

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PROPAGACIÓN DE PLANTAS FORESTALES Y ORNAMENTALES
EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA**

HUGO OCTAVIO MARTÍNEZ CHÁVEZ

Guatemala, mayo de 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
PROPAGACIÓN DE PLANTAS FORESTALES Y ORNAMENTALES
EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

HUGO OCTAVIO MARTÍNEZ CHÁVEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, mayo de 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Br.	Mirna Regina Valiente
VOCAL QUINTO	Br.	Nery Boanerges Guzmán Aquino
SECRETARIO	Ing. Agr.	Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, mayo de 2008

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente**

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación

**PROPAGACIÓN DE PLANTAS FORESTALES Y ORNAMENTALES
EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA**

Como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

HUGO OCTAVIO MARTÍNEZ CHÁVEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Supremo creador de los cielos y la tierra, por ayudarme a culminar mi carrera universitaria.

MIS PADRES

Por su apoyo incondicional durante toda mi vida.

MI ESPOSA

Por su abnegación en el transcurso de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores **Ing. Agr. Francisco Vásquez** e **Ing. Agr. Hermógenes Castillo**, por su apoyo en el enriquecimiento del presente documento.

Personal de finca Sabana Grande, por la colaboración prestada.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN GENERAL	vii
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL ÁREA DE SENDEROS ECOLÓGICOS Y SEGUIMIENTO A PROYECTOS PRODUCTIVOS EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Antecedentes de la finca	3
1.2.2 Ubicación geográfica, límites y vías de acceso	3
1.2.3 Relieve y fisiografía	3
1.2.4 Clima y zona de vida	4
1.2.5 Geología y suelo	4
1.2.6 Hidrografía	4
1.2.7 Evapotranspiración potencial	5
1.2.8 Proyectos productivos de finca Sabana Grande	6
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 General	7
1.3.2 Específicos	7
1.4 METODOLOGÍA	8
1.4.1 Fase de reconocimiento	8
1.4.2 Fase de recopilación de la información	9
1.4.3 Fase de análisis de la información	9
1.5 RESULTADOS	10
1.5.1 Estructura organizacional de finca Sabana Grande	10
1.5.2 Identificación de recursos agroforestales	12
1.5.3 Seguimiento a los proyectos productivos y/o investigación	13
A. Proyectos de promoción agroecoturística de la finca en el INGUAT	15
B. Proyectos de mariposario e iguanario	15
C. Proyecto del cultivo de papaya	16
D. Proyecto de levantamiento catastral	16
E. Renovación de cañales	17
F. Proyecto de propagación de pejibaye	17
G. Proyecto de producción de lombricompost	17
1.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	19
1.6.1 Conclusiones	19
1.6.2 Recomendaciones	20
1.7 BIBLIOGRAFÍA	21

CAPÍTULO II:	INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DE DOS SUSTRATOS Y DOS MÉTODOS DE RUPTURA DE LA DORMANCIA SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLA DE PEJIBAYE (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth), EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA	23
2.1	PRESENTACIÓN	24
2.2	MARCO CONCEPTUAL	25
	2.2.1 Clasificación botánica del pejibaye	25
	2.2.2 Descripción botánica	25
	2.2.3 Situación del pejibaye para palmito en Guatemala	29
	2.2.4 Usos del pejibaye	30
	2.2.5 Proceso de obtención de palmito del pejibaye y composición química	31
	2.2.6 Principales países importadores de palmito	33
	2.2.7 Principios de propagación sexual	34
	2.2.8 Prueba de germinación	38
	2.2.9 Estado de dormancia en las semillas de pejibaye	38
	2.2.10 Ruptura de la dormancia en las semillas	39
	2.2.11 Giberelinas (ácido giberélico)	41
	2.2.12 Funciones de los sustratos	43
	2.2.13 Formulaciones de sustratos	45
2.3	Marco Referencial	47
	2.3.1 Investigaciones afines	47
	2.3.2 Experiencias de establecimiento de plantación de pejibaye en finca Sabana Grande	49
	2.3.3 Procedencia del material vegetal	50
2.4	Objetivos	51
	2.4.1 General	51
	2.4.2 Específicos	51
2.5	Hipótesis	52
2.6	Metodología	53
	2.6.1 Descripción de los tratamientos	53
	2.6.2 Unidad experimental	53
	2.6.3 Diseño experimental	54
	2.6.4 Distribución de los tratamientos	54
	2.6.5 Variables de respuesta	55
	2.6.6 Manejo del experimento	56
	2.6.7 Análisis de la información	57
2.7	Resultados	58
	2.7.1 Datos obtenidos en campo	58
	2.7.2 Porcentaje de germinación	58
	2.7.3 Peso radicular	60
	2.7.4 Plántulas de pejibaye	61
	2.7.5 Análisis económico	63
	2.7.6 Conclusiones y recomendaciones	65
	2.7.8 Bibliografía	67

	Página
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS	71
3.1 PRESENTACIÓN	72
3.2 MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL SENDERO ECOLÓGICO “LA DANTA”, DEL CENTRO RECREATIVO DE LA UNIDAD DOCENTE-PRODUCTIVA SABANA GRANDE	73
3.2.1 Objetivos	73
A. General	73
B. Específicos	73
3.2.2 Metodología	73
A. Reparación de rutas del sendero, pasamanos y señalización	73
B. Reconstrucción de las estaciones de descanso	74
C. Identificación botánica de árboles representativos del sendero	74
3.2.3 Resultados	75
A. Reparación de rutas del sendero, pasamanos y señalización	75
B. Reconstrucción de estaciones de descanso	80
C. Identificación de árboles representativos del sendero	80
3.2.4 Evaluación	82
3.3 FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES AGROFORESTALES DENTRO DE LA UNIDAD DOCENTE-PRODUCTIVA SABANA GRANDE	83
3.3.1 Objetivos	83
A. General	83
B. Específicos	83
3.3.2 Metodología	83
A. Construcción de umbráculo	83
a. Selección del área	83
b. Trazo y construcción	84
c. Delimitación de áreas y acabado final	85
B. Propagación de especies forestales de importancia económica	85
a. Adquisición de semillas forestales	85
b. Llenado de bolsas	86
c. Siembra de las semillas	86
d. Trasplante de las plantitas germinadas a bolsas de polietileno	87
e. Riego de mantenimiento	87
C. Parcela demostrativa de vainilla	87
3.3.3 Resultados	88
A. Construcción de umbráculo	88
B. Propagación de especies forestales y parcela demostrativa de vainilla	89
C. Evaluación	92

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Organigrama administrativo de la finca Sabana Grande	11
Figura 2.	Esquema del fracaso en la continuidad de proyectos en la finca	13
Figura 3.	Racimo con frutos de pejibaye variedad Palmicta Chixoy	27
Figura 4.	Semillas de pejibaye (a) mostrando el poro fértil y (b) mostrando los dos poros estériles	29
Figura 5.	Variedades de pejibaye en Guatemala, Palmicta Ixcàn (amarillo), Palmicta Chixoy (rojo)	30
Figura 6.	Corte transversal del tallo de palmito mostrando las cuatro envolturas y el corazón de palmito	32
Figura 7.	Plantación de pejibaye, establecida en finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla	50
Figura 8.	Detalle de la unidad experimental	54
Figura 9.	Distribución de los tratamientos	55
Figura 10.	Plántulas de pejibaye en unidades experimentales	61
Figura 11.	Plántulas de pejibaye en unidades experimentales	62
Figura 12.	Raíces de las plántulas de pejibaye	62
Figura 13.	Plántulas de pejibaye trasplantadas a bolsas de polietileno	63
Figura 14.	Señalización de puente en reparación de ingreso principal al sendero ecológico La Danta	76
Figura 15.	Pasamanos en ingreso a sendero La Danta	77
Figura 16.	Escalinata de bambú, donde el material vegetal circundante se acumula y es necesaria su limpieza periódica	78
Figura 17.	Escalinata con obstrucción del paso por ramas orientadas sobre las gradas	78
Figura 18.	Escalinatas reparadas y con el paso expedito	79

	Página
Figura 19. Identificación de árboles representativos del sendero	80
Figura 20. Identificación de árboles sobre el sendero ecológico La Danta	81
Figura 21. Dimensiones del umbráculo para la propagación de especies forestales y ornamentales	84
Figura 22. Umbráculo establecido en finca Sabana Grande	88
Figura 23. Plantas ornamentales de areca y chatía, planta comestible de pacaya propagadas bajo umbráculo en finca Sabana Grande	90
Figura 24. Plantas forestales de conacaste propagadas	90
Figura 25. Plantas de vainilla de la parcela demostrativa	91

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Caudales de los principales manantiales de la finca Sabana Grande, durante marzo de 2001	5
Cuadro 2. Evapotranspiración potencial en finca Sabana Grande	6
Cuadro 3. Proyectos ejecutados en el año 2004 por epesista e investigadores en finca Sabana Grande	14
Cuadro 4. Composición química del palmito de pejibaye <i>Bactris gasipaes</i> Kunth sin procesar	32
Cuadro 5. Importaciones de palmito en Estados Unidos para el período 1995-2000	33
Cuadro 6. Tratamientos evaluados	53
Cuadro 7. Datos de campo obtenidos en el ensayo de germinación de semillas de pejibaye	58
Cuadro 8. Resumen de la prueba de medias de Tukey para la variable de respuesta porcentaje de germinación de semillas de pejibaye	60
Cuadro 9. Resumen de la prueba de medias de Tukey para la variable de respuesta peso fresco radicular de plántulas de pejibaye	61
Cuadro 10. Costo de producción por pilón de pejibaye	64
Cuadro 11. Especies forestales, ornamentales y cultivos propagados	89

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PROPAGACIÓN DE PLANTAS FORESTALES Y ORNAMENTALES
EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA,

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado obtenido de la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA), en finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, Guatemala, de febrero a noviembre de 2005 y que constó de tres etapas importantes: diagnóstico, investigación y servicios.

