

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**PROPAGACIÓN ASEXUAL DEL LITCHI (*Nephelium litchi* Camb.) MEDIANTE
DIFERENTES TÉCNICAS DE ACODO AÉREO, CON TRES ENRAIZADORES
(HORMONA, AGUA DE COCO Y MIEL) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE
SAPECHO - ALTO BENI**

Presentado por:

LORENA LUCERO LOPEZ

La Paz – Bolivia

2014

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROPAGACIÓN ASEXUAL DEL LITCHI (*Nephelium litchi* Camb.) MEDIANTE DIFERENTES TÉCNICAS DE ACODO AÉREO, CON TRES ENRAIZADORES (HORMONA, AGUA DE COCO Y MIEL) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO - ALTO BENI

Tesis de Grado Presentado como requisito Parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo

Asesores:

Ing. M.Sc. CASTO MALDONADO FUENTES

Ing. M.Sc. YAKOV ARTEAGA GARCIA

Tribunal Examinador:

Ing. Ph.D. CARMEN DEL CASTILLO GUTIERREZ

Ing. RAFAEL MURILLO GARCIA

Ing. JOHNNY TICONA ALIAGA

Aprobada
.....

Presidente Tribunal Examinador

DEDICATORIA

Primeramente agradecer a Dios por permitirme culminar esta hermosa fase en mi vida.

Con mucho amor a mis padres:
Zacarías Lucero Choque y Rufina López Tapia,
quienes fueron forjadores de mi formación
a través del amor, cariño y paciencia.

A mis queridos hermanos: Ramiro, Javier, Ángel,
Mónica Lucero, Rogelia Gómez y Norha Mamani.
A mis pequeños sobrinos: Moisés Jhonatan,
Jhojan Javier, Juan Gabriel, Daniela Nicol,
Jhojan Daniel y Ángela Lucero. Gracias por el
constante apoyo moral e incondicional.

Con mucho cariño:
LORENA LUCERO LOPEZ



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, a todos los docentes mis agradecimientos por haber contribuido en mi formación académica.

Al Ing. Fernando Manzaneda Delgado, Director de la Estación Experimental de Sapecho, por brindarme su apoyo en campo.

Al Ing. M.Sc. Casto Maldonado Fuentes y al Ing. M.Sc. Yakov Arteaga García asesores del presente trabajo de investigación, mis agradecimientos por los consejos y sugerencias en todo el proceso de la investigación.

A la Ing. Ph.D. Carmen Del Castillo Gutiérrez, al Ing. Rafael Murillo García y al Ing. Johnny Ticona Aliaga por la valiosa colaboración en la conclusión de tesis de grado.

Al Ing. Raúl Rivas por su apoyo incondicional, gracias por los consejos y sugerencias.

Al Técnico de la Estación Experimental de Sapecho: Señor Julio Escobar, mis agradecimientos por su apoyo, consejos y sugerencias para la siguiente investigación.

A mis queridos compañeros de campo, gracias por el apoyo incondicional y moral.

Por ultimo a mis amigas “megas”, gracias por su apoyo incondicional en toda la vida universitaria, por brindarme su hermosa amistad, muchas gracias.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes.....	3
1.2	Justificación.....	4
2.	OBJETIVOS.....	5
2.1	Objetivo General.....	5
2.2	Objetivos Específicos.....	5
2.3	Hipótesis.....	5
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1	Origen y distribución del litchi.....	6
3.2	Descripción taxonómica.....	8
3.3	Características del litchi.....	8
3.3.1	Árbol.....	9
3.3.2	Hojas.....	9
3.3.3	Flores.....	10
3.3.4	Raíz.....	12
3.3.5	Fruto.....	12
3.3.6	Semilla.....	14
3.4	Valor Nutritivo.....	14
3.5	Ecología del cultivo.....	17
3.5.1	Requerimientos edáficos.....	17
3.5.2.	Requerimientos Climatológicos.....	17
3.6	Condiciones que deben considerarse en la propagación.....	19
3.6.1	Características del agua (jugo) de coco.....	19
3.6.2	Características de la miel de abeja.....	20
3.6.3	Características de la hormona.....	21
3.6.3.1	Generalidades.....	21
3.6.3.1.1	Las auxinas.....	21
3.6.3.1.2	Las giberelinas.....	22

3.6.3.1.3	Las citocininas.....	22
3.6.3.1.4	El ácido abscísico (ABA.....	23
3.6.3.1.5	El etileno.....	23
3.7	Propagación del cultivo.....	23
3.7.1	Métodos de propagación.....	24
3.7.1.1	Sexual.....	24
3.7.1.2	Asexual.....	25
3.7.2	Características del método de propagación de acodo aéreo.....	25
3.7.2.1	Anillado	27
3.7.2.2	Rasgado.....	28
3.7.2.3	Corte diagonal.....	28
3.8	Factores que afectan la regeneración de las plantas por acodo.....	28
3.9	Características y usos del acodado	29
3.10	Tipos de acodado	30
3.11	Formación de callos.....	34
3.12	Proceso de rizogénesis.....	35
4.	LOCALIZACIÓN.....	36
4.1	Ubicación geográfica.....	36
4.2	Características climáticas del lugar.....	37
4.2.1	Clima.....	37
4.2.1.1	Temperatura.....	37
4.2.1.2	Precipitación.....	37
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
5.1	Materiales.....	39
5.1.1	Material biológico.....	39
5.1.2	Enraizadores.....	39
5.1.3	Material de campo.....	40
5.1.4	Material de medición.....	41
5.2	Metodología.....	41
5.2.1	Procedimiento experimental.....	41

5.2.1.1	Primera etapa.....	42
5.2.1.1.1	Reconocimiento de los árboles de litchi.....	42
5.2.1.1.2	Determinación del diámetro de las ramas.....	43
5.2.1.1.2.1	Anillado.....	44
5.2.1.1.2.2	Rasgado	44
5.2.1.1.2.3	Corte diagonal.....	45
5.2.1.1.3	Preparación del sustrato para los acodos.....	46
5.2.1.2	Segunda etapa.....	46
5.2.1.2.1	Traslado al vivero.....	46
5.2.1.2.2	Cuidado de las plantas en el vivero.....	48
5.2.2	Diseño Experimental.....	48
5.2.2.1	Modelo lineal aditivo.....	49
5.3	Variables de respuesta.....	50
5.3.1	En la planta madre.....	50
5.3.2	En el vivero.....	51
5.3.3	Análisis económico.....	51
5.3.4	Costos de producción.....	53
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	54
6.1	Parámetros de evaluación.....	54
6.1.1	En la planta madre.....	54
6.1.2	En el vivero.....	63
6.1.3	Costos de producción.....	74
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
7.1	Conclusiones.....	77
7.2	Recomendaciones.....	79
8.	BIBLIOGRAFIA.....	80

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica.....	8
Cuadro 2. Comparación del valor nutritivo.....	15
Cuadro 3. Composición nutricional del litchi.....	16
Cuadro 4. Condiciones climáticas ideales para el litchi.....	18
Cuadro 5. Contenido nutricional del agua de coco.....	20
Cuadro 6. Factores de estudio.....	48
Cuadro 7. Tratamientos considerados.....	49
Cuadro 8. Análisis de varianza para el crecimiento longitudinal de la raíz.....	57
Cuadro 9. Prueba de medias para el factor A (técnicas).....	58
Cuadro 10. Prueba de medias para el factor B (enraizadores).....	59
Cuadro 11. Interacción del factor.....	60
Técnicas de acodo aéreo versus enraizadores.....	
Cuadro 12. Análisis de varianza de efectos simples para la interacción de los factores A x B, en el crecimiento longitudinal de las raíces adventicias.....	61
Cuadro 13. Análisis de varianza para el diámetro del tallo.....	65
Cuadro 14. Prueba de Duncan para factor B (enraizadores).....	65

Cuadro 15. Prueba de Duncan para factor A (técnicas).....	66
Cuadro 16. Análisis de varianza para altura de planta.....	68
Cuadro 17. Prueba de Duncan para factor B (enraizadores).....	69
Cuadro 18. Prueba de Duncan para factor A (técnicas).....	70
Cuadro 19. Análisis de varianza de efectos simples para altura de planta.....	70
Cuadro 20. Análisis de varianza para la brotación de nuevas hojas.....	72
Cuadro 21. Prueba de Duncan para factor B (enraizadores).....	73
Cuadro 22. Prueba de Duncan para factor A (técnicas).....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipo de flores de litchi.....	11
Figura 2. Fruto de litchi.....	13
Figura 3. Acodo de punta.....	30
Figura 4. Acodo simple.....	31
Figura 5. Acodo serpenteado.....	31
Figura 6. Acodos aéreos.....	33
Figura 7. Acodo en montículo.....	34
Figura 8. Mapa de la ubicación de la zona de estudio.....	36
Figura 9. Temperaturas promedio.....	37
Figura 10. Precipitación pluvial promedio.....	38
Figura 11. Humedad relativa promedio.....	38
Figura 12. Esquema de la investigación.....	42
Figura 13. Días a la brotación de las raíces adventicias.....	56
Figura 14. Interacción técnica y tipo de enraizador en el Crecimiento longitudinal de la raíz.....	62
Figura 15. Distribución de las nuevas plantas en el vivero.....	63
Figura 16. Análisis para la interacción de A x B en el diámetro del tallo.....	67

Figura 17. Análisis de efectos simples para la interacción de los factores A x B, para la altura de planta.....	71
Figura 18. Interacción técnicas versus enraizadores para la brotación de nuevas hojas.....	74
Figura 19. Relación B/C en Bs, por enraizador.....	75

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Hojas del litchi.....	10
Fotografía 2. Formación de raíces en la planta madre.....	12
Fotografía 3. Enraizadores.....	40
Fotografía 4. Medición de los tratamientos.....	41
Fotografía 5. Técnica del anillado.....	44
Fotografía 6. Técnica del rasgado.....	45
Fotografía 7. Técnica del corte diagonal.....	45
Fotografía 8. Traslado al vivero.....	47
Fotografía 9. Distribución de los acodos aéreos.....	54

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los acodos aéreos en la planta madre.....	1
Anexo 2. Riego de los acodos con una jeringa de 10 ml.....	1
Anexo 3. Formación de callos y brotación de las raíces adventicias.....	2
Anexo 4. Separación de las plantas hijas de la planta madre.....	2
Anexo 5. Crecimiento longitudinal de la raíz adventicia en la planta madre.....	3
Anexo 6. Altura de la planta en el vivero.....	3
Anexo 7. Brotación de las nuevas hojas en el vivero.....	4
Anexo 8. Diámetro de tallo en el vivero.....	4

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Sapecho, dependiente de la Facultad de Agronomía (UMSA). El objetivo principal fue: Evaluar el efecto de tres tipos de enraizadores (agua de coco, miel, hormona), en la propagación asexual de litchi (*Nephelium litchi* Camb.), mediante tres técnicas de acodo aéreo. Se colectaron 36 acodos, en las que se determinó la técnica y enraizador más eficaz. . De acuerdo al porcentaje de prendimiento radicular en la planta madre y el porcentaje de prendimiento vegetativo en el vivero se llegó a obtener un 90 a 100 % de prendimiento, lo cual demuestra que con un buen manejo tanto en la planta madre y en los acodos aéreos se puede llegar a tener buenos resultados con respecto al total de acodos aéreos. Los resultados presentaron diferencias significativas con relación al crecimiento longitudinal de las raíces adventicias, el tratamiento T3 (anillado + fertifox) obtuvo el mejor resultado con una media de 7,16 cm de longitud de raíz, el cual tiene una gran diferencia con el tratamiento T5 (rasgado + agua de coco) con una longitud media de 2,08 cm de longitud de las raíces adventicias. En relación a la altura de planta, se muestra que los dos factores obtuvieron significancia y la interacción de ambos factores también presentó significancia, lo cual indica que los diferentes factores tuvieron una influencia independiente en el crecimiento vegetativo de la planta (altura de planta), el tratamiento T3 (anillado + fertifox) presentó el mayor tamaño con 152,41 cm de altura con respecto al T11 (corte diagonal + fertifox) con 58,91 cm de altura. Respecto a la brotación de las nuevas hojas se pudo apreciar que no hubo diferencia significativa con el factor A (técnicas) y la interacción de los dos factores, pero el factor B (enraizadores) presentó significancia con respecto a la brotación de nuevas hojas, lo cual indica que este factor tuvo una influencia en la aparición de nuevas hojas. Quedando como mejor resultado el T3 (anillado + fertifox) con 3,04 hojas con respecto al T4 (anillado + sin nada) que presentó 2,38 hojas quedando con el resultado más bajo con respecto a esta variable. En conclusión la técnica que presentó mejor resultado fue el anillado; con respecto al enraizador el que presentó mejor resultado fue el fertifox seguida de la miel.

SUMMARY

The present investigation work was carried out in the Experimental Station of Sapecho, clerk of the Faculty of Agronomy (UMSA). The main objective was: To evaluate the effect of three kind of *root promoter* (coconut water, honey, and hormone), in the asexual propagation of litchi (*Nephelium litchi* Camb.), by means of three techniques of air layering. 36 layerings was collected, in those that it was determined the technique and more effective *root promoter*. According to the percentage of engraftment radicular in the plant mother and the percentage of vegetative engraftment the nursery you ended up obtaining of 90 to 100 engraftment %, that which demonstrates that with a good one I manage so much in the plant mother and in the air layering you can end up having good results with regard to the total of air layering. The results presented significant differences with relationship to the longitudinal growth of the adventitious roots, the treatment T3 (rung + fertifox) he obtained the best result with a stocking of 7,16 cm of root longitude, which has a great difference with the treatment T5 (ripped + coconut water) with a half longitude of 2,08 cm of longitude of the adventitious roots. In relation to the plant height, it is shown that the two factors obtained significance and the interaction of both factors I also present significance, that which indicates that the different factors had an independent influence in the vegetative growth of the plant (plant height), the treatment T3 (rung + fertifox) I present the biggest size with 152,41 cm of height with regard to the T11 (it cuts diagonal + fertifox) with 58,91 cm of height. Regarding the sprouting of the new leaves you could appreciate that there was not significant difference with the factor TO (technical) and the interaction of the two factors, but the factor B (*root promoter*) it presented significance with regard to the sprouting of new leaves, that which indicates that this factor had an influence in the appearance of new leaves. Being as better result the T3 (rung + fertifox) with 3, 04 leaves with regard to the T4 (rung + without anything) that present 2, 38 leaves being with the lowest result with regard to this variable. In conclusion the technique that presented better result was the one rung; with regard to the enraizador the one that I present better result was the fertifox followed by the honey.

1. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Nephelium litchi* Camb.) es una planta exótica, la cual es muy adaptable a condiciones que presenta la localidad de Sapecho (Estación Experimental dependiente de la Facultad de Agronomía - UMSA). Donde se la cultiva en poca cantidad y condiciones no muy adecuadas, además se la puede encontrar con asociaciones (plantas forestales), así valorizando la biodiversidad del lugar.

Lamentablemente esta especie no es aprovechada debido a que en el lugar se dedican a la producción de otros cultivos (cacao, cítricos, banano...).

Es importante destacar que esta planta en condiciones ambientales adecuadas, puede llegar a tener un rendimiento favorable para el agricultor, además tener una alternativa en la producción debido a que su fruto presenta un alto contenido de vitamina C, además cuenta con un elemento muy importante que ningún otro posee, el fósforo; es un árbol de rápido crecimiento si se la propaga por vía asexual, que por la vía sexual y tiene un mercado seguro en los países donde se la produce.

Los precios de las frutas tradicionales atraviesan por una crisis, por lo que se considera oportuno impulsar el cultivo de nuevas especies que tengan potencial de adaptación y que superen en rentabilidad a estos frutales (Pérez et al., 2005 citado por Condori, 2006).

La propagación de esta especie presenta un problema, la viabilidad de su semilla, por lo general permanecen viables solo de cuatro a cinco días, adicionalmente se presenta problema de todas las plantas propagadas por semilla ya que estas forman árboles de entrada tardía, específicamente entra en producción a los seis a siete años, es por ello que se considera que la propagación asexual puede ser una alternativa muy factible debido a que las plantas propagadas por esta vía entran en producción entre los tres y cuatro años.

Según Villacrés (2008) es notoria una conciencia generalizada en la población mundial respecto a la necesidad de preservar los recursos naturales: suelos, agua,



vegetación y fauna silvestre, aún no intervenidos por el hombre. Sin embargo, para evitar la depredación de dichos recursos y detener la inconveniente expansión de las fronteras agrícolas, se requiere propiciar alternativas técnicas de desarrollo del sector agropecuario. Orientados a nuevos enfoques que incorporen la dimensión ambiental y los cambios tecnológicos mejorando la competitividad, generando cadenas productivas que reciclen, reutilicen y recuperen los subproductos generados en las actividades productivas.

Aunque el comercio internacional de litchi está escasamente documentado se puede afirmar que se encuentra en un proceso de ascenso. Las exportaciones han crecido en forma importante durante los últimos años y todavía no se conoce su límite. A pesar de que todos los países del cinturón tropical y subtropical del mundo tendrían posibilidades de participar en su producción y comercialización; son contados los países que aprovechan este potencial de negocio. Una de las principales limitaciones que obstaculiza el comercio es la característica de la fruta, que es muy delicada, perecedera y su calidad puede deteriorarse rápidamente si no se le da un tratamiento adecuado.

Respecto a la producción mundial según El Mercado Mundial del Litchi Mexicano (1996) menciona que actualmente existen cuatro centros de producción en el mundo, que son: Asia, prácticamente en todos los países se puede encontrar el litchi, pero solamente India, Taiwán, China, Tailandia, Vietnam e Israel cuentan con una producción exportable en fresco; Australia, es un productor relativamente joven pero con una agresiva estrategia de exportación; el Sur de África, donde destacan los países Madagascar, Sudáfrica, Zimbabwe, Mauricio y Reunión; el Centro y Norte de América con producción comercial en Florida, México, Honduras, República Dominicana y finalmente Hawái. Para fines de los años 60 se estimó una producción mundial de 225,000 toneladas, a principios de los años 80 se contó con aproximadamente 250,000 toneladas y en los años 90 se calcula una producción por arriba de 400,00 toneladas. Los datos disponibles permiten la conclusión que la producción de litchi se mantuvo estancada hasta principios de los



años 80 para después crecer a una tasa por arriba de otras frutas tropicales. Entre 1980/81 y 1994 la producción de litchi creció a una tasa anual de 3.2%.

Con relación a la producción de litchi a nivel nacional no se cuenta con datos ya que en nuestro país la fruta no es muy conocida.

En esta investigación se quiere demostrar que la reproducción asexual mediante técnicas de acodo aéreo con diferentes enraizadores es verdaderamente una alternativa para los productores de la zona.

1.1 Antecedentes

El litchi es un fruto tropical exótico, de alta demanda por parte del mercado internacional, siendo necesario implementar alternativas de conservación debiendo contar con más plantines de este cultivo, para luego observar el comportamiento agronómico.

Lamentablemente no existe un trabajo realizado con este cultivo en Bolivia, pero si existe una investigación con la propagación asexual de tres especies exóticas ornamentales, *Ficus elástica* Roxb, *Ficus benjamina* L. y *Schefflera gleasonii* Alain, mediante técnicas de acodo aéreo y aplicación de fitorregulador y fertilizante foliar en Santa Cruz, parámetro que será utilizado como base para realizar el siguiente estudio.

Pero también se pudo apreciar investigaciones sobre el comportamiento de los diferentes enraizadores, en la tesis titulada Efecto de enraizadores naturales en la propagación asexual del Arce negundo (*Acer negundo*) en vivero.

