ^a	13.87 ^a	0.13 ^a
5. Testigo	84.52 ^a	0.36 ^a	0.63 ^a	0.06 ^a	14.33 ^a	0.09 ^a

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, P=0.05)

Contenido mineral. El contenido de la pulpa de los frutos no se modificó significativamente, tal como puede observarse en el análisis de varianza efectuado para cada uno de los elementos evaluados (Cuadros 21 al 29 de Anexos). El contenido mineral de los frutos encontrado en esta investigación se presenta en el Cuadro 21. En general, los datos encontrados en este estudio concuerdan con el registro nutricional para estándares de referencia de la USDA en su documento 17.

Cuadro 21. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de partículas en el contenido mineral de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Minerales									
	(mg/100 g porción comestible en base húmeda)									
	Cu	Fe	Mg	P	K	Na	Zn	Cu	Mn	
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FolF	8.98 ^a	0.40 ^a	13.07 ^a	23.66 ^a	136.86 ^a	5.67 ^a	0.21 ^a	0.127 ^a	0.028 ^a	
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	9.28 ^a	0.39 ^a	14.17 ^a	22.92 ^a	144.05 ^a	4.36 ^a	0.19 ^a	0.117 ^a	0.030 ^a	
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FolF	10.74 ^a	0.56 ^a	12.41 ^a	22.46 ^a	124.61 ^a	5.51 ^a	0.21 ^a	0.133 ^a	0.033 ^a	
4. Aplicación foliar de agua	9.30 ^a	0.40 ^a	12.03 ^a	22.60 ^a	139.31 ^a	4.79 ^a	0.19 ^a	0.120 ^a	0.025 ^a	
5. Testigo	9.65 ^a	0.53 ^a	11.20 ^a	21.05 ^a	117.98 ^a	4.81 ^a	0.23 ^a	0.120 ^a	0.029 ^a	

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, P=0.05)

Contenido de vitamina C total. Esta variable no se modificó por efecto de la aplicación de los extractos de acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 30 de Anexos). Los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos se muestran en el Cuadro 22. Aunque no se detectaron diferencias estadísticas, en general los tratamientos con aplicación de extractos tendieron a incrementar el contenido de vitamina C total. Los valores en los extractos fueron de 96.83 a 100.72 mg/100g de arilo, mientras que el testigo tuvo 92.32 mg/100g de arilo. Paull y Chen (1987), reportan que frutos de litchi 'Brewster' mantenidos en bolsas de papel 8 días a 2 °C tienen un contenido de ácido ascórbico de 40 mg /100 g de arilo. Lo anterior es muy inferior a lo encontrado en la presente investigación, sin embargo, el método empleado para su determinación es diferente de la utilizada en la presente investigación. Paull y Chen utilizaron titulación y en este estudio se utilizó cromatografía de líquidos de alta resolución.

Cuadro 22. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en el contenido de vitamina C total de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Vitamina C total (mg/100g porción comestible)
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF	97.40 ^a
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	100.72 ^a
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF	96.83 ^a
4. Aplicación foliar de agua	98.77 ^a
5. Testigo	92.32 ^a

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, P=0.05)

Experimento 2. Aplicación mensual de los extractos a partir de la emergencia de panículas

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante el experimento 2 en el cual se evaluó el efecto de cinco aplicaciones mensuales de los extractos, hechas a partir de la emergencia de panículas, en la nutrición foliar, el amarre de frutos, la producción, la calidad al momento del corte y la calidad poscosecha.

Nutrición Foliar

La concentración y el comportamiento de los elementos evaluados en este experimento fue similar a lo determinado en el experimento 1. Los resultados del análisis de varianza y el comportamiento de cada uno de los elementos se muestran en los Cuadros 31 al 41 y de las Figuras 1 a la 11 de Anexos. En general, el comportamiento de los elementos fue semejante a lo reportado por Menzel *et al.* (2002a), y Menzel (2005). Encontrando que los elementos nitrógeno y potasio disminuyeron su concentración foliar a partir de la floración hasta alcanzar sus mínimos valores en las etapas de desarrollo inicial de frutos y la maduración de los mismos. Los elementos calcio, magnesio, cobre, fierro, manganeso y zinc, se incrementaron después de la floración hasta la maduración de los frutos. El boro y el sodio presentaron un comportamiento similar a lo reportado por Menzel *et al.* (1992 a) sin embargo la concentración de ambos

fue ampliamente mayor a lo determinado por esos autores, aunque no se observaron los síntomas de toxicidad descritos por Menzel (2005).

Amarre de Frutos

El análisis de varianza mostró que no existe diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro 42 de Anexos). La aplicación mensual de los extractos no tuvo efecto en el amarre de frutos. En el Cuadro 23 se presentan los resultados obtenidos para el amarre de frutos durante este experimento.

Cuadro 23. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en el amarre de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	% Amarre de frutos
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 Fol	15.98 ^a
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	15.23 ^a
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 Fol	16.10 ^a
4. Testigo	17.82 ^a

Letras distintas, significa diferencia estadística (Tukey, P=0.05).

A pesar de que se ha reportado que la aplicación de extractos de *A. nodosum* incrementan el amarre de frutos en frutos de naranja cultivar Navelina (Fornes *et al.*, 2002), en este estudio no ocurrió. La abscisión de la mayor parte de los frutos ocurre durante el primer mes después de la polinización (Stern y Gazit, 2000), por lo que quizá sean necesarias aplicaciones más frecuentes durante ese período.

Producción

La aplicación mensual de los extractos bajo las condiciones de este experimento no tuvo efecto en la producción, tal como resultó del análisis de varianza presentado en el Cuadro 43 de Anexos. La producción para cada uno de los tratamientos se encuentra representada en la Figura 22.

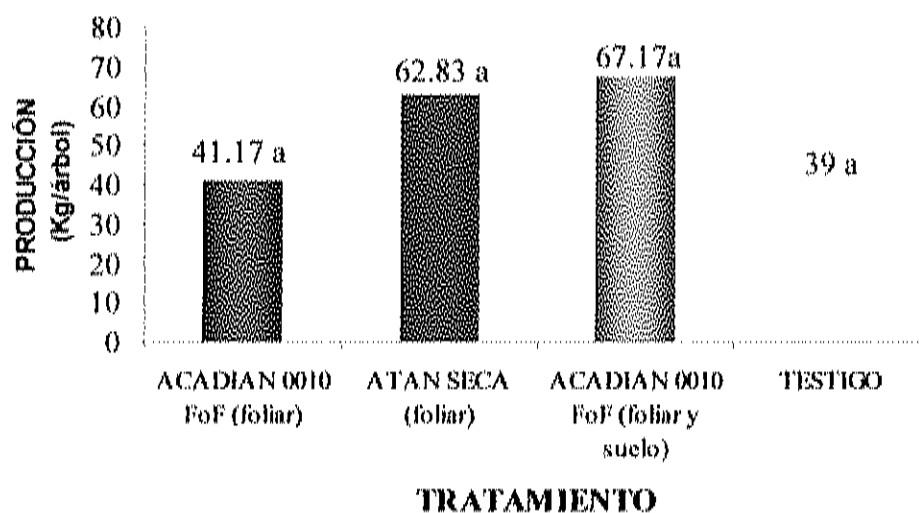


Figura 22. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en la producción de litchi 'Brewster'.

A pesar de que no se tuvo diferencia estadística entre los tratamientos, se observa la tendencia de los tratamientos con aplicación de extractos a incrementar la producción. Lo anterior es más evidente para la aplicación de ATAN SECA y la aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF. En dichos tratamientos la diferencia en producción (Kg/árbol) es de 23.83 y 28.17 respectivamente. De acuerdo con SIACON (2005), el precio promedio de litchi en el 2004 fue de \$17,493.90 / Ton en el estado de Sinaloa. Lo anterior representaría una entrada de \$492.80 por árbol considerando el incremento en

producción obtenido por la aplicación de ATAN SECA. Si además se toma en cuenta que por cada hectárea se tienen en promedio 100 árboles la entrada sería de \$49,820, adquiriendo importancia económica.

Para poder demostrar estadísticamente que la aplicación de los extractos incrementa la producción, sería conveniente incrementar el número de árboles en estudio.

Calidad al Momento del Corte

Se presentan y discuten a continuación los resultados obtenidos como parte de la evaluación de la calidad al momento del corte. Dentro de las variables físicas se estudiaron el peso promedio de los frutos y el color. Respecto con las variables químicas, se consideraron SST, AT y RBA.

Variables físicas. La aplicación de los extractos no afectó el peso de los frutos, tal como se observa en el análisis de varianza presentado en el Cuadro 44 de Anexos. Estos resultados son parecidos a los obtenidos en el primer experimento y también a lo reportado por Fomes *et al.* (2002), quienes señalan que la aplicación de un extracto comercial de *A. nodosum* en árboles de naranja cultivar Navelina, incrementó la producción sin afectar el peso de los frutos (Fomes *et al.* 2002). Los valores obtenidos en este estudio se presentan en el Cuadro 35, y estos son similares a lo reportado por Galán-Sauco (2001), quien establece que frutos de litchi cultivar Brewstercultivados en las Islas Canarias tienen un peso promedio de 18.61 g.

En la evaluación de color, sólo en la componente de luminosidad (L), fueron detectadas diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 45 de Anexos). Siendo la aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF el que tuvo los valores más bajos para luminosidad (36.16) y fue estadísticamente diferente del testigo (39.63) (Cuadro 24). A diferencia del primer experimento, en el presente la aplicación de ATAN SECA no modificó la luminosidad de los frutos, por lo que en este caso no podríamos relacionarlo con un adelanto en la maduración. Los valores determinados en luminosidad se consideran parecidos a lo encontrado por Dávila (2005), quien reporta un valor de 36.1 para frutos de litchi 'Brewster'.

Para el caso del ángulo de matiz (Hue) y cromaticidad (C), no se tuvo diferencia estadística entre los tratamientos y el resultado del análisis de varianza realizado para cada uno se presenta en los Cuadros 46 y 47 de Anexos, respectivamente. Los valores obtenidos para cada uno de los tratamientos, se muestran en el Cuadro 24. En Hue se puede observar que los tratamientos con aplicación de extractos tuvieron mayores valores (desde 25.87 hasta 28.20) que el testigo (28.60). El valor de Hue en el testigo lo marca como más cercano a la región del amarillo siendo más pálido que el color de los frutos de los tratamientos con los extractos. El valor en Hue determinado en este experimento es similar a lo reportado por Dávila (2005), quien determina un valor de 28.0 en frutos de litchi 'Brewster'. Respecto a la cromaticidad, los tratamientos con aplicación de los extractos tuvieron valores menores, lo que podría significar que el color de los frutos era menos puro comparado con el determinado en el testigo (42.49).

Este valor es cercano al que se puede obtener de los datos reportados por Dávila (2005), en donde la cromaticidad es 41.25.

Variables químicas. Los SST no se modificaron por efecto de la aplicación de los extractos, de acuerdo con el análisis de varianza presentado en el Cuadro 48 de Anexos. El promedio de los SST en cada uno de los tratamientos fue de 18.02 a 19.07 (Cuadro 24). Los SST determinados en este experimento fueron similares a los del experimento 1 y son semejantes a lo reportado por Galán-Saucó (2001) y Rivera *et al.* (1999), en litchi 'Brewster'. El primer autor reportó 18.2 °Brix y el segundo 18.6°Brix.

De acuerdo con el análisis de varianza, la aplicación de los extractos bajo las condiciones de este estudio no afectó la acidez titulable (AT), (Cuadro 49 de Anexos). La AT determinada en los tratamientos se muestra en el Cuadro 24. Los valores reportados en este experimento (0.23-0.30%) son similares a lo obtenido en el primer experimento y también son semejantes a los reportados por Rivera *et al.* (1999), quienes mencionan que, los frutos de litchi 'Brewster' poseen una AT de 0.23 % (ácido málico) una semana antes de que los frutos tengan un color rojo oscuro.

En la relación brix:acidez (RBA), tampoco se tuvo efecto por la aplicación de los extractos de acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 50 de Anexos). En el Cuadro 24 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la RBA de cada uno de los tratamientos. Aunque no hay diferencia estadística, se puede observar que en general los tratamientos con aplicación de los extractos tuvieron valores de RBA mayores (92.42-

108.76) que el determinado para el testigo (73.02). Este último valor es menor a lo que se obtiene de los datos de SST y AT reportados por Rivera *et al.* (1999), esto es 80.87.

Cuadro 24. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en variables físicas y químicas de la calidad de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Peso (g)	Color			Sólidos solubles*	Acidez titulable**	Relación brix:acidez (RBA)
		L	Hue	Cromaticidad			
1	16.15 ^a	37.38 ^{ab}	27.67 ^a	41.18 ^a	18.60 ^a	0.30 ^a	96.33 ^a
2	17.18 ^a	40.19 ^a	28.20 ^a	42.36 ^a	18.80 ^a	0.23 ^a	92.42 ^a
3	17.62 ^a	36.16 ^b	25.87 ^a	41.44 ^a	19.07 ^a	0.23 ^a	108.76 ^a
4	16.95 ^a	39.63 ^a	28.60 ^a	42.49 ^a	18.20 ^a	0.27 ^a	73.02 ^a

* Expresados en ° Bríx.

** Expresada como % ácido málico.

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, P=0.05)

Calidad Poscosecha

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos durante la evaluación del efecto de la aplicación de los extractos en la calidad poscosecha.

Variables físicas. El análisis de varianza efectuado para cada una de las componentes (L, °Hue y C) de color y presentado en los Cuadros 51 al 53 de Anexos, respectivamente, muestran que la aplicación de los extractos no interfirió con el proceso para retener el color. Al final del almacenamiento a 2 °C, los frutos de todos los tratamientos recuperaron el color característico (Figura 23).

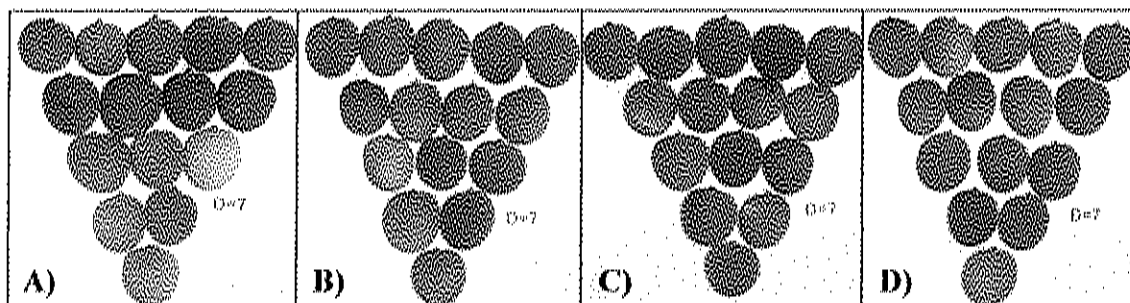


Figura 23. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* en litchi 'Brewster' sobre el color de los frutos tratados con dióxido de azufre y ácido cítrico y mantenidos 7 días a 2 °C. A) Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF, B) Aplicación foliar de ATAN SECA, C) Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF, D) Aplicación foliar de agua y E) Testigo.