El diagnóstico abarcó dos componentes, en el primer componente, conocer las condiciones físicas del área de senderos ecológicos de la finca y el segundo componente conocer la situación actual de los proyectos productivos que en años anteriores han desarrollado los epesistas; para analizar estos dos componentes se consideró el marco laboral y administrativo en que se desarrollan, como factor determinante.

Referente a los proyectos que en años anteriores han realizado los epesistas, se observa que no se les da continuidad, con lo cual el escaso recurso asignado (material, económico y humano) constituye una pérdida para la finca desde el punto de vista económico y docente-administrativo; lo anterior obedece especialmente al aspecto administrativo por no contar con una planificación de mediano y largo plazo, sino únicamente con acciones de corto plazo; para las acciones diarias y semanales (tareas) que realizan los trabajadores, no existen mecanismos de control, a tal grado que se incumplen los horarios de trabajo y las tareas asignadas; todo esto obedece a juicio del autor a una notable falta de voluntad, proactividad y visión de desarrollo, debido a que se contraponen el conformismo y legalismo mal fundamentado (acción sindical).

Considerando el marco administrativo actual, y la facultad en la toma de decisiones del epesista, no es posible a éste nivel planear un servicio de reforma administrativa, que no solo incluya los elementos teóricos, sino también capacitaciones a todos los empleados

para motivar la proactividad y espíritu de desarrollo y trabajo en equipo por un bien común que trascienda la visión de muy corto plazo. En tal sentido se sugiere a las autoridades de orden superior (decanatura, secretaría adjunta, comisión de fincas), sean las que den los primeros pasos para resolver esta problemática que se ha venido dando desde administraciones anteriores.

La investigación realizada, da continuidad a un proceso de evaluación previo de germinación de semillas de pejibaye en el cual se había alcanzado un 35 por ciento de germinación; en tal sentido se evaluaron dos tipos de sustratos y dos métodos de ruptura de la dormancia, con escarificación fisiológica mediante el empleo de ácido giberélico y, la escarificación física, empleando lija número 60, sobre la germinación de semillas de pejibaye (*Bactris gasipaes Kunth*). Con el tratamiento de sumergir las semillas por una hora previo a la siembra en solución de ácido giberélico a 900 partes por millón y luego sembrarlas en un sustrato con 50 % de arena blanca y 50 % de tierra del lugar, se tiene el más alto porcentaje de germinación del 64.5 % con un peso radicular de 155.72 miligramos y un costo de producción de 0.67 centavos de quetzal por plantita, en comparación al sistema tradicional que reporta una germinación entre el 1 y 10 por ciento.

A través de los servicios se contribuyó a apoyar el sistema agroforestal de la finca; de una manera indirecta a través del manejo y conservación del sendero ecológico La Danta, al dejar expedito y en buen estado el recorrido del sendero con la colocación de pasamanos, escalinatas, estaciones de descanso, e identificación de las especies forestales; de una manera directa se apoyó el sistema agroforestal a través de la construcción de un umbráculo para la propagación de especies agroforestales, y ornamentales; se propagaron 1,323 plantas de conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Girseb), 1,500 plantas de hule (*Hevea brasiliensis* M.), 1,265 plantas de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose), 595 arecas (*Areca* spp.) para uso ornamental, 265 plantas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote* Liebm. Ex Mart.) y 171 plantas de vainilla (*Vanilla planifolia* L.) para uso comestible.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE SENDEROS ECOLÓGICOS Y SEGUIMIENTO A PROYECTOS PRODUCTIVOS EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA

1.1 PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico se realizó en febrero del año 2005 en finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, con el objetivo principal de establecer dentro del marco administrativo y laboral de la finca, la situación actual de los recursos naturales agroforestales vinculados al área de senderos ecológicos y el seguimiento a los proyectos productivos ejecutados en el pasado inmediato por parte del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía como aporte a la enseñanza y docencia. Para el efecto se realizó una fase de reconocimiento, una fase de recopilación de la información la cual vino de fuentes escritas, verbales y entrevistas realizadas al personal de campo y administrativo, así como una fase de peritaje en la que se constató la situación de los proyectos realizados por los epesistas en el año 2004 y el seguimiento que le han dado las autoridades de la finca.

Derivado del diagnóstico se estableció que la estructura organizacional de finca Sabana Grande, a pesar de que está definida y se tiene una asignación de funciones para cada cargo, en la práctica está muy lejos de ejecutarse; es decir se incumplen las funciones de cada cargo.

Debido a la falta de aplicación de las funciones administrativas por parte de la administración de la finca, los proyectos planificados y ejecutados por los epesistas en años anteriores, una vez el epesista se retira de la finca el proyecto “muere”, no se le da continuidad por parte de las autoridades, lo que representa para la finca pérdidas económicas, que para el año 2004, ascendió a Q. 140,000.00 en concepto de estipendios económicos asignados y recursos económicos invertidos.

En cuanto a los recursos agroforestales, son los más abundantes de la parte alta del municipio de Escuintla, por lo cual aportan grandes beneficios ambientales como fuentes de agua (42 manantiales) y producción de oxígeno a través de la masa boscosa; sin embargo, no se han tomado medidas para reponer la masa boscosa que se ha reducido ya sea por extracción para aprovechamiento (leña, madera) o por deterioro (derribo por el viento, edad, estado fitosanitario).

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Antecedentes de la finca

La finca Sabana Grande tiene una extensión de 221 hectáreas. Fue dada a la Universidad de San Carlos de Guatemala según acuerdo gubernativo número 1,696, folio 233 del libro número 27 del departamento de Escuintla con fecha 20 de junio de 1957, emitido por el Órgano del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (actualmente Ministerio de Finanzas Públicas) y pasó a formar parte de sus activos el día 11 de agosto de ese mismo año. Actualmente la finca Sabana Grande es administrada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (9).

1.2.2 Ubicación geográfica, límites y vías de acceso

La finca Sabana Grande se encuentra localizada en el departamento de Escuintla, en las coordenadas 14° 22'03'' Latitud Norte y 90°, 49'48'' Longitud Oeste (3).

Los límites de la finca Sabana Grande son: al Norte aldea El Rodeo y finca Tropicana; al Sur, finca Lorena; al Este; finca Alsacia y al Oeste, finca Magdalena (3).

La principal vía de acceso a la finca, es la carretera CA-2 que partiendo de la ciudad de Guatemala, se extiende al Sur pasando por los municipios de Villa Nueva, Amatitlán y la autopista Palín, Escuintla, para luego tomar la carretera que conduce a la Antigua Guatemala. Seguidamente se toma un camino de segunda categoría hasta el ingenio San Diego, el cual consta de 8 kilómetros. Por último se continua sobre la carretera CA-4, con un recorrido de 4 kilómetros hasta llegar a la finca, la cual dista por esta vía a 72 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

1.2.3 Relieve y fisiografía

El relieve va de gradualmente ondulado a plano con pendientes que van de 0 al 3%, la elevación media es de 770 msnm con un rango que va desde los 745 a 795. La finca se encuentra dentro de la región fisiográfica denominada Pendiente Volcánica Reciente (5).

1.2.4 Clima y zona de vida

Según el mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala, basado en el sistema de clasificación de Thornthwaite; la finca Sabana Grande presenta un clima cálido sin estación fría bien definida, muy húmedo con estación seca bien definida. La precipitación anual es de 2,000 a 2,585.3 mm, distribuida en 122 días de lluvia, la humedad relativa media varía de 66 a 90 % y la temperatura mínima promedio es de 23°C. (4).

Según el mapa de zonas de vida elaborado por De La Cruz (1), basado en el sistema de clasificación de Holdridge, la finca Sabana Grande se encuentra dentro de la zona de vida denominada Bosque muy Húmedo Sub-Tropical cálido (bmh-c).

1.2.5 Geología y suelos

Según el mapa geológico de Guatemala (6), los suelos de la finca Sabana Grande son de origen cuaternario formados por sedimentos de origen volcánico. De acuerdo al estudio a nivel de reconocimiento elaborado por Simmons et al (7), los suelos de la finca Sabana Grande pertenecen a la serie Alotenango, caracterizada por suelos profundos, bien drenados, de textura franca entre otras características.

1.2.6 HIDROGRAFÍA

A. Manantiales

La finca cuenta actualmente con 42 manantiales, de los cuales se tiene registro de los 17 principales. En el Cuadro 1 se presenta el nombre del manantial y el caudal registrado en marzo de 2001.

Se tienen registros de éstos manantiales desde febrero de 2001 hasta febrero de 2004 y los registros deberían seguirse tomando a lo largo de los años por parte de los epesistas asignados.