Por otra parte existen investigaciones del litchi en México, sobre la propagación vegetativa del litchi (*Litchi chinensis* Son) mediante acodo aéreo en Taretan, Michoacán, el cual nos indica que la propagación mediante acodo aéreo tiene buenos resultados, en el que se utilizó enraizadores como Raizone plus y Radix 10,000 (teniendo como ingrediente activo el AIB). En dicha investigación se puede apreciar que la propagación vegetativa de esta especie es muy frecuente.



Existen trabajos de investigación en Quito, sobre el Estudio de los mercados para producción y exportación de litchi en fruto y procesado 2007-2016 que nos demuestra que el cultivo tiene un amplio mercado.

1.2 Justificación

Se pretende difundir, a través de este trabajo, el valor de los árboles exóticos en especial la propagación de litchi, por sus cualidades funcionales para así motivar su manejo, cuidado y producción.

En la Estación Experimental de Sapecho se pudo apreciar que solo existe dos árboles de litchi, por lo cual se pretende realizar la propagación asexual mediante diferentes técnicas de acodo aéreo utilizando como enraizadores productos naturales que se pueden encontrar en el lugar, debido a que los productores no tienen acceso a fitohormonas ya que estas tienen un costo elevado.

Además con la presente investigación se quiere incentivar a los productores de la zona a producir este cultivo, debido a que el producto tiene un mercado seguro en el extranjero.

Por otra parte se quiere dar a conocer sobre las diferentes técnicas de acodo aéreo empleadas en la investigación, con ello poner a prueba los diferentes enraizadores utilizados para así poder dar más opciones al productor.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de tres tipos de enraizadores (agua de coco, miel, hormona y sin nada), en la propagación asexual de litchi (*Nephelium litchi* Camb.), mediante tres técnicas de acodo aéreo.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del agua de coco, miel, hormona y el agua en el enraizamiento del litchi.
- Comparar las diferentes técnicas de acodo aéreo respecto al enraizamiento.
- Determinar el beneficio/costo para la producción asexual del litchi.

2.3 Hipótesis

- No existe efecto alguno en la aplicación de los diferentes enraizadores respecto al enraizamiento del litchi.
- No existe diferencia en la aplicación de las diferentes técnicas de acodo aéreo del litchi respecto al enraizamiento.
- No es rentable la producción asexual del litchi con la aplicación de los diferentes enraizadores.



3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origen y distribución del litchi

El cultivo es originario de China del Sur, el Litchi (lichi) se ha difundido por toda Asia, África del este y del sur, Madagascar, los Estados de Florida y Hawai (Compendio de Agronomía Tropical, 1989).

Jácome et al. (1992) citado por Galán (1996) menciona que es nativo de las tierras bajas de las provincias de Kwantung y Fukien en China del Sur, con una larga historia en ese país. Históricamente ha sido mencionado en la literatura China desde 1059 A.C. Por otra parte Villacrés (2008) comenta que el litchi es un frutal nativo de las zonas subtropicales. Algunas fuentes consideran como centro de su origen la del sudeste de Asia, provincia de Cantón, en el Sur de China, otras también mencionan como origen a Vietnam del Norte. Hasta hoy en día los chinos consideran el litchi la fruta más fina de todas las frutas y donadora de la alegría de vivir, así es la traducción de su nombre chino Lee-Chee. Esta fruta tiene para los chinos similar importancia como el mango para los hindúes, y el maracuyá para los brasileños.

La primera referencia escrita de la que se tiene conocimiento tiene más de 3.000 años, cuando el emperador Wu Ti de la Dinastía China Han promovió su mayor extensión. El primer libro cultural de frutas en la historia universal fue escrito por Tsai Hsiang en 059 d.C. dedicándose precisamente a esta especie. El libro incluye algunos aspectos de variedades, áreas de cultivo y métodos de conservación de la fruta.

El primer documento europeo que menciona el litchi es “La Historia de China” de Mendoza escrita en 1585, comparando esta fruta con la ciruela.

La escasa viabilidad de la semilla del litchi, limitada a muy pocos días, y la dificultad para obtener nuevas plantas a partir de ella explican que el litchi haya permanecido durante muchos siglos en su área de origen. Mientras muchas frutas tropicales se difundieron durante la época de los grandes viajes en el siglo XVI, no es hasta el



siglo XIX que el litchi sale de su zona de origen para llegar en 1854 a Queen Island, Australia. En las islas de Madagascar y Mauricio, en África fue introducida en 1869-1870, de ahí se extendió en 1876 a Sudáfrica y otros países vecinos que en la actualidad también tienen importancia en el comercio mundial.

Según Villacrés (2008) al continente Americano la fruta llegó a través de Hawái, donde el chino Ching Check la introdujo en 1873, en Florida apareció en 1883, pasando por la ruta: China - Madagascar - Francia - Inglaterra. El productor más famoso de litchi es hasta la fecha el reverendo W.M. Brewster, quien entre 1903 y 1906 se dedicó a la selección de cultivos de litchi en esta península, el cultivar más difundido se encuentra en Estados Unidos y México que en la actualidad lleva su nombre.

Las primeras noticias para el cultivo en California existen desde 1897, algunos años después se introdujo también en México. Finalmente, se introdujo a Israel entre 1930 y 1940. En España se comenzó a cultivar a partir de 1970 en las Islas Canarias y posteriormente, en 1976 en la Costa del Sol de la región de Málaga.

Es una fruta de buena acogida en los mercados internacionales y tiene un interesante futuro, pues es resistente al transporte y con buena durabilidad (Villacrés, 2008).

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pertenece a la familia de *Sapindaceae*, que comprende 140 géneros y 1,500 especies. A esta familia pertenecen dos especies más que son de interés comercial:

- Rambután (*Nephelium lappaceum* L.)
- Pulusán (*Nephelium matabile* Blume)

Existen tres subespecies de litchi:

- *Litchi chinensis* Sonn., ssp. *chinensis*, de importancia internacional,
- *Litchi chinensis* Sonn, ssp. *Philippensis* (Radlk.) Leenh., se encuentra en Filipinas y tiene frutos no comestibles, y



- *Litchi chinensis* Sonn. ssp. *Javanensis* Leenh. es ocasionalmente cultivado en Indochina y en el Oeste de Java y tiene frutos similares al ssp. *Chinensis* (Sauce, 1996 citado por el mercado mundial del litchi Mexicano, 1996).

3.2 Descripción taxonómica

Según el Compendio de Agronomía Tropical (1989), clasifica al litchi como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Sapindácea
Genero	<i>Nephelium</i>
Especie	<i>N. litchi</i> Camb.
Nombre científico	<i>Nephelium litchi</i> Camb
Nombre común	“Litchi”, “Lychee”
Otros nombres	“litchi”, “mamoncillo chino”, “lichí”

3.3 Características del litchi

El Compendio de Agronomía Tropical (1989) menciona que el litchi es un árbol de cinco a seis metros de altura puede sobrepasar a veces los diez metros. Produce racimo de nueces de cascara roja y suave, las cuales contienen una pulpa blanca, jugosa y azucarada muy perfumada. Las frutas se consumen frescas o secas; también se pueden enlatar. El follaje del árbol es siempre verde y las hojas son muy brillantes en la parte superior y opaca por debajo. La producción comienza a los seis o siete años cuando la propagación se hace a partir de semillas, y a los dos o tres años si es por acodo o por injerto.



3.3.1 Árbol

El tamaño del árbol es de regular a grande, exuberante y espeso, perenne, relativamente de 10 a 12 m de altura, su copa es generalmente redonda densa, compacta y simétrica que generalmente llegan al suelo. Es de tronco grueso recto y corto, de corteza café oscuro, es una planta perenne que presenta una cantidad variable de brotaciones anuales que confiere un aspecto muy atractivo en todas las estaciones del año (Sauco, 1987 citado por Bustos, 2010).

Los árboles pueden crecer hasta alcanzar una altura de 40 pies (12 m) y tienen una hermosa copa, redondeada y simétrica, que se extiende casi hasta el suelo. Son muy atractivos debido a su follaje de color verde oscuro y a sus frutos rojos. Típicamente, las ramas principales de los árboles que no se han podado comienzan a 3 pies (0.9 m) del suelo (Crane y Balerdi, 2012).

3.3.2 Hojas

Al respecto Villacrés (2008) las hojas se disponen en forma alterna, pecioladas y uniformemente pinnadas con dos a cuatro pares de hojuelas que son de 5-12 cm. de largo, 2,5 - 6 cm de ancho, coriáceas, oblongas-elípticas a lanceoladas, notoriamente agudas, lisas de color verde oscuro brillante en el haz y verde grisáceo en el envés; el follaje joven es de un hermoso color bronce rojizo. Son de forma puntiaguda, elípticamente oblongas a lanceoladas. Los brotes jóvenes son anaranjados o rojo cobrizo acentuando el carácter llamativo del árbol, como se puede apreciar en la Fotografía 1.





Fotografía 1. Hojas del litchi

3.3.3 Flores

Este árbol es vistoso cuando está en plena floración, con masas de pequeñas flores apétalas, polígamas, portadas en panículas axilares o terminales, de muchas ramas, de 30 cm o más de largo. Las flores son de color blanco verdoso o amarillentas, con pequeños sépalos ovalados, disco carnosos, generalmente ocho estambres con filamentos peludos, el ovario de dos a tres lóbulos, dos a tres celdas, pubescente, montado en un tallo corto, con un óvulo en cada celda y el estigma con dos lóbulos.

Hay 3 tipos de flores que aparecen en sucesión irregular o, en momentos, simultáneamente, en la inflorescencia del litchi.

En este frutal se observan tres tipos de flores, que se abren sucesivamente en la misma panícula. Las del tipo I son hermafroditas, pero su función es masculina; tienen ocho estambres y el estigma no está bien desarrollado. Las del tipo II son también hermafroditas, se comportan como femeninas: tienen un estigma bien desarrollado y un estambre, pero el polen que producen es abortivo y las antenas no se abren. Las del tipo III son morfológicamente masculinas, tienen únicamente hipertrofiado y producen mucho polen y usualmente, los tres tipos de flores, se



abren en cinco fases:

Fase A - Sólo tipo I, 10 días de apertura,

Fase B - Tipo I y tipo II, 2-3 días,

Fase C - Sólo tipo II, 2 días,

Fase D - Tipo II y tipo III, 2-3 días,

Fase E - Sólo tipo III, 7-10 días.

Cada árbol da miles de flores, pero muy pocas forman fruta; del 10 al 30% son femeninas. La polinización es por insectos, una buena población de abejas dará una mayor producción de frutas. No obstante, a veces, hay carencia de polinización y la función del polen en ocasiones no es muy buena.

Las variedades del litchi son auto-fértiles, por lo que son capaces de producir aunque se cultiven en bloques de una sola variedad (Villacrés, 2008).

Son pequeñas, de color verdoso y se disponen en una inflorescencia grande que emerge al final de las ramas. La floración en Florida ocurre a finales de diciembre y abril (más comúnmente en febrero y marzo). Existen tres tipos de flores: dos tipos masculinos (llamadas M1 y M2) y un tipo femenino (F). En general, las flores de tipo M1 abren primero, las femeninas abren después y las M2 son las últimas en abrir como se muestra en la figura 1 (Crane y Balerdi, 2012).

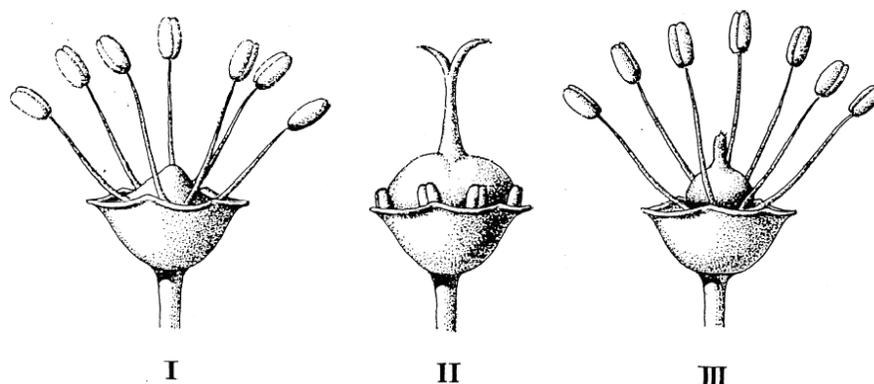


Figura 1. Tipo de flores de litchi (Galán Sauco, 1987).



Según el Compendio de Agronomía Tropical (1989) la floración en México ocurre en los meses de enero, febrero y marzo y la biología floral del litchi consiste en las panojas florales que llevan en un momento dado.

3.3.4 Raíz

Los árboles francos originados de semilla, despliegan un rizoma pivotante bastante firme con formación de raíces secundarias y terciarias bien repartidas, sin embargo por lo general los árboles de las huertas comerciales e inclusive de jardines provienen de propagación por acodo. Estas plantas tienen la peculiaridad de tener sistema radicular muy superficial y sin raíz pivotante como se detalla en la fotografía 2 (Sauco, 1987 citado por Bustos, 2010).



Fotografía 2. Formación de raíces en la planta madre

3.3.5 Fruto

Según Villacrés (2008), los frutos son producidos en grupos sueltos, desde 2 a 30 días. Es importante que éstos maduren en el árbol, para alcanzar un mejor sabor, para lo cual son necesarios de 60 a 90 días después de la floración

El fruto del litchi es una drupa de forma redonda, ovoide, acorazonada e incluso arriñonada. Su tamaño es variable según cultivares pero llega a alcanzar hasta 5



cm de largo y hasta 4 cm de diámetro; con un peso entre 12 y 25 g. La cubierta externa del fruto (pericarpio) es delgada, coriácea, dura y quebradiza, es verde en el fruto inmaduro pero adquiere un color rojizo brillante e incluso es amarilla o verde en algunos casos. Está cubierta, posee protuberancias angulares poco pronunciadas. Cuando comienza a secarse, la piel cambia a un color marrón sucio y se torna mucho más quebradiza. Ello sucede rápidamente incluso con el fruto aún perfectamente comestible. Es una fruta altamente perecedera y delicada y su calidad puede deteriorarse rápidamente si no se almacena debidamente, especialmente en un lugar seco y fresco. Muchos países productores concentran actualmente sus investigaciones en problemas de pos cosecha con la finalidad de mantener el color rojo brillante por más tiempo.

La parte comestible de la fruta es una estructura denominada botánicamente arilo, se forma a partir de células que deviene meristemáticamente en el funículo (pedúnculo de la semilla) y en la parte exterior de las túnicas exteriores como se puede apreciar en la figura 2. Crece de forma continua alrededor de la semilla, mientras el fruto se desarrolla, pero se separa fácilmente tanto de la semilla como del pericarpio. El arilo tiene su pulpa de color normalmente blanco, en algunos casos tendiendo a rosado, con una consistencia jugosa similar a la de la uva fresca y con un aroma agradable, subyácido-dulce.



Figura 2. Fruto de litchi



Según El Mercado Mundial del Litchi Mexicano (1996) menciona que la cosecha es desde mediados de mayo a principios de julio, dependiendo de la variedad. La producción errática de frutos es el factor limitante principal en la producción comercial del lichi. Existe gran variación en la estabilidad de la producción de frutos entre las variedades. En promedio los árboles adultos de 15 a 20 pies de altura (4.6 a 6.1 m) pueden producir de 200 a 300 lb (91 a 136 kg) de frutos en un buen año; sin embargo, la mayoría de los árboles tienen un 'buen año' cada 3 o 4 años. En contraste, los árboles adultos que han recibido un buen cuidado pueden producir frutos cada año, con buenos rendimientos en años alternos.

3.3.6 Semilla

La semilla, brillante, marrón oscura, casi de color café, es de forma ovoide a oblonga midiendo entre 1 y 2 cm. de longitud y entre 6 y 12 mm de ancho. Comprende, aproximadamente, el 10-18% del peso del fruto, que es del orden de 10 a 35 g según cultivares. Las semillas abortadas, "semillas lengua de pollo" son pequeñas y arrugadas, no viables y representan en este caso cerca del 4% del peso del fruto.

Los frutos con semillas abortadas son un poco más pequeños que los de semilla normal, ocupando el arilo el hueco dejado por la semilla abortada. En consecuencia son preferidos, pues contienen una mayor proporción de pulpa (Galán, 1996).

3.4 Valor Nutritivo

En el cuadro 2 se puede apreciar los atributos del litchi, resalta su contenido de fósforo, que no se presenta en ninguna otra fruta del mundo. Su contenido de agua es muy elevado. Es rico en hidratos de carbono, pero pobre en grasas y proteínas, por lo que su valor calórico no es muy alto.



Cuadro 2. Comparación del valor nutritivo

Fruta	Energía KJ	Agua g	Ca mg	Vit. C	Desechos antes de comer %
Litchi	250	84	8	50	40
Piña	230	86	13	30	30
Mango	210	87	14	30	34
Naranja	210	86	40	55	25
Sandía	80	95	12	30	20

Fuente: Galán (1996)

Respecto a otros nutrientes, destaca su contenido de vitamina C, aportando también en menor proporción otras vitaminas hidrosolubles del complejo B, entre ellas el ácido fólico. En lo que se refiere a su contenido mineral, aporta potasio, fósforo y en menor cantidad magnesio. Contiene fibras en cantidades poco significativas como se muestra en el cuadro 3 (Jácome et al 1992, citado por Galán, 1996).

Varios poetas chinos hablan de las excelentes cualidades gustativas del litchi indican que podrían comer 300 e incluso 1.000 frutos al día sin hartarse de su consumo. Sin embargo, el litchi no puede compararse dietéticamente con otros frutos subtropicales y tropicales como por ejemplo, el aguacate, el banano e incluso el mango. Pero, en el caso del litchi, no es lo más importante su valor nutritivo, sino su sabor excepcional e incomparable con otras frutas.



Cuadro 3. Composición nutricional del litchi

Componentes	Contenido de 100g de parte comestible de fruta fresca	Contenido de 100g de parte comestible de fruta seca	Valores diarios recomendados (basados en una dieta de 200g calorías)
Calorías	63-64	277	
Humedad	81.9-84.83	17.90-22.3	
Carbohidratos	13.31-16.4g	70.7-77.5 g	300
Ceniza	0.37-0.5g	1.5-2.0 g	
Fibra	0.23-0.4g	1.4 g	25
Grasa Total	0.3-0.58g	0.20-1.2 g	66
Proteína	0.68-1.0g	2.90-3.8 g	
Ácido ascórbico	24-60mg	42 mg	60 mg
Acido nicotínico	0.4mg		
Calcio	8-10mg	33 mg	162 mg
Colesterol	0mg		300 mg
Fósforo	30-42mg		125 mg
Hierro	0.4mg	1.7 mg	18 mg
Potasio	170mg	1.100 mg	3500 mg
Riboflavina	0.05mg	0.05 mg	1.7 mg
Sodio	3mg	3 mg	2400 mg
Tiamina	28mg		

Fuente: Galán (1996)

Por otra parte Villacrés (2008), menciona que los estudios que se han realizado sobre la composición del fruto indican que su principal constituyente es el agua que representa entre el 76 y el 87% del peso de la pulpa. Su contenido de proteína es bastante bajo y usualmente comprendido entre el 0.8 y el 0.9%, pudiendo llegar a 1.5%. La acidez es bastante variable según cultivares, registrándose valores entre 0.20 y 1.1% de acidez total. Como en la mayoría de los frutos el valor decrece



conforme avanza el proceso de maduración e incluso durante el almacenaje. El litchi tiene un valor calórico en torno a los 65 calorías por cada 100 g y es una fuente apreciable de vitamina C, pero las cantidades difieren mucho entre cultivares y varían entre 40.2 y 90 mg consumiendo 100 g de esta fruta, o sea 7 frutos satisfacen las recomendaciones dietéticas en ácido ascórbico para adultos.