Aunque estadísticamente no se encontraron diferencias en los tratamientos, la aplicación del extracto ACADIAN 0010 FoF tuvo frutos con color más atractivo al final del almacenamiento a 2 °C (Figura 24). Los frutos del tratamiento testigo fueron más pálidos al compararlos con los de la aplicación de los extractos.

El comportamiento de la luminosidad en los frutos fue similar en todos los tratamientos y fue semejante a lo observado en el experimento 1. En la Figura 24 se muestran los cambios en la luminosidad durante el almacenamiento de los frutos a 2 °C como promedio de todos los tratamientos. Los cambios en la luminosidad fueron significativos a partir del segundo día de almacenamiento. Después del sexto día, el valor se mantuvo constante. El valor inicial de luminosidad fue de 60.11 y el final de 38.85. Los valores anteriores son cercanos a los reportados por Dávila (2005), quien determina que frutos de litchi fumigados con SO₂, sumergidos en ácido cítrico y mantenidos en bolsas de papel durante 8 días a 2 °C, tienen valores de luminosidad de 58.7 y 38.1 al inicio y final respectivamente.

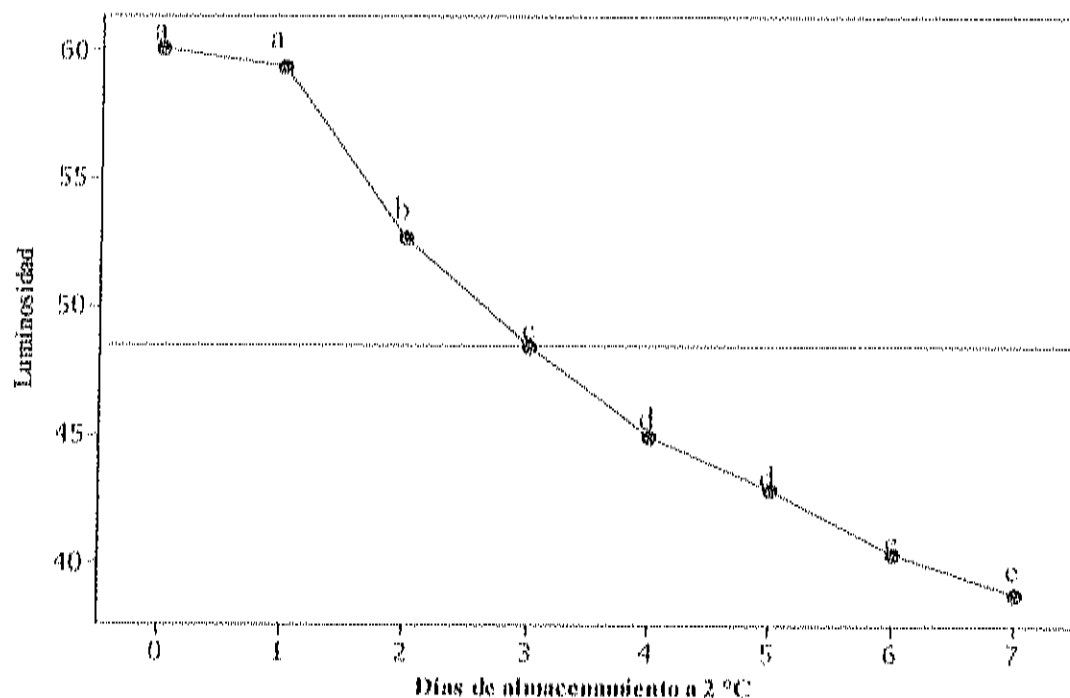


Figura 24. Comportamiento de la luminosidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Respecto del ángulo de matiz, los tratamientos exhibieron cambios similares durante el período de almacenamiento a 2°C y el promedio de ellos se muestra en la Figura 25. Este comportamiento se presentó en forma similar en el experimento 1. El ángulo de matiz disminuyó significativamente hasta el cuarto día de evaluación y de ahí en adelante, este se mantuvo casi constante. Los valores del ángulo de matiz determinados en esta experimento fueron al inicio de 55.38 y al final 22.27.

La tendencia a disminuir el valor del ángulo de matiz en frutos de litchi fumigados con SO_2 , después sumergidos en ácido cítrico y mantenidos en bolsas de papel a $2\text{ }^\circ\text{C}$ al igual que en este estudio ha sido reportada (Dávila, 2005).

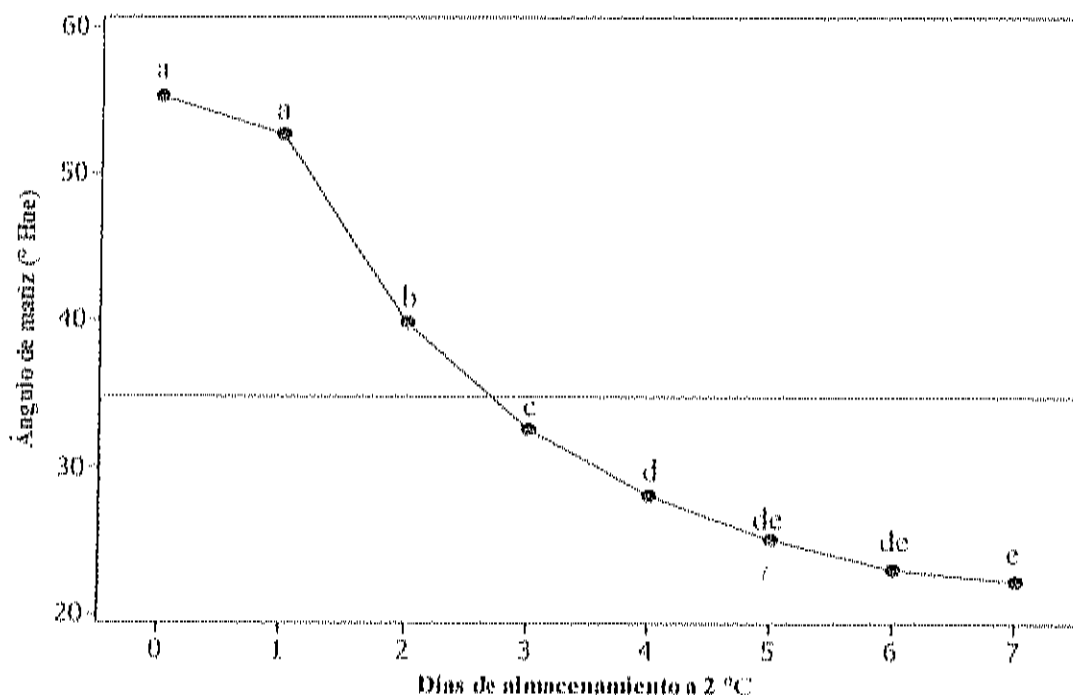


Figura 25. Comportamiento del ángulo de matiz de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a $2\text{ }^\circ\text{C}$ en el experimento 2. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Los cambios en la cromaticidad fueron similares entre los tratamientos y el promedio de ella en todos los tratamientos a lo largo del almacenamiento a $2\text{ }^\circ\text{C}$ se presenta en la Figura 26. El comportamiento de la cromaticidad de este experimento es semejante al determinado en el experimento 1. La cromaticidad se incrementó hasta el tercer día de almacenamiento a $2\text{ }^\circ\text{C}$ y de ahí en adelante se mantuvo casi constante. El valor inicial de la cromaticidad en este experimento fue de 35.95 y el valor final fue de

39.78. El comportamiento de la cromaticidad de este experimento concuerda con el determinado por Dávila (2005), en frutos de litchi 'Brewster' sometidos al mismo proceso para retener color y a las mismas condiciones de almacenamiento.

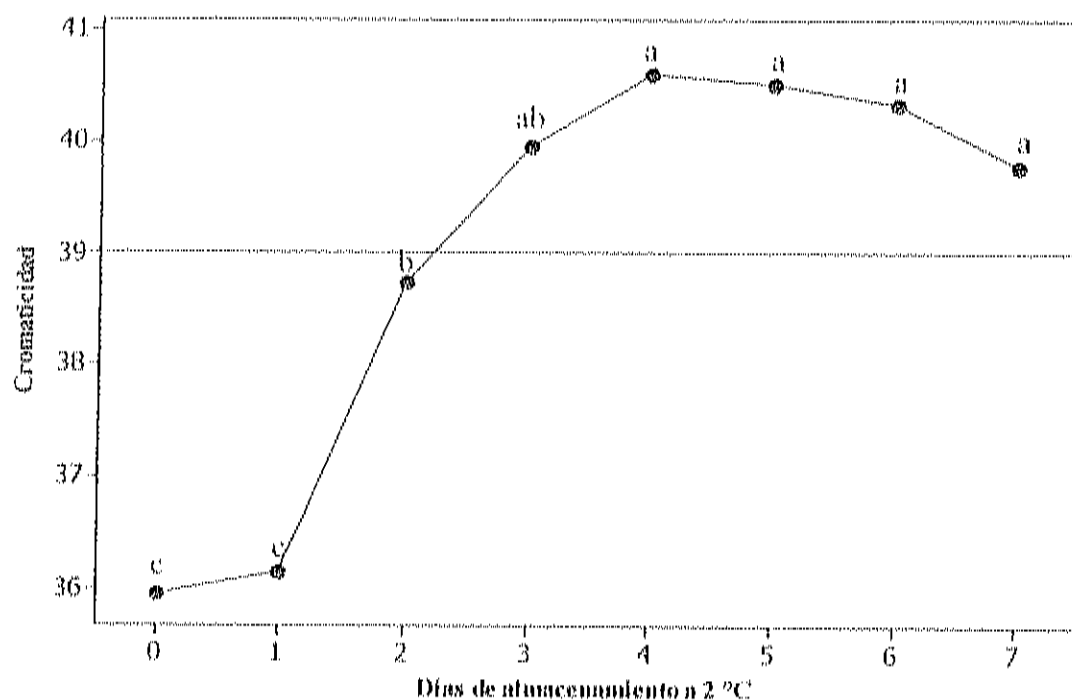


Figura 26. Comportamiento de la cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

La aplicación de los extractos no modificó la pérdida de peso acumulada, de acuerdo con el análisis de varianza presentado en el Cuadro 54 de Anexos. El comportamiento observado en todos los tratamientos fue similar (Figura 27) y fue semejante también a lo obtenido en el primer experimento. Al término del almacenamiento a 2°C los frutos en promedio perdieron 11.86% de su peso inicial. Dicho valor es superior a lo determinado por Sánchez (1998), quien determinó que

Frutos de litchi 'Brewster' mantenidos en cajas de cartón corrugados de 2 a 4 °C pierden alrededor de 6% de su peso inicial.

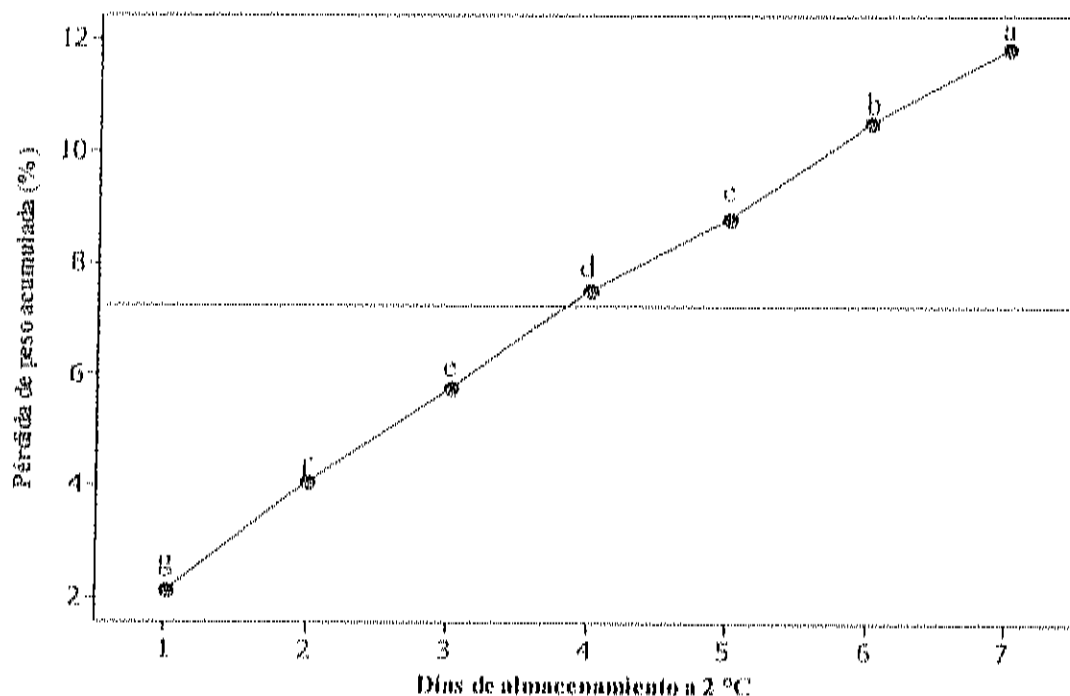


Figura 27. Comportamiento de la pérdida de peso acumulada de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Variabes químicas. El contenido de sólidos solubles totales (SST) no se afectó por la aplicación de los extractos. Pero a diferencia del experimento 1 si tuvo cambios significativos a través del tiempo, tal como se muestra en su análisis de varianza (Cuadro 55 de Anexos). En general, el contenido de SST tuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos. Los cambios en los SST como promedio de todos los tratamientos se muestran en la Figura 28. El valor inicial de los SST fue de 18.67 °Brix,

posteriormente se redujo a 17.62 °Brix. Este comportamiento también ha sido reportado en frutos de litchi 'Brewster' mantenidos en bolsas de papel a 2°C (Paull y Chen, 1987).