Cuadro 1. Caudales de los principales manantiales de la finca Sabana Grande, durante marzo de 2001.

Número	Manantial	Marzo del 2001	
		Litros por segundo	Galones por minuto
1	El Idilio 1	0.09	1.43
2	El Idilio 2	0.28	4.44
3	El Ariete	5.77	91.66
4	La Pilita 1	3.63	57.62
5	La Pilita 2	2.24	35.55
6	El limonar	2.29	36.3
7	La Presita	3.22	51.16
8	El Peñillo	1.5	23.07
9	Los Cocales	1.58	27.07
10	Agua Mineral 3	4.27	67.72
11	Agua Mineral 2	21.98	348.88
12	Agua Mineral 1	0.25	3.97
13	La Berrera	0.95	15.08
14	Caulote	0.75	11.9
15	Rincon de Alsacia	7.4	117.46
16	El Borbollón	12.83	203.65
17	El Manial	12.83	203.65

La disponibilidad de agua saliendo de manantiales como media anual (período febrero 2001 a enero de 2002) varía en un rango que va de 0.098 l/s para el manantial el Idilio 1 a 20.87 litros por segundo para el manantial Agua Mineral 2, siendo los manantiales más productores, el Ariete, con 5.66 l/s, La pilita con 4.79 l/s, agua mineral 2 con 20.87 l/s, rincón de Alsacia con 6.78 l/s, el borbollón y el Manial con 12.20 l/s como caudal medio anual (10).

B. Ríos

Dentro de la finca existen tres ríos principales siendo éstos: Cantil, Mongoy y Cometa. El río Cantil es el más caudaloso y presenta su caudal más alto en junio con 2,303 l/s y su caudal más bajo en febrero con 1,012 l/s; el río Mongoy reporta su caudal más alto en junio con 825 l/s y el caudal más bajo en febrero con 265.7 l/s; el río Cometa presenta su caudal más alto en agosto con 283.5 l/s y el caudal más bajo en enero con 78.7 l/s. Los datos anteriores corresponden al año 2001 (10).

1.2.7 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración calculado por medio de los valores de la evaporación real del tanque tipo A en la estación meteorológica de finca Sabana Grande se presenta en el Cuadro 2 (10).

Cuadro 2. Evapotranspiración potencial en finca Sabana Grande.

Mes	EVAPOTRANSPIRACIÓN (milímetros)
Enero	104.66
Febrero	94.06
Marzo	92.93
Abril	80.44
Mayo	62.34
Junio	51.34
Julio	70.01
Agosto	62.13
Septiembre	48.29
Octubre	63.07
Noviembre	84.25
Diciembre	96.24
Total	910.37

1.2.8 PROYECTOS PRODUCTIVOS DE FINCA SABANA GRANDE

Los proyectos que se ejecutan actualmente en finca Sabana Grande son:

- A. Ecológicos: Senderos Ecológicos, Mariposario “La Malaquita”, Centro Recreativo “Chorro Blanco”, Iguanario y Práctica del Agroecoturismo.
- B. Apiario Modelo
- C. Centro de Capacitación Acuícola Sabana Grande.
- D. Cultivos: caña de azúcar y café.

Los cultivos de caña de azúcar y café, son la principal fuente de ingresos de la finca. Por otro lado otra fuente de ingreso la constituye el área ecoturística que incluye el centro recreativo Chorro Blanco y los senderos ecológicos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- A. Establecer dentro del marco administrativo y laboral de finca Sabana Grande la situación actual de los recursos naturales agroforestales vinculados al área de senderos ecológicos y el seguimiento a los proyectos productivos ejecutados en el pasado inmediato por parte del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía como aporte a la enseñanza y docencia.

1.3.2 Específicos

- A. Conocer la estructura organizacional de finca Sabana Grande, que administra los proyectos productivos en la misma.

- B. Identificar las condiciones de los recursos agroforestales de finca Sabana Grande, que incluye el área boscosa y el área de reserva que corresponde a los senderos ecológicos.

- C. Establecer la situación actual de los proyectos productivos que se han ejecutado en años anteriores a través de la vinculación de estudiantes epesistas, bajo el régimen administrativo y laboral.

1.4 METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente diagnóstico en términos generales se realizaron tres fases: de reconocimiento, recopilación de información y análisis de la información.

1.4.1 Fase de reconocimiento

En esta fase se procedió a realizar caminamientos dentro de la finca a fin de conocer las diferentes unidades de producción, para facilitar esta actividad se contó con el apoyo del encargado de bodega y del caporal de campo. Se visitaron las principales áreas de la finca como son:

- Área de caña.
- Área de café.
- Área de peces.
- Área de conservación (sendero ecológico y centro recreativo).

Dentro de esta fase se indagó acerca de los proyectos que los epesistas en años anteriores han realizado y se identificaron los siguientes:

- Promoción y divulgación del área agroecoturística de la finca en el INGUAT.
- Mariposario.
- Iguanario.
- Cultivo de papaya.
- Levantamiento catastral de pantes de caña.
- Renovación de cañales.
- Propagación de pejibaye (evaluación de la germinación).

Para estos proyectos que son los más recientes se procedió a verificar su situación actual, la continuidad que se les ha dado y la visión de las autoridades administrativas en el corto y mediano plazo.

Además en esta fase se inició con la solicitud de información de la estructura organizacional de finca Sabana Grande.

1.4.2 Fase de recopilación de la información

En esta fase se procedió a obtener toda la información relacionada con los aspectos indicados en el inciso anterior, se realizaron consultas con trabajadores de campo de la finca, con el personal administrativo y de los documentos disponibles dentro de la finca y en la biblioteca de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.4.3 Fase de análisis de la información

Para analizar la información de la estructura organizacional de finca Sabana Grande, se confrontaron las funciones asignadas a cada cargo con lo apreciado por el autor respecto a su ejecución práctica. Dentro del marco administrativo laboral se verificaron tareas realizadas en el campo, se indagó acerca de la planificación mensual, semanal y diaria, a fin de conocer el flujo de trabajo.

Respecto a las condiciones de los recursos agroforestales en el área boscosa y el área de reserva del centro recreativo chorro blanco, específicamente el área de senderos ecológicos se verificó en campo las condiciones físicas de los caminos, estructuras de apoyo a la seguridad de los visitantes; por aparte, se analizó la situación de los recursos agro-forestales, especialmente aquellos provenientes de proyectos ejecutados con anterioridad; todo esto en el marco administrativo y laboral.

De los proyectos productivos y/o investigación docente, se analizó el desarrollo alcanzado por los mismos, la apreciación de los recursos materiales, económicos y humanos empleados para su ejecución y los beneficios y alcance de los mismos a través del tiempo.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE FINCA SABANA GRANDE

Dentro de la estructura administrativa de la finca existen varios cargos, de los cuales algunas de las funciones que desempeñan en orden jerárquico son:

A. Coordinador Técnico Administrativo de Fincas

Ejerce funciones de apoyo y soporte técnico en actividades de campo y administrativas de la finca, además es encargado de velar por el desarrollo de los proyectos implementados, representa legalmente a la finca ante La Junta Directiva de la Facultad.

B. Administrador de Finca (Encargado de Finca II)

Se encarga de coordinar el cumplimiento de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar un proyecto implementado en ésta. De igual manera brinda soporte técnico a éstas actividades.

C. Tesorero

Es el encargado de los asuntos y actividades económicas de la finca, tales como pago de planillas, controla la entrada y salida del flujo de efectivo que se maneja para el desarrollo de los proyectos y cultivos que se producen en la finca, es el encargado de solicitar viáticos para los viajes del Administrador Técnico de Fincas y giras de capacitación que se imparten a los trabajadores de la finca, etc.

D. Oficinista

Controla los inventarios a realizarse en la finca, es el responsable de los materiales que se encuentran en las bodegas, y realiza actividades de supervisión del trabajo de campo para los proyectos.

E. Caporal

Se encarga de designar personal de trabajo a las actividades de los proyectos y vela por el cumplimiento de los horarios de trabajo, así como de la culminación de todas

las actividades encomendadas.

F. Trabajadores de campo

Son las personas designadas por el caporal para realizar las actividades planificadas para el desarrollo de los proyectos con que cuenta la finca, hay trabajadores permanentes los cuales viven en la finca y su trabajo es todo el año, también hay trabajadores temporales los cuales son contratados solamente en temporadas por ejemplo siembra y corte de caña, limpia de malezas en los cultivos, construcciones necesarias para los proyectos, cosecha de café, fertilizaciones de cultivos, etc.

G. Estudiantes de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS)

A pesar de que no ocupan un puesto fijo, cuando se encuentran, son los responsables de los proyectos encomendados por las autoridades.

H. Organigrama administrativo de finca Sabana Grande

En la Figura 1 se muestra el organigrama de la Finca Sabana Grande.