3.5 Ecología del cultivo

El Litchi es una especie de clima tropical y subtropical con estación fría bien marcada. Requiere una temperatura en promedio de 18 °C y máxima de 35 °C. La pluviosidad debe ser comprendida entre 2500 y 3000 milímetros al año e imperativo mantener el riego durante la época seca. Crece bien en suelos aluviales frescos y profundos de tendencia ácida, es sensible a los vientos fuertes (Compendio de Agronomía Tropical, 1989).

El litchi es de clima semitropical, con algo de frío en invierno, necesita mucha humedad ambiental. Requiere protección al viento y al calor, pero no florece en la sombra.

3.5.1 Requerimientos edáficos

Villacrés (2008), indica que en general, el litchi se puede cultivar en diferentes tipos de suelo, prefiriendo los suelos de aluvión, se adapta mejor a suelos profundos, de buen drenaje (tolera como máximo 15 días en pequeñas inundaciones), fértiles y con un pH entre 5.5 y 6.5, es decir moderadamente ácidos. Las raíces del litchi se desarrollan mejor cuando se encuentran asociadas con hongos micorrizicos, por lo que es necesario inocular micorrizas antes de establecer la planta en el terreno definitivo (puede ser tierra, en donde ya estuvo plantada esta misma especie).

3.5.2. Requerimientos Climatológicos

El litchi necesita calor moderado y un ambiente libre de heladas, pero puede resistir a menudo heladas ligeras con algún tipo de protección. Cuando los árboles son jóvenes se pueden proteger con marcos alrededor de las plantas con mallas de plástico y paja. También pueden usarse bombillas eléctricas que proporcionen un



calor moderado al cultivo.

Los árboles jóvenes se benefician por la protección del viento. Para ello se pueden poner una tela alrededor de cada árbol sujeta mediante estacas. En situaciones muy ventosas, la plantación entera puede ser protegida por árboles plantados como cortavientos, pero éstos no deben proporcionar excesiva sombra al cultivo ya que redundaría en una menor producción de frutos. El árbol del litchi es estructuralmente muy resistente al viento, pero debe protegerse para resguardar la cosecha.

El litchi está adaptado a las zonas subtropicales que presentan un verano cálido e invierno con una temperatura más baja, sin llegar a la presencia de heladas. Es un frutal que se adapta mejor a bajas altitudes, como las zonas costeras y cercanas a los ríos, en donde se tiene una alta humedad. Una humedad relativa mayor al 75% ayuda a una mejor floración y cuajado de los frutos. El rango óptimo para el crecimiento del árbol del litchi está entre 20 y 30°C, con un mínimo para el crecimiento vegetativo de 15 a 16°C. A diferencia de lo anterior para favorecer la floración es recomendable una temperatura de invierno entre 8 y 10°C, para contraponer un poco la alternancia de la producción. En el cuadro número 4 se puede apreciar las condiciones climáticas adecuadas para el litchi.

Cuadro 4. Condiciones climáticas ideales para el litchi

Estado de crecimiento	Clima ideal
Brotación	2% 30°C Humedad relativa alta. Abundante precipitación
Dormancia	Temperatura invernal menor a 20°C, menos de 50 mm lluvias/mes (tres meses antes de la panícula floral)
Floración 16-22°C.	16-22°C. Precipitación ligera
Cuajado	18-24°C. Humedad relativa moderada
Crecimiento del fruto	24-28°C. Precipitación regular. Elevada insolación. Humedad relativa alta

Fuente: Galán Saucó, Víctor (1987)



3.6 Condiciones que deben considerarse en la propagación

Para Aguirre (1988) citado por Condori (2006), el éxito de una propagación por estacas u otros métodos depende de las condiciones inherentes de los mismos (tipo de planta) y las condiciones ambientales durante la formación de las raíces, es decir que capacidad de la propagación vegetativa de una, depende de la especie vegetal utilizada, factores ambientales y labores culturales.

Por otra parte Hartman y Kester (1997), citado por Aguilar (2002) señala que la propagación vegetativa es asexual en cuanto involucran a la división mitótica de las células, que duplican el genotipo de la planta; esta duplicación genética se designa clonación y a la población de plantas diseminadas se las llama clones.

También nos definen como la división mitótica de células con duplicidad del sistema cromosómico y el citoplasma para formar dos células hijas. Una sola célula viviente, vegetativa y aislada, contiene toda la información necesaria para regenerar otra planta, lo mismo que una porción de tallo tiene la capacidad de formar raíces o viceversa, también las hojas pueden regenerar tallos y raíces (Hartman y Kester, 1980 citado por Condori, 2006).

3.6.1 Características del agua (jugo) de coco

Es el líquido que se halla en el interior de la pulpa; cuanto menos maduro este el fruto más abundante será y también más rico en nutrientes. Se considera una bebida isotónica natural, siendo muy apreciada en los países tropicales donde se toma extrayéndolo directamente del fruto, en el cuadro 5 se puede apreciar la composición del agua de coco (Condori, 2006).



Cuadro 5. Contenido nutricional del agua de coco

Producto	Contenido
Energía	20 Kcal
Proteínas	0,1 g
Carbohidratos	5,5 g
Lípidos	0,05 g
Sodio	25 mg
Potasio	160 mg
Cloro	20 mg
Calcio	5 mg
Fosforo	0,4 mg
Magnesio	0,45 mg

Condori (2006)

El agua de coco es una sustancia empleada en experimentos de multiplicación de plantas, debido a que cocos inmaduros manifiestan propiedades en el desarrollo de tejidos, cualidad aprovechada en la experimentación; dicha sustancia presenta reguladores del crecimiento, como las citocininas (1:3-difenil-urea), auxinas (AIA), ácido abscísico (ABA) y giberelinas (Flores, 2006).

3.6.2 Características de la miel de abeja

Según Condori (2006) la miel es una solución espesa, dulce, sobresaturada de azúcar que elaboran las abejas, esta miel de abeja se compone de fructuosa, glucosa y agua, en proporciones variables y contiene también varias enzimas y aceites. La miel tiene un valor energético de unas 3.307 cal/kg, absorbe con facilidad la humedad del aire.



3.6.3 Características de la hormona

3.6.3.1 Generalidades

Lira (1994) menciona que los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes que, en pequeñas cantidades, fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal. Las hormonas de las plantas (fitohormonas) son reguladores producidos por ellas mismas, que en bajas concentraciones, regulan sus procesos fisiológicos.

En la actualidad, se conocen cuatro tipos generales de hormonas en las plantas: auxinas, giberelinas, citocininas e inhibidores y también se han reconocido las propiedades hormonales del etileno.

3.6.3.1.1 Las auxinas

Ribéreau et al. (1986) citado por Aguilar (2002) explican que son las primeras sustancias de crecimiento aislados en los vegetales, y tienen un papel muy importante en la fisiología de la planta.

Por otra parte su interés práctico es considerable, pues se las utiliza corrientemente para mejorar el enraizamiento de las estacas, retardan la caída de los frutos y obtener frutos desprovistos de semillas, numerosos herbicidas son sustancias que pertenecen a este grupo.

Hartman y Kester (1980) citado por Condori (2006).menciona estudios efectuados sobre la fisiología que de las auxinas a mediados de la década de 1930, y después, mostraron que esta intervenía en actividades de la planta tan variadas como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de las yemas laterales, la abscisión de las hojas y frutos y en la activación de las células del cambium. El ácido indol-3 acetico (IAA) se identificó en 1934 como un compuesto de ocurrencia natural que tenía una actividad considerable de auxina y pronto se encontró que promovía la formación de raíces adventicias. Esta acción del IAA se demostró originalmente mediante un ensayo biológico, usando epicótilos de chicharro ahilada en un grupo de condiciones estándar.



El nombre genérico dado a un grupo de compuestos orgánicos caracterizados por su capacidad para producir elongación en las células, por lo que se les llama hormona del “alargamiento celular”.

La primera función descubierta de las auxinas fue estimulación de la división celular. La estimulación de la iniciación de las raíces, que fue la segunda, constituye la primera práctica de estos reguladores del crecimiento.

Actualmente los viveristas utilizan los reguladores del crecimiento, para estimular la formación de la raíces de acodos (Weaver, 1975 citado por Bustos, 2010). Participan también en la orientación de la hoja con su superficie adaxial (superior) hacia la luz y transversalmente al vector de gravedad (gravistropismo) y además en el crecimiento oblicuo con relación al vector de gravedad de los brotes laterales, estolones y raíces laterales, promueven la formación de las raíces laterales y adventicias (Jankiewicz, 2003 citado por Bustos, 2010).

3.6.3.1.2 Las giberelinas

El efecto más sorprendente de asperjar plantas con giberelinas es la estimulación del crecimiento. Los tallos se vuelven generalmente mucho más largos que lo normal; se estimula el crecimiento de los entrenudos más jóvenes y frecuentemente se incrementa la longitud de los entrenudos individuales (Lira, 1994).

Según Hill (1984) citado por Bustos (2010) las giberelinas actúan en forma parecida a las auxinas al estimular el alargamiento celular, inducir el partenocarpio, producir nuevas síntesis de RNA y proteínas, actuar sobre la dominancia apical. Además actúan sobre el enanismo al producir un crecimiento normal de plantas genéticamente enanas, provocan la germinación de semillas y yemas rompiendo el letargo y promueven la floración y el espigamiento.

3.6.3.1.3 Las citocininas

Ribéreau et al. (1986) citado por Aguilar (2002) señalan que las citoquininas constituyen la tercera categoría de sustancias de crecimiento, en el estudio de crecimiento de los tejidos vegetales. Estas favorecen esencialmente en la división



celular en los meristemos primarios y secundarios.

Las citoquininas se ocupan de estimular el desarrollo de las raíces ya que por lo común estimulan el desarrollo de brotes y se oponen al enraizamiento, se conoce que a bajas concentraciones estimula la iniciación de raíces.

Las citocininas afectan también en múltiples e importantes procesos fisiológicos; por ejemplo, estimulan la germinación de las semillas que necesitan luz y acortan el periodo de latencia de las yemas. Son también un factor muy activo en la regulación de la morfogénesis, ante todo, por suprimir la dominancia apical en las plantas, lo que causa la brotación de yemas laterales. En algunas especies de plantas las citocininas participan en la inducción de la floración y en la abscisión de frutos pequeños (Jankiewicz 2003, citado por Bustos, 2010).

3.6.3.1.4 El ácido abscísico (ABA)

Es uno de los inhibidores del crecimiento más conocido y tiene implicaciones muy importantes en el control de la transpiración por los estomas; también provoca abscisión o caída de las hojas, flores y frutos (Lira, 1994).

3.6.3.1.5 El etileno

Lira (1994) indica que el etileno estimula el crecimiento de varios granos, bulbos, estacas de madera dura y raíces, al igual que la germinación de algunas especies al aplicar el gas simplemente como pre tratamiento breve, es decir, si se limita la exposición a unas cuantas horas o pocos días antes de la brotación, o durante la imbibición de las semillas.

3.7 Propagación del cultivo

Estudios realizados en México han llevado a la conclusión de que, para la máxima formación de raíces, las ramas que se acodan no deben ser menores de 5/8 pulgadas (15 mm) de diámetro, y para evitar la excesiva defoliación del árbol madre, no deben ser superiores a 3/4 pulgada (20 mm). Las ramas, de cualquier edad, en la periferia de la copa y que estén expuestas al sol, producen un mejor acodo, con un mayor desarrollo radicular que las ramas ubicadas dentro de la



sombra del árbol. La aplicación de reguladores de crecimiento, a diferentes concentraciones, no ha mostrado ningún efecto significativo en el desarrollo de las raíces.

Los árboles de acodo fructifican en 2 a 5 años después de la siembra, un árbol de litchi no está en su apogeo hasta que no tiene de 20 a 40 años y seguirá teniendo una buena cosecha durante 100 años o más. Una desventaja del acodo es que los árboles resultantes tienen sistemas de raíces más débiles (El cultivo de Litchi).

Según Crane y Balerdi (2012), los árboles de lichi no replican las características del árbol madre cuando se reproducen por semillas; además, los árboles así obtenidos no producirán frutos hasta que hayan pasado 10 o más años. La propagación mediante acodos es el método usado comúnmente. En general, mientras mayor sea la rama usada, más fácilmente se logrará el acodo. Los injertos (usualmente lateral o de puya) se pueden realizar en los arbolitos obtenidos de semillas pero no son tan comunes como los acodos, esto podría cambiar si se identifican patrones de calidad superior. En algunos países (Israel y Australia) los árboles en producción se injertan con esquejes de variedades superiores; esta práctica podría hacerse más común cuando se recomienden variedades superiores.

3.7.1 Métodos de propagación

3.7.1.1 Sexual

Según Villacrés (2008) los litchis no se reproducen fielmente a partir de semillas, y los más selectos las tienen abortadas, semillas improductivas. Además, las semillas del litchi permanecen viables solo 4 a 5 días, y los árboles de semilla no producirán hasta que tengan de 5 a 10 o incluso 25, años de edad. Por estas razones, las semillas se plantan en su mayoría con fines de cría para selecciones o como porta injertos.

Los árboles obtenidos de semillas pueden utilizarse como patrones pero generalmente esto no se recomienda debido a la alta variabilidad genética y a la concurrente variación en la tolerancia a diferentes condiciones del suelo (alto pH y



suelos calcáreos) que los mismos poseen.

3.7.1.2 Asexual

La multiplicación del lichi según el Compendio de Agronomía Tropical (1989) mencionan que se multiplica por siembra, por injerto o por acodo aéreo. El poder germinativo de las semillas es muy breve, no pasa de los cuatro o cinco días.

En caso de ejecutar en acodo aéreo, es conveniente llenar la bolsa con tierra proveniente de la base del tronco del árbol, porque contienen micorrizas que viven en simbiosis con las raíces; el acodo se quedara tres meses en el árbol y luego debe pasar unos dos meses en vivero.

3.7.2 Características del método de propagación de acodo aéreo

Hartman y Kester (1980) citado por Condori (2006) indica que el acodado es un método de propagación en el cual se provoca la formación de raíces adventicias a un tallo que está todavía adherido a la planta madre. Luego, el tallo enraizado, acodado, se separa para convertirlo en una nueva planta que crece sobre sus propias raíces.

La rama acodada sigue recibiendo agua y minerales debido a que no se corta el tallo y el xilema permanece intacto. En consecuencia, el acodado no depende del período de tiempo que una rama separada (estaca) puede mantenerse antes de que se efectúe el enraizado. Esta es una de las razones importantes por qué en muchas plantas se tiene más éxito al propagarlas por acodos que por estacas. Martty (1991) citado por Alvarado (2004) menciona que el acodo es un método común y muy empleado en jardinería, común para obtener retoños con innumerables plantas. Para ello se busca una rama cuyo tronco y ramas derivadas se preste al diseño de un futuro árbol ornamental. En una determinada zona, acorde con la altura total de la planta se procede a establecer el lugar de proliferación de raicillas de una planta.

El acodo aéreo es un método de multiplicación natural; consiste en que la rama de un árbol y unida durante un tiempo dado a la planta madre y cubierta de tierra



producirá raíces, luego al desprender el acodo del árbol la nueva planta vivirá independientemente (López y Boyana, 1987 citado por Alvarado, 2004).

La acodadura aérea es un procedimiento muy especial de multiplicación, este consiste en obligar a las ramas a formar raíces antes de que se separe de la planta madre. Se quita una hoja de un nudo haciendo una incisión en el tallo para luego envolverlo toda la zona con musgo húmedo y en plástico, así, en cuatro a cinco semanas brotarán raíces (Herwin, 1989 citado por Alvarado, 2004).

El medio más utilizado para la propagación del litchi es el acodo aéreo que proporciona buenos resultados y es muy sencillo. A través del acodo aéreo se obtienen plantas idénticas. El método a seguir inicia con la selección de árboles sanos, vigorosos y con abundante ramificación ampliamente iluminada. Posteriormente, se eligen ramas de crecimiento erecto o sin ramificaciones, entre 10 y 20 mm de diámetro y entre 45 y 60 cm de longitud, las cuales deben estar situadas de preferencia en la parte exterior, que se encuentren en un adecuado crecimiento vegetativo, ya que la rama tierna que acaba de dar brotes enraíza pobremente.

El acodo se realiza con la ayuda de una navaja o cuchillo eliminando una parte de la corteza y la parte del cambium a todo el diámetro de la rama que oscila entre 1.5 y 2.5 cm.

La superficie desnuda de la rama y parte de la rama por abajo y arriba de la misma (entre 7.5 cm y 12.5 cm respectivamente) se rodea con un medio que retenga bien la humedad, ya sea turba o el musgo (*Sphagnum* sp), siendo más efectiva la primera. Para evitar las pérdidas de humedad, se coloca la turba y el musgo en una bolsa de plástico delgado y transparente en todo en el entorno del acodo, atada por ambos extremos y a su vez esta última con papel aluminio para protegerla del sol.

La rama, a la cual se le realizó el acodo debe cortarse cuando se observen entre 6 y 8 raíces que cambien del color blanco a marrón cremoso, evitando la presencia de un período de crecimiento activo de la planta madre.



En esta etapa es recomendable eliminar el 50% de la superficie foliar, además de que la separación debe hacerse fuera de la época de seca.

Las ramas obtenidas del acodo se transplantan a bolsas de 15 x 15 x 35 cm, en una mezcla bien drenada. Para obtener una nueva planta es necesario esperar entre 1 y 1.5 años, desde el acodo hasta el establecimiento en el terreno definitivo y de tres a cinco años para comenzar a producción (Galán, 1996).

Según Flores (2006) la propagación mediante acodado es más exitosa que la multiplicación por estacas, debido a la rápida obtención de plantas de mayor tamaño en menor tiempo; debido a que la rama acodada no se separa de la planta, recibe nutrientes a través del xilema. Es un método fácil de realizar que puede efectuarse a la intemperie, económico a diferencia de las técnicas de micro propagación.

Entre las desventajas del método, es que existe mayor demanda de mano de obra, puede ser caro (comparado con otras técnicas tradicionales) y requiere de mayor tiempo para enraizar. Las técnicas de micro propagación pueden reemplazar muchos procedimientos de acodado, debido a la rápida multiplicación (Hartman y Kester, 1984 citado por Flores, 2006).

3.7.2.1 Anillado

Según Flores (2006) el anillado consiste en remover un cilindro (anillo) de corteza del tallo, seguido de un ligero raspado para eliminar residuos de cambium (Blanco, 1999 citado por Flores, 2006). La mejor época para realizarlo es la estación de crecimiento activo, primavera (Noel, 1970 citado por Flores, 2006).

A través del anillado se obstruye la translocación descendiente por el floema, de los fotosintatos (carbohidratos y hormonas endógenas) provenientes de las hojas y ramas en desarrollo, estos materiales son acumulados por encima de la zona descortezada e inducen la formación de las raíces adventicias (Hartman y Kester 1980 citado por Condori, 2006).

En algunas especies, basta con realizar el anillado para incrementar la emisión de



raíces, sin aplicar reguladores del crecimiento (Higdon y Westwood 1963, citado por Flores, 2006).

3.7.2.2 Rasgado

Esta técnica de acodo aéreo se realiza en el lugar de la incisión a manera de rasgados de la corteza en todo su alrededor, cada rasgado se asemeja a pequeños ojales, se coloca la hormona y se procede a recubrir la zona de incisión con tierra preparada y envolverlo con plástico transparente para producir en su interior una evapotranspiración necesaria para activar la hormona (Martty, 1991 citado por Alvarado, 2004).

3.7.2.3 Corte diagonal

Sarret y Herwing (1994) recopilado por Alvarado (2004) mencionan que esta técnica de acodo aéreo consiste en buscar una zona libre de hojas, luego hacer una incisión en el tallo con un estilete en forma de corte diagonal introduciendo el estilete una tercera parte en el tallo y aplicar la hormona rizógena, recubrir la zona de incisión con suelo bien preparado para posteriormente envolver con plástico transparente sellando toda la zona.