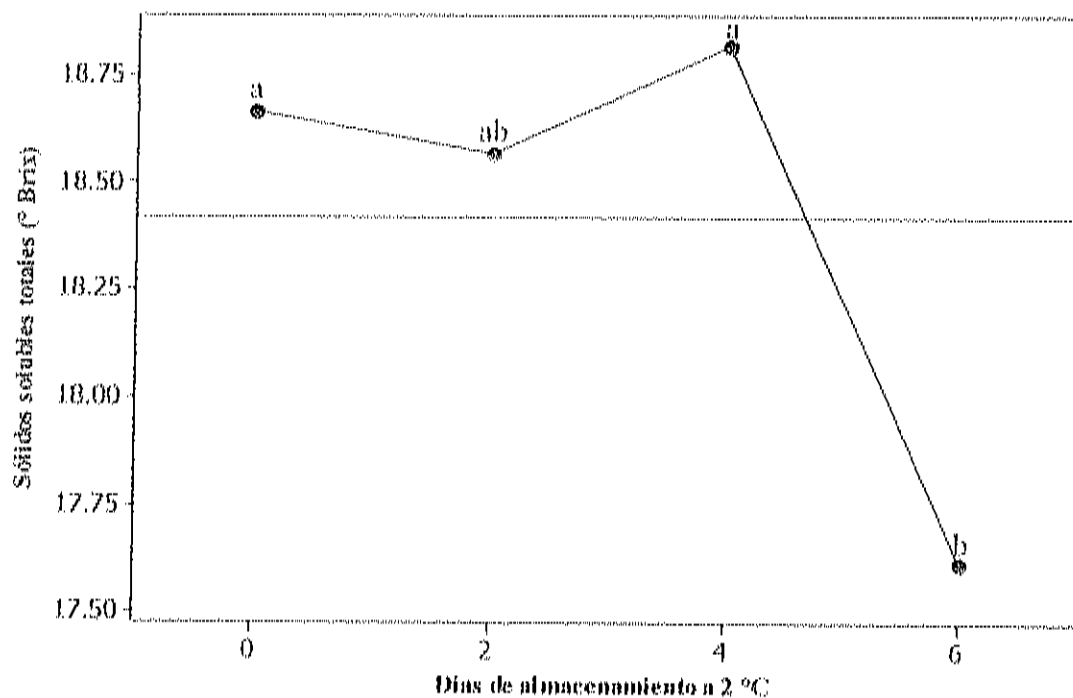


Figura 28. Comportamiento de los sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

La acidez titulable (AT) no tuvo modificaciones por efecto de la aplicación de los extractos y tampoco en el tiempo, de acuerdo con el análisis de varianza, (Cuadro 56 de Anexos). Los cambios en la AT como promedio de todos los tratamientos durante el almacenamiento a 2 °C se muestran en la Figura 29. Un descenso en la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' colocados en bolsas de papel a 2°C ha sido reportado (Paul y Chen, 1987). Sin embargo, también ha sido determinado que esta variable de calidad no cambia considerablemente durante el almacenamiento a baja temperatura de frutos de litchi cultivar Bengal (Warn *et al.*, 1990) y Brewster (Sánchez, 1998).

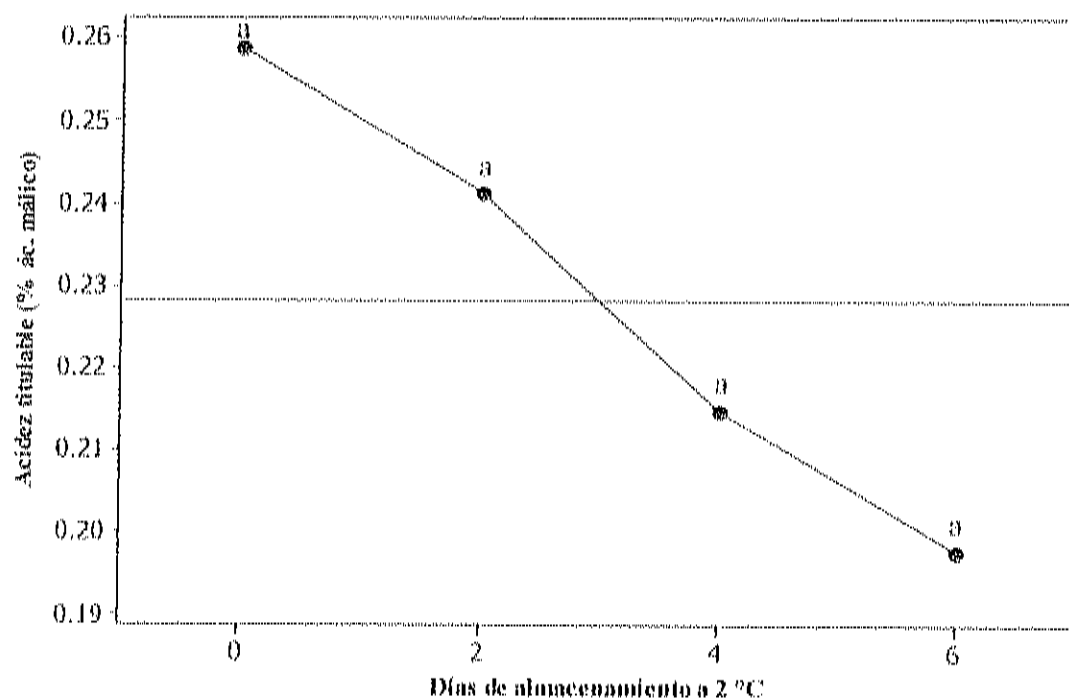


Figura 29. Comportamiento de la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

La relación bríx: acidez (RBA) no se modificó por la aplicación de los tratamientos, tal como se observa en el análisis de varianza (Cuadro 57 de Anexos). Ésta tuvo una evolución semejante en todos los tratamientos incrementándose a través del tiempo, aunque estos cambios no fueron significativos (Figura 30). El comportamiento de la RBA obtenido en este experimento fue similar al del experimento 1. El incremento en la RBA en frutos de litchi mantenidos a 2 °C ha sido reportado (Cota, 2000).

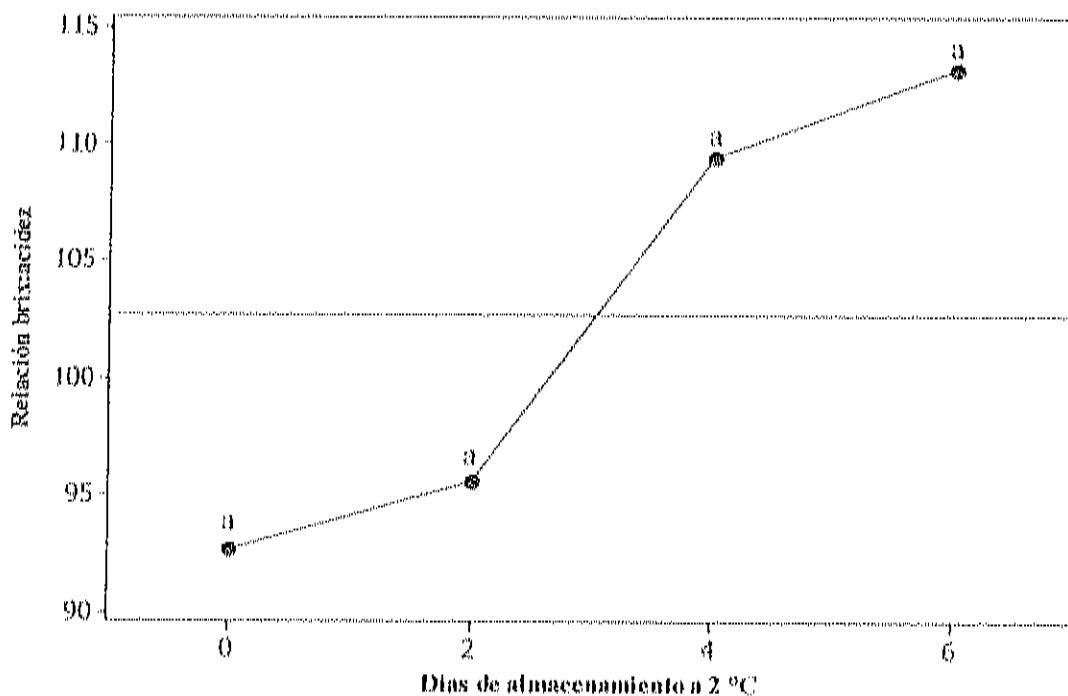


Figura 30. Comportamiento de la relación bríx:acidez de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Contenido proximal. La aplicación de los extractos no modificó de manera significativa el contenido proximal (humedad, cenizas, proteína, fibra bruta, grasa, carbohidratos), tal

como se observa en el análisis de varianza para cada uno de ellos mostrado en el Anexo 45. Los valores promedio obtenidos para los tratamientos se muestran en el Cuadro 25. En general estos datos son semejantes con lo reportado por Holcroft y Mitcham (1996), y el registro nutricional para estándares de referencia de la USDA en su documento 17. Aunque en las dos referencias no se precisa el cultivar al que corresponden los datos.

Cuadro 25. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas en el contenido proximal de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Proximales (g/100 g porción comestible en base húmeda)					
	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra bruta
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF	83.47 ^a	0.38 ^a	0.64 ^a	0.06 ^{ab}	15.33 ^a	0.14 ^a
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	84.20 ^a	0.40 ^a	0.61 ^a	0.04 ^{ab}	14.64 ^a	0.10 ^a
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF	83.01 ^a	0.38 ^a	0.63 ^a	0.05 ^b	15.85 ^a	0.11 ^a
4. Testigo	84.52 ^a	0.36 ^a	0.63 ^a	0.06 ^a	14.33 ^a	0.09 ^a

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, $P=0.05$)

Contenido mineral. El contenido mineral en los frutos no se modificó significativamente, tal como puede observarse en el análisis de varianza efectuado para cada uno de los elementos evaluados (Cuadros 64 al 72 de Anexos). Los datos para cada uno de los tratamientos se presentan en el Cuadro 26 y, en general, concuerdan con el registro nutricional para estándares de referencia de la USDA en su documento 17.

Cuadro 26. Efecto de la aplicación de los extractos en el contenido mineral evaluado como parte de la calidad poscosecha del experimento 1.

Tratamiento	Minerales (mg/100 g porción comestible en base húmeda)									
	Ca	Fe	Mg	P	K	Na	Zn	Cu	Mn	
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 FoF	15.83 ^a	0.51 ^b	14.52 ^a	20.63 ^a	120.49 ^a	5.53 ^a	0.38 ^a	0.113 ^a	0.039 ^a	
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	10.03 ^a	0.68 ^a	12.76 ^a	24.12 ^a	132.83 ^a	5.71 ^a	0.25 ^a	0.1477 ^a	0.035 ^a	
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF	8.12 ^a	0.38 ^b	11.09 ^a	20.56 ^a	112.11 ^a	5.13 ^a	0.18 ^a	0.133 ^a	0.029 ^a	
4. Testigo	9.65 ^a	0.53 ^a	11.20 ^a	21.05 ^a	117.98 ^a	4.81 ^a	0.23 ^a	0.120 ^a	0.029 ^a	

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, $P=0.05$)

Contenido de vitamina C total. La aplicación de los extractos de acuerdo con el análisis de varianza presentado en el Cuadro 73 de Anexos, no modificó significativamente esta variable. Los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos se muestran en el Cuadro 27. En dicho cuadro se observa que los extractos tienen un mayor contenido de vitamina C (93.06 a 102.75 mg / 100 g de arilo) al compararse con el testigo. Dada la importancia de esta vitamina, sería importante incrementar el número de árboles en estudio para poder saber si existe diferencia estadística entre los tratamientos con aplicación de los extractos y el testigo.

Paul y Chen (1987), reportan que los frutos de litchi 'Brewster' tiene un contenido de ácido ascórbico de 40 mg /100 g de parte comestible lo cual es muy inferior a lo encontrado en la presente investigación. Sin embargo, los métodos empleados para su determinación son diferentes. Paul y Chen utilizaron titulación y en este estudio se empleó cromatografía de líquidos de alta resolución.

Cuadro 27. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de paniculas en el contenido de vitamina C total de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Vitamina C total (mg/100g porción comestible)
1. Aplicación foliar de ACADIAN 0010 Fol ^a	97.62 ^a
2. Aplicación foliar de ATAN SECA	93.06 ^a
3. Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 Fol ^a	102.75 ^a
4. Testigo	92.32 ^a

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, P=0.05)

Experimento 3. Aplicación quincenal de los extractos a partir de la antesis

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos durante el tercer experimento. Las variables evaluadas en esta etapa de la investigación fueron: producción, además dentro de la calidad, el peso de los frutos, color y sólidos solubles totales.

Producción

La aplicación de los extractos incrementó significativamente la producción, de acuerdo con el análisis de varianza presentado en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Análisis de varianza para la producción de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	2	485.49	485.49	242.75	17.49	0.000
Error	42	582.78	582.78	13.88		
Total	44	1068.28				

S = 3.72502 R-Sq = 45.45% R-Sq(adj) = 42.85%

La aplicación foliar del extracto ATAN SECA fue el que mayor producción tuvo (15.61 Kg/árbol), esto representó un incremento significativo cercano al 100% al compararlo con el testigo (Figura 31). En el experimento 1, al igual que en el presente el extracto que registró la mayor producción fue ATAN SECA, reportando un incremento similar en la producción al compararlo con el testigo.

Al igual que en este experimento, incremento en la producción de árboles de naranja cultivar Navelina por efecto de la aplicación de un extracto comercial de *A. nodosum* ha sido reportado (Fornes *et al*, 2002).

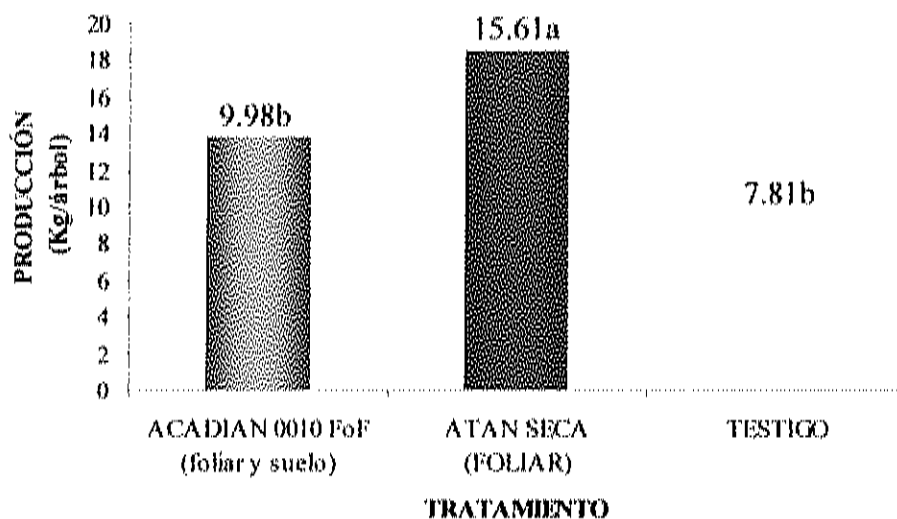


Figura 31. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis en la producción de litchi 'Brewster'.

Calidad al Momento del Corte

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos como parte de la calidad al momento del corte. En este experimento se evaluaron el peso promedio de los frutos, el color y los SST.

La aplicación de los extractos incrementó significativamente el peso de los frutos siendo ambos diferentes del testigo (Cuadro 74 de Anexos). La aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FoF fue el que mayor efecto tuvo, ya que en promedio incrementó 1.3 g el peso de los frutos al compararlo con el testigo (Cuadro 29). El

aumento en el peso de frutos como respuesta a la aplicación de extractos comerciales de *A. nodosum* ha sido probado en cultivos como chile y vid (Eris *et al.*, 1995; Norrie *et al.*, 2002).