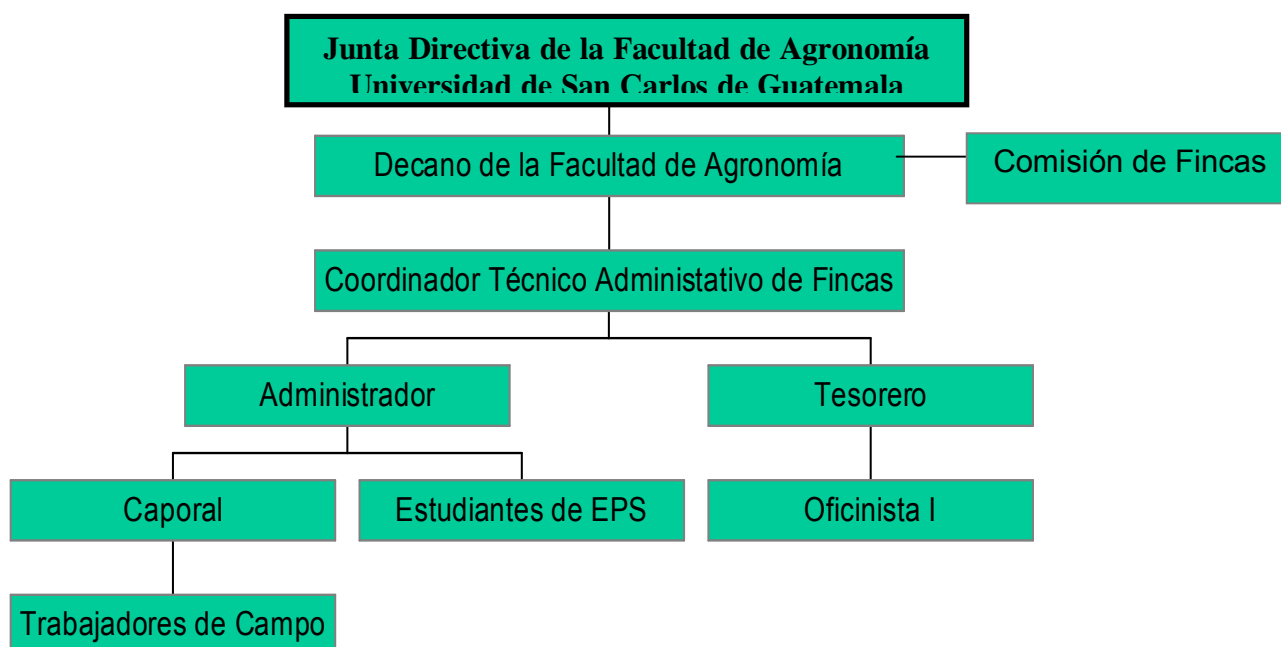


Figura 1. Organigrama Administrativo de la Finca Sabana Grande.

1.5.2 IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS AGROFORESTALES

Los recursos agroforestales identificados en la finca Sabana Grande son:

A. Senderos ecológicos La Danta

Constan de un recorrido de aproximadamente una hora por el bosque, en el que se observa gran variedad de fauna y flora silvestre. Poseen estructuras de bambú como escaleras, pasamanos y ranchos de descanso, los cuales al momento de la inspección para la elaboración del presente documento, se mostraban deteriorados por el efecto de la intemperie por lo que significaban un riesgo para la integridad física de los turistas, así mismo se menciona que éstos senderos atraviesan cuatro ríos por lo que algunos puentes sobre ellos necesitan reparación.

Dentro del área boscosa, es posible encontrar plantas que naturalmente se han propagado y que son un aporte sustancial para la dieta alimenticia de los trabajadores de la finca como es el caso de la pacaya (*Chamaedorea tepejilote* Liebm. Ex Mart.); sin embargo, tampoco existe iniciativa alguna que fomente su explotación racional. Según indican las personas del lugar, en años anteriores se podía observar mayor cantidad de plantas de pacaya, pero ha sucedido que algunas que han sido dañadas tampoco se han sustituido.

B. Apoyo a los recursos agroforestales

La finca no cuenta con ningún proyecto que contemple la reposición de la masa boscosa que año con año se reduce ya sea por aprovechamiento para leña, extracción por robo (como recurso energético), eliminación por caída de los árboles de noviembre a febrero por acción del viento, reducción de los árboles por aspectos fitosanitarios. En los últimos cinco años en el área boscosa de la finca no se ha reforestado ninguna sección de la misma, además en otras áreas que anteriormente fueron boscosas tampoco se realizó ninguna resiembra. En el área de cafetales, los árboles destinados para la sombra muchas veces son eliminados por deterioro del fuste y potencial caída; sin embargo tampoco se han cubierto esos espacios.

Es importante indicar que ninguna de las fincas que rodea a finca Sabana Grande, posee una masa boscosa consolidada y diversa pues están dedicadas a cultivos limpios de caña de azúcar y desarrollo de explotaciones ganaderas; esta situación es de gran impacto puesto que así mismo ninguna de las fincas cuenta con nacimientos de agua tan amplios y numerosos como los de finca Sabana Grande que cuenta con más de 40 fuentes de agua y es atravesada por cuatro ríos de los cuales uno nace dentro de la misma. En tal sentido los alrededores de la finca tienden en el mediano y largo plazo a iniciar un proceso de desertificación, en el cual únicamente se podrá aprovechar agua subterránea; pero finca Sabana Grande, al no tomar medidas para reponer la masa boscosa que se ha estado reduciendo por diversas causas, también corre el riesgo de dejar de ser aquel reservorio de flora, fauna, fuentes de agua y oxígeno de la parte alta del municipio de Escuintla.

1.5.3 SEGUIMIENTO A LOS PROYECTOS PRODUCTIVOS Y/O INVESTIGACIÓN

Los proyectos productivos de investigación y docencia que han planteado los epesistas de la Facultad de Agronomía a través del Programa de Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía, aunque han sido bien desarrollados en todos los casos, han fracasado, debido a que las autoridades de finca Sabana Grande, específicamente el Encargado de finca II como administrador de los bienes y proyectos de la finca, quien es el que debe ordenar directamente al caporal de finca y trabajadores sobre el manejo y continuidad de los proyectos cuando los epesistas se retiran, y el Coordinador de Fincas como garante de la programación general de las fincas hace caso omiso de los proyectos en desarrollo. Lo anterior se puede ejemplificar en la Figura 2.

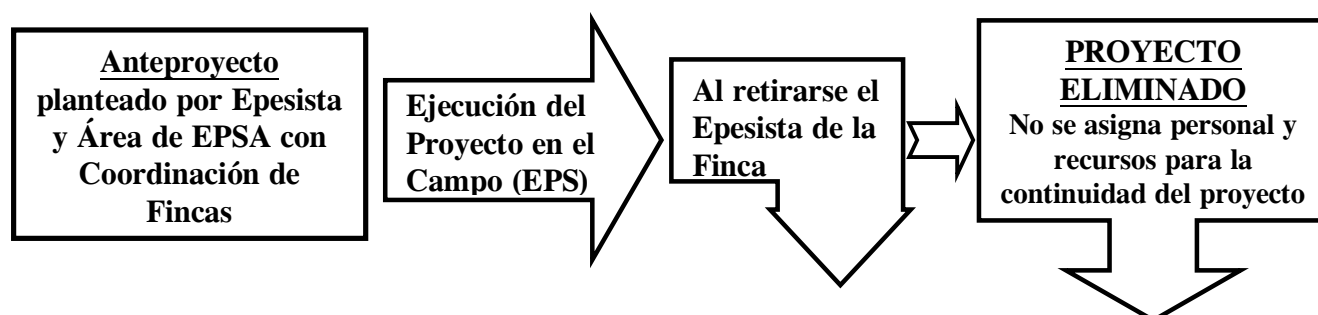


Figura 2. Esquema del Fracaso en la Continuidad de Proyectos de la Finca.

En la Figura 2, se aprecia que toda vez el epesista a cargo del proyecto se retira de finca Sabana Grande por cumplir su período de realización del Ejercicio Profesional Supervisado, el proyecto automáticamente queda ELIMINADO, pues el encargado de finca II y Coordinador de Finca Sabana Grande, no le dan continuidad al proyecto asignando personal y recursos materiales y económicos, a pesar que ellos mismos fueron los que a nivel de anteproyecto expusieron sus ideas y luego en la mesa comunal II, donde se presentaron los resultados también han estado presentes; es decir conocen exactamente qué hacer aunque el epesista se haya retirado, pero no tienen la voluntad de hacerlo, con lo cual la finca pierde todo el recurso económico material y humano que se ha invertido. Esta situación se ha dejado sentir en todos los años anteriores.

Por otro lado, la coordinación de EPSA, también tiene responsabilidad, pues prácticamente cada año asigna un nuevo supervisor, que por la misma razón desconoce a profundidad los proyectos ejecutados y situación de los mismos. Por ejemplo:

Año Supervisor asignado por EPSA

2003 Ing. Agr. Henry España

2004 Ing. Agr. Darvin González

2005 Ing. Agr. Hermógenes Castillo

Para corroborar y sustentar lo expuesto anteriormente, se presentarán algunos de los últimos proyectos que se ejecutaron un año previo (2004) a la realización del presente EPSA (2005), de los cuales se encontró algún vestigio de su ejecución.

Cuadro 3. Proyectos ejecutados en el año 2004 por epesista e investigadores en finca Sabana Grande.