3.8 Factores que afectan la regeneración de las plantas por acodo

Hartman y Kester (1980) citado por Condori (2006) menciona que durante el acodado la formación de la raíz es estimulada por varios tratamientos aplicados al tallo que ocasionan una interrupción de la translocación hacia abajo de materiales orgánicos, carbohidratos, auxina y otros factores de crecimiento. Esos materiales se acumulan cerca del punto de tratamiento y se efectúa enraizado en esa zona general aun cuando la rama está todavía unida a la planta madre. Un paso común para todos los métodos de acodado es la eliminación de la luz de las partes en que se desea que se formen raíces. Esto se logra en el acodado de montículo y de trinchera, cubriendo los brotes de nuevo desarrollo a medida que crecen, de tal manera que la parte basal de las ramas acodadas nunca queda expuesta a la luz. Si la parte ya existe, como es el caso en un brote de un banquillo en un tallo en la



rama de un árbol, se efectúa un proceso de blanqueado. El blanqueado difiere bastante del ahilamiento, en el cual las ramas se producen enteramente en oscuridad completa y carecen de hojas.

La formación de raíces en los acodos depende de la provisión continua de humedad, buena aireación y temperaturas moderadas en la zona de enraizamiento.

3.9 Características y usos del acodado

La ventaja principal del acodado es el éxito con que las plantas se enraízan por este método. Muchos clones que no enraízan fácilmente por estaca pueden enraizar por acodo, permitiendo establecer la planta sobre sus propias raíces. La mayoría de los métodos de acodado son relativamente fáciles de llevar a cabo y puede practicarse a la intemperie en el jardín o el vivero. Cuando se trata de obtener un pequeño número de plantas, el acodado puede ser más exitoso con menos pericia, esfuerzo y equipo del que requeriría para obtenerlas por estacas.

En algunos casos se puede producir una planta más grande en un tiempo más corto que si se hiciera por estaca. Sin embargo, como a medida que aumenta el tamaño del acodo el trasplante se vuelve más difícil, se necesitan tomar precauciones especiales para tener éxito en el establecimiento de plantas grandes en sus propias raíces.

Los viveristas americanos limitan el uso del acodado a las plantas que se reproducen naturalmente en esa forma, como la frambuesa negra, la zarzamora rastrera y la uva crespada, y a las plantas muy difíciles o imposibles de propagarse por otros métodos y que son lo suficientemente valiosas para justificar los costos. Por ejemplo, el avellano (*Corylus* sp.), la vid muscadina (*Vitis rotundifolia*) y el litchi (*Litchi chinensis*), se propagan comercialmente en esta forma. El acodado se usa también para propagar ciertos patrones clonales, como los patrones de manzanos Mulling que no enraízan fácilmente por estaca o que requieren equipo especial, como instalaciones para niebla (Marty, 1991 citado por Alvarado, 2004).



3.10 Tipos de acodado

a) Acodado de punta

En el acodo de punta, las raíces tienen lugar en la punta de las ramas, las cuales se doblan hacia el suelo como se muestra en la figura 3. La punta de la rama empieza a crecer en el suelo hacia abajo pero se curva para producir en el tallo una vuelta pronunciada en donde se desarrollan las raíces. Este método natural de reproducción es característico de la zarzamora rastreras, y las frambuesa púrpura y negra.



Figura 3. Acodo de punta (Galán Sauco, 1987).

b) Acodado simple

El acodado simple se efectúa doblando una rama hasta el suelo y cubriéndola parcialmente con tierra o medio para enraizarla, pero dejando descubierto su extremo vertical. La punta de la rama se curva estrechamente y se enderezan los últimos 15 a 30 cm de ella como se detalla en la figura 4. Es posible que todo lo que requiera para inducir el enraizado sea curvar la rama, pero se puede tener un beneficio adicional torciéndola para aflojar la corteza. En ocasiones se hacen cortes o muescas en la parte inferior de la rama.



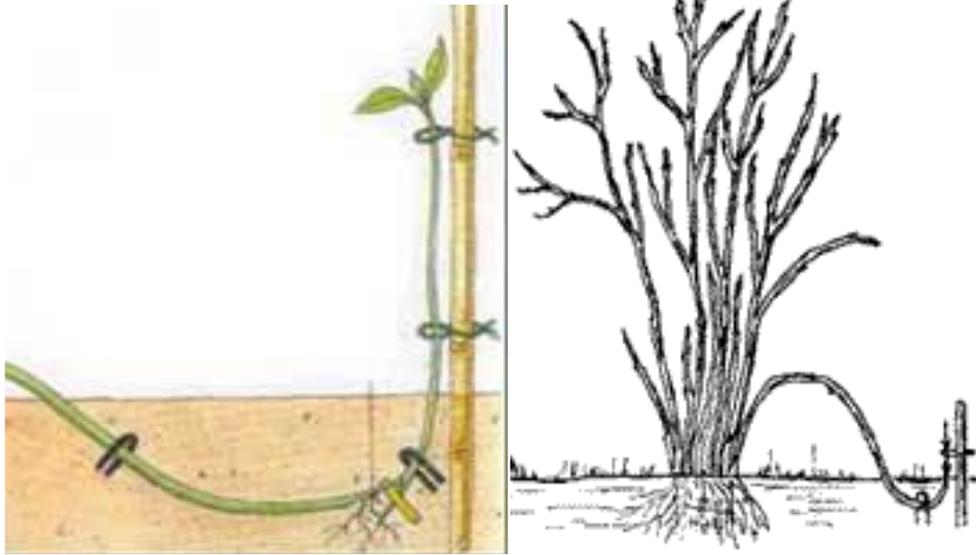


Figura 4. Acodo simple (Galán Sauco, 1987.)

c) Acodado Compuesto o Serpentino

El acodado compuesto es sobre todo el mismo que el acodado simple, excepto que la rama queda alternadamente cubierta y descubierta a lo largo de su extensión. Generalmente la rama se lesiona a anilla en su parte inferior y se cubre en la misma forma que en el acodado simple (figura 5).

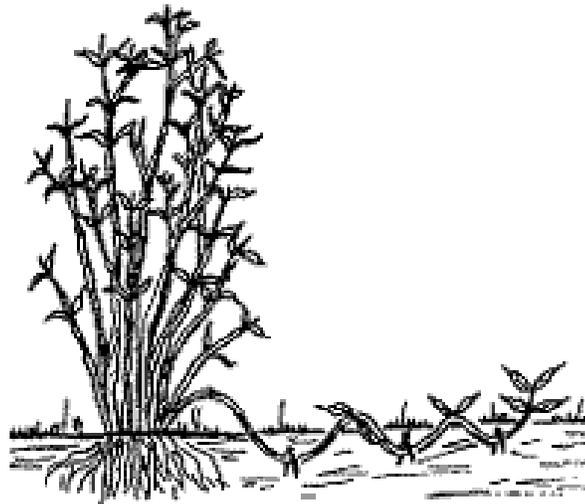


Figura 5. Acodo serpenteado (Galán Sauco, 1987).



d) Acodado Aéreo

En el acodado aéreo, las raíces se forman en la parte aérea de la planta en donde el tallo se ha anillado o se le ha hecho un corte angosto inclinado hacia arriba. La porción lesionada se envuelve en el punto de la herida con un medio enraizador para que mantenga la humedad. Este procedimiento tiene más éxito en regiones con humedad elevada o en invernaderos.

Los acodos aéreos pueden hacerse en primavera en madera del crecimiento del año anterior o, en algunos casos, a fines del verano en ramas parcialmente endurecidas. En ocasiones, es posible usar madera más vieja que de un año, pero el enraizamiento es menos satisfactorio y las plantas más grandes que se obtienen son más difíciles de manejar después del enraíce (Sauco, 1987 citado por Bustos, 2010).

El primer paso en el acodo aéreo es anillar o raspar la corteza del tallo en un lugar situado de 15 a 30 cm o más, atrás de la punta. Dependiendo de la clase de la planta, se remueve por completo alrededor de la rama una tira de corteza.

Puede ser conveniente raspar la superficie para asegurarse de que se ha removido todo el floema y el cambium y retardar así la cicatrización. Otro procedimiento consiste en hacer un corte inclinado de unos 5 cm, que llegue hasta el centro del tallo, manteniendo las dos superficies separadas con musgo con un trozo de madera como se ilustra en la figura 6. La aplicación de algún material que estimule el enraizamiento a la herida expuesta, ha resultado benéfica. Aumentando la concentración, Para cubrir las superficies cortadas de la rama se colocan alrededor de ellas unos dos puñados de musgo sphagnum ligeramente humedecido.



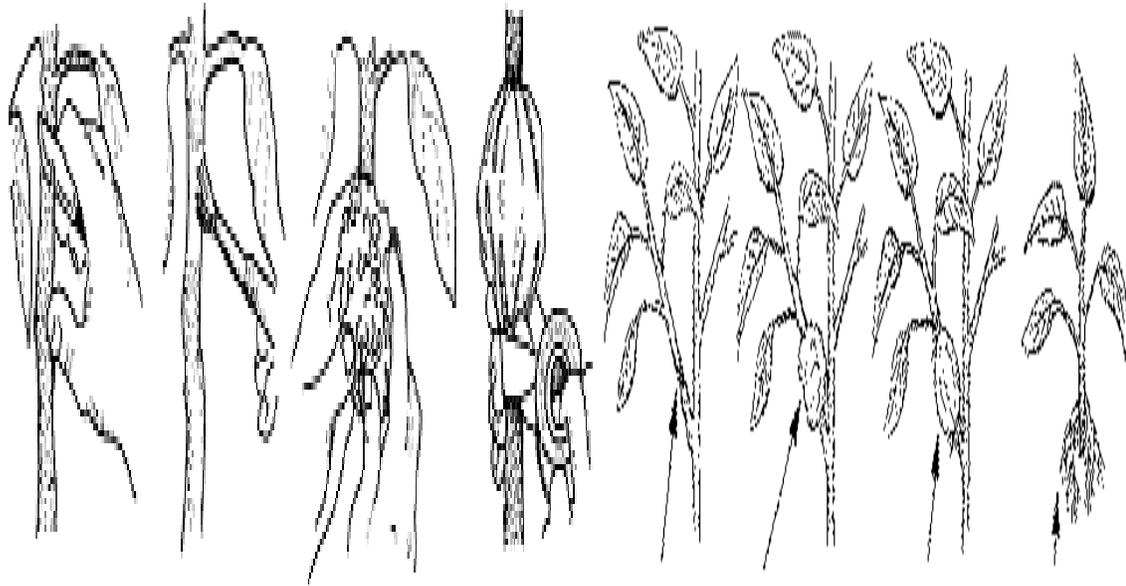


Figura 6. Acodos aéreos (Galán Sauco, 1987).

e) Acodado en Montículo o Banquillo

Para hacer este tipo de acodado se necesita cortar la planta hasta el suelo, en la estación de reposo, y amontonar en primavera tierra u otro medio de enraíce alrededor de la base de los brotes nuevos para estimular en ellos la formación de raíces. Cubriendo las ramas con tierra se blanquean y se promueve en ellas la formación de raíces. Las plantas con ramas rígidas que no se doblan con facilidad y que tienen capacidad para producir en corona brotes en abundancia, son en especial adecuadas para acodar por medio de este método (figura 7). Entre las plantas que es común propagar con esta técnica se encuentran los patrones clonales de manzano, el membrillero, el grosellero y la uva crespa.



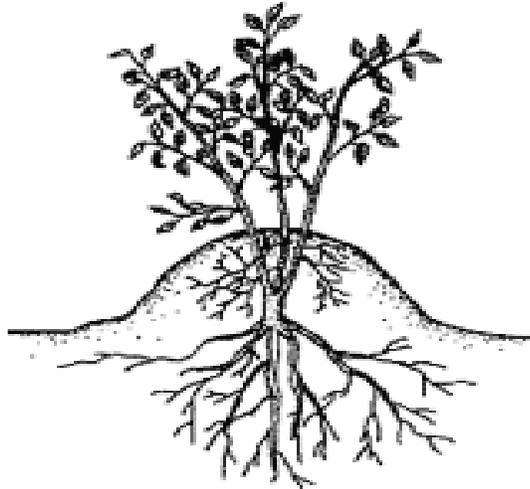


Figura 7. Acodo en montículo (Galán Sauco, 1987).

f) Acodado en Trinchera:

El acodado en trinchera (método de ahilamiento) consiste en cultivar una planta o rama de planta en posición horizontal en la base de una trinchera o surco, y cubrir con tierra los brotes nuevos a medida que crecen, de tal manera que se ahílen sus bases, de las cuales se originarán raíces.

En este procedimiento el primer paso consiste en establecer la cama madre, la cual, como en el acodado en montículo puede usarse por varios años. Acodos enraizados o árboles injertados de un año se plantan a una distancia de 50 a 75 cm, colocándolos en el surco con una inclinación de 30° a 45°. Los surcos deben espaciarse de 1.20 a 1.50 m, a distancia suficiente para que permitan labores de cultivo y apilar tierra alrededor de la planta hasta unos 15 cm de altura. Luego las plantas se cortan a una altura uniforme de 50 a 65 cm y se les deja crecer durante una estación (Hartman y Kester 1980 citado por Condori, 2006).

3.11 Formación de callos

El callo es un tejido parenquimático cicatricial, que funciona como protección de una herida ante patógenos presentes en el ambiente, el cual, presenta células no diferenciadas que pueden formar brotes y raíces iniciales. La formación del callo y la rizogénesis son procesos independientes (Hocker, 1984; Margara, 1988; Bildini



1992 y Blanco, 1999 citado por Flores, 2002).

La mitosis ocurre cuando se forma el callo en una parte herida de la planta y cuando se inician nuevos crecimientos en porciones del tallo o la raíz. El parénquima del callo está constituido de células nuevas que se dividen activamente en las superficies cortadas, como respuesta a una herida (Margara, 1988 citado por Flores, 2002).

3.12 Proceso de rizogénesis

Según Baldini (1992) citado por Flores (2002) define a la rizogénesis como el proceso de organización de los iniciadores radiales (células del floema secundario, cambium y/o rayos parenquimatosos de leño) que se transforman en primordios radicales, éstos a su vez, crecen y atraviesan la corteza para salir al exterior como raíces adventicias, e interiormente se conectan con el sistema conductor (floemático y xilemático).

Las raíces adventicias son aquellas que se forman en cualquier parte de la planta diferente al habitual, pudiéndose formar raíces adventicias en el tallo, hojas e inflorescencias (Hocker, 1984; Margara, 1988 y Curtis, 1998 citado por Flores, 2002).

La formación de raíces adventicias es inducida por la ausencia de luz y los cortes, tanto de la corteza como de los haces vasculares, especialmente floema, ya que se interrumpe la traslocación de nutrimentos y otros compuestos orgánicos (carbohidratos y hormonas reguladoras del crecimiento) que se acumulan cerca del punto de tratamiento y estimulan el enraizamiento por arriba del corte (Alcántara, 2001 citado por Flores, 2006).



4. LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la zona de Alto Beni, situada a 270 km de la ciudad de La Paz. La zona incluye la cuarta sección municipal de Palos Blancos, que se divide en siete áreas y 17 localidades. La altitud aproximada es de 500 msnm, entre los paralelos 15°33" y 15°45" latitud sur; 66°57" y 67°20" longitud oeste como se muestra en la figura 8 (Villegas, 2004).

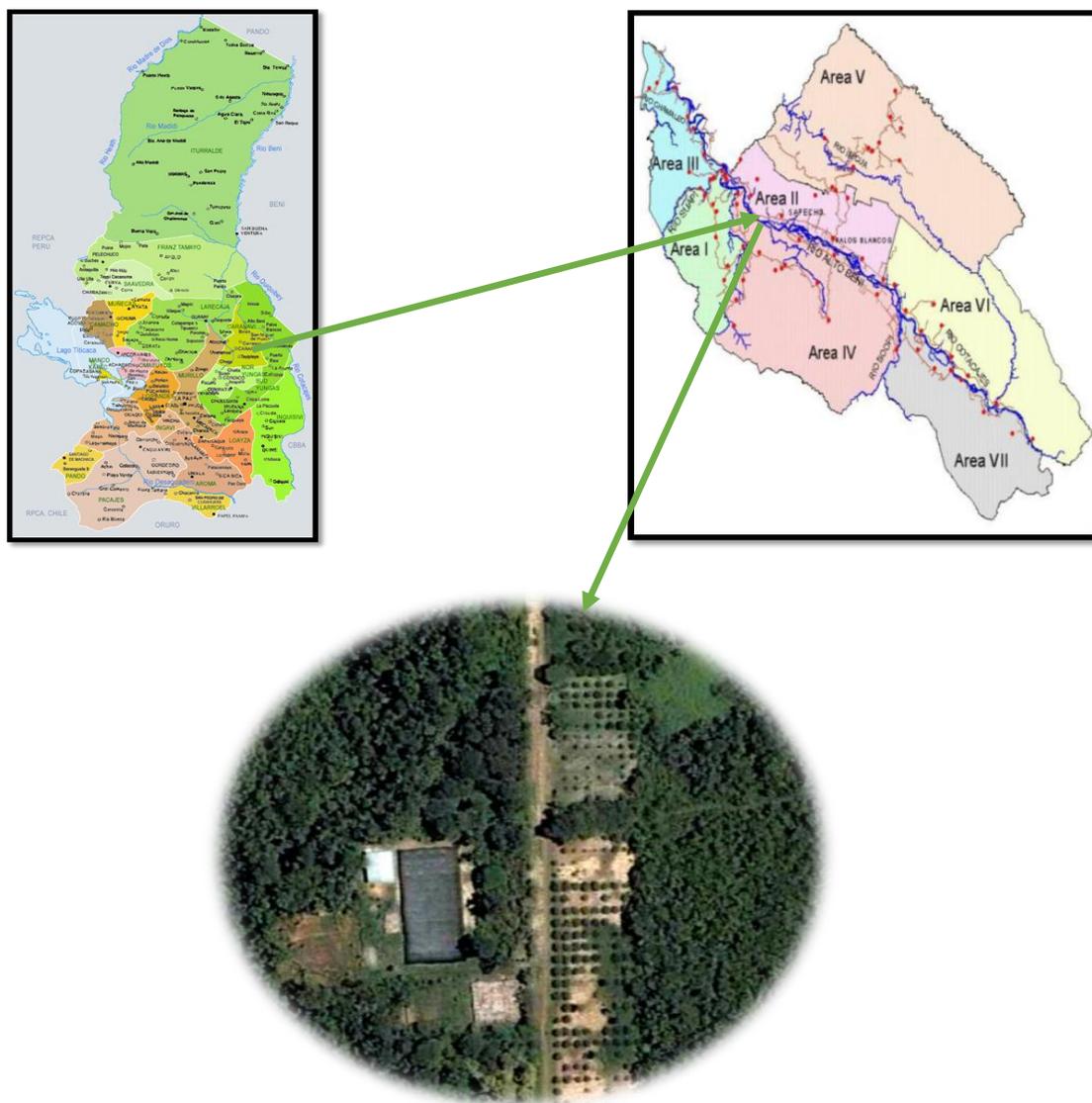


Figura 8. Mapa de la ubicación de la zona de estudio



4.2 Características climáticas del lugar

4.2.1 Clima

La Estación Experimental de Sapecho se encuentra entre 350 y los 1450 msnm. El clima es cálido y húmedo, con amplias variaciones estacionales.

4.2.1.1 Temperatura

Las temperaturas promedios mensuales registradas en el año 2012 según SENAMHI como se muestra en la figura 9 fueron de 37 °C como máxima en el mes de noviembre y como mínimo la de 21°C en el mes de julio.