Respecto al color, se encontraron diferencias estadísticas en todos los componentes (Cuadros 75 al 77 de Anexos). La luminosidad en los frutos de los tratamientos con aplicación de extractos, mostró un menor valor que los del testigo (Cuadro 29), lo anterior puede relacionarse con un mayor grado de madurez en los tratamientos con los extractos ya que Rivera *et al.* (1999), determina que los frutos de litchi 'Brewster' se oscurecen en las últimas semanas de maduración. El ángulo de matiz solo se modificó en el caso del extracto ACADIAN, mientras que la cromaticidad se disminuyó en ambos extractos, sin encontrarse diferencias entre ellos (Cuadro 29). Esto último podría relacionarse con la aparición de áreas con degradación de los pigmentos, mismas que se observan conforme avanza la madurez de los frutos de litchi.

La influencia de los extractos en el color de los frutos de cada uno de los tratamientos se muestra en la Figura 32. Donde se observa que ligeramente los frutos de los tratamientos con los extractos tuvieron un color rojo con mayor intensidad que los frutos del testigo, y además, la disminución en la cromaticidad se reflejó en algunas áreas de las protuberancias de los frutos donde se presentó una coloración de aspecto café.



Figura 32. Efecto de la aplicación mensual de extractos de *A. nodosum* en el color de frutos de litchi 'Brewster' a partir de la antesis. A) Aplicación foliar y al suelo de ACADIAN 0010 FofF, B) Aplicación foliar de ATAN SECA, C) Testigo.

En los sólidos solubles totales se detectó diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro 78 de Anexos). Al realizar la comparación de medias, se determinó que la aplicación foliar y al suelo de ACADIAN redujo el contenido de sólidos solubles totales (Cuadro 29). La reducción en los sólidos solubles totales ha sido encontrada en frutos de uva por efecto cuatro aplicaciones de un extracto líquido de *A. nodosum* en etapas previas a la floración y durante el desarrollo de los frutos (Norric *et al.*, 2002).

A pesar de que se redujeron los sólidos solubles totales, los valores reportados en todos los tratamientos son superiores a lo reportado por Galán-Saúco (2001) y Rivera *et al.* (1999).

Dentro de cada especie, el contenido en azúcares depende de la variedad, el estado de nutrición, la cantidad de frutos y el estado de desarrollo (Hobson, 1993). El descenso en los sólidos solubles totales determinado en los tratamientos con aplicación de extractos podría deberse a que la aplicación de ellos incrementa el número de frutos amarrados de acuerdo al primer experimento. Si el número de frutos es mayor, estos dispondrán de la misma cantidad de reservas provenientes de las hojas dispuestas

inmediatamente después de las panículas (Menzel, 2005) por lo que dichas reservas serán distribuidas entre los frutos haciendo así menor la cantidad de azúcares en cada uno de ellos.

Cuadro 29. Efecto de la aplicación quincenal de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis en variables físicas y químicas de la calidad de frutos de litchi 'Brewster'.

Tratamiento	Peso (g)	Color			Sólidos solubles totales*
		L	Hue	C	
1. ACADIAN 0010 Fol ² (foliar y suelo)	21.31 ^a	36.08 ^a	25.62 ^a	44.44 ^b	21.57 ^b
2 ATAN SECA (foliar)	20.17 ^b	35.97 ^a	26.73 ^b	43.78 ^b	22.16 ^{ab}
3 Testigo	19.06 ^c	38.04 ^b	27.47 ^b	45.99 ^a	22.31 ^a

* Expresados en °Brix.

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, P=0.05)

CONCLUSIONES

1. La aplicación de los extractos ACADIAN 0010 FoF y ATAN SECA en litchi cultivar Brewster no modificó la concentración foliar de elementos mayores y menores.
2. El extracto ATAN SECA aplicado foliarmente en árboles de litchi a partir de la emergencia de panículas como de antesis, incrementó significativamente la producción litchi.
3. La aplicación foliar después de la emergencia de panículas de ATAN SECA incrementó el amarre de frutos.
4. La aplicación quincenal de los extractos ACADIAN 0010 FoF y ATAN SECA a partir de la antesis incrementó el tamaño de los frutos.
5. Los extractos ACADIAN 0010 FoF y ATAN SECA aplicados quincenalmente después de la antesis intensificaron el color rojo de los frutos y sólo el primero, redujo el contenido de sólidos solubles totales.
6. La aplicación de los extractos no afectó la calidad física, química, proximal, mineral y de contenido de vitamina C total.

LITERATURA CITADA

- A O A C. 1998.** Official Methods of Análisis. 16th. Edition. Williams., Published by Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. CD-ROM.
- Chan, H. T., and Kwok, S. C. M. 1974.** Nonvolatile acids in lychee. *Journal of Food Science.* 39: 792-793.
- Coombe, B. G., and Hale, C., R. 1972.** The hormone content of ripening grape berries and the effects of growth substance treatments. *Plant Physiology.* 51: 629-634.
- Cota, G. S. 2000.** Anatomía y fisiología del fruto de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) durante su desarrollo y poscosecha, Tesis de Maestría, CIAD, Culiacán, Sinaloa.
- Crouch, I. J., and Van Staden, J. 1993.** Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regulation* 13:21-29.
- Davenport, L. 2000.** Processes influencing floral initiation and bloom: the role of phytohormones in a conceptual flowering model. *HortTechnology*,10: 733-739.

- Dávila, A. J. 2005.** Identificación y control de microorganismos fitopatógenos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) durante su manejo poscosecha, Tesis de Maestría, CIAD, Culiacán, Sinaloa.
- Eris, A., Sivritepe, H. Ö., and Sivritepe, N. 1995.** The effects of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on yield and quality criteria in peppers. *Acta Horticulturae*, 412:185-192.
- Evans, E., Degner, R., Crane, J., Rafie, R., and Balerdi, C. 2004.** Is it Still Profitable to Grow Lychee in Florida? Documento EDIS EE496. Department of Food and Resource Economics, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL. <http://edis.ifas.ufl.edu>. (Abril de 2005).
- FAO. 2002.** Lychee production in the Asia-Pacific region. Bangkok, Tailandia. RAP publications.
- Fentonby-Smith, B. C., and Van Staden, J. C. 1983.** The effect of seaweed concentrate on the growth of tomato plants in nematode infested soil. *Scientia Horticulturae*, 20: 293-299.

- Feibert, E. B. G., Shock, C. C., and Saunders, L. D. 2003.** Nonconventional additives leave onion yield and quality unchanged. *HortScience*. 38: 381-386.
- Fornes F., Sánchez-Perales, M., and Guardiola, J. L. 1995.** Effect of a seaweed extract on citrus fruit maturation. *Acta Horticulturae*. 379:75-82.
- Fornes F., Sánchez-Perales, M., and Guardiola, J. L. 2002.** Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' Clementine mandarine and Navelina orange. *Botanica Marina*. 45:486-489.
- Fike, J. H., Allen, V. G., Schmidt, R. E., Zhang, X., Fontenot, J. P. Bagley, C. P., Ivy, R. L., Evans, R. R., Coelho, R. W., and Wester, D. B. 2001.** Tasco-Forage: I. Influence of a seaweed extract on antioxidant activity in tall fescue and in ruminants. *J. Animal Science*. 79: 10111-1021.
- Finnie, J. E., and Van Staden, J. 1985.** The effect of seaweed concentrate and applied hormones on *in vitro* culture tomato roots. *Journal of Plant Physiology*. 120: 215-230.
- Galán Saúco, V. 1987.** El litchí y su cultivo. FAO, Estudio de Producción y Protección Vegetal, Num. 83. pp 205.

- Galán-Saúco, V. 1990.** Los Frutales-Tropicales en los Subtrópicos. I. Aguacate-Mango-Litchi y Longan. Mundi Prensa, Madrid, España. Pp 97-98.
- García-Rivas, I. 1990.** Cultivo del Litchi en la Costa Mediterránea. Consejería de Agricultura y Pesca. Delegación Provincial. Málaga, España. p.3.
- Gökmen, V., Kabraman, N., Demir, N., and Acar, J. 2000.** Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic acid and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. *Journal of Chromatography A*, 881: 309-316.
- Goren, M., Tomer, E., and Gazit, S. 2001.** Litchi cultivars in Israel. *Acta Horticulturae*, 558. 129-133.
- Grisebach, H. 1982.** Biosynthesis of Anthocyanins. In: P. Markakis (ed). *Anthocyanins as food colours*. Food Science and Technology Academic Press. New York. pp 69-90.
- Hobson, G. E. 1993.** Maduración del fruto. En: J. Azcon-Bieto y M. Talon (Eds). *Fisiología y bioquímica vegetal*. McGraw-Hill Interamericana de España. España. pp.463-478.

- Holcroft, D. M., and Mitcham, E. J. 1996.** Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Postharvest Biology and Technology*. 9:265-281.
- Huang, H., and Xu, J. 1983.** The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. *Scientia Horticulturae*. 19: 335-342.
- Huang, X. M., Li, J. G., Wang, H. C., Huang, H. B., and Gao, F. F. 2001.** The relationship between fruit cracking and calcium in litchi pericarp. *Acta Horticulturae*. 558: 209-215.
- Jiang, Y., Duan, X., Joyce, D., Zhang, Z., and Li, J. 2004.** Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. *Food chemistry*. 88: 443-446.
- Jiang, Y., and Fu, J. 1998.** Inhibition of polyphenol oxidase and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid. *Food Chemistry*. 62: 49-52.
- Kingman, A. R., and Moore, J. 1982.** Isolation, purification and quantification of several growth regulating substances in *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyta). *Botanica Marina*. 25: 149-153.

- Lee, H. S., and Wicker, L. 1991.** Anthocyanin pigments in the skin of lychee fruit. *Journal of Food Science*. 56: 466-468.
- Li, Y. C., Davenport, L., Rao, R., and Zheng, Q. 2001.** Nitrogen, flowering and production of lychee in Florida. *Acta Horticulturae*. 558: 221-224.
- Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., and Crozier, A. 2003.** Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83: 496-502.
- Malaguti, D., Rombolá, A. D., Gerin, M., Simoni, G., and Tagliavini, M. 2002.** Effect of seaweed extracts-based leaf sprays on the mineral status, yield and fruit quality of apple. *Acta Horticulturae*. 594:357-359.
- McGuire, R. 1992.** Reporting of objective color measurements. *HortScience*. 27:1254-1255.
- Menzel, C. M. 1983.** The control of floral initiation in lychee: a review. *Scientia Horticulturae*. 21: 201-215.
- Menzel, C., M. 1984.** The pattern and control of reproductive development in lychee: a review. *Scientia Horticulturae*. 22: 333-345.

- Menzel, C. M., Carseldine, M. L., Haydon, G. F., and Simpson, D. R. 1992a.** A review of existing and proposed new leaf nutrient standards for lychee. *Scientia Horticulturae*. 49: 33-53.
- Menzel, C. M., Haydon, G. F., and Simpson, D. R. 1992 b.** Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.). *Journal of Horticultural Science*. 67: 149-160.
- Menzel, C. M., Simpson, D. R., Haydon, G. F., and Doogan, V. J. 1995.** Phosphorus and potassium fertilization of lychee. *Journal of the Southern African Society for Horticultural Science*. 5: 97-99.
- Menzel, C. M. 2001.** The physiology of growth and cropping in lychee. *Acta Horticulturae*. 558: 175-184.
- Menzel, C. M. 2002.** The lychee crop in Asia and the Pacific. *FAO*, Bangkok, Thailand. pp108 .
- Menzel, C. M. 2005.** Plant Nutrition and Fertilizing. In: C. M. Menzel and G. K. Waite (Eds). *Litchi and longan: botany, production and uses*. CAB International. pp 209-236.

- Morton, J. F. 1987.** Fruits of warm climates. Miami, Florida. pp 249-259.
- MINITAB, 2003.** Statistical Software. Release 14. Minitab, Inc. Pennsylvania, U.S.A.
- Norrie, J., and Hiltz, D. A. 1999.** Seaweed extract research and applications in agriculture. *Agro-Food Industry Hi-Tech* 10:15-18.
- Norrie, J., Branson, T., and Keathley, P. E. 2002** Marine plant extracts impact on grape yield and quality. *Acta Horticulturae (ISHS)*.594:315-319.
- Paul, R. E., Chen, N. J., and Deputy, J. 1984.** Litchi growth and compositional changes during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 109: 817-821.
- Paul, R. E., and Chen, N. J. 1987.** Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit. *Scientia Horticulturae*. 33: 223-236.
- Ramburn, N. 2001.** Effects of girdling and growth retardants on flowering and fruiting of litchi in Mauritius. *Acta Horticulturae*. 558: 229-232.

- Rivera-López, J., Ordorica-Falomir, C., and Wesche-Ebeling, P. 1999. Changes in anthocyanin concentration in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. *Food Chemistry*. 65:195-200.
- Salunke, D. K., and Desai, B. 1984. *Postharvest Biotechnology of Fruits*. Vol. II . Cap 11. Ed. CRC. Press, Inc. Boca Raton Florida. pp 77-80.
- Sánchez, V. E. 1998. *Calidad de frutos de litchi (Litchi chinensis Sonn.) empacados en bolsas de polietileno y tratados con dióxido de azufre*, Tesis de Maestría, CIAD, Culiacán, Sinaloa.
- Sanderson, K. J., and Jameson, P. E. 1986. The cytokinins in a liquid seaweed extract: could they be the active ingredients? *Acta Horticulturae*. 179:113-116.
- Sanderson, K. J., Jameson, P. E., and Zabkiewicz, J. A. 1987. Auxin in a seaweed extract: Identification and quantification of indole-3-acetic acid by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Plant Physiology*. 129: 363-367.
- Schwentesius, R., y Gómez, M. A. 2001. *El litchi. La fruta más fina del mundo*. 2ª. Ed. Mundi Prensa. México. pp 144.

- Senn, T. 1987.** Seaweed and plant growth. Clemson University, Clemson, U. S. A. pp 192.
- Shi, J., Wang, C., An, X., Li, J., and Zhao, M. 2001.** Postharvest physiology, storage and transportation of litchi fruits-a review. *Acta Horticulturae*. 558:387-391.
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON) 2005.**
www.sica.siacon.sagarpa.gob.mx
- Stern, R. A., Kigel, J., Tomer, E., and Gazit, S. 1995.** 'Mauritius' lychee fruit development and reduced abscisión after treatment with the auxin 2,45-TP. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 120: 65-70.
- Stern, R. A., Nadler, M., and Gazit, S. 1997.** 'Floridian' litchi yield is increased by 2,4,5-TP. *Journal of Horticultural Science*. 72: 609-615.
- Stern, R. A., and Gazit, S. 1997.** Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyl-oxyacetic acid on fruitlet abscisión and yield of 'Mauritius' litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Journal of Horticultural Science*. 72: 659-663.