PROYECTO PRODUCTIVO-INVESTIGACIÓN	Inversión estimada	Situación actual	Epesista Investigador
Promoción del área agroecoturística en INGUAT	Q 30,000.00	Eliminado	Carlos Pérez
Mariposario	Q 40,300.00	Eliminado	Flor de María Mas
Iguanario	Q 8,500.00	Eliminado	Flor de María Mas
Cultivo de papaya	Q 27,837.50	Eliminado	Raúl Gabriel Vargas
Levantamiento catastral	Q 17,350.00	Inactivo	Raúl Gabriel Vargas
Renovación de cañales	Q 90,000.00	Activo	Raúl Gabriel Vargas
Propagación de pejibaye	Q 3,850.00	Eliminado	Ramiro Montenegro
Lombrizario	Q 5,600.00	Eliminado	Carlos Pérez
TOTAL	Q 223,437.50		

Un total de siete proyectos se planificaron y ejecutaron durante el año 2004 en acción conjunta del epesista-investigador, autoridades de la finca, y autoridades del EPSA. Cada uno de estos proyectos se describirá brevemente acerca de su desarrollo y el momento en que quedó eliminado. La inversión estimada por proyecto, se calculó con base al estipendio económico asignado al epesista y el tiempo asignado al proyecto, los materiales y recursos económicos empleados.

A. Proyectos de promoción agroecoturística de la finca en el INGUAT

Este proyecto pretendía aprovechar las condiciones naturales y productivas de la finca, para ser reconocida por el INGUAT, como lugar turístico y en ese sentido proyectarla en el contexto internacional. Durante el tiempo en que el epesista asignado estuvo presente se llevó a través del INGUAT a grupos de turistas, especialmente de Europa. Cuando el epesista se retiró se perdió el contacto con INGUAT, y cuando INGUAT requirió el mismo servicio ofrecido (recorrido guiado en áreas productivas de papaya, peces, apiario, mariposario, iguanario y senderos ecológicos) finca Sabana Grande no pudo ofrecerlo por lo que también que el trámite de la calificación ofrecida por INGUAT fue suspendido y por ende la proyección de la finca en el ámbito internacional. Actualmente, la finca presta el mismo servicio que prestaba a través del centro recreativo Chorro Blanco y senderos ecológicos, de los cuales el 80 por ciento de los visitantes emplean el área central del centro recreativo por las piscinas, churrasqueras y en varias oportunidades para tomar licor; un escaso porcentaje de los visitantes, recorren el sendero ecológico.

B. Proyectos de Mariposario e Iguanario

Estos proyectos eran vinculantes no solo al proyecto de promoción turística, sino como proyectos productivos para el caso del mariposario, en el cual desde el año 2002, se inició con la identificación de las mariposas presentes en el área, luego en los años siguientes se construyó el mariposario, se jardinizó, se establecieron recorridos dentro del mismo y se introdujeron mariposas. Finalmente se reacondicionó una estructura (caseta) para montar un laboratorio de larvas con fines de en el corto plazo, poder disponer de una producción sostenida y en el mediano plazo poder establecer una producción con fines comerciales o de intercambio con otros centros de esta naturaleza en Costa Rica. En

junio de 2004 en que se retiró el último epesista asignado, el proyecto quedó eliminado, el sarán se empezó a deteriorar y una parte del mismo se rescató para elaborar un umbráculo, el laboratorio asignado a la producción de larvas se destinó a una bodega para guardar utensilios del apiario.

C. Proyecto del cultivo de Papaya

Este proyecto fue planteado para diversificar la producción de finca Sabana Grande que se centraliza en los cultivos de caña de azúcar y café. Desde junio al 15 de noviembre de 2004, se invirtieron alrededor de Q. 22,800.00, los cuales se encuentran detallados en el informe final de EPSA y los restantes Q. 5,000.00 corresponden al proporcional del estipendio económico del epesista a cargo. Según se aprecia en las fotografías tomadas al cultivo en noviembre de 2004, el estado fitosanitario de la plantación era adecuado; sin embargo, a partir del momento de que el epesista a cargo se retiró de la finca en noviembre de 2004, ya no se continuó con el monitoreo semanal de plagas y enfermedades, como tampoco se realizaron aplicaciones de fungicidas e insecticidas; en marzo del año 2005, cuando el autor del presente diagnóstico ya estaba en finca Sabana Grande, se realizó una inspección a la plantación, notándose que se encontraba en abandono y afectada el área foliar por enfermedades como alternaria y virosis, se le notificó al encargado de finca II, y en ese momento se empezó un programa curativo, el cual debido que el papayal se dejó tres meses sin aplicación de pesticidas no tuvo éxito. Finalmente en abril, la plantación de papaya fue eliminada y se dedicó el área a la construcción de piscícolas para la producción de tilapias.

D. Proyecto de Levantamiento Catastral

Antes del año 2004, la finca planificaba sus actividades a través de un croquis de campo elaborado a mano alzada por el encargado de bodega, dicho croquis disponía de áreas de los pantes de caña y otros estimados visualmente. El epesista a cargo gestionó ante la Unidad Técnico Jurídica de Catastro Nacional, el apoyo para realizar el levantamiento de la finca, la UTJ, proporcionó gratuitamente el servicio y el costo estimado corresponde a los jornales que aportó la finca para la apertura de brechas y al estipendio económico proporcional del epesista a cargo. La información digital de dicho

levantamiento se encuentra restringida a los epesistas dentro de la finca por no disponer de un ordenador (computadora) para su utilización, así mismo el encargado de finca II, no emplea dicha información en la planificación de diversas actividades en los pantes de caña de azúcar. Una segunda fase se realizó después de que el epesista a cargo se retirara de la finca, y consistió en el levantamiento de el área de ríos y nacimiento de la finca. Dado al poco aprovechamiento que se ha dado a la información catastral generada, se ha calificado dicho proyecto como inactivo, pues para el fin de planeación con que fue originalmente planteado no ha sido empleado.

E. Renovación de cañales

En el informe final del epesista a cargo, se plantean las áreas renovadas según la variedad y extensión expresada en hectáreas y manzanas, también se propone un programa a mediano plazo para la renovación continua y sostenida de los cañales a fin de optimizar la producción; sin embargo, en el año 2005, se continuó con la renovación de cañales por parte de las autoridades de la finca pero no siguiendo las recomendaciones propuestas, en cuanto a áreas y variedades según la experiencia adquirida. De los nuevos cañales renovados en 2005 por las autoridades de la finca, no se estableció una bitácora que integre la renovación del año 2004, por lo que es probable que el registro sistemático realizado por el epesista a cargo durante el año 2004, se pierda conforme nuevas administraciones tomen el cargo en detrimento de la producción al exceder el tiempo de renovación y como consecuencia merma del rendimiento. Este proyecto se clasificó como activo en riesgo por la no sistematización de la información después de que el epesista a cargo se retiró de la finca.

F. Proyecto de propagación de pejibaye

En este caso, el investigador a cargo (tesista), sugerido por la Coordinación de Fincas, realizó una investigación sobre empleo de giberelinas para la propagación de pejibaye, pues se tenía contemplado establecer sistemas taungya con pejibaye y plantas anuales en algunas áreas de caña de azúcar para diversificar la producción agrícola, por lo que era necesario aumentar el porcentaje de germinación de esta especie que posee semillas de difícil propagación. Se alcanzaron porcentajes de germinación del 35 % con

los mejores tratamientos y las plantas que quedaron del ensayo se encontraban abandonadas en la parte posterior del casco de la finca y con deficiencias visuales de nutrientes. Para este caso el proyecto ya había quedado eliminado y se retomó por medio del autor del presente diagnóstico como sugerencia del asesor del ejercicio profesional supervisado de agronomía. En el 2005 se evaluaron nuevas técnicas para aumentar el porcentaje de germinación y se trasplantaron a campo definitivo las plantas del proyecto anterior previo a su recuperación nutricional.

G. Proyecto de producción de lombricompost

De este proyecto, se generó la información necesaria para la producción de lombricompost empleando el rastrojo de caña de azúcar y de esta manera se planteó sustituir y/o complementar la fertilización química por la fertilización orgánica; en el informe se presentan los cálculos de la inversión del proyecto y los beneficios económicos esperados. De esta investigación se hizo caso omiso en las sugerencias propuestas y las autoridades de la finca optaron mejor por aplicar fertilización orgánica pero comprando gallinaza a un costo de Q. 80.00 el quintal en el 2004.

Finalmente como se aprecia en el Cuadro 3, más de Q. 140,000.00 (restando lo invertido en renovación de cañales) se erogaron solamente en el año 2004 para los proyectos analizados, no como inversión, sino como gasto improductivo al no dársele continuidad y obtener los beneficios económicos que estos generarían en el mediano y largo plazo. Hay muchas otras acciones o actividades aisladas, no tipificadas como proyectos que precisamente se convierten en un gasto y no en una inversión por la falta de seguimiento, voluntad y acción de las autoridades de la finca, entre las cuales se puede mencionar la elaboración en carpintería de unas puertas de cedro que se trasladarían a finca Bulbuxyá, las cuales después de estar terminadas en un 80 por ciento se dejaron abandonadas y en deterioro continuo.

1.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.6.1 Conclusiones

- A. La estructura organizacional de finca Sabana Grande, a pesar de que está definida y se tiene una asignación de funciones para cada cargo, en la práctica está muy lejos de ejecutarse; es decir se incumplen las funciones de cada cargo.

- B. Los recursos agroforestales de finca Sabana Grande, son los más abundantes en la parte alta del municipio de Escuintla, por lo cual aportan grandes beneficios ambientales como fuentes de agua abundantes y producción de oxígeno; sin embargo, en los últimos diez años únicamente se han aprovechado los árboles sin contar con un programa de reforestación por lo que el sistema se encuentra en riesgo potencial.