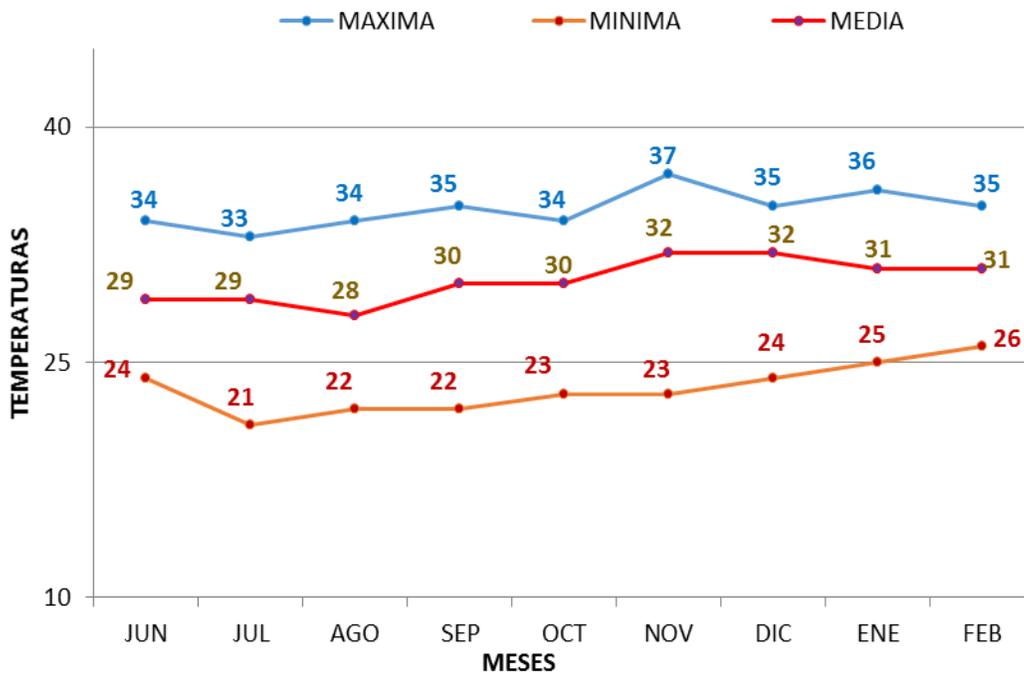


Figura 9. Temperaturas promedio

4.2.1.2 Precipitación

El SENAMHI (2012) reporta que la precipitación pluvial mínima registrada fue en el mes de agosto y septiembre con 70 mm y la máxima registrada fue en el mes de febrero con 147 mm como se detalla en la Figura 10.



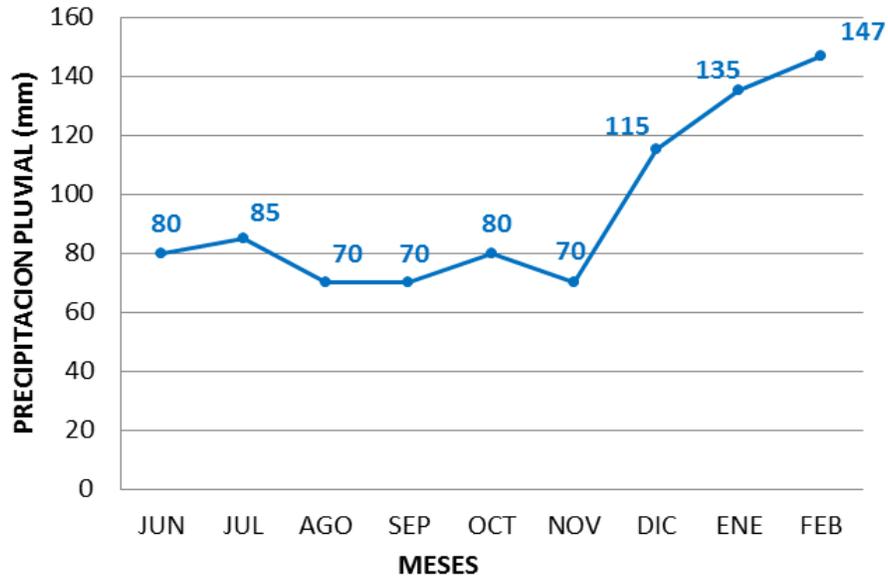


Figura 10. Precipitación pluvial promedio

Respecto a la humedad relativa del ambiente, como se observa en la Figura 11 se llegó a registrar como la máxima en el mes de agosto con 84 % y la mínima registrada fue en el mes de noviembre con 70 % de humedad relativa.

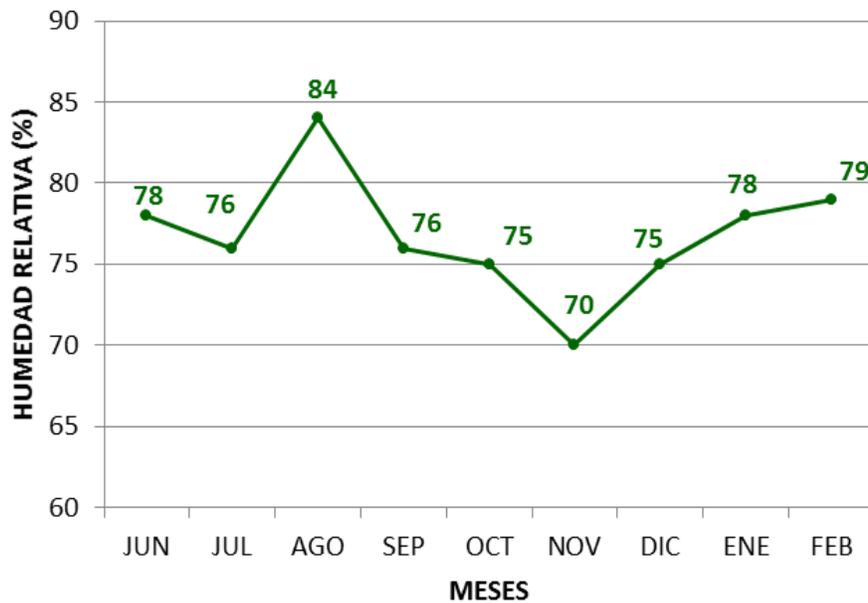


Figura 11. Humedad relativa promedio



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material biológico

Para la presente investigación se utilizó dos árboles de litchi que cuentan con siete años de edad aproximadamente según el Ing. Casto Maldonado docente investigador de la Estación Experimental de Sapecho, este material vegetal se encontraba en total olvido a lado de la parcela internacional de cacao, asociado con plantas forestales: palmeras, bananos silvestres, chimas, kutzú y una diversidad de plantas herbáceas. Lo cual no permitió el total desarrollo de estas plantas provocándoles problemas en el desarrollo vegetativo.

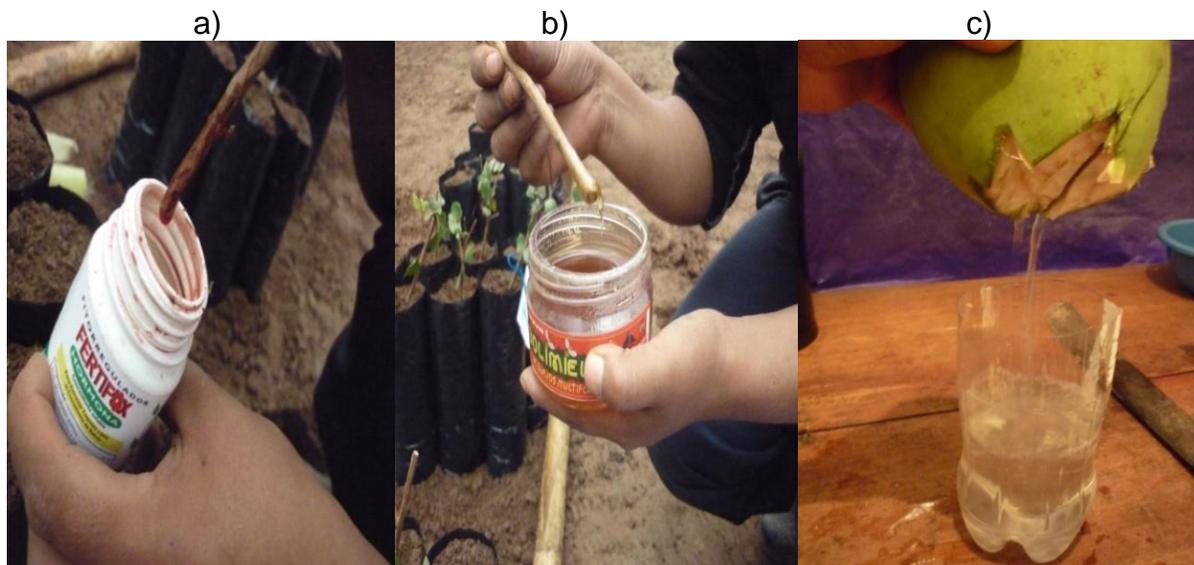
Para el vivero se utilizó ramas de charos y bambús, con el fin de proteger las nuevas plantas de animales silvestres.

5.1.2 Enraizadores

Los enraizadores aplicados en la investigación fueron muy importantes para estimular y acelerar la aparición de las raíces adventicias dentro de esta especie (*Nepelium litchi* Camb.). Se llegó a utilizar los siguientes enraizadores como se detalla en la fotografía 3.

- Agua de coco
- Miel
- Fertifox





Fotografía 3. Enraizadores: a) Fertifox b) Miel c) Agua de coco

5.1.3 Material de campo

Los materiales utilizados fueron:

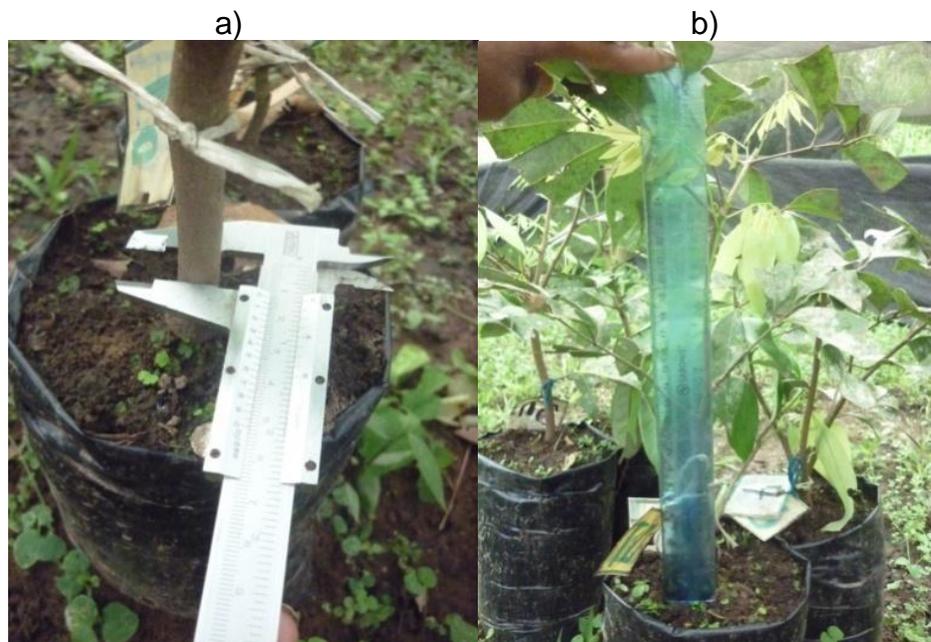
- Picota
- Pala
- Tijera manual de podar
- Bolsas de polietileno de 13 x 18 cm de 7 micras
- Regadera
- Jeringas de 10 ml
- Mezcla de sustrato (tierra negra del lugar, arena, estiércol)
- Machetes
- Navajas



5.1.4 Material de medición

Para el siguiente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales (fotografía 4).

- Flexo de 3 metros
- Regla de 30 cm
- Vernier
- Cámara fotográfica



Fotografía 4. Medición de los tratamientos: a) Vernier b) Regla

5.2 Metodología

5.2.1 Procedimiento experimental

El trabajo de investigación se dividió en dos etapas como se muestra en la figura 12.





Figura 12. Esquema de la investigación.

5.2.1.1 Primera etapa

Esta etapa se caracterizó debido a que se tomó los datos en el árbol (planta madre PM) en campo abierto, duró 127 días desde la realización de los acodos hasta el traslado al vivero (23 de agosto hasta el 29 de diciembre del 2012).

5.2.1.1.1 Reconocimiento de los árboles de litchi

Primeramente en fecha primero de julio se realizó un recorrido por los lugares cercanos al litchi, se pudo apreciar que las plantas se encontraban totalmente en chumadas (rodeadas de malezas), no presentaban una buena apariencia fisiológica debido a que se encontraban en total sombra, rodeada de plantas silvestres del lugar que no permitía el normal desarrollo.

Según Villacrés (2008), los árboles jóvenes se benefician por la protección del viento. Para ello se pueden poner una tela alrededor de cada árbol sujeta mediante estacas. En situaciones muy ventosas, la plantación entera puede ser protegida por árboles cortavientos, pero éstos no deben proporcionar excesiva sombra al cultivo ya que ocasionaría una menor producción de frutos. El árbol de litchi es estructuralmente muy resistente al viento, pero debe protegerse para resguardar la cosecha.

Luego de haber realizado el recorrido se procedió al desmalezado del lugar y posteriormente el anillado del cultivo, para luego darle luz (desmonte del lugar del cultivo).



Aproximadamente durante el primero de julio hasta el 22 de agosto se procedió al cuidado de las plantas madres accediéndoles de riego, poda, incorporación de tierra orgánica (tierra negra) y aireación del suelo.

5.2.1.1.2 Determinación del diámetro de las ramas

En esta parte se realizó la identificación de las ramas gruesas, medias y delgadas, para posteriormente poder determinar la acodadura de las nuevas plantas.

Para la siguiente investigación, se llegó a realizar 36 acodaduras que se las distribuyó en las dos plantas madres.

Se tomó en cuenta el grosor de las ramas ya que según Flores (2006) la capacidad rizógena es afectada por la edad de los acodos, ya que en tallos de un año de edad en plantas jóvenes, la formación de raíces es mayor que en aquellas provenientes de plantas más maduras (Baldini, 1992 citado por Flores, 2006). Esto puede deberse, a que los tejidos fisiológicamente maduros tienen menor capacidad rizógena, necesitan más tiempo para enraizar y producen menor cantidad de raíces que el material fisiológicamente joven (Zobel y Talbert, 1988 citado por Flores, 2006).

En varias investigaciones, los acodos de ramas adultas (madera vieja) presentan menor capacidad de formación de raíces adventicias y dificultad en el momento de realizar el transplante, ya que las plantas son de mayor tamaño (Blanco, 1999; Alcántara, 2001 citado por Flores, 2006).

Ireta (1970) citado por Flores (2006) menciona que experimentando con el grosor de los acodos en *Litchi chinensis*, conforme aumenta el grosor de la rama se incrementa el número de raíces adventicias. Situación similar ocurre en acodos de *Atriplex nummularia*, con diámetros mayores o iguales a 1 cm (Blanco, 1999). Sin embargo, entre mayor sea el diámetro mayor es el tamaño de la rama y más difícil será el manejo de los acodos.

Luego de haber realizado los acodos aéreos (23 de agosto) se procedió al cuidado de las nuevas plantas, regándolas día por medio a una cantidad de 10 ml/planta



con el fin de mantener la humedad dentro de las bolsas.

5.2.1.1.2.1 Anillado

Esta técnica consistió en preparar un lugar en la rama, realizando una incisión en el tallo a manera de un anillo de un centímetro a un centímetro y medio sacando toda la corteza, posteriormente se colocó la hormona enraizadora y se procedió a recubrir la zona de la incisión con el sustrato preparado para favorecer la emisión de raíces, luego se envolvió con polietileno negro y finalmente se procedió a sellar los extremos con el chicotillo de modo que no exista escape de la humedad (Fotografía 5).



Fotografía 5. Técnica del anillado

5.2.1.1.2.2 Rasgado

Esta técnica consistía en raspar con la navaja una parte del tallo, aproximadamente de un centímetro y medio, el rasgado se asemeja a unos pequeños ojos que rodea toda la rama dejando en descubierto la corteza. Posteriormente se la envuelve con el plástico negro y el sustrato preparado, finalmente se sella con el chicotillo como se lo hizo en el anterior caso (Fotografía 6).





Fotografía 6. Técnica del rasgado

5.2.1.1.2.3 Corte diagonal

En esta técnica se hizo un corte de manera diagonal en el tallo, llegando a introducir la navaja a la corteza, pero sin llegar a dañar el xilema. Posteriormente se envolvió la incisión con el plástico negro y el sustrato preparado, finalmente se selló con el chicotillo por ambas partes para evitar la pérdida de la humedad como se muestra en la Fotografía 7.



Fotografía 7. Técnica del corte diagonal



5.2.1.1.3 Preparación del sustrato para los acodos

La preparación de los sustratos para los acodos fue la siguiente:

Suelo natural del lugar (tierra negra)	50%
Musgo húmedo	50%

De acuerdo a lo mencionado por Alvarado (2004), que el enraizamiento de especies exóticas se lo realiza con un porcentaje de 50-50, debido a que existe un material sólido y húmedo. El cual permite un desarrollo adecuado de las raíces dentro las bolsas de polietileno (acodo).

5.2.1.2 Segunda etapa

En esta etapa los datos fueron tomados en el vivero.

5.2.1.2.1 Traslado al vivero

Después de haber transcurrido 127 días desde la realización del acodo se procedió al traslado de las nuevas plantas al vivero.

Una vez emergidas en los acodos el mayor porcentaje de raíces se procedió al separado de las nuevas plantas hijas de la planta madre, la separación se la realizó el 29 de diciembre y se las trasladó hasta el vivero como se puede observar en la Fotografía 8a.

Una vez en el vivero se procedió al trasplante de las nuevas plantas a las macetas de polietileno, para lo cual se utilizó sustrato de 40-20-20-20 (tierra del lugar, gallinaza y aserrín descompuesto así como arenilla de playa respectivamente) (Fotografía 8b).

Según Alvarado (2004), indica que la preparación del sustrato debe contener buena aireación con una capa esponjosa para que las raíces puedan expandirse mejor y el agua circule (infiltre) sin ningún problema lo cual recomienda una proporción de 20% de arena, 30 % de tierra del lugar y 50% de tierra vegetal descompuesta (chachin).



Después de haber realizado el trasplante se procedió a cortar el 50% de las hojas, esto para reducir la fotosíntesis, ya que si se quedaban con todas su hojas el porcentaje de la fotosíntesis iba a ser alta, entonces disminuyendo el follaje reduciríamos el porcentaje de la fotosíntesis. Este proceso se lo hizo porque las nuevas plantas se encontraban en un estrés fisiológico, por lo tanto reduciendo la fotosíntesis evitaríamos menos pérdida de agua. Por lo tanto tendríamos más porcentaje de prendimiento de las nuevas plantas.

Según Villacrés (2008), en la etapa del vivero es recomendable eliminar el 50% de la superficie foliar, además de que la separación debe hacerse fuera de la época de secas. Las ramas obtenidas del acodo se transplantan a bolsas de 15 x 15 x 35 cm, en una mezcla bien drenada. Para obtener una nueva planta es necesario esperar entre 1 y 1.5 años, desde el acodo hasta el establecimiento en el terreno definitivo y de tres a cinco años para comenzar a producir.



Fotografía 8. Traslado al vivero

a) Corte de las nuevas plantas b) Transplante



5.2.1.2.2 Cuidado de las plantas en el vivero

Una vez trasplantada las nuevas plantas se procedió al cuidado de ellas durante 60 días, ofreciéndoles condiciones favorables (riego, desmalezado).

En ocasiones no se las regaba ya que en estas épocas del año existía con frecuencia bastante lluvia, lo cual favorecía a las nuevas plantas.