- Stern, R. A., and Gazit, S. 1999.** The synthetic auxin 3,5,6- TPA reduces fruit drop and increases yield in 'Kaimana' litchi. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 74: 203-205.
- Stern, R. A., and Gazit, S. 2000a.** Reducing fruit drop in lychee with PGR sprays. In: A. Basra (ed). *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture*. The Haworth Press, Inc. New York. pp. 211-222.
- Stern, R. A., Stern, D., Harpaz, M., and Gazit, S. 2000b.** Applications of 2,4,5-TP, 3,5,6-TPA, and combinations thereof increase lychee fruit size and yield. *HortScience*. 35: 661-664.
- Stern, R. A., Stern, D., Miller, H., Xu, H. F., and Gazit, S. 2001.** The effect of the synthetic auxins 2,4,5-TP y 3,5,6-TPA on yield and fruit size of young 'Fei zi xiao' and 'Hei ye' litchi trees in Guangxi Province China. *Acta Horticulturae*. 558: 285-288.
- Terdbaramee, U., Ratanakhanokchai, K., and Kanlayanarat, S. 2003.** Effect of citric Acid on the control of postharvest browning of lychee fruit under cold storage. *Acta Horticulturae*. 628: 527-532.

- Thomas, M. B., Ferguson, J., and Crane, J. H. 1995.** Identification of N, K, Mg, Mn, Zn and Fe deficiency symptoms of carambola, lychee, and papaya grown in sand culture. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 108: 370-373.
- Türemis, N. F., Kafkas S., and Cömlekçioğlu, N. 1997.** Effects of a fertilizer produced from the seaweed *Ascophyllum nodosum* on strawberry yield and quality. *Acta Horticulturae*. 441:375-378.
- Underhill, S. J. R., and Wong, L. S. 1990.** A maturity standard for lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Acta Horticulturae*. 269. 181-187.
- Underhill, S. J. R., Bagshaw, J., Prasad, A., Zauberman, G., Ronen, R., and Fuchs, Y. 1992.** The control of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) postharvest skin browning using sulphur dioxide and low pH. *Acta Horticulturae*. 321: 732-741.
- Underhill, S. J. R., and Critchley, C. 1993.** Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. *Journal of Horticultural Science*. 68: 327-335.
- Underhill, S., J., R., Contes, L., M. y Saks, Y. 1997.** Litchi. In: S. K. Mitra (Ed.) *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. CAB International. pp 191-208.

- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2004. Release 17.
http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl
- Verkleij, F. N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Biological Agriculture and Horticulture*, 8:309-324.
- Vinci, G., Botré, F., and Mele, G. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. *Food Chemistry*, 53: 211-214.
- Wang, H., Huang, X., and Huang, H. 2001. Litchi fruit maturation studies: changes in abscisic acid and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and the effects of cytokinin and ethylene on coloration in cv. Feizixiao. *Acta Horticulturae*, 558: 267-271.
- Wara, A. O., Sornsrivichai, J., Uthairutra, J., and Oogar, C. 1990. Effect of seal packaging by different plastic films on storage life and quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit storage at three different temperatures. *Japan J. Trop. Agr.* 34: 68-77.
- Yin, J., Gao, F., Hu, G. y Zhu, S. 2001. The regulation of litchi maturation and coloration by abscisic acid and ethylene. *Acta Horticulturae*, 558: 293-296.

- Yoneya, T., and Nip, W. K. 1993.** Compositional change of lychee fruit and its handling: a review. *Ann. Rep. Univ. Shizuoka, Hamamatsu College*, 6: 91-106.
- Yoneya, T., and Nip, W. K. 1997.** Physico-chemical changes of lychee fruit during maturation. *Ann. Rep. Univ. Shizuoka, Hamamatsu College*, 10:293-297.
- Zacarias, L. 1993.** Etileno. En: J. Azcon-Bieto y M. Talon (Eds). *Fisiología y bioquímica vegetal*. McGraw-Hill Interamericana de España, España, pp. 343-356.
- Zauberman, G., Ronen, R., Akerman, M., and Fuchs, Y. 1990.** Low pH treatment protects litchi fruit color. *Acta Horticulturae*, 269: 309-314.
- Zauberman, G., Ronen, R., Akerman, M., Weksler, A., Rot, I., and Fuchs, Y. 1991.** Post-harvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. *Scientia Horticulturae*, 47: 89-97.

ANEXOS

Cuadro 1. Análisis de varianza para el peso de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	14.553	14.553	3.638	0.77	0.546
Error	70	329.283	329.283	4.704		
Total	74	343.836				

S = 2.16888 R-Sq = 4.23% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 2. Análisis de varianza para luminosidad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	147.37	147.37	36.84	3.52	0.011
Error	70	732.49	732.49	10.46		
Total	74	879.86				

S = 3.23484 R-Sq = 16.75% R-Sq(adj) = 11.99%

Cuadro 3. Análisis de varianza para ángulo de matiz de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	127.16	127.16	31.79	2.58	0.045
Error	70	863.26	863.26	12.33		
Total	74	990.42				

S = 3.51173 R-Sq = 12.84% R-Sq(adj) = 7.86%

Cuadro 4. Análisis de varianza para cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	12.046	12.046	3.012	0.42	0.793
Error	70	500.006	500.006	7.143		
Total	74	512.052				

S = 2.67263 R-Sq = 2.35% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 5. Análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	1.328	1.328	0.332	0.30	0.873
Error	40	43.600	43.600	1.090		
Total	44	44.928				

S = 1.04403 R-Sq = 2.96% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 6. Análisis de varianza para la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.035354	0.035354	0.008839	1.55	0.207
Error	40	0.228366	0.228366	0.005709		
Total	44	0.263720				

S = 0.0755589 R-Sq = 13.41% R-Sq(adj) = 4.75%

Cuadro 7. Análisis de varianza para la relación brix:acidez de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	4388.8	4388.8	1097.2	1.24	0.311
Error	40	35514.8	35514.8	887.9		
Total	44	39903.6				

S = 29.7971 R-Sq = 11.00% R-Sq(adj) = 2.10%

Cuadro 8. Análisis de varianza para luminosidad frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento I.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	482.84	482.84	120.71	1.82	0.202
Arbol (Tratamiento)	10	664.17	664.17	66.42	27.22	0.000
Tiempo	7	7726.91	7726.91	1103.84	452.33	0.000
Tratamiento*tiempo	28	54.03	54.03	1.93	0.79	0.752
Error	70	170.82	170.82	2.44		
Total	119	9098.77				

S = 1.56216 R-Sq = 98.12% R-Sq(adj) = 96.81%

Cuadro 9. Análisis de varianza para el ángulo de matiz de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento I.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	1211.03	1211.03	302.76	1.21	0.366
Arbol (Tratamiento)	10	2505.91	2505.91	250.59	25.07	0.000
Tiempo	7	20717.94	20717.94	2959.71	296.08	0.000
Tratamiento*tiempo	28	143.68	143.68	5.13	0.51	0.974
Error	70	699.75	699.75	10.00		
Total	119	25278.30				

S = 3.16171 R-Sq = 97.23% R-Sq(adj) = 95.29%

Cuadro 10. Análisis de varianza para la cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	9.808	9.808	2.452	0.25	0.902
Arbol (Tratamiento)	10	97.296	97.296	9.730	6.38	0.000
Tiempo	7	568.160	568.160	81.166	53.22	0.000
Tratamiento*tiempo	28	30.939	30.939	1.105	0.72	0.827
Error	70	106.761	106.761	1.525		
Total	119	812.96				

S = 1.23498 R-Sq = 86.87% R-Sq(adj) = 77.67%

Cuadro 11. Análisis de varianza para la pérdida acumulada de peso de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	10.875	10.875	2.719	1.34	0.321
Arbol (Tratamiento)	10	20.276	20.276	2.028	21.98	0.000
Tiempo	6	976.858	976.858	162.810	1765.23	0.000
Tratamiento*tiempo	24	4.796	4.796	0.200	2.17	0.008
Error	60	5.534	5.534	0.092		
Total	104	1018.339				

S = 0.303696 R-Sq = 99.46% R-Sq(adj) = 99.06%

Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido de sólidos soluble totales de los frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	2.3543	2.3543	0.5886	1.00	0.418
Tiempo	3	4.2260	4.2260	1.4087	2.40	0.082
Tratamiento*tiempo	12	2.7990	2.7990	0.2332	0.40	0.957
Error	40	23.5200	23.5200	0.5880		
Total	59	32.8993				

S = 0.766812 R-Sq = 28.51% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 13. Análisis de varianza para la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.013735	0.013735	0.003434	1.13	0.356
Tiempo	3	0.053765	0.053765	0.017922	5.90	0.002
Tratamiento*tiempo	12	0.017504	0.017504	0.001459	0.48	0.915
Error	40	0.121523	0.121523	0.003038		
Total	59	0.206526				

S = 0.0551186 R-Sq = 41.16% R-Sq(adj) = 13.21%

Cuadro 14. Análisis de varianza para la relación brix:acidez de los frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 1.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	3455.9	3455.9	864.0	1.16	0.343
Tiempo	3	10473.2	10473.2	3491.1	4.68	0.007
Tratamiento*tiempo	12	6654.0	6654.0	554.5	0.74	0.701
Error	40	29815.4	29815.4	745.4		
Total	59	50398.6				

S = 27.3017 R-Sq = 40.84% R-Sq(adj) = 12.74%

Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido de humedad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de paniculas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	13.612	13.612	3.403	3.14	0.065
Error	10	10.825	10.825	1.083		
Total	14	24.437				

S = 1.04044 R-Sq = 55.70% R-Sq(adj) = 37.98%

Cuadro 16. Análisis de varianza para el contenido de cenizas de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.08957	0.08957	0.02239	2.03	0.166
Error	10	0.11040	0.11040	0.01104		
Total	14	0.19997				

S = 0.105071 R-Sq = 44.79% R-Sq(adj) = 22.71%

Cuadro 17. Análisis de varianza para el contenido de proteína de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.028214	0.028214	0.007054	2.05	0.163
Error	10	0.034475	0.034475	0.003447		
Total	14	0.062689				

S = 0.0587151 R-Sq = 45.01% R-Sq(adj) = 23.01%

Cuadro 18. Análisis de varianza para el contenido de fibra bruta de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.003950	0.003950	0.000987	0.91	0.495
Error	10	0.010860	0.010860	0.001086		
Total	14	0.014810				

S = 0.0329550 R-Sq = 26.67% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 19. Análisis de varianza para el contenido de grasa de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.0028029	0.0028029	0.0007007	1.69	0.228
Error	10	0.0041425	0.0041425	0.0004142		
Total	14	0.006945				

S = 0.0203530 R-Sq = 40.36% R-Sq(adj) = 16.50%

Cuadro 20. Análisis de varianza para el contenido de carbohidratos de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	13.667	13.667	3.419	3.38	0.054
Error	10	10.105	10.105	1.011		
Total	14	23.782				

S = 1.00525 R-Sq = 57.51% R-Sq(adj) = 40.51%

Cuadro 21. Análisis de varianza para el contenido de calcio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	5.628	5.628	1.407	0.51	0.727
Error	10	27.632	27.362	2.736		
Total	14	32.990				

S = 1.65414 R-Sq = 17.06% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 22. Análisis de varianza para el contenido de fierro de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.083907	0.083907	0.020977	3.64	0.044
Error	10	0.057667	0.057667	0.005767		
Total	14	0.141573				

S = 0.0759386 R-Sq = 59.27% R-Sq(adj) = 42.97%

Cuadro 23. Análisis de varianza para el contenido de magnesio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	14.980	14.980	3.745	1.32	0.327
Error	10	28.331	28.331	2.833		
Total	14	43.311				

S = 1.68319 R-Sq = 34.59% R-Sq(adj) = 8.42%

Cuadro 24. Análisis de varianza para el contenido de fósforo de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	10.871	10.871	2.718	0.31	0.865
Error	10	87.872	87.872	8.787		
Total	14	98.743				

S = 2.96433 R-Sq = 11.01% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 25. Análisis de varianza para el contenido de potasio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	1416	1416	354	0.31	0.868
Error	10	11571	11571	1157		
Total	14	12987				

S = 34.0159 R-Sq = 10.90% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 26. Análisis de varianza para el contenido de sodio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	3.599	3.599	0.900	0.42	0.792
Error	10	21.448	21.488	2.149		
Total	14	25.087				

S = 1.46588 R-Sq = 14.34% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 27. Análisis de varianza para el contenido de zinc de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.002907	0.002907	0.000727	0.34	0.844
Error	10	0.021267	0.021267	0.002127		
Total	14	0.024173				

S = 0.0461158 R-Sq = 12.02% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 28. Análisis de varianza para el contenido de cobre de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.0005333	0.0005333	0.0001333	0.33	0.849
Error	10	0.0040000	0.0040000	0.0004000		
Total	14	0.0045333				

S = 0.02 R-Sq = 11.76% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 29. Análisis de varianza para el contenido de manganeso de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	0.0001045	0.0001045	0.0000261	0.59	0.678
Error	10	0.0004433	0.0004433	0.000443		
Total	14	0.0005478				

S = 0.00665792 R-Sq = 19.08% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 30. Análisis de varianza para el contenido de vitamina C total de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	4	116.5	116.5	29.1	0.16	0.955
Error	10	1837.0	1837.0	183.7		
Total	14	1953.5				

S = 13.5536 R-Sq = 5.96% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 31. Análisis de varianza para el contenido foliar de nitrógeno evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.12277	0.12277	0.04092	1.38	0.316
Árbol (Tratamiento)	8	0.23670	0.23670	0.02959	2.63	0.032
Tiempo	3	1.08991	1.08991	0.36330	32.25	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	0.12785	0.12785	0.01421	1.26	0.307
Error	24	0.27037	0.27037	0.01127		
Total	47	1.84760				