- C. La mayoría de los proyectos productivos de investigación y docencia realizados por los epesistas en años anteriores no tienen continuidad por parte de las autoridades de la finca, por lo que se convierten en un gasto para la finca que para el año 2004 representó una pérdida de más de Q. 140,000.00.

1.6.2 Recomendaciones

- A. Es urgente que las máximas autoridades de la Facultad de Agronomía como es Decanatura, Comisión de Fincas Y Coordinación de EPSA, realicen un exhaustivo control sobre la correcta aplicación de las funciones administrativas de finca Sabana Grande por parte de las autoridades asignadas (Encargado de finca II y Coordinador de Fincas), a fin de aprovechar correctamente el presupuesto anual asignado y darle continuidad a los proyectos establecidos en el momento en que el epesista termina la relación laboral con la finca, pues de lo contrario se generan grandes pérdidas económicas como las que se analizaron en el año 2004.

- B. Es necesario exigir a las autoridades de finca Sabana Grande un plan de trabajo para el corto, mediano y largo plazo, que sea sujeto de monitoreo y control, a fin de aprovechar al máximo los recursos económicos y no solamente el plan de trabajo que sirve como requisito para exigir el presupuesto anual.

- B. Se hace necesario fomentar la producción agroforestal en la finca, estableciendo inicialmente las condiciones e infraestructura básica necesaria para la propagación de especies forestales.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz, JR De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. IV censo nacional agropecuario: número de fincas censales, superficie cultivada y producción obtenida de cultivos permanentes y semipermanentes. Guatemala. 1 CD.
3. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Sistemas de información geográfica. Guatemala, MAGA / UPIE / PEDN. 1 CD.
4. Obiols Del Cid, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala: según el sistema Thornthwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000,000. Color.
5. Perdomo, R. 1986. Estudio de la génesis, morfología, propiedades físicas, químicas, mineralógicas y cartografía de suelos de la finca Sabana Grande, Escuintla. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.
6. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación Económica, GT); INDE (Instituto Nacional de Electrificación, GT); INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1970. Mapa geológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
7. Simmons, CH; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda de Ibarra. 1,000 p.
8. Subirós Ruiz, F. 1995. El cultivo de caña de azúcar: plagas de la caña de azúcar. Costa Rica, Editorial Universitaria Estatal a Distancia. p. 211-239.
9. Testimonio de escritura pública de constitución de finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla: acuerdo gubernativo número 1,696, folio 233 del libro número 27 del departamento de Escuintla. Escuintla, Guatemala, Gobernación Departamental.
10. Yol Zamora, VE. 2002. Evaluación y propuesta de manejo y uso sostenible del recursos hídrico de la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 108 p.

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE DOS SUSTRATOS Y DOS MÉTODOS DE RUPTURA DE LA DORMANCIA SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLA DE PEJIBAYE (*Bactris gasipaes* Kunth), EN FINCA SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA

EVALUATION OF TWO SUBSTRATES AND TWO METHODS OF BREAKING DORMANCY ON THE GERMINATION OF SEED PEJIBAYE (*Bactris gasipaes* Kunth), IN SABANA GRANDE, EL RODEO, ESCUINTLA

2.1 PRESENTACIÓN

El objetivo principal de la presente investigación fue evaluar dos tipos de sustratos y dos métodos de ruptura de la dormancia, con escarificación fisiológica mediante el empleo de ácido giberélico y, la escarificación física, empleando lija número 60, sobre la germinación de semillas de pejibaye (*Bactris gasipaes Kunth*) y peso radicular en Finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.

Se evaluaron seis tratamientos para la germinación de semilla de pejibaye, siendo el mejor tratamiento sumergir las semillas por una hora previo a la siembra en solución de ácido giberélico a 900 partes por millón y luego sembrarlas en un sustrato con 50 % de arena blanca y 50 % de tierra del lugar, pues con ello se tiene el más alto porcentaje de germinación del 64.5 % con un peso radicular de 155.72 miligramos y un costo de producción de 0.67 centavos de quetzal por plantita, en comparación al sistema tradicional (sin regulador del crecimiento) que reporta una germinación entre el 1 y 10 por ciento. Respecto al porcentaje de germinación de las semillas de pejibaye alcanzado en Finca Sabana Grande, se logró aumentar dicho porcentaje en un 30 por ciento más.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL PEJIBAYE

División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Areceidae
Orden:	Arecales
Familia:	Areceaceae
Género:	Bactris
Especie:	Bactris gasipaes Kunth
Nombres comunes:	Pejibaye, palma para palmito, pupunha, chontaduro, pibá, pijuayo, peach Palm (14).

2.2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La descripción morfológica del pejibaye cultivado se hizo con base en las colecciones del Banco de Germoplasma de Pejibaye, ubicado en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. Este Banco es considerado como el más extenso y con mayor número de introducciones del mundo. Los datos fueron tomados de 398 árboles procedentes de Bolivia, Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá y Costa Rica, utilizándose una lista de descriptores con 101 variables empleadas por Mattos-Silva 1992 (14). La descripción siguiente se basa en promedios, valores mínimos y máximos y distribución de frecuencias.

A. Características del árbol

Árbol de crecimiento cespitoso; altura promedio de 16 metros con un rango de 5.5 a 24.0 metros, tallo cilíndrico, recto de 12 metros (2,5 a 21 metros) de altura y 18 centímetros (11.5 a 26 centímetros) de diámetro; nudo o cicatriz foliar generalmente nivelado 4.0 centímetros (2.3 a 9.2 centímetros) e internudo 14.5 centímetros (6.6 a 26.6 centímetros) de longitud, con espinas o glabro; espinas, cuando presentes, con un promedio de 38 (7 a 97 espinas) en 16 cm² en el internudo, generalmente oscuras y de consistencia que varía de débiles a fuertes, las más largas con tamaños que varían de 2.5 a 14.3 centímetros (6, 14, 17).

B. Características de la corona

La corona formada por 21 hojas (10 a 30 hojas) pinnadas, glabras o con espinas cortas presentes en toda la extensión de la vaina, del pecíolo y de la vena central; las espinas pueden también estar presentes en las superficies abaxial y adaxial y en el borde de los folíolos; no hay evidencia fenotípica clara que pueda separar la vaina del pecíolo (excepto durante su desarrollo cuando forma un cilindro que se abre por la presión del estípite al engrosar), ambos sumados miden 107 centímetros (49 a 179 centímetros) de longitud; lámina con 300 centímetros (178.5 a 396 centímetros) de longitud y presenta 249 folíolos (180 a 386 folíolos); los folíolos son siempre bífidos, pubescentes en la fase joven con 84 centímetros (57.5 a 114.8 centímetros) de longitud y 4 centímetros (2.6 a 6.3 centímetros) de ancho máximo, con un promedio de 5 (0 a 64) fusionados en la base de lámina y 11 (0 a 29) en el ápice (6, 14, 17).

C. Características de la inflorescencia

Inflorescencia inicialmente dentro de dos brácteas; una externa corta triangular y dura (profilar) aproximadamente 12.7 centímetros de ancho y 180 (50 a 875) gramos y la interna (peduncular) encerrada, es una espata glabra o con espinas distribuidas en toda su extensión o solamente en el ápice; espata cerrada, cuando desarrollada con una longitud promedio de 83 centímetros, varía entre 51 y 125.5 centímetros; diámetro de 12 centímetros (6 a 18 centímetros), peso total 2.65 kilogramos (0.7 a 6.25 kilogramos) con un peso del espádice de 1.73 kilogramos (0.35 a 4.2 kilogramos); grosor de la espata 5.6 milímetros (1.9 a 15 milímetros), internamente crema, algunas veces amarillo pálido; y con huellas presentes o no en la superficie interior, las huellas son provocadas por la compresión de las flores, principalmente las femeninas; pedúnculo 27 centímetros (10 a 71 centímetros) de longitud, raramente con espinas; raquis 50 centímetros (31 a 77.5 centímetros) de longitud, con 3 raquillas (0 a 16 raquillas) abortadas, cuyas bractéolas varían mucho en longitud, diámetro y forma; raquillas (espigas) fértiles 55 (25 a 145), longitud de 29 centímetros (16 a 47 centímetros) rectas o recurvadas, con bractéolas que varían mucho en longitud y ancho; en las espigas aparecen ocasionalmente flores hermafroditas funcionales y además flores masculinas modificadas ("flores acompañantes") que son generalmente estériles y mal diferenciadas (6, 14, 17).

D. Características de las flores

Flores estaminadas (masculinas) de crema, algunas veces amarillo pálido, con 6 estambres dispuestos en pares a los lados de la corola y miden 4.4 milímetros (2.3 a 6 milímetros) de diámetro por 4 milímetros (1.7 a 6.3 milímetros) de longitud; las pistiladas (femeninas) generalmente son amarillas y rara vez verdes; están intercaladas entre las estaminadas; son tricarpelares, sincárpicas, uniloculares con estigmas sésiles formados por la fusión incompleta de la parte distal de los carpelos, donde queda un canal (recubierto con tejido glandular) comunicador con el lóculo; miden 7.6 milímetros (3.5 a 12.3 milímetros) de diámetro por 7.2 milímetros (3 a 13.1 milímetros) de longitud; el estigma queda expuesto, ya que la corola no alcanza a cubrir el ovario; pero está parcialmente protegido por un velo que lo rodea formado por una extensión de la epidermis (6, 14, 17).