5.2.2 Diseño Experimental

El presente estudio de investigación se desarrolló con el diseño completamente al azar con arreglo factorial (2 factores).

Según Ochoa (2009), se llama experimentos factoriales a aquellos experimentos en los que se estudia simultáneamente dos o más factores, y donde los tratamientos se forman por la combinación de los diferentes niveles de cada uno de los factores, diferenciándose de los experimentos simples en los que se estudia un solo factor.

En el cuadro 6 se puede apreciar la distribución de los factores, y en el cuadro 7 se observa la combinación de los tratamientos.

Cuadro 6. Factores de estudio

FACTOR "A" (Técnicas de acodo)	FACTOR "B" (Enraizadores)
a1 Anillado	b1 Agua de coco
a2 Rasgado	b2 Miel
a3 Corte diagonal	b3 Fertifox
	b4 Sin nada



Cuadro 7. Tratamientos considerados

TRATAMIENTO	COMBINACIONES	TÉCNICAS	ENRAIZADORES
T1	a1b1	anillado	coco
T2	a1b2	anillado	miel
T3	a1b3	anillado	fertifox
T4	a1b4	anillado	sin nada
T5	a2b1	rasgado	coco
T6	a2b2	rasgado	miel
T7	a2b3	rasgado	fertifox
T8	a2b4	rasgado	sin nada
T9	a3b1	corte diagonal	coco
T10	a3b2	corte diagonal	miel
T11	a3ab3	corte diagonal	fertifox
T12	a3b4	corte diagonal	sin nada

Para el análisis de resultados del presente trabajo de investigación se utilizó el paquete estadístico del SAS para poder verificar los análisis de varianza.

5.2.2.1 Modelo lineal aditivo

Para Ochoa (2009) El modelo lineal para un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación

μ = Media poblacional



α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (técnicas)

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (enraizadores)

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B
(Interacción técnicas x enraizador).

ϵ_{ijk} = Error Experimental

5.3 Variables de respuesta

Las variables se dividieron en dos etapas.

5.3.1 En la planta madre

1) Porcentaje de prendimiento

Esta variable de respuesta, porcentaje de prendimiento fue evaluado observando cada semana, el número de plantas prendidas sobre el total de plantas acodadas

Totales a prueba dentro de cada tratamiento en porcentaje, y así se obtuvo el total de cada tratamiento.

2) Días a la brotación de las raíces adventicias

De la misma forma que en la variable anterior se observó visualmente cada semana, conjuntamente con el porcentaje de prendimiento.

El número de plantas brotadas por semana sobre el número total de la prueba y así sucesivamente hasta obtener un total final dentro de cada tratamiento.

3) Crecimiento longitudinal de la raíz

La evaluación del crecimiento longitudinal de la raíz se la realizó cada semana, desde el 23 de agosto hasta el 29 de diciembre. Para esta variable se utilizó una regla graduada en centímetros, procediendo a extraer las raíces más grandes de todos los tratamientos, se desataba cada acodo tratando de no dañar a las raíces y raicillas, midiendo desde el cuello de la emergencia hasta el ápice de la raíz.



5.3.2 En el vivero

1) Porcentaje de prendimiento

Esta variable se observó visualmente cada semana, el número de plantas prendidas sobre el total de acodos a prueba dentro de cada tratamiento en porcentaje, de esta manera se llega a obtener los datos necesarios.

2) Diámetro de tallo

Para medir esta variable se utilizó un vernier, con el cual se tomó los datos durante 60 días, cada semana, la medición se la realizó de la parte del cuello de la nueva planta.

3) Altura de planta

En esta oportunidad los datos se la tomaron con una regla, con la cual se midió en cm. Los datos se tomaron cada semana, desde la parte del cuello hasta la punta del ápice del vástago.

Para esta variable se procedió a medir solo la rama más grande de la nueva planta.

4) Brotación de nuevas hojas

Esta variable se la midió contando los nuevos brotes que presentaba la nueva planta, se la realizó por semana.

Se procedió a contabilizar desde la primera semana que se trasplantó al vivero, hasta la última semana de febrero cuando se acabó la investigación.

5.3.3 Análisis económico

Para el cálculo se acude a sacar el procedimiento de análisis en base a los costos de producción, para la propagación de la especie *Nephelium litchi*; y para este aspecto se tiene las siguientes formulas:

Ingreso bruto

$$IB=R*P$$



Donde:

IB = ingreso bruto

R = rendimiento

P = precio

Ingreso neto

$$IN=IB-CP$$

Donde:

IN = ingreso neto

IB = ingreso bruto

CP = costo de producción

Relación beneficio/costo

$$B/C= IB/CP$$

Donde:

B = beneficio

C = costo

Condori (2006) indica que si la relación B/C es menor a la unidad, no existe beneficio económico, por lo tanto la producción de nuevos plantines de *Nephelium litchi* por acodo aéreo con diferentes enraizadores no es rentable, cuando la relación B/C es igual a la unidad, muestra que los ingresos logran cubrir solo los costos de producción pero tampoco es rentable, si la relación B/C es mayor a la unidad, indica que los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción por lo tanto es rentable la propagación asexual de *Nephelium litchi*.



5.3.4 Costos de producción

Los costos de producción es el desembolso o gasto en dinero que se hace en la adquisición de los insumos o recursos empleados, para producir bienes o servicios.

Sin embargo el cálculo de los costos es más amplio, ya que significa el valor de todos los recursos que participan en el proceso productivo de un bien en cantidades y en un periodo de tiempo determinado (CIMMYT, 1988 citado por Condori, 2006).



6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados de la evaluación son los que probaron un ordenamiento y comprensión del trabajo de investigación, dentro de las condiciones experimentales y variables de respuestas estudiadas.

6.1 Parámetros de evaluación

6.1.1 En la planta madre

Para esta etapa de la investigación se obtuvo 36 acodos aéreos (plantas hijas), se tuvo doce tratamientos con cuatro repeticiones (12 x 3), lo cual permitió la toma y análisis de los datos.

En la fotografía 9 se puede apreciar la distribución de los acodos en la planta madre.



Fotografía 9. Distribución de los acodos aéreos



1) Porcentaje de prendimiento radicular

Según Goitia 2003, la fórmula para calcular el porcentaje de prendimiento es la siguiente:

$$\% \text{ Prendimiento} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas prendidas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas ensayadas}} \times 100$$

$$\% \text{ Prendimiento} = \frac{34 \text{ plantas prendidas}}{36 \text{ acodos ensayados}} \times 100$$

$$\% \text{ Prendimiento} = 94,4 \%$$

El porcentaje de prendimiento de 94,4 % nos indica que se obtuvo buenos resultados con respecto al total de plantas acodadas, debido a un buen manejo en la planta madre como también en los acodos aéreos.

Según Goitia 2003, menciona que si el porcentaje de prendimiento es mayor al 80%, existe un buen manejo dentro del vivero.

2) Días a la brotación de las raíces adventicias

Claramente se puede observar en la figura 13 días a la brotación de las raíces adventicias que el tratamiento T3 (anillado + fertifox) tuvo el mejor resultado respecto con la formación de raíces adventicias con 56 días después de haber realizado el acodo, el tratamiento T2 y T10 (anillado + miel) y (corte diagonal +miel) respectivamente formaron raíces adventicias a los 63 días después de haber realizado la práctica, los últimos tratamientos T4, T6, T11 (anillado + sin nada), (rasgado + miel), (corte diagonal + fertifox) respectivamente formaron raíces a los 70 días, y finalmente se tiene a los tratamientos T1, T5, T7, T8, T9 y T12 quienes formaron raíces adventicias a los 77 días de haber realizado los acodos.

La figura 13 nos muestra que en menor día de brotación de las raíces, el resultado es mejor. En aproximadamente dos meses, se forman raíces suficientes para



permitir separar el acodo, entonces se elimina la envoltura de plástico y se planta en tierra en contenedores en el vivero.



Figura 13. Días a la brotación de las raíces adventicias

Según Flores (2006), menciona que de las tres revisiones efectuadas en los acodos durante el período experimental, sirvieron para observar el estado del sistema radical y el momento de realizar la separación de los acodos aéreos de la planta madre de magnolia. Las dos primeras revisiones fueron parciales. En la primera revisión, a los 98 días, la mayoría de las ramas presentaban callo y primordios radicales; pero en la segunda revisión, a los 185 días, el desarrollo de raíces adventicias fue abundante.

3) Crecimiento longitudinal de la raíz adventicia

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 8, se puede apreciar que entre las condiciones del factor A (técnicas de acodo), presenta diferencias estadísticas significativas, como así también en el factor B (enraizadores) y la interacción del factor A x B presentan diferencias significativas respecto a las diferentes técnicas utilizadas, a un nivel de significancia del 5 por ciento.



Este periodo fue evaluado desde un punto de vista estadístico, donde la respuesta a la aplicación de las diferentes técnicas de acodo aéreo marca una diferencia significativa dentro los diferentes enraizadores aplicados.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el crecimiento longitudinal de la raíz

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	F. t (5%)
Técnicas "A"	2	28,84412917	14,42206458	234,14	3,28 *
Enraizador "B"	3	19,94770833	6,64923611	107,95	2,89 *
Tec*Enr (A X B)	6	44,56110417	7,42685069	120,57	2,39 *
Error experimental	36	2,21745000	0,06159583		
Total	47	95,57039167			

* Significativo; ns No significativo; CV= 7.33 %

El CV de 7,33% indica que los datos experimentales son confiables ya que el coeficiente de variación se halla por debajo del valor recomendado y es adecuado para experimentos de tipo agrícola y forestal (CV < 30) (Calzada, 1981).

En la prueba de Duncan al 5%, como se muestra en el cuadro 9, para el factor A (técnicas de acodo), se puede apreciar que se tiene diferencias en los promedios de la técnica aplicada, siendo la técnica del anillado la que presenta el valor más alto de 4,45 cm, significativamente superior al resto de las técnicas, al medio se encuentra la técnica del corte diagonal con 3,08 cm y por último en el otro extremo se encuentra la técnica de rasgado con el valor más bajo de 2,62 cm.

Según el análisis de varianza del cuadro 8, se rechaza la hipótesis planteada ya que las técnicas de acodo aéreo presentaron diferencias significativas en relación al enraizamiento del litchi.



Cuadro 9. Prueba de medias para el factor A (técnicas)

Duncan 5%	Promedio(cm)	Niveles
a	4,45	Anillado
b	3,08	Corte diagonal
c	2,62	Rasgado

Según Alvarado (2004), el mejor método obtenido de propagación o reproducción en plantas exóticas es la técnica del anillado aplicado a las tres especies, seguida de la técnica del rasgado y posteriormente la técnica del corte diagonal, estos tratamientos demostraron rendimientos superiores estadísticamente a través de los periodos de evaluación, están el T7 (Ficus: anillado + hormona), T3 (Chiflera: anillado + hormona), T1 (Gomero: anillado + hormona) con porcentajes de 91 % el primero, 85 % el segundo y 84 % el tercero.

Para la prueba de Duncan al 5%, del factor B (enraizadores), como se muestra en el cuadro 10, se puede apreciar que se tienen diferencias estadísticas en los promedios, quedando como el valor más alto y significativo la miel con 4,14 cm, seguida del fertifox con un promedio de 3,89 cm, posteriormente el tratamiento testigo que no tiene ninguna aplicación con 2,85 cm y por último en el otro extremo se encuentra el enraizador de agua de coco con el promedio más bajo de 2,65 cm de largo de raíz.

En el cuadro 8, en el análisis de varianza para el crecimiento longitudinal de las raíces adventicias muestra que existe diferencia significativa, para el factor B (enraizadores), lo cual provoca que se rechace la hipótesis planteada respecto a esta variable, debido a que estadísticamente son diferentes.

La miel se caracteriza por presentar AIB, que es una auxina de lenta metabolización, la cual permitió mejor desarrollo longitudinal de las raíces adventicias del litchi, condición que se influyó en mayor grado para la formación de



raíces adventicias en los acodos.

Según Condori (2006) la miel es una solución espesa, dulce, sobresaturada de azúcar que elaboran las abejas, esta miel de abeja se compone de fructuosa, glucosa y agua, en proporciones variables y contiene también varias enzimas y aceites. La miel tiene un valor energético de unas 3.307 cal/kg, absorbe con facilidad la humedad del aire. Lo cual influyo que no se volatilice rápidamente.

Cuadro 10. Prueba de medias para el factor B (enraizadores)

Duncan 5%	Promedio(cm)	Niveles
a	4,14	Miel
b	3,89	Fertifox
c	2,85	Sin nada
c	2,65	Agua de coco

El producto Fertifox contiene dos auxinas, AIB (600 ppm) y ANA (1200 ppm), combinación que promovió con mayor eficacia el enraizamiento de los acodos de litchi. Margara (1988) citada por Flores (2006) señala que en ocasiones se emplea esta mezcla, por tratarse de la asociación de una auxina débil y que metaboliza lentamente (AIB) y una fuerte que puede llegar a ser tóxica (ANA).

Colín (1990) citado por Flores (2006), menciona que el agua de coco presenta auxinas (AIA), éstas no influyen favorablemente en el desarrollo de raíces adventicias.

En general, el enraizamiento obtenido con la miel supera el crecimiento radicular con relación a los demás tratamientos debido a que este producto contiene AIB, la cual tiene mayor poder rizogénico que los demás enraizadores.

Para la interacción del factor A y el factor B en la prueba de Duncan al 5% para las diferentes técnicas de acodo aéreo de la planta de litchi, bajo cuatro tipos de



enraizadores muestra que el tratamiento T3 (anillado + fertifox) es la que mayor porcentaje obtuvo con el mayor crecimiento longitudinal de raíz con 7,16 cm altamente diferente a los demás tratamientos. Por otra parte los tratamientos T2 y T10, (anillado + miel) y (corte diagonal + miel) respectivamente se encontraron casi en el mismo rango, diferenciándose por algunos milímetros. Los tratamientos T9 (corte diagonal + coco), T6 (rasgado + miel) y el T4 (anillado + sin nada) también presentaron algunas similitudes, diferenciándose por algunos milímetros. Los tratamientos T8 (rasgado + sin nada), T1 (anillado + agua de coco), T12 (corte diagonal + fertifox), T7 (rasgado + fertifox) y T11 (corte diagonal + sin nada) se encontraron casi en el mismo rango diferenciándose solo por algunos milímetros, y por último el tratamiento T5 (rasgado + agua de coco) fue el que menor crecimiento longitudinal de raíz presentó, significativamente inferior al resto de los tratamientos.

**Cuadro 11. Interacción del factor
Técnicas de acodo aéreo versus enraizadores**

TRATAMIENTOS	INTERACCION	TAMAÑO DE RAIZ (cm)
T3 (anillado + fertifox)	a1b3	7,16
T2 (anillado + miel)	a1b2	4,80
T10 (corte diagonal + miel)	a3b2	4,28
T9 (corte diagonal + coco)	a3b1	3,39
T6 (rasgado + miel)	a2b2	3,37
T4 (anillado + sin nada)	a1b4	3,34
T8 (rasgado + sin nada)	a1b4	2,72
T1 (anillado + coco)	a1b1	2,50
T12 (corte diagonal + fertifox)	a3b4	2,49
T7 (rasgado + fertifox)	a2b3	2,35
T11 (corte diagonal + sin nada)	a3b3	2,18
T5 (rasgado + coco)	a2b1	2,08



En el cuadro 12 se puede apreciar el análisis de varianza de los efectos simples para la interacción de los factores A (técnicas de codo) x B (enraizadores aplicados). Lo cual demuestra el comportamiento significativo diferenciado del factor B (enraizadores) con los niveles 1, 2 y 3 del factor A (técnicas), como también se puede observar el factor A (técnicas) presenta un comportamiento significativo debido a los efectos de los niveles 1, 2, y 3 y 4 del factor B.

Cuadro 12. Análisis de varianza de efectos simples para la interacción de los factores A x B, en el crecimiento longitudinal de las raíces adventicias

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0,05)
B(a1)	3	3,59	1,2	20	2,89*
B(a2)	3	4,2	1,4	23,33	2,89*
B(a3)	3	65,97	21,99	366,5	2,89*
A (b1)	2	1,56	0,78	13	3,28*
A (b2)	2	49,94	24,97	416,17	3,28*
A (b3)	2	3,57	1,79	29,83	3,28*
A (b4)	2	10,8	5,4	90	3,28*
EE	36	2,21	0,06		

Finalmente para concluir la parte correspondiente al análisis de efectos simples de la interacción de los factores A (técnicas) y B (enraizadores), donde los promedios de cada interacción de los factores A y B, se la muestra en la figura 14.



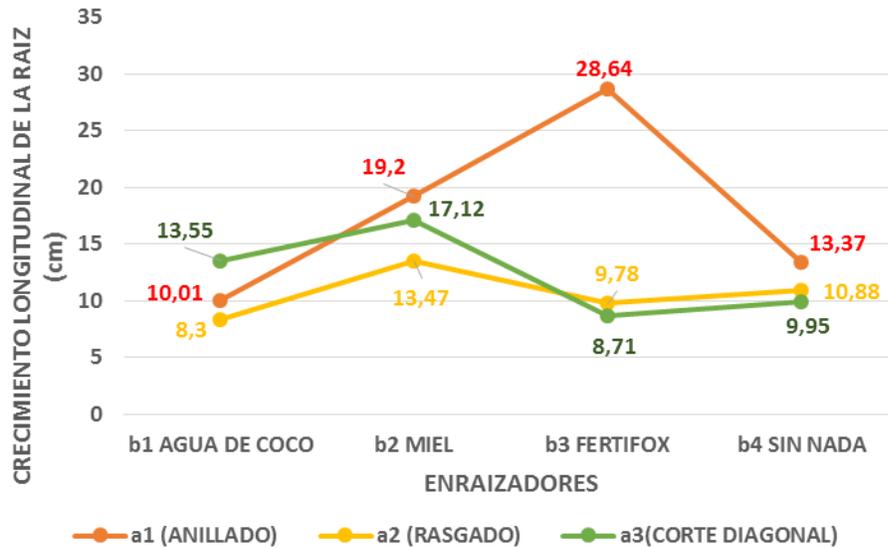


Figura 14. Interacción técnica y tipo de enraizador en el crecimiento longitudinal de la raíz

Con relación a los enraizadores tuvieron un papel muy importante dentro las técnicas aplicadas, donde la técnica del anillado obtuvo resultados buenos dentro de los enraizadores de fertifox, miel y sin nada, dando como resultado un 28,64 cm, 19,20 cm y 13,37 cm respectivamente obteniendo los resultados más altos respecto al crecimiento longitudinal de la raíz, por otra parte dicha técnica no tuvo un buen resultado con el agua de coco llegando a obtener un el último lugar con 10,01 cm de longitud de raíz.

Respecto a la técnica del rasgado se aprecia que el valor más alto fue de 13,47 cm perteneciente a la miel, seguida de los enraizadores 10,88 cm del sin nada y 9,78 cm del fertifox, y finalmente en último lugar el de agua de coco con 8,3 cm de longitud de raíz.

Finalmente la técnica del corte diagonal presento los siguientes resultados dentro de los diferentes enraizadores: miel y agua de coco con un 17,12 cm y 13,55 cm respectivamente, por otra parte la dicha técnica obtuvo resultados bajos con los enraizadores sin nada y fertifox con 9,95 cm y 8,71 cm respectivamente.



6.1.2 En el vivero

Para esta etapa de la investigación se contó con 34 nuevas plantas que se obtuvo por los acodos aéreos al principio, se tuvo doce tratamientos con tres repeticiones (12 x 3), lo cual permitió la toma y análisis de los datos. La distribución en el vivero se muestra en la figura número 15.