S = 0.106138 R-Sq = 85.37% R-Sq(adj) = 71.34%

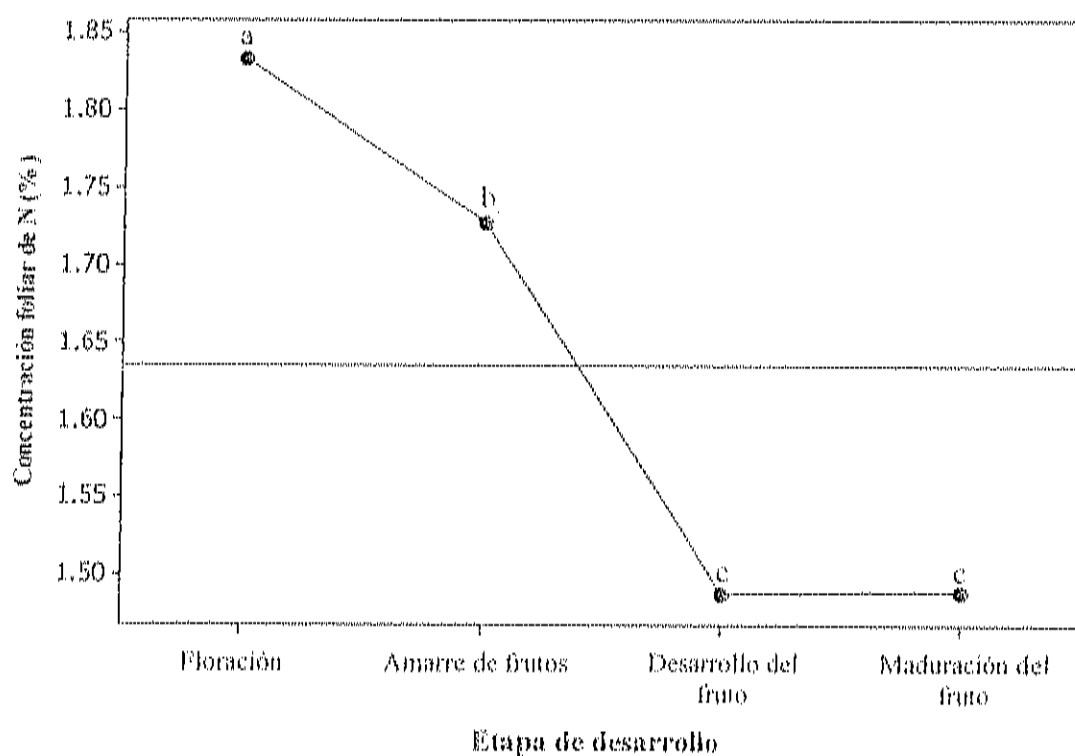


Figura 1. Concentración foliar de nitrógeno en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 32. Análisis de varianza para el contenido foliar de potasio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.066317	0.066317	0.022106	0.88	0.493
Árbol (Tratamiento)	8	0.201833	0.201833	0.025229	8.02	0.000
Tiempo	3	0.346117	0.346117	0.115372	36.67	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	0.017033	0.017033	0.001893	0.60	0.783
Error	24	0.075500	0.075500	0.003146		
Total	47	0.706800				

S = 0.0560877 R-Sq = 89.32% R-Sq(adj) = 79.08%

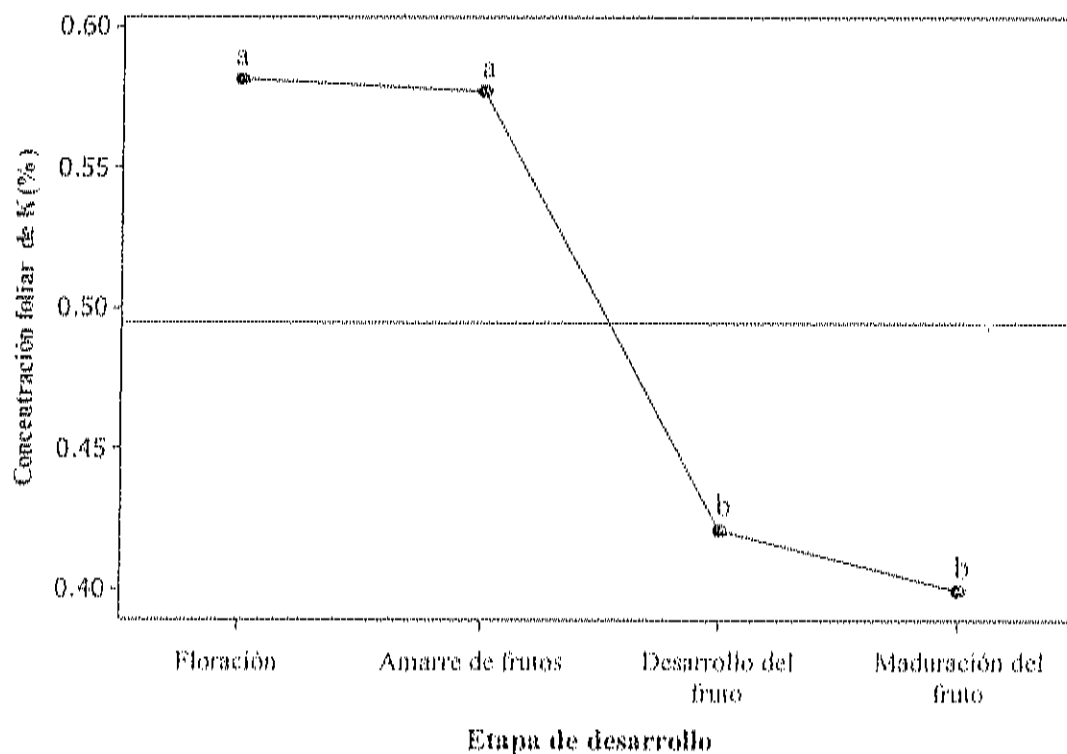


Figura 2. Concentración foliar de potasio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 33. Análisis de varianza para el contenido foliar de fósforo evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.0014562	0.0014562	0.0004854	0.69	0.586
Árbol (Tratamiento)	8	0.0056667	0.0056667	0.0007083	3.81	0.005
Tiempo	3	0.0109062	0.0109062	0.0036354	19.53	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	0.0006021	0.0006021	0.0000669	0.36	0.943
Error	24	0.0044667	0.0044667	0.0001861		
Total	47	0.0230979				

S = 0.0136423 R-Sq = 80.66% R-Sq(adj) = 62.13%

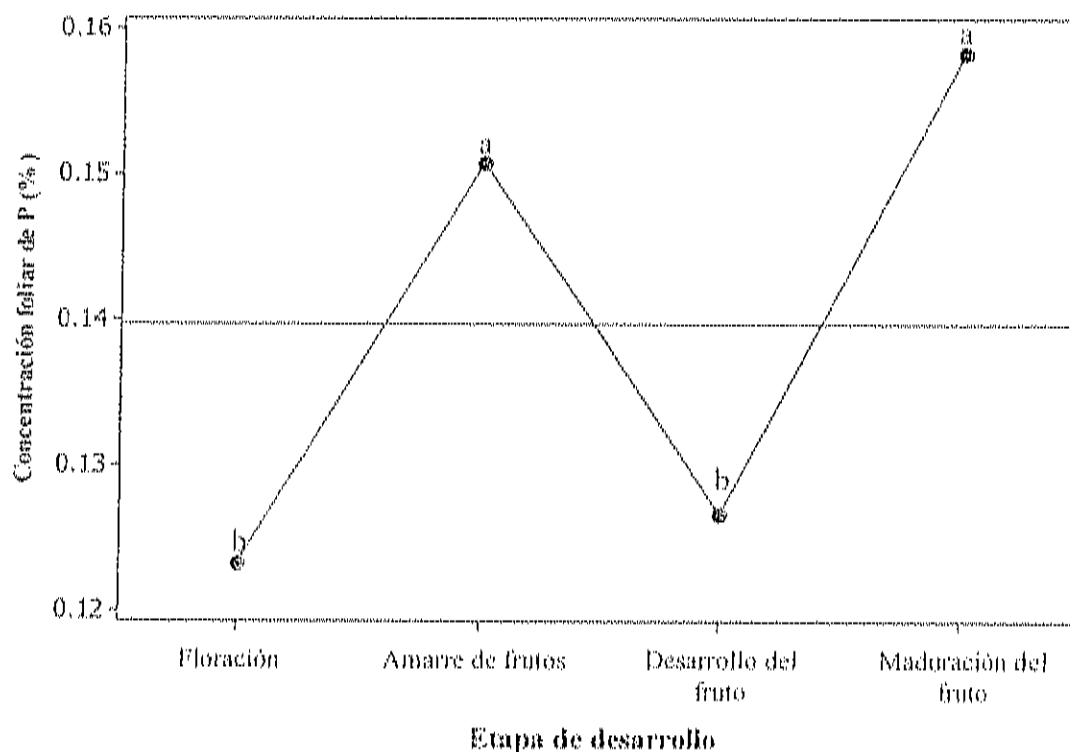


Figura 3. Concentración foliar de fósforo en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 34. Análisis de varianza para el contenido foliar de calcio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.0643	0.0643	0.0214	0.08	0.971
Árbol (Tratamiento)	8	2.2225	2.2225	0.2778	6.33	0.000
Tiempo	3	41.0231	41.0231	13.6744	311.81	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	0.1452	0.1452	0.0161	0.37	0.939
Error	24	1.0525	1.0525	0.0439		
Total	47	44.5076				

S = 0.209416 R-Sq = 97.64% R-Sq(adj) = 95.37%

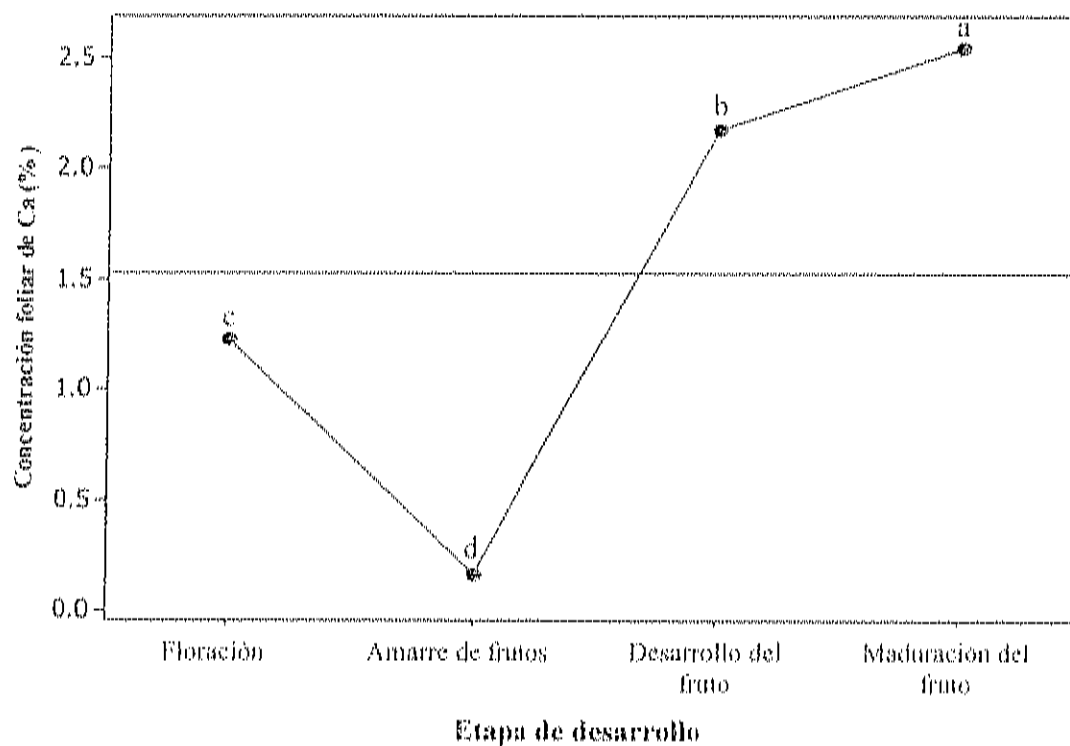


Figura 4. Concentración foliar de calcio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 35. Análisis de varianza para el contenido foliar de magnesio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.01708	0.01708	0.00569	0.82	0.517
Árbol (Tratamiento)	8	0.05527	0.05527	0.00691	2.34	0.052
Tiempo	3	2.48041	2.48041	0.82680	279.48	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	0.01644	0.01644	0.00183	0.62	0.770
Error	24	0.07100	0.07100	0.00296		
Total	47	2.64019				

S = 0.0543906 R-Sq = 97.31% R-Sq(adj) = 94.73%

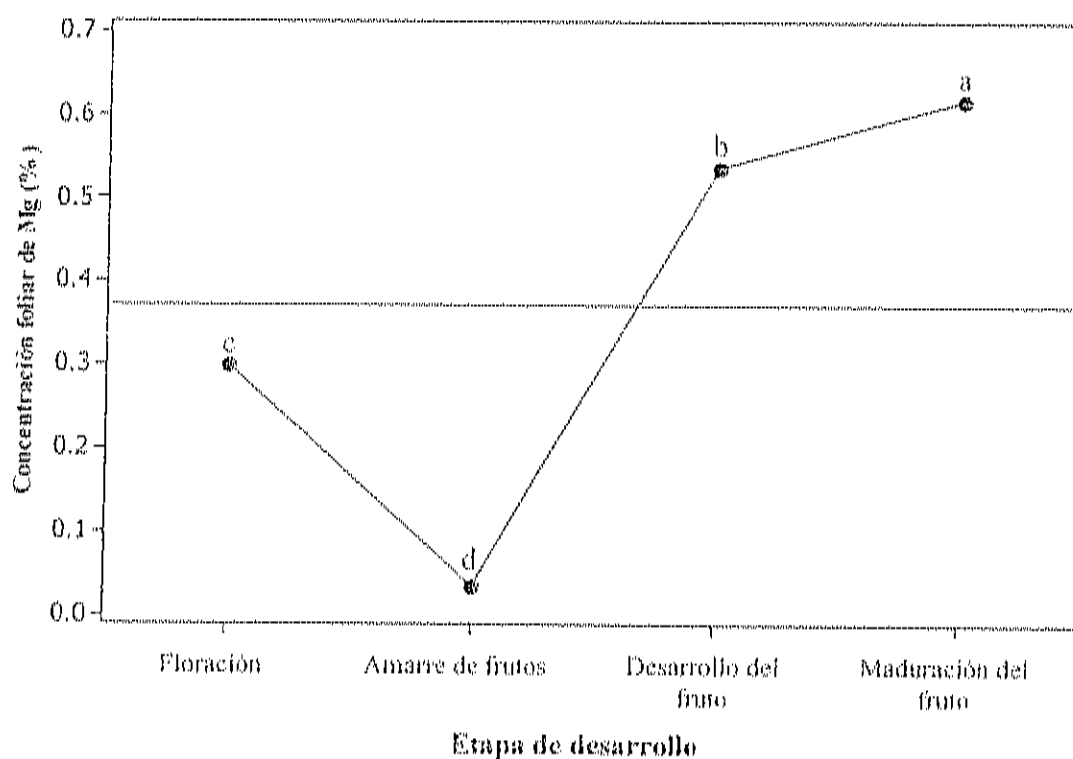


Figura 5. Concentración foliar de magnesio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 36. Análisis de varianza para el contenido foliar de cobre evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	23.300	23.300	7.767	1.44	0.301
Árbol (Tratamiento)	8	43.073	43.073	5.384	3.70	0.006
Tiempo	3	40.561	40.561	13.520	9.28	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	5.246	5.246	0.583	0.40	0.923
Error	24	34.961	34.961	1.457		
Total	47	147.140				