E. Características del racimo

Racimo siempre en las axilas de las hojas inferiores con un peso de 6.1 kilogramos (0.7 a 20.4 kilogramos); pedúnculo casi siempre glabro de 32 centímetros (12 a 60 centímetros) de longitud; raquis de 46 centímetros (21 a 71 centímetros) de longitud, con 50 centímetros (18 a 89 centímetros) las raquillas fértiles y 3 centímetros (0 a 15 centímetros) las abortadas (Figura 3).



Fuente: Montenegro Vielman, Tesis FAUSAC, 2005 (15).

Figura 3. Racimo con frutos de pejibaye variedad Palmicta Chixoy.

F. Características de los frutos

Fértiles con el epicarpo generalmente brillantes, anaranjado, amarillo, rojo o naranja encendido con 154 frutos (0 a 764 frutos) por racimo, peso promedio 45 gramos (4 a 186 gramos), diámetro máximo promedio 4.2 centímetros (1.9 a 5.1 centímetros) y longitud 4.5 centímetros (2.1 a 6.9 centímetros); rayas en el epicarpo presentes o ausentes; mesocarpo de color anaranjado (algunos naranja encendido o crema), con alto a medio contenido de fibras, contenidos variables de aceite y de agua; el ápice del fruto puede ser mamiforme, redondeado, puntiagudo o truncado; la base es ondulada, plana, ancha o redondeada; la corola dentada, tridentada o redondeada; frutos partenocárpicos 21 (0 a 326 frutos) por racimo, peso promedio 36 gramos (3.1 a 142 gramos), diámetro máximo promedio 3.6 centímetros (1.8 a 7.1 centímetros) y 4.3 centímetros (2.0 a 6.5 centímetros) de longitud (6, 14, 17).

G. Características de las semillas

Semillas (aquí se considera el endocarpo como uno de los componentes de la semilla que, aunque botánicamente esto es controversial, funcionalmente sí lo es) dispuestas en la parte mediana del fruto pero ocasionalmente, pueden ser encontradas en la zona distal; varían bastante de forma, la cual puede ser obovada, elíptica, redondeada, oblonga o cuneiforme; pueden ser libres, o de mediana a alta adherencia al mesocarpo. Tienen un peso de 3.2 gramos (1 a 8.8 gramos), longitud de 2.2 centímetros (1.2 a 4 centímetros) y diámetro máximo promedio 1.5 centímetros (1 a 2.3 centímetros); los dos poros estériles están nivelados o con alturas diferentes y con 4.8 milímetros (2.1 a 7.7 milímetros) de separación y a una distancia de 1.5 milímetros (0.1 a 5.3 milímetros) del extremo distal; poro fértil a una distancia de 3.9 milímetros (0.8 a 5.3 milímetros) del extremo distal; tejido de fibras aplanadas sobre el endocarpo, semejando un arilo, oscuro distribuido generalmente en la parte dorsoventral, algunas veces sólo en la dorsal o sobre todo el endocarpo; endocarpo con un grosor de 0.8 milímetros (0.2 a 1.2 milímetros); fibras libres en toda la extensión, más concentradas en el ápice, cuerno presente o ausente (Figura 4) (6, 14, 17).



Fuente: Montenegro Vielman, Tesis FAUSAC, 2005 (15).

Figura 4. Semillas de pejibaye (a) mostrando el poro fértil y (b) mostrando los dos poros estériles.

2.2.3 SITUACIÓN DEL PEJIBAYE PARA PALMITO EN GUATEMALA

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, introdujo de Costa Rica durante los años 1989 y 1990, 3 materiales de pejibaye *Bactris gasipaes* Kunth. Estos materiales se han evaluado en la zona de Ixcán, Playa Grande, Quiché y se han adaptado a las condiciones edafoclimáticas de la Franja Transversal del Norte. Este cultivo es una alternativa para que los pequeños y medianos agricultores del país diversifiquen sus sistemas de producción y para que las empresas agrícolas lo aprovechen a gran escala. La tecnificación de la siembra del pejibaye se está iniciando y presenta gran capacidad económica cuando se explota por su fruto, como sustituto del maíz, o por su palmito. Se espera que a corto plazo se transforme en uno de importancia económica que ofrezca una opción más, dentro de los cultivos tropicales permanentes para las zonas bajas y húmedas del país, y que sirva como base para el desarrollo de una agroindustria muy significativa (13).

A. Poblaciones definidas de pejibaye en Guatemala

En la introducción de materiales se pueden identificar 2 poblaciones muy definidas como son (Figura 3):

a. Palmicta Ixcán

Es una palmera cuyos frutos son amarillos, de ésta se puede obtener palmito a partir de los 18 meses de plantada, lo cual equivale a tener un fuste de 15 centímetros o más de diámetro. La cosecha de fruto comienza a partir del cuarto o quinto año. La capacidad de producción es de 500 frutos por planta por año distribuidos en 8 y 10 racimos (13).

b. Palmicta Chixoy

Los frutos de esta palmera son rojos. La producción principia a partir del cuarto o quinto año; se obtienen 450 frutos por planta por año, los cuales se distribuyen en 8 y 10 racimos. Si el interés de la plantación es la producción de palmito, ésta se puede hacer a partir de los 18 meses de establecida la plantación, lo que equivale a tener un fuste formado de 15 centímetros de diámetro mínimo (13).



Variedades de pejibaye presentes en Guatemala: Palmicta Ixcán (amarillo) y Palmicta Chixoy (rojo).

Fuente : De León Cifuentes (2000)(13)

Figura 5. Variedades de pejibaye en Guatemala Palmicta Ixcán (amarillo), Palmicta Chixoy (rojo).

2.2.4 USOS DEL PEJIBAYE

Estudios e investigaciones llevadas a cabo en Costa Rica, demuestran que el pejibaye es una palmera multiuso, de la cual puede aprovecharse su palmito y su fruta.

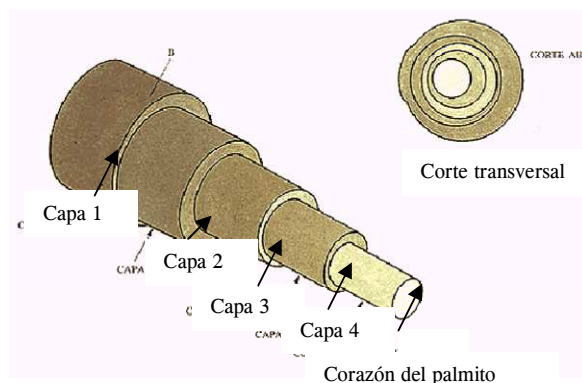
Para preparar productos que no solo son de consumo humano sino también productos de consumo animal o desarrollar actividades de tipo artesanal o industrial. Algunos de estos son los productos siguientes:

- Palmito deshidratado.
- Palmito pos cocción al vacío.
- Conservación de palmito fresco.
- Patee de Palmito.
- Elaboración de sopas instantáneas.
- Ensilaje para ganado.
- Alimento para aves.
- Elaboración de papel con desechos de palmito.
- Para consumo animal (fruta) (29).

El proceso para la producción de palmito envasado consta de 16 pasos que se mencionan a continuación: 1) Cosecha, 2) Transporte, 3) Recepción, 4) Pelado o Descortezado, 5) Extracción del Palmito, 6) Cortado en Trozos, 7) Clasificación de Trozos, 8) Lavado de Trozos, 9) Escaldado, 10) Llenado de Trozos, 11) Pesado, 12) Adición de Solución de Cubierta, 13) Sellado, 14) Tratamiento Térmico, 15) Enfriado y finalmente 16) Almacenamiento (29).

2.2.5 PROCESO DE OBTENCIÓN DE PALMITO DEL PEJIBAYE Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

Una vez que el tallo ha sido cosechado, se extraen las cuatro capas de envoltura que se observan en la Figura 6 para extraer la parte tierna del tallo: el “cogollo” o “corazón de palmito”. Primeramente se le quitan las dos envolturas externas (capa 1 y 2), para dejarlo con las dos envolturas internas (capa 3 y 4). Este proceso se hace para dejar un medio de protección natural hasta que el palmito ingrese a la fase de procesamiento donde recién le son quitadas estas dos capas (29).



Fuente: Viscarra Morales (2002) (29).

Figura 6. Corte transversal del tallo de palmito mostrando las cuatro envolturas y el corazón de palmito

En esta etapa (contando las dos capas internas) el tallo llega a pesar aproximadamente 755 gr. en promedio. La cáscara constituye el 59,6% del total del peso y el 25,4% es parte basal constituida por internudos y hojas abiertas. El restante 15% es el palmito que se aprovecha cuya composición química se presenta en el Cuadro 4 (29).

Cuadro 4. Composición química del palmito de pejibaye *Bactris gasipaes* Kunth sin procesar.