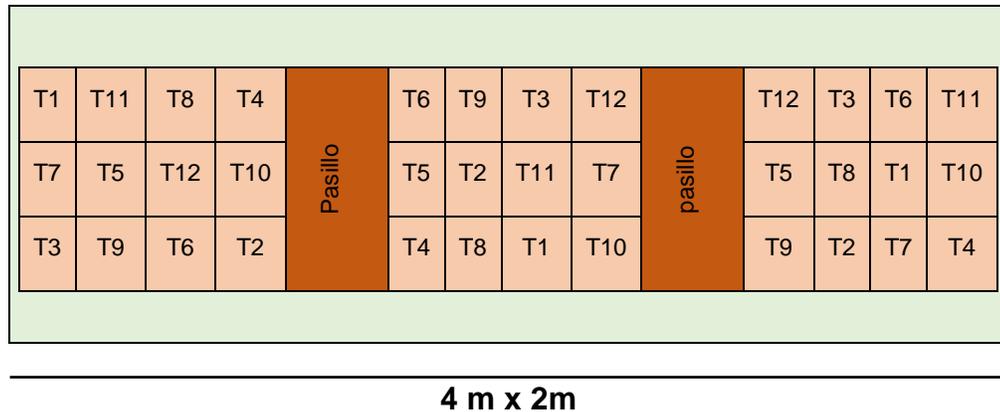


Figura 15. Distribución de las nuevas plantas en el vivero

1) Porcentaje de prendimiento vegetativo

Según Goitia (2003) la fórmula para calcular el porcentaje de prendimiento es la siguiente:

$$\% \text{ Prendimiento} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas prendidas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas ensayadas}} \times 100$$

Reemplazando los datos tenemos:

$$\% \text{ Prendimiento} = \frac{34 \text{ plantas prendidas}}{34 \text{ plantas ensayadas}} \times 100$$



% Prendimiento = 100 %

El porcentaje de prendimiento vegetativo nos muestra que dentro los tratamientos en el vivero fueron del 100%, debido a que después de haber separado a las nuevas plantas de la planta madre no hubo perdida alguna. Las raíces de las muestras se encontraban con un buen tamaño de longitud al momento de separarlas de la planta madre lo cual permitió que no hubiera perdida.

Según Alvarado (2004) el porcentaje de prendimiento depende de las plantas que llegan a adaptarse y aclimatarse completamente. Es conveniente tener la maceta con bastante humedad y asegurarse que no esté expuesta a la luz directa del sol.

Flores (2006), en apariencia el sistema radical desarrollado en los acodos de magnolia fue vigoroso, pudiendo facilitar la adaptación de las nuevas plantas en el sitio definitivo, teniendo cuidado de no dañar las raíces al momento de la plantación, debido a que las fallas o poca supervivencia de los acodos se presenta al momento de separarlo de la planta madre y en la plantación.

2) Diámetro de tallo

En el cuadro 13 se puede apreciar el análisis de varianza para la variable de diámetro de tallo en milímetros, el cual no presenta significancia estadística entre el factor B (enraizadores) y la interacción del factor A y B, solo el factor A (técnicas) presenta un valor significativo.

Esto demuestra que el factor B (enraizadores) no influyó dentro del factor A (técnicas) respecto al diámetro de tallo, por lo tanto se puede decir que el factor A (técnicas) actuó independientemente con la variable del diámetro de tallo.



Cuadro 13. Análisis de varianza para el diámetro del tallo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	F. t (5%)
Técnicas (A)	2	7.53351667	3.76675833	5.13	3.40 *
Enraizador (B)	3	5.55845278	1.85281759	2.52	3.01 ns
Tec*Enr (A x B)	6	7.13843889	1.18973981	1.62	2.52 ns
Error experimental	24	17.62506667	0.73437778		
Total	35	37.85547500			

* Significativo; ns No significativo; CV= 11,02 %

El coeficiente de variación de 11,02 % nos muestra que los datos se encuentran dentro de los rangos permitidos por lo que los datos son confiables.

De acuerdo al cuadro 14 para la prueba de Duncan al 5 % del factor B (enraizadores), no presentó variación significativa alguna entre la variable de diámetro de tallo, debido a que las nuevas plantas al momento de trasladarlas al vivero ya poseían raíces, por lo cual la influencia de los enraizadores fue nula.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para factor B (enraizadores)

Duncan 5%	Promedio (mm)	Nivel
a	8,17	fertifox
a	8,15	Miel
a	7,45	Sin nada
a	7,31	Agua de coco

En el cuadro 15 se muestra la prueba de Duncan al 5% para el factor A (técnicas), en la cual se puede apreciar que tuvo significancia dentro de la variable de diámetro de tallo, esto quiere decir que las técnicas aplicadas en el cultivo de litchi fueron importantes en relación al diámetro del tallo. También se puede señalar que



el anillado obtuvo mejor resultado que las demás técnicas aplicadas con un 8,36 mm de diámetro, seguida de la técnica del rasgado con 7,71 mm y finalmente la técnica del corte diagonal con 7,24 mm de diámetro, pero en la prueba se puede observar que la técnica del anillado y la del rasgado se asemejan. Por otra parte también se puede apreciar que la técnica del rasgado y la del corte diagonal se diferencian solo por algunos milímetros. El resultado demuestra que el anillado y el rasgado presentan resultados buenos debido a que el trabajo del xilema, floema mediante los tubos cribosos (vasos y traqueidas) y al tejido esponjoso que se encuentra en el centro de un sistema vascular se halla en actividad, lo cual permite la formación de la corteza y la epidermis de las plantas dicotiledóneas.

Según Lira (1994), menciona que si un tallo o rama de una planta se remueve una capa de corteza alrededor y se afecta al cambium, este comienza a formar raíces y a engrosar su tallo o rama.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para factor A (técnicas)

Duncan 5%	Promedio(mm)	Nivel
a	8,36	Anillado
ab	7,71	Rasgado
b	7,24	Corte diagonal

En la figura 16 se muestra la interacción de los dos factores, en la cual se puede apreciar que el anillado obtuvo un buen resultado con respecto a las demás técnicas aplicadas dentro de los enraizadores de fertifox con 29,08 mm que representó el valor más alto, la miel con 2,76 mm seguida del sin nada con 24,46 mm y por último el de agua de coco con 22,07 que represento el valor más bajo dentro de esta técnica aplicada.



Con respecto a la técnica de rasgado el valor más alto fue el de la miel con 24,66 mm de diámetro de tallo, seguida la del fertifox con 23,49 y la de agua de coco con 23,13 mm. Por último el enraizador sin nada con 21,39 mm de diámetro de tallo.

Finalmente la técnica del corte diagonal llegó a obtener los resultados más bajos dentro los cuatro enraizadores respecto al diámetro del tallo de la especie en estudio, representando como el valor más alto el enraizador miel con 24,04 mm, seguida del 21,27 mm del sin nada, 21,01 mm del fertifox y finalmente el de agua de coco con 20,63 mm que represento el valor más bajo dentro de esta técnica respecto al diámetro de tallo.

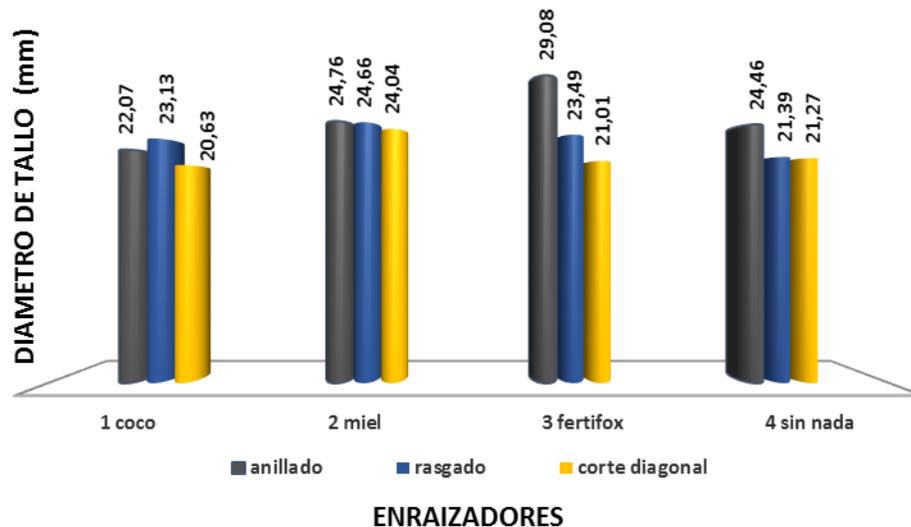


Figura 16. Análisis para la interacción de A x B en el diámetro del tallo

3) Altura de planta

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 16, se puede apreciar que las técnicas de acodo aéreo (factor A), presenta diferencias significativas, como así también en el factor B (enraizadores) y la interacción de los factores A x B presentan diferencias significativas a un nivel de 5 %. El coeficiente de variación nos muestra que los datos se encuentran dentro de los rangos permitidos por lo que los datos son confiables.



Cuadro 16. Análisis de varianza para altura de planta

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	F. t. (5%)
Técnicas (A)	2	893,469339	446,734669	205,03	3,40 *
Enraizador (B)	3	734,131756	244,710585	112,31	3,01 *
Tec*Enr (A x B)	6	1116,178061	186,029677	85,38	2,51 *
Error experimental	24	52,292200	2,178842		
Total	35	2796,071356			

* Significativo; **ns** No significativo; **CV**= 5,82 %

Según Condori (2006), la interacción entre el tipo de enraizador y el tipo de estaca, se observa que las estacas semileñosas son las que logran las mayores alturas con cualquier enraizador, esto a través de que la planta tiene su propia transformación y asimilación de alimento a través de la raíz. Es de este modo que las citocininas se sintetizan en los ápices de las raíces y se transportan a través de los brotes hacia las hojas y así están comprometidas con la formación de órganos, “en este caso con la altura de planta”.

En el cuadro 17 se observa la prueba de Duncan al nivel de significancia del 5%, para el factor B, el cual presenta diferencias estadísticas significativas entre los diferentes enraizadores aplicados, siendo el enraizador fertifox el que logra la mayor altura dentro del crecimiento longitudinal del brote con 32,34 cm, seguida de la miel con 26,29 cm y la sin nada con 21,71 cm, finalmente se tiene al agua de coco con 21,04 cm de altura.

También se puede apreciar que los enraizadores sin nada y agua de coco presentaron similitudes.

Según Rodríguez (2000) define que el tallo es el eje del vástago de forma cilíndrica con aspecto de varilla, generalmente muy alargado, que crece fuera del suelo, portador de las hojas, el cual termina en una yema apical, se ramifica de manera diversa o permanece simple, dependiendo de la función del sistema radicular.



Es por esta razón que los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la formación de las raíces tuvieron una influencia en el crecimiento longitudinal del vástago, debido a que los enraizadores aplicados como el fertifox presentó un desarrollo radicular óptimo ya que con la aplicación de este se observó raíces mucho más fibrosas, lo cual permitió una mejor adaptabilidad después de separarla de la planta madre.

Cuadro 17. Prueba de Duncan para factor B (enraizadores)

Duncan 5%	Promedio (cm)	Nivel
a	32,34	Fertifox
b	26,29	Miel
c	21,71	Sin nada
c	21,04	Agua de coco

Condori (2006), indica que a la aplicación de enraizadores naturales a los dos tipos de estaca, pero en función a la concentración de auxinas y giberelinas, para su formación de callos y emisión de raíces la que tuvo mejor resultado fue la de extracto de sauce con un 17.36 cm, seguida del agua de coco con 17.1 cm, miel con 16.56 cm y el extracto de álamo con 15.96 cm.

Respecto a las técnicas utilizadas (factor A) según el cuadro 18 se puede observar que el anillado obtuvo mejor resultado con respecto a la altura de la planta, con la prueba de Duncan al 5 %, con un 32. 38 cm seguida de las técnicas de rasgado y corte diagonal con 22, 14 y 21.52 cm respectivamente. También se puede observar que la técnica de rasgado y corte diagonal presentan similitudes.

De acuerdo a los resultados, el anillado obtuvo el mejor resultado respecto a la altura del litchi, debido a que en esta técnica se retira toda la corteza en forma de anillo concéntrico lo cual estimula mayor porcentaje de raíces adventicias, por lo tanto mejor asimilación de nutrientes que son trasportados por el xilema y el floema. Además se puede apreciar que la actividad del sistema radicular influye en



la ganancia de altura del vástago, ya que los movimientos de los nutrientes y agua mediante el xilema y el movimiento de carbohidratos y la savia elaborada por floema, lo cual provoca la formación de las citocininas en el ápice vegetativo del vástago.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para factor A (técnicas)

Duncan 5%	Promedio (cm)	Nivel
a	32.3875	Anillado
b	22.1408	Rasgado
b	21.5250	Corte diagonal

En el cuadro 19 se observa el análisis de varianza de efectos simples de la interacción del factor A (técnicas) x factor B (enraizadores) en la cual se observa diferencias estadísticas del factor B con los niveles 1, 2 y 3 del factor A, lo cual nos indica que todos presentan diferencia estadística significativa. En el caso del factor A presenta diferencia estadística significativa con los niveles 2 y 3 del factor B, ocurre lo contrario con los niveles 1 y 4, ya que con estos niveles no presenta diferencia significativa alguna.

Cuadro 19. Análisis de varianza de efectos simples para altura de planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0,05)
B(a1)	3	1302,6	434,2	200,09	3,01*
B(a2)	3	65,14	21,71	10	3,01*
B(a3)	3	19,96	6,65	3,06	3,01*
A (b1)	2	7,8	3,9	1,8	3,40 ns
A (b2)	2	280,57	140,29	64,65	3,40*
A (b3)	2	1204,07	602,04	277,44	3,40*
A (b4)	2	14,81	7,01	3,23	3,40 ns
EE	36	10,91	0,3		



En la Figura 17 se puede apreciar el análisis de varianza de efectos simples para la interacción de los dos factores, se puede notar que la técnica del anillado obtuvo el mejor resultado con el enraizador fertifox con 152,41 cm de altura del vástago, seguida por la miel con 106,22 cm, 67,07 cm del agua de coco y por último 62,95 cm del sin nada que represento el valor más bajo dentro de esta técnica aplicada con relación a la variable de estudio.

Con respecto a la técnica del rasgado el mejor resultado que presento fue con la fertifox y miel con 79,82 cm y 65,54 cm respectivamente, seguida de los enraizadores sin nada y agua de coco con 61,16 cm y 59,17 cm respectivamente representando los valores bajos dentro de esta técnica aplicada.

Por último la técnica del corte diagonal obtuvo un buen resultado con el enraizador sin nada con 71,35 cm de altura que represento el valor más alto dentro de esta técnica, seguida con el enraizador miel con 64,85 cm, y 63,24 cm que fue la del agua de coco, por último la técnica del corte diagonal obtuvo el resultado de 58,91 cm con fertifox que represento el valor más bajo de altura de planta dentro de esta técnica aplicada.

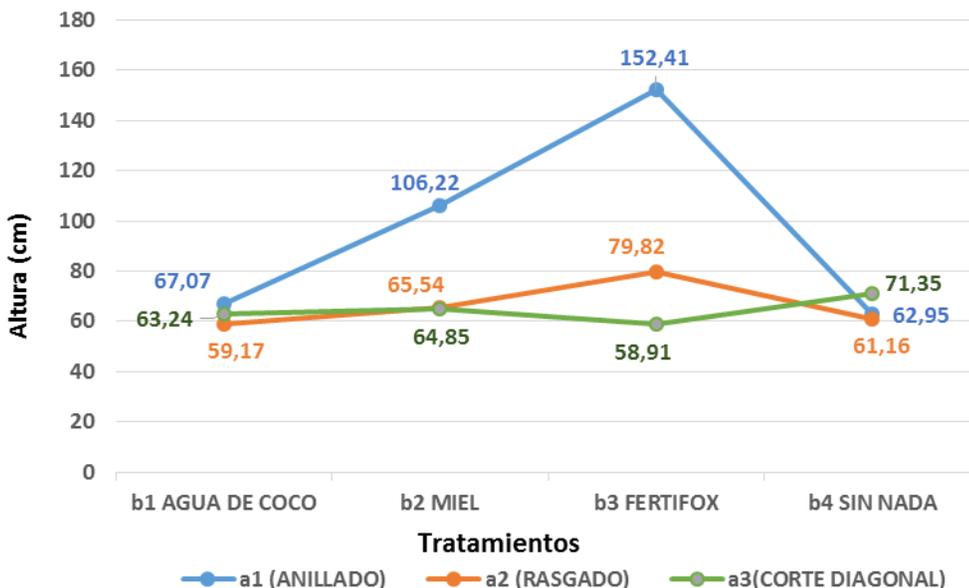


Figura 17. Análisis de efectos simples para la interacción de los factores A x B, para la altura de planta



4) Brotación de nuevas hojas

Para esta variable se transformó los datos, según Little y Jackson (1989), siempre que tengamos datos en los que las desviaciones estándar (no las varianzas) de las muestras sean aproximadamente proporcionales a las medias, la transformación más efectiva será la del tipo logarítmica.

En el cuadro 20 se puede apreciar que las técnicas aplicadas y la interacción de ambos factores no son significativas, esto quiere decir que no tuvieron ninguna influencia dentro de la variable de la brotación de nuevas hojas. Pero sin embargo el factor B (enraizadores) presentó diferencias significativas dentro de la variable de estudio. Por lo tanto se puede concluir que los diferentes enraizadores tuvieron una influencia con respecto a la brotación de nuevas hojas

Cuadro 20. Análisis de varianza para la brotación de nuevas hojas

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	F. t 5%
Técnicas (A)	2	0.02117222	0.01058611	1.81	3.40 ns
Enraizador (B)	3	0.06314167	0.02104722	3.61	3.01 *
Tec*Enr (A x B)	6	0.03938333	0.00656389	1.12	2.51 ns
Error experimental	24	0.14006667	0.00583611		
Total	35	0.26376389			

*significativo; ns no significativo; CV=8,65 %

Para Condori (2006) los diferentes enraizadores naturales utilizados no influyen en la brotación de nuevas hojas, pero en esta investigación resulta lo contrario, ya que los diferentes enraizadores influyen en la aparición de nuevas hojas.

En el cuadro 21, en la prueba de Duncan al 5%, para el factor B (enraizadores) se puede apreciar que el enraizador fertifox y miel obtuvieron un promedio parecido que influyo en la brotación de las nuevas hojas con respecto al agua de coco y sin nada, el cual también tuvo promedios parecido respecto a la brotación de nuevas hojas.



Cuadro 21. Prueba de Duncan para factor B (enraizadores)

Duncan 5%	Promedio (hojas)	Nivel
a	0,92	Fertifox
a	0,90	Miel
b	0,88	Agua de coco
b	0,81	Sin nada

En el cuadro 22 se observa la prueba de Duncan al nivel de significancia del 5 %, se detecta que no hubo diferencias estadísticas significativas entre las técnicas aplicadas en referencia a al brotación de nuevas hojas de la especie en estudio. Se aprecia que las tres técnicas aplicadas obtuvieron promedios parecidos.

Cuadro 22. Prueba de Duncan para factor A (técnicas)

Duncan 5%	Promedio (hojas)	Nivel
a	0.91417	Anillado
a	0.88000	Rasgado
a	0.85500	Corte diagonal

En la figura 18 se puede observar la interacción de los dos factores, el cual nos muestra que la técnica del anillado con fertifox obtuvo el valor más alto con 3,04 brotes, seguida con la de 2,9 brotes con miel y 2,65 brotes con agua de coco, finalmente 2,38 brotes con sin nada que represento el valor más bajo dentro de esta técnica con respecto a la variable de nuevas hojas.

La técnica del rasgado obtuvo 2,75 brotes con el agua de coco que represento el valor más alto, seguida de los valores 2,68 brotes con miel, 2,65 brotes con fertifox



y 2,48 brotes con el enraizador sin nada que represento el valor más bajo dentro de la técnica utilizada.