S = 1.20694 R-Sq = 76.24% R-Sq(adj) = 53.47%

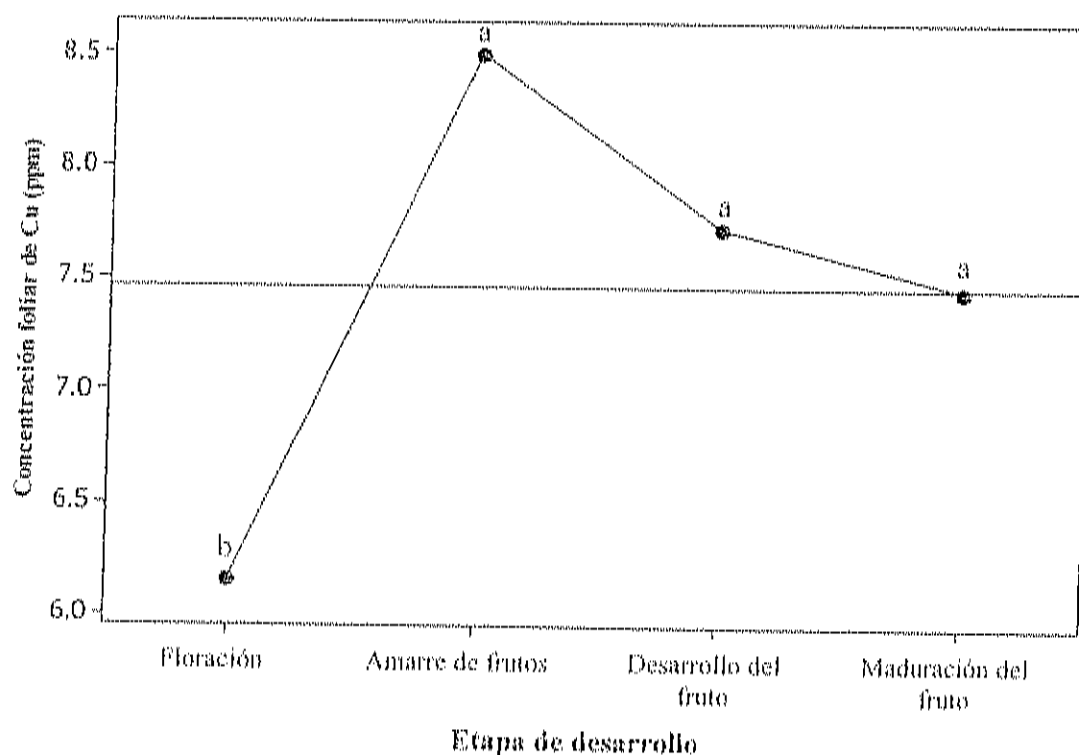


Figura 6. Concentración foliar de cobre en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 37. Análisis de varianza para el contenido foliar de hierro evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	600.5	600.5	200.2	0.65	0.606
Árbol (Tratamiento)	8	2473.1	2473.1	309.1	2.74	0.027
Tiempo	3	8470.0	8470.0	2823.3	25.01	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	1228.8	1228.8	136.5	1.21	0.334
Error	24	2709.3	2709.3	112.9		
Total	47	15481.7				

S = 10.6248 R-Sq = 82.50% R-Sq(adj) = 65.73%

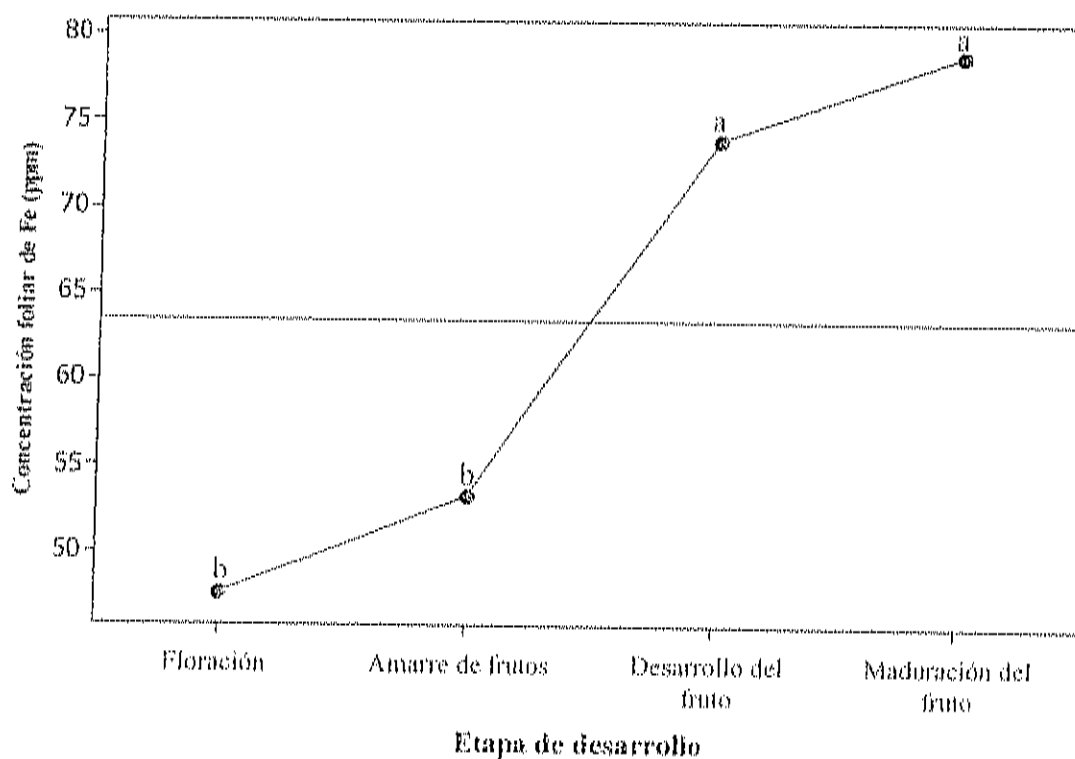


Figura 7. Concentración foliar de hierro en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 38. Análisis de varianza para el contenido foliar de manganeso evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	2405.48	2405.48	801.83	2.81	0.108
Árbol (Tratamiento)	8	2283.10	2283.10	285.39	19.89	0.000
Tiempo	3	332.75	332.75	110.92	7.73	0.001
Tratamiento*Tiempo	9	104.46	104.46	11.61	0.81	0.613
Error	24	344.43	344.43	14.35		
Total	47	5470.21				

S = 3.78828 R-Sq = 93.70% R-Sq(adj) = 87.67%

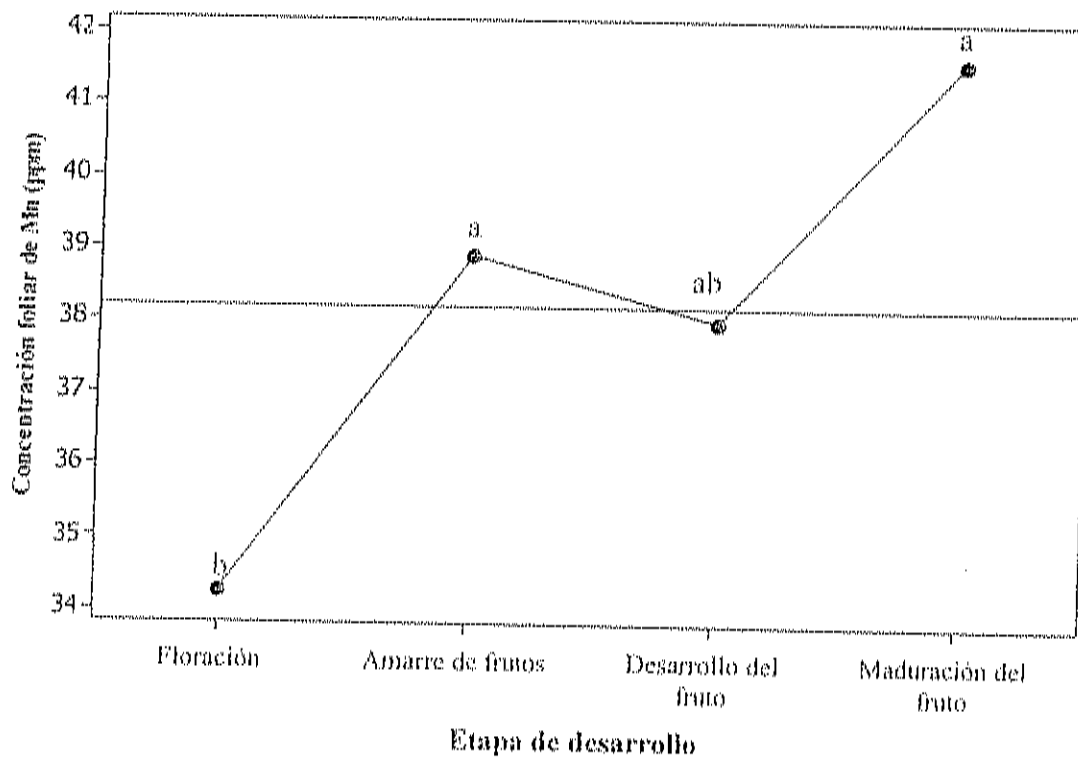


Figura 8. Concentración foliar de manganeso en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 39. Análisis de varianza para el contenido foliar de zinc evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	36.319	36.319	12.0106	3.07	0.091
Árbol (Tratamiento)	8	31.547	31.547	3.943	1.27	0.306
Tiempo	3	40.855	40.855	13.618	4.37	0.014
Tratamiento*Tiempo	9	34.217	34.217	3.802	1.22	0.328
Error	24	74.758	74.758	3.115		
Total	47	217.696				

S = 1.76491 R-Sq = 65.66% R-Sq(adj) = 32.75%

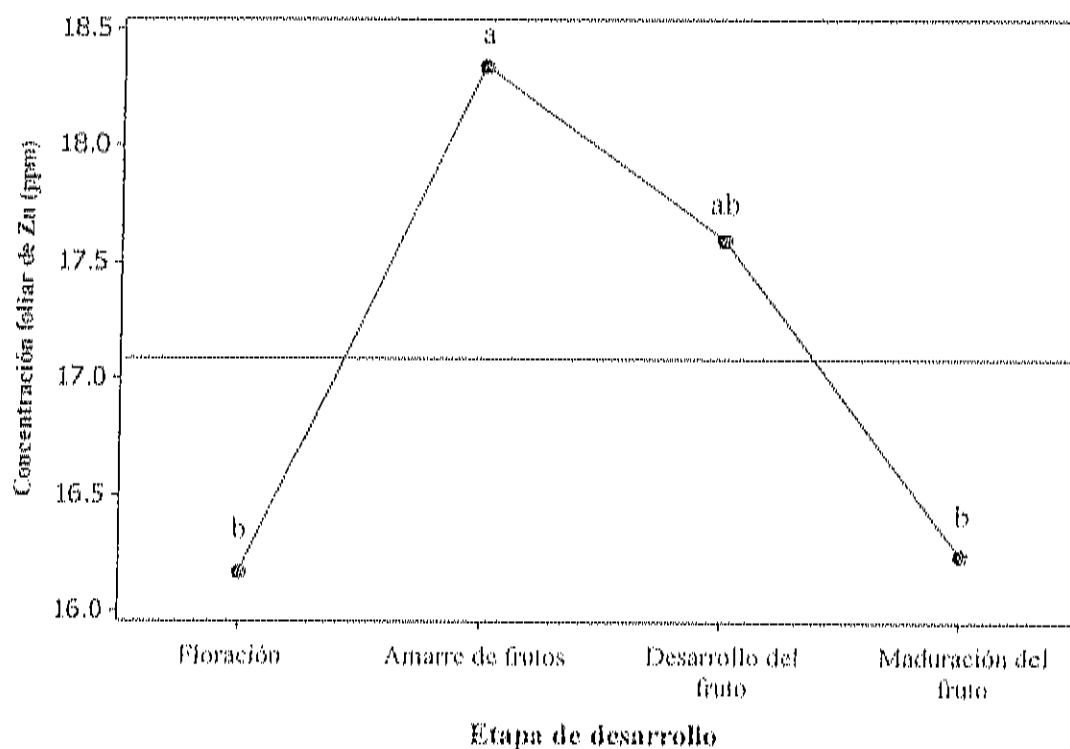


Figura 9. Concentración foliar de zinc en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 40. Análisis de varianza para el contenido foliar de boro evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	14793	14793	4931	1.45	0.299
Árbol (Tratamiento)	8	27203	27203	3400	1.04	0.434
Tiempo	3	69207	69207	23069	7.06	0.001
Tratamiento*Tiempo	9	20226	20226	2247	0.69	0.713
Error	24	78405	78405	3267		
Total	47	20983				

S = 57.1564 R-Sq = 62.63% R-Sq(adj) = 26.83%

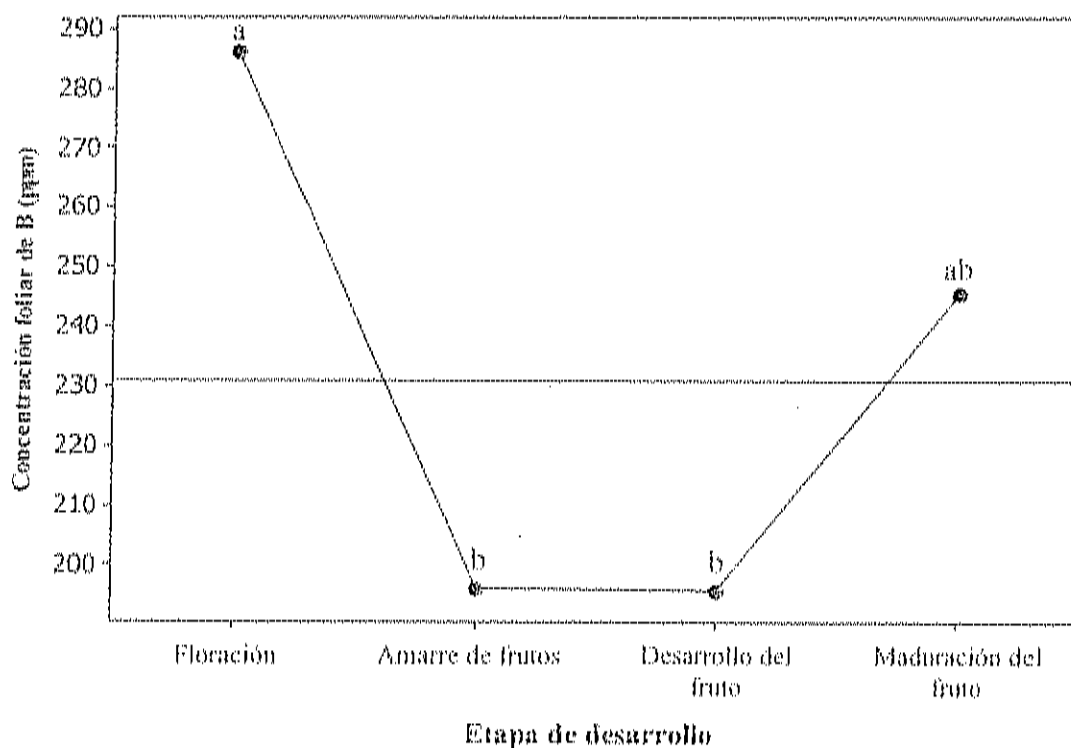


Figura 10. Concentración foliar de boro en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 41. Análisis de varianza para el contenido foliar de sodio evaluado en diferentes etapas fenológicas de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	406	406	135	0.00	1.000
Árbol (Tratamiento)	8	770206	770206	96276	7.29	0.000
Tiempo	3	2753923	2753923	917974	69.53	0.000
Tratamiento*Tiempo	9	49731	49731	5526	0.42	0.912
Error	24	316880	316880	13203		
Total	47	3891146				

S = 114.906 R-Sq = 91.86% R-Sq(adj) = 84.05%

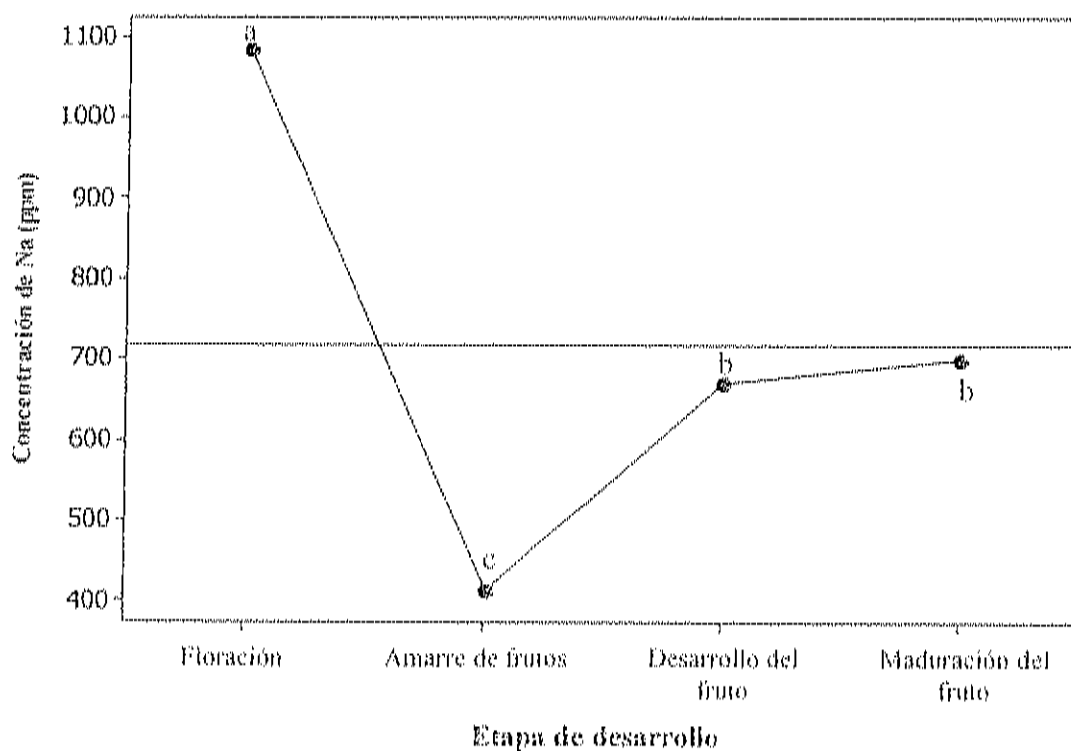


Figura 11. Concentración foliar de sodio en diferentes etapas de desarrollo de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas. Los datos son las medias de todos los tratamientos.

Cuadro 42. Análisis de varianza para el porcentaje de amarre de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	183.5	183.5	61.2	0.28	0.842
Error	200	44177.6	44177.6	220.9		
Total	203	44361.1				

S = 14.8623 R-Sq = 0.41% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 43. Análisis de varianza para la producción de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	1897.7	1897.7	632.6	1.87	0.213
Error	8	2704.0	2704.0	338.0		
Total	11	4601.7				

S = 18.3848 R-Sq = 41.24% R-Sq(adj) = 19.20%

Cuadro 44. Análisis de varianza para el peso de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	p
Tratamiento	3	17.044	17.044	5.681	1.74	0.169
Error	56	182.577	182.577	3.260		
Total	59	199.622				

S = 1.80563 R-Sq = 8.54% R-Sq(adj) = 3.64%

Cuadro 45. Análisis de varianza para luminosidad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Análisis de varianza para luminosidad de los frutos evaluada en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	150.18	150.18	50.06	4.22	0.009
Error	56	664.59	664.59	11.87		
Total	59	814.77				

S = 3.44495 R-Sq = 18.43% R-Sq(adj) = 14.06%

Cuadro 46. Análisis de varianza para ángulo de matiz de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	65.326	65.326	21.775	2.57	0.064
Error	56	475.312	475.312	8.488		
Total	59	540.638				

S = 2.91337 R-Sq = 12.08% R-Sq(adj) = 7.37%

Cuadro 47. Análisis de varianza para cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	19.274	19.274	6.425	0.99	0.405
Error	56	364.443	364.443	6.508		
Total	59	383.718				

S = 2.55106 R-Sq = 5.02% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 48. Análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	3,6000	3,6000	1,2000	1,63	0,202
Error	56	23,6000	23,6000	0,7375		
Total	59	27,2000				

S = 0,858778 R-Sq = 13,24% R-Sq(adj) = 5,10%

Cuadro 49. Análisis de varianza para la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0,03727	0,03727	0,01242	0,58	0,634
Error	32	0,68802	0,68802	0,02150		
Total	35	0,72529				

S = 0,146631 R-Sq = 5,14% R-Sq(adj) = 0,00%

Cuadro 50. Análisis de varianza para la relación brix:acidez de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	5926	5926	1975	0,98	0,413
Error	32	64317	64317	2010		
Total	35	70243				

S = 44,8321 R-Sq = 8,44% R-Sq(adj) = 0,00%

Cuadro 51. Análisis de varianza para luminosidad frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	91.37	91.37	30.46	0.15	0.929
Replica (Tratamiento)	8	1653.77	1653.77	206.72	58.22	0.000
Tiempo	7	5699.42	5699.42	814.20	229.32	0.000
Tratamiento*Tiempo	21	73.26	73.26	3.49	0.98	0.497
Error	56	198.83	198.83	3.55		
Total	95	7716.64				

S = 1.88427 R-Sq = 97.42% R-Sq(adj) = 95.63%

Cuadro 52. Análisis de varianza para ángulo de matiz de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	162.53	162.53	54.18	0.11	0.925
Replica (Tratamiento)	8	3962.64	3962.64	495.33	28.60	0.000
Tiempo	7	14546.95	14546.95	2078.14	119.97	0.000
Tratamiento*Tiempo	21	135.86	135.86	6.47	0.37	0.992
Error	56	970.00	970.00	17.32		
Total	95	19777.97				

S = 4.16190 R-Sq = 95.10% R-Sq(adj) = 91.68%

Cuadro 53. Análisis de varianza para cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	18.759	18.759	6.253	0.45	0.724
Replica (Tratamiento)	8	110.903	110.903	13.863	8.19	0.000
Tiempo	7	307.762	307.762	43.966	25.98	0.000
Tratamiento*Tiempo	21	55.810	55.810	2.658	1.57	0.091
Error	56	94.756	94.756	1.692		
Total	95	587.990				

S = 1.30080 R-Sq = 83.88% R-Sq(adj) = 72.66%

Cuadro 54. Análisis de varianza para la pérdida acumulada de peso de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	2.323	2.323	0.774	6.35	0.001
Replica (Tratamiento)	8	14.919	14.919	1.865	15.29	0.000
Tiempo	7	877.472	877.472	146.245	1198.87	0.000
Tratamiento*Tiempo	21	1.293	1.293	0.072	0.59	0.890
Error	56	5.855	5.855	0.122		
Total	95	901.863				

S = 0.349265 R-Sq = 99.35% R-Sq(adj) = 98.88%

Cuadro 55. Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	4.8867	4.8867	1.6289	1.88	0.153
Tiempo	3	10.6200	10.6200	3.5400	4.09	0.014
Tratamiento*Tiempo	9	8.5333	8.5333	0.9481	1.10	0.394
Error	32	27.7067	27.7067	0.8658		
Total	47	51.7467				

S = 0.930502 R-Sq = 46.46% R-Sq(adj) = 21.36%

Cuadro 56. Análisis de varianza para la acidez titulable de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.05180	0.05180	0.01727	0.93	0.435
Tiempo	3	0.02667	0.02667	0.00889	0.48	0.698
Tratamiento*Tiempo	9	0.01638	0.01638	0.00182	0.10	1.000
Error	32	0.59105	0.59105	0.01847		
Total	47	0.68590				

S = 0.135906 R-Sq = 13.83% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 57. Análisis de varianza para la relación brix:acidez de frutos de litchi 'Brewster' durante su almacenamiento a 2°C en el experimento 2.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	1120	1120	373	0.24	0.866
Tiempo	3	3673	3673	1224	0.80	0.502
Error	41	62946	62946	1535		
Total	47	67739				

S = 39.1826 R-Sq = 7.08% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 58. Análisis de varianza para el contenido de humedad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	4.266	4.266	1.422	0.61	0.626
Error	8	18.574	18.574	2.322		
Total	11	22.840				

S = 1.52373 R-Sq = 18.68% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 59. Análisis de varianza para el contenido de cenizas de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.002467	0.002467	0.000822	0.09	0.964
Error	8	0.073933	0.073933	0.009242		
Total	11	0.076400				

S = 0.0961336 R-Sq = 3.23% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 60. Análisis de varianza para el contenido de proteína de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.001499	0.001499	0.000500	0.07	0.973
Error	8	0.055126	0.055126	0.006891		
Total	11	0.056625				

S = 0.0830107 R-Sq = 2.65% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 61. Análisis de varianza para el contenido de grasa de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.0013738	0.0013738	0.0004579	4.60	0.037
Error	8	0.0007965	0.0007965	0.0000996		
Total	11	0.0021703				

S = 0.00997782 R-Sq = 63.30% R-Sq(adj) = 49.54%

Cuadro 62. Análisis de varianza para el contenido de carbohidratos de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	4.193	4.193	1.398	0.76	0.549
Error	8	14.790	14.790	1.849		
Total	11	18.983				

S = 1.35970 R-Sq = 22.09% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 63. Análisis de varianza para el contenido de fibra bruta de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0,003557	0,003557	0,001186	0,62	0,619
Error	8	0,015184	0,015184	0,001898		
Total	11	0,018740				

S = 0.0435657 R-Sq = 18.98% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 64. Análisis de varianza para el contenido de calcio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	103,03	103,03	34,34	1,17	0,380
Error	8	234,78	234,78	29,35		
Total	11	337,81				

S = 5.41733 R-Sq = 30.50% R-Sq(adj) = 4,44

Cuadro 65. Análisis de varianza para el contenido de fierro de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0,13590	0,13590	0,04530	1,74	0,237
Error	8	0,20887	0,20887	0,02611		
Total	11	0,34477				

S = 0.161581 R-Sq = 39.42% R-Sq(adj) = 16.70%

Cuadro 66. Análisis de varianza para el contenido de magnesio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	23.347	23.347	7.782	0.96	0.456
Error	8	64.596	64.596	8.075		
Total	11	87.943				

S = 2,84158 R-Sq = 26.55% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 67. Análisis de varianza para el contenido de fósforo de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	25.99	25.99	8.66	8.3	0.513
Error	8	83.37	83.37	10.42		
Total	11	109.35				

S = 3,22814 R-Sq = 23.76% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 68. Análisis de varianza para el contenido de potasio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	684.8	684.8	228.3	0.26	0.851
Error	8	6964.3	6964.3	870.5		
Total	11	7649.1				

S = 29.5049 R-Sq = 8.95% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 69. Análisis de varianza para el contenido de sodio de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	1,487	1,487	0,496	0,37	0,778
Error	8	10,785	10,785	1,348		
Total	11	12,273				

S = 1,16110 R-Sq = 12,12% R-Sq(adj) = 0,00%

Cuadro 70. Análisis de varianza para el contenido de zinc de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0,06230	0,06230	0,02077	1,08	0,411
Error	8	0,15387	0,15387	0,01923		
Total	11	0,21617				

S = 0,138684 R-Sq = 28,82% R-Sq(adj) = 2,13%

Cuadro 71. Análisis de varianza para el contenido de cobre de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0,0022667	0,0022667	0,0007556	1,44	0,302
Error	8	0,0042000	0,0042000	0,0005250		
Total	11	0,0064667				

S = 0,0229129 R-Sq = 35,05% R-Sq(adj) = 10,70%

Cuadro 72. Análisis de varianza para el contenido de manganeso de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	0.0002424	0.0002424	0.0000808	1.37	0.320
Error	8	0.0004721	0.0004721	0.0000590		
Total	11	0.0007145				

S = 0.00768164 R-Sq = 33.93% R-Sq(adj) = 9.15%

Cuadro 73. Análisis de varianza para el contenido de vitamina C total de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones mensuales de extractos de *A. nodosum* a partir de la emergencia de panículas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	3	187.8	187.8	62.6	0.42	0.747
Error	8	1205.3	1205.3	150.7		
Total	11	1393.1				

S = 12.2747 R-Sq = 13.48% R-Sq(adj) = 0.00%

Cuadro 74. Análisis de varianza para el peso de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	2	190.191	190.191	95.096	14.15	0.000
Error	222	1492.337	1492.337	6.722		
Total	224	1682.528				

S = 2.59273 R-Sq = 11.30% R-Sq(adj) = 10.50%

Cuadro 75. Análisis de varianza para luminosidad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	2	202.95	202.95	101.47	11.43	0.000
Error	222	1970.70	1970.70	8.88		
Total	224	2173.64				

S = 2.97943 R-Sq = 9.34% R-Sq(adj) = 8.52%

Cuadro 76. Análisis de varianza para el ángulo de matiz de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	2	129.966	129.966	64.983	10.57	0.000
Error	222	1364.211	1364.211	6.145		
Total	224	1494.177				

S = 2.47893 R-Sq = 8.70% R-Sq(adj) = 7.88%

Cuadro 77. Análisis de varianza para la cromaticidad de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	2	192.63	192.63	96.32	7.91	0.000
Error	222	2702.73	2702.73	12.17		
Total	224	2895.36				

S = 3.48919 R-Sq = 6.65% R-Sq(adj) = 5.81%

Cuadro 78. Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	2	22.625	22.625	11.312	4.78	0.009
Error	222	525.880	525.880	2.36		
Total	224	548.505				

S = 1.53910 R-Sq = 4.12% R-Sq(adj) = 3.26%

Cuadro 78. Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de frutos de litchi 'Brewster' con aplicaciones quincenales de extractos de *A. nodosum* a partir de la antesis.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Tratamiento	2	22.625	22.625	11.312	4.78	0.009
Error	222	525.880	525.880	2.36		
Total	224	548.505				

S = 1.53910 R-Sq = 4.12% R-Sq(adj) = 3.26%