Finalmente la técnica del corte diagonal obtuvo 2,65 brotes con el enraizador fertifox que represento el valor más alto dentro de esta técnica, seguida de 2,58 brotes con miel, 2,55 brotes con agua de coco y 2,48 brotes con sin nada que represento el valores más bajo dentro de esta técnica aplicada con relación a la variable en estudio.

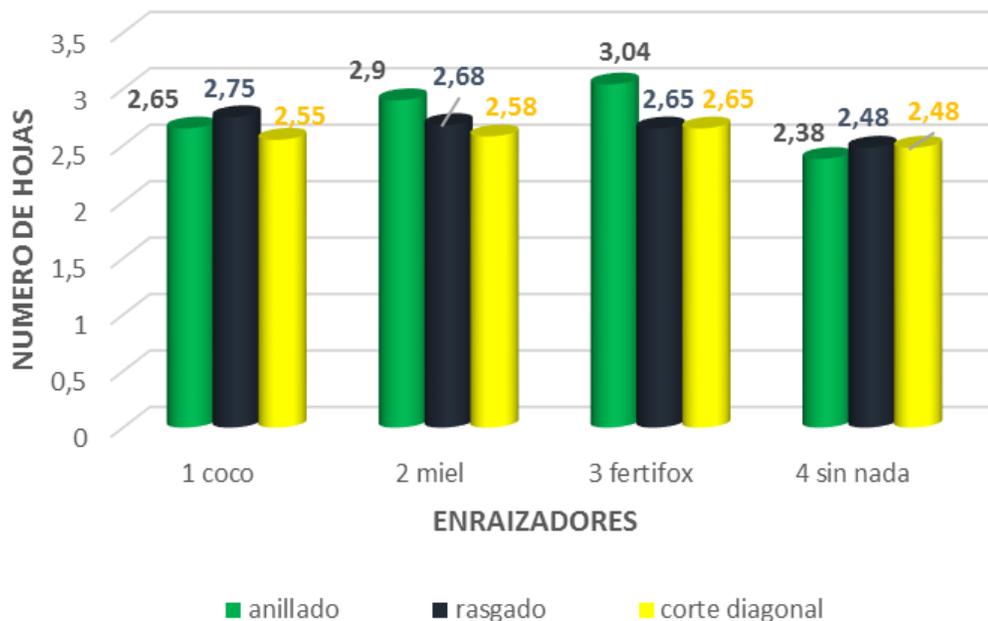


Figura 18. Interacción técnicas versus enraizadores para la brotación de nuevas hojas

6.1.3 Costos de producción

De acuerdo a las relaciones de Beneficio Costo de la propagación asexual del litchi, se observa que los acodos obtienen un beneficio/costo, $B/C \geq 1$, como se muestra en la Figura 19.



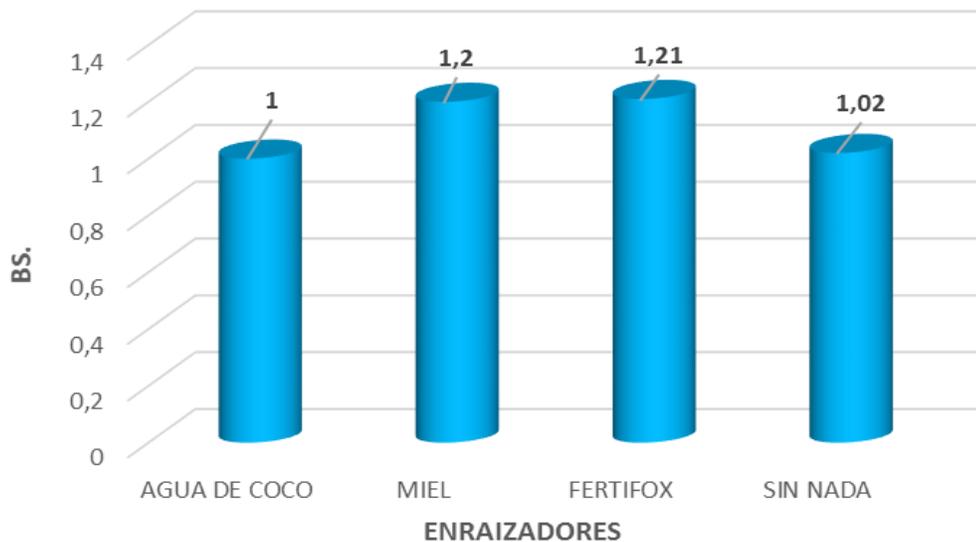


Figura 19. Relacion B/C en Bs, por enraizador

El costo de producción en bolivianos (Bs), para producir 1200 plantines de litchi con aplicación de diferentes técnicas y enraizadores es la siguiente.

Se puede apreciar que con la aplicación de agua de coco el B/C es igual a 1,0 bs lo cual demuestra que por cada 1 bs invertido se recupera 1,0 bs, por lo tanto la producción de litchi mediante diferentes técnicas de acodo aéreo con la aplicación de agua de coco no es rentable, ya que solo cubre lo invertido sin llegar a ganar nada.

También se puede apreciar que con la aplicación de la miel el B/C es igual a 1,20 bs lo cual muestra que por cada 1 bs invertido se recupera 1,2 bs, por lo cual la producción de litchi mediante diferentes técnicas de acodo aéreo con la aplicación de la miel es rentable.

Para la aplicación del fertifox el B/C es igual a 1,21 bs. Lo cual demuestra que por cada 1 bs invertido se recupera 1,21 bs, por lo tanto la producción de litchi mediante diferentes técnicas de acodo aéreo con la aplicación del fertifox se considera que es rentable.



Por último se puede apreciar que sin la aplicación de ningún enraizador el B/C es igual a 1,02 bs, lo que indica que por cada 1 bs invertido se gana 1,02 bs. Esto nos demuestra que este tratamiento no es muy rentable ya que solo llega a cubrir lo invertido, sin ganar casi nada.



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- De acuerdo al porcentaje de prendimiento radicular se llegó a obtener un 94,4 % el cual nos demuestra que con un buen manejo tanto en la planta madre y en los acodos aéreos se puede llegar a obtener buenos resultados con respecto al total de acodos aéreos.
- Respecto a los días de brotación de las raíces adventicias se llegó a obtener resultados en diferentes tiempos. Como mejor resultado con el menor tiempo fue el tratamiento T3 (anillado + fertifox) con 56 días, seguida de los tratamientos T2 (anillado + miel) y el T10 (corte diagonal + miel) con 63 días, los tratamientos T4 (anillado + sin nada) y T11 (corte diagonal + fertifox) ocuparon el penúltimo lugar con 70 días y finalmente los tratamientos T1 (anillado + agua de coco), T5 (rasgado + agua de coco), T7 (rasgado + fertifox), T8 (rasgado + sin nada), T9 (corte diagonal + agua de coco) y T12 (corte diagonal + sin nada) obtuvieron el último lugar con 77 días después de haber realizado los acodos.
- Con relación al crecimiento longitudinal de las raíces adventicias se obtuvo significancia entre los diferentes factores aplicados y la interacción también obtuvo significancia, el tratamiento T3 (anillado + fertifox) obtuvo el mejor resultado con una media de 7,16 cm de longitud de raíz, el cual tiene una gran diferencia con el tratamiento T5 (rasgado + agua de coco) con una longitud media de 2,08 cm de longitud de las raíces adventicias. Por lo tanto se llega a la conclusión de que esta variable tuvo mucha relación con la variable de la brotación de las raíces adventicias, debido a que en menor tiempo de la aparición de las raíces adventicias se obtuvo mayor tamaño longitudinal de las raíces.
- De acuerdo al porcentaje de prendimiento vegetativo en el vivero se llegó a obtener el 100% de plantas prendidas, lo cual demuestra que con un buen manejo en el vivero resulta buenos resultados, además que las nuevas plantas llegaron a adaptarse en ese ambiente de semi sombra.
- Respecto al diámetro de tallo en el análisis de varianza nos indica que no hubo



significancia alguna en el factor B (enraizadores) ni tampoco entre la interacción de los factores aplicados, solo tuvo significancia el factor A (técnicas) el cual nos indica que esta influyo en el incremento del diámetro de tallo. También se puede señalar que el anillado obtuvo mejor resultado que las demás técnicas aplicadas con un 8,36 mm de diámetro, seguida de la técnica del rasgado con 7,71 mm y finalmente la técnica del corte diagonal con 7,24 mm de diámetro, pero en la prueba se puede observar que la técnica del anillado y la del rasgado se asemejan. El T3 (anillado + fertifox) obtuvo el mejor resultado con 29,08 milímetros debido a que este tenía un buen desarrollo radicular, por otra parte el T9 (corte diagonal + miel) obtuvo el resultado más bajo con 20,63 milímetros debido a que no presentaba un buen desarrollo radicular ya que esta comenzó a partir de los 77 días.

- En el análisis de varianza para la altura de planta nos muestra que los dos factores obtuvieron significancia y la interacción de ambos factores también presento significancia, lo cual indica que los diferentes factores tuvieron una influencia independiente en el crecimiento vegetativo de la planta (altura de planta). El tratamiento T3 (anillado + fertifox) presento el mayor tamaño con 152,41 cm de altura con respecto al T11 (corte diagonal + fertifox) con 58,91 cm de altura.
- Respecto a la brotación de las nuevas hojas se pudo apreciar que no hubo diferencia significativa con el factor A (técnicas) y la interacción de los dos factores, pero el factor B (enraizadores) presento significancia con respecto a la brotación de nuevas hojas, lo cual nos indica que este factor tuvo una influencia en la aparición de nuevas hojas. Quedando como mejor resultado el T3 (anillado + fertifox) con 3,04 hojas con respecto al T4 (anillado + sin nada) que presento 2,38 hojas quedando con el resultado más bajo con respecto a esta variable.
- Respecto a la producción asexual de litchi mediante diferentes técnicas de acodo aéreo y diferentes enraizadores se pudo demostrar que es factible la producción de esta especie con los diferentes enraizadores (miel y fertifox), dando como mejor resultado la aplicación con el fertifox, debido a que por cada 1 bs invertido se llega a ganar 1,21 bs, además con la aplicación de este enraizador se llegó a obtener



buenos resultados con respecto a los días de brotación de las raíces adventicias, longitud de raíz y altura de planta. En el caso de la aplicación de la miel se observa que la ganancia por cada 1 bs invertido fue de 1,20 bs, además que con este tratamiento se llega a obtener las raíces adventicias en menor tiempo con respecto a los tratamientos de agua de coco y sin nada.

Por otra parte con la aplicación de agua de coco y sin nada se puede apreciar que no fueron rentables ya que solo se llegaba a cubrir lo invertido, además que con estas dos aplicaciones (agua de coco y sin nada) la emergencia de las raíces adventicias no presentaban buenos resultados con respecto a los días de emergencia de las raíces adventicias, longitud de la raíz y altura de planta.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones más profundas sobre la influencia de los enraizadores, en este caso la miel y fertifox, para que así los productores tengan al alcance un producto natural y comercial.
- Respecto al diámetro del tallo, se debe realizar investigaciones sobre la influencia de este, con diferentes diámetros, para poder ver cuál es el mejor diámetro para la técnica del anillado.
- Es necesario realizar investigaciones con la aplicación de abonos foliares cuando se desprende la planta hija de la planta madre, esto con el fin de mejorar el porcentaje de prendimiento de las nuevas plantas en el vivero.
- Se debe realizar la caracterización morfológica de este cultivo para poder observar el comportamiento de este.
- Se recomienda realizar investigaciones acerca de la multiplicación del litchi en diferentes sustratos a nivel del vivero para poder observar el desarrollo radicular en esta etapa.



8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Álvarez, Hugo Eduardo, 2002. Evaluación de métodos de enraizamiento por estacas en variedad de pies americanos en vid (*Vitis rupestris*). Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.
- Alvarado Callisaya, Marco Agustín, 2004. Reproducción asexual de tres especies exóticas ornamentales; *Ficus elástica Roxb*, *Ficus benjamina L.* y *Schefflera gleasonii Alain*, mediante técnicas de acodo aéreo y aplicación de fitorreguladores y fertilizante foliar en Santa Cruz. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.
- Calzada, R. B. 1981. Métodos estadísticos para la investigación. Lima – Perú.
- Compendio de Agronomía Tropical, 1989.Tomo II. Editado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y Ministerio de Asuntos Extranjeros Francia. San José, C.R.
- Condori Mendoza, Edgar, 2006. Efecto de enraizadores naturales en la propagación asexual del arce negundo (*Acer negundo*) en vivero. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.
- Goitia Arze, Luis. 2003. Manual de dasonomía y silvicultura. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.
- Hartmann, Huddson T., 1994. Propagación de plantas, principios y práctica. Compañía editorial Continental, S.A. Séptima reimpresión. México.
- Little M. Thomas y Jackon Hills F. 1989. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. México.



- Lira Saldívar, Ricardo Hugo. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Trillas, S.A. México.
- Ochoa Torrez, Ramiro Raúl. 2009. Diseños experimentales.
- Rodríguez Rodríguez, Mario. 2000. Morfología y anatomía vegetal. Editorial Colorgraf, Cochabamba, Bolivia.
- Villegas Caceres, Romina Paola, 2004. Caracterización morfológica del cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) cultivada en la zona de Alto Beni, Bolivia. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.

Paginas disponibles:

- Artículo disponible en: <http://www.teorema.com.mx/tendencias/litchi-la-fruta-mas-fina-del-mundo/>
- Bustos Magana, Miguel. 2010. Propagación Vegetativa del Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) mediante acodos aéreos en Taretan, Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agro biología “Presidente Juárez”. Tesis como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo con especialidad de Fruticultura. Uruapan Michoacán. Disponible en: <http://www.universidadmichoacana/mex.com>
- El cultivo del litchi, disponible en: http://canales.hoy.es/canalagro/datos/frutas/frutas_tropicales/litchi.htm
- Flores Romero, Adriana Fabiola. 2006. Propagación por acodo aéreo de *Magnolia grandiflora* L. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales Ing.



En Restauración Forestal. Tesis profesional, que como requisito para obtener el título de: Ingeniera en Restauración Forestal. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. Disponible en: <http://www.flores/romero/adrianafabiola/2006/pdf.mx>

- Galán Sauce, Víctor, 1996. Mercado Mundial de Litchi Mexicano. ASERCA/CIESTAAM. Disponible en: <http://www.aserca.gob.mx/secsa/estudios/litchi.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), San Luis Potosi. Disponible en <http://www.campopotosino.gob.mx./modulos/tecnologiasdesc.php?id=85>
- Crane, Jonathan H. and Balerdi, Carlos F.2012. University of Florida. IFAS Extensión. Servicio de Extensión Cooperative de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas. Disponible en:<<http://edis.ifas.ufl.edu>>or <http://fruitscapes.ifas.ufl.edu>
- Villacrés Alvear, María Belén, 2008. Estudio de los mercados para producción y exportación de litchi en fruto y procesado 2007-2016. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias Económicas y Negocios. Escuela de Comercio Exterior e Integración. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Comercio Exterior e Integración. Quito. Disponibles en: http://35460_1.pdf/litchi./pd



ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los acodos aéreos en la planta madre



Anexo 2. Riego de los acodos con una jeringa de 10 ml.



Anexo 3. Formación de callos y brotación de las raíces adventicias



Anexo 4. Separación de las plantas hijas de la planta madre



Anexo 5. Crecimiento longitudinal de la raíz adventicia en la planta madre

LONGITUD DE RAIZ (cm)						
Tratamiento	FACTOR A (técnicas)	FACTOR B (Enraizador)	I	II	III	ϵX_{ij}
T1	Anillado	Coco	2,68	2,28	2,31	10,01
T2	Anillado	Miel	5,01	4,82	4,37	19,2
T3	Anillado	Fertifox	7,14	7,05	7,37	28,64
T4	Anillado	Sin Nada	3,68	3,34	3,28	13,37
T5	Rasgado	Coco	1,9	2,3	1,9	8,3
T6	Rasgado	Miel	3,69	3,81	3,06	13,47
T7	Rasgado	Fertifox	2,44	2,31	2,21	9,78
T8	Rasgado	Sin Nada	2,66	2,71	2,81	10,88
T9	Corte Diagonal	Coco	3,33	3,81	3,4	13,55
T10	Corte Diagonal	Miel	4,24	4,37	4,01	17,12
T11	Corte Diagonal	Fertifox	2,3	2,01	1,9	8,71
T12	Corte Diagonal	Sin Nada	2,63	2,46	2,56	9,95

Anexo 6. Altura de la planta en el vivero

ALTURA DE LA PLANTA (cm)						
Tratamiento	FACTOR A (Técnicas)	FACTOR B (Enraizador)	I	II	III	ϵX_{ij}
T1	Anillado	Coco	22,6	21,68	22,79	67,07
T2	Anillado	Miel	35,83	34,56	35,83	106,22
T3	Anillado	Fertifox	50,35	52,06	50	152,41
T4	Anillado	Sin Nada	21,95	21	20	62,95
T5	Rasgado	Coco	20,6	20,35	18,22	59,17
T6	Rasgado	Miel	21,38	21,56	22,6	65,54
T7	Rasgado	Fertifox	29,13	25,2	25,49	79,82
T8	Rasgado	Sin Nada	20	20,83	20,33	61,16
T9	Corte Diagonal	Coco	22,71	21,34	19,19	63,24
T10	Corte Diagonal	Miel	22,86	21,19	20,8	64,85
T11	Corte Diagonal	Fertifox	18,85	21,4	18,66	58,91
T12	Corte Diagonal	Sin Nada	26,86	24,86	20,36	71,35

Anexo 7. Brotación de las nuevas hojas en el vivero

BROTACION DE NUEVAS HOJAS						
Tratamiento	FACTOR A (Técnicas)	FACTOR B (Enraizador)	I	II	III	ϵX_{ij}
T1	Anillado	Coco	0,85	0,95	0,85	2,65
T2	Anillado	Miel	0,95	0,95	1	2,9
T3	Anillado	Fertifox	1	1,04	1	3,04
T4	Anillado	Sin Nada	0,6	0,78	1	2,38
T5	Rasgado	Coco	0,95	0,9	0,9	2,75
T6	Rasgado	Miel	1	0,9	0,78	2,68
T7	Rasgado	Fertifox	0,95	0,85	0,85	2,65
T8	Rasgado	Sin Nada	0,85	0,85	0,78	2,48
T9	Corte Diagonal	Coco	0,85	0,85	0,85	2,55
T10	Corte Diagonal	Miel	0,9	0,78	0,9	2,58
T11	Corte Diagonal	Fertifox	0,9	0,85	0,9	2,65
T12	Corte Diagonal	Sin Nada	0,85	0,78	0,85	2,48

Anexo 8. Diámetro de tallo en el vivero

Tratamiento	FACTOR A (Técnicas)	FACTOR B (Enraizador)	I	II	III	ϵX_{ij}
T1	Anillado	Coco	7,26	7	7,81	22,7
T2	Anillado	Miel	8,41	8,01	8,34	24,76
T3	Anillado	Fertifox	8,88	10,24	9,96	29,08
T4	Anillado	Sin Nada	8,25	9,18	7	24,46
T5	Rasgado	Coco	6,58	8,19	8,36	23,13
T6	Rasgado	Miel	7,26	7,3	10,01	24,66
T7	Rasgado	Fertifox	6,65	7,38	9,46	23,49
T8	Rasgado	Sin Nada	6,93	7,06	7,4	21,39
T9	Corte Diagonal	Coco	7,19	6,16	7,28	20,63
T10	Corte Diagonal	Miel	7,2	8,06	8,78	24,04
T11	Corte Diagonal	Fertifox	7,03	6,69	7,29	21,01
T12	Corte Diagonal	Sin Nada	6,65	7,29	7,33	21,27