Componente	Palmito de plantas de desarrollo precoz	Palmito de plantas de desarrollo normal
Humedad (%)	91.43	87.85
Sólidos totales (%)	8.15	12.15
Proteínas (%)	3.21	4.74
Fibra (%)	0.57	0.68
Grasa (%)	0.75	0.36
Ceniza (%)	1.04	0.78
Carbohidratos (%)	2.58	6.27
pH (20°C)	5.9	5.8
Acidez (mg.Ac.cítrico)	0.12	0.12

Fuente: Viscarra Morales, Cadena productiva del Palmito (29)

Debido a las características de su composición, el palmito está dentro del grupo de hortalizas comestibles y es similar a la composición del espárrago blanco, a diferencia de

su menor contenido de carbohidratos (alrededor de 3.0% en el palmito y 6.7% en el espárrago) (29).

2.2.6 PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE PALMITO

Entre los países demandantes de palmito nivel mundial se encuentra en primer lugar Francia con un 64% de las importaciones mundiales, luego Estados Unidos con 15.7%, España con 7,1 %: Estos tres países además de Italia absorben el 96 % de las exportaciones mundiales y la tendencia va en aumento y ha superado gradualmente las 20.000 toneladas métricas anuales (11).

Las importaciones de palmito enlatado en los Estados Unidos han experimentado una tendencia creciente desde 1998 hasta el año 2000. En el año 1998, Estados Unidos incrementó sus importaciones en 37% con respecto al año precedente. Así también, en el año 2000 el incremento en las importaciones fue del 7% más que en el año anterior (Cuadro 5) (11).

Cuadro 5. Importaciones de palmito en Estados Unidos para el período 1995-2000.

Año	TM	\$US (en millones)	Precio (\$US/TM)
1995	2,384	6.34	2,659.82
1996	3,119	9.34	2,995.19
1997	2,755	8.42	3,056.26
1998	2,775	8.30	2,990.27
1999	3,789	9.23	2,436.00
2000	4,052	9.10	2,246.79

En términos de valor, el año 1996 se importaron \$US 9,34 millones y en los siguientes dos años esta cifra disminuyó a \$US 8,42 y \$US 8,29 millones. Después de esta tendencia hacia la baja, el año 1999 se importaron \$US 9,23, y el año siguiente algo más de \$US 9,19 millones.

El precio promedio durante el período 1995-2000 es de 2.688 \$US/TM. Los primeros tres años de este período la tendencia del precio fue ascendente hasta lograr 3.056 \$US/TM en el año 1997. A partir del año 1998 desciende hasta llegar a un precio de 2.247 \$US/TM (11).

2.2.7 PRINCIPIOS DE PROPAGACIÓN SEXUAL

La propagación por semillas es uno de los métodos principales de reproducción de las plantas en la naturaleza y uno de los más eficientes que más se usan en la propagación de plantas cultivadas. La siembra de la semilla es el inicio físico de la propagación de plántulas. Sin embargo, la semilla misma es el producto final de un proceso de crecimiento y desarrollo efectuado en la planta progenitora. Este proceso se inicia con la **fusión de gametos masculino y femenino** para formar, dentro del ovario de la flor, una sola célula **el cigoto**. El cigoto tiene la propiedad de **totipotencia**, esto es, tiene toda la información genética necesaria para reproducir la planta adulta e iniciar el ciclo de plántulas en la generación siguiente (12).

A. Fases del ciclo biológico de las plántulas

El ciclo se inicia con la formación en la flor de un **cigoto**. Esa estructura unicelular crece y se desarrolla dentro del óvulo y del ovario para producir un **embrión** encerrado en las semillas y el fruto. Durante ese período el embrión es parásito de la planta madre y pasa por etapas de desarrollo características (12).

Con la **germinación de la semilla**, el **embrión** se desarrolla para formar una **plántula**, iniciando la **fase juvenil**. A medida que la plántula crece mediante el alargamiento en tallos y raíces así como en sección transversal, predomina el crecimiento **vegetativo** (12).

Las plantas juveniles continúan en estado vegetativo durante cierto tiempo y no responden a estímulos inductores de la floración. Finalmente se inicia la **fase transicional**, en la cual la planta pierde sus características juveniles. En la fase siguiente, de **planta adulta o madura**, predomina la reproducción de la semilla. Al cambio del estado juvenil al adulto o maduro se le llama **cambio de fase o maduración** (12).

B. Producción de la flor

La producción de la flor comprende dos etapas morfológicas, distintas y contrastantes: **la vegetativa y la reproductiva**. Cuando una planta, o parte de la planta, está en estado vegetativo, una rama se alarga por las yemas apicales y laterales, produciendo una serie de nudos y entrenudos. Las yemas vegetativas apicales y laterales se desarrollan según patrones característicos de la especie a cultivar. En la **etapa reproductiva**, varios puntos de crecimiento vegetativo se diferencian para volverse reproductivos y se convierten en flores. La iniciación de la floración marca el fin de la etapa vegetativa de un punto de crecimiento específico. La etapa de floración se inicia con la inducción de la flor, la cual consiste en un cambio fisiológico interno en el punto de crecimiento individual, que precede a cualquier cambio morfológico (12).

C. Formación del fruto, la semilla y el embrión

Las partes minúsculas de la flor subsecuentemente se desarrollan para formar flores completas. El ciclo sexual completo comprende el desarrollo de las estructuras **masculinas** (polen) y **femeninas** (saco embrionario) de la flor para las flores de las angiospermas. En esta parte del ciclo se efectúa la **división reduccional de los cromosomas** para producir el número haploide (N) de los mismos (12).

Los **gametos masculino y femenino** (N) están contenidos respectivamente en los **granos de polen y el saco embrionario de ocho núcleos**. Durante la floración, el polen se transfiere de la antera al estigma (**polinización**), en donde germina. Un tubo polínico crece en el estilo hacia abajo hasta que llega al saco embrionario que está dentro del óvulo. En el saco embrionario son descargados dos gametos masculinos, uno que se unirá con el gameto femenino (**fecundación**) para producir el **cigoto** y otro con los dos núcleos polares para producir el **endospermo** (12).

El **cigoto es diploide** (2N) y se divide para convertirse en el embrión; **el endospermo es triploide** (3N) y se desarrolla para formar tejido nutriente para el embrión en desarrollo. Ambas estructuras están encerradas dentro de la **nucela** (en el interior del óvulo), que inicialmente funciona como un tejido nodriza para el embrión y el endospermo

en desarrollo. En algunas especies la nucela se desarrolla para formar un tejido de almacenamiento de alimentos en la semilla (12).

D. Proceso de germinación de la semilla

La semilla está constituida por un embrión, el endospermo que es un reservorio de nutrientes almacenado y cubiertas protectoras. Para que una semilla germine se necesitan las condiciones siguientes: Debe ser viable, embrión vivo y capaz de germinar; no debe estar en letargo y el embrión no debe tener barreras químicas para germinar; las semillas deben estar expuestas a las condiciones ambientales apropiadas: provisión de agua, oxígeno, temperatura adecuada y en ocasiones luz (12).

El proceso de germinación de las semillas involucra tres etapas fundamentales que se describen en los incisos siguientes:

a. Etapa 1 de activación

En la etapa 1 de activación suceden la ***imbibición de agua***, donde el contenido de humedad se incrementa con rapidez y luego se estabiliza; luego la ***síntesis de enzimas***, donde se reactivan las enzimas previamente almacenadas en la semilla y se sintetizan nuevas enzimas; y, finalmente la ***elongación de células*** y posterior emergencia de la plúmula y la radícula (12).

b. Etapa 2 de digestión y translocación

Las grasas, proteínas y carbohidratos contenidos en el endospermo de la semilla y los cotiledones son desdoblados a compuestos simples. Estos compuestos son translocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario (12).

c. Etapa 3 de crecimiento de la plántula

Es la etapa de desarrollo de la plántula que resulta de la división celular en los puntos de crecimiento en forma continua, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. En el inicio del crecimiento del eje embrionario se dan los siguientes procesos: incremento del peso fresco de la plántula, aumento de la tasa de respiración y absorción

de oxígeno, aumento de absorción de agua y disminución del peso total de los tejidos de almacenamiento (12).

E. Dormancia en las semillas

Muchas semillas de especies principalmente forestales y especies no domesticadas, cuando se ponen a germinar, no responden a la prueba de germinación, a pesar que están maduras. Este fallo en la germinación es definido como dormancia. Este fenómeno impide el proceso de germinación afectando económicamente la actividad agrícola ya que se perderán recursos que se han invertido en el semillero. Antes de iniciar un programa de propagación de una especie poco conocida es necesario conocer si presenta el fenómeno de la dormancia (12, 25).

La dormancia puede deberse a las cubiertas de las semillas, al embrión o de las sustancias de reserva, en otros casos existe una combinación de las mismas. La forma de enfrentar la dormancia depende obviamente del tipo que experimente la especie. El rompimiento de la dormancia debida a la cubierta de las semillas puede lograrse por varios métodos a saber: sumergimiento de la semilla en agua fría, agua caliente, haciendo punciones en las cubiertas de las semillas o el tratamiento de las mismas con ácidos, o simplemente rompiendo manualmente las semillas con un instrumento cortante. Otras técnicas son el uso de reguladores del crecimiento (giberelinas, citoquininas, etileno, etc.) y otros estimulantes químicos también se han utilizado con éxito (25).

a. Control del contenido de humedad

Algunas semillas se secan pero quedan encerradas en un fruto carnosos, otras semillas se secan a 30 a 50 por ciento de humedad y pierden su capacidad de germinación como los encinos y algunos cítricos (12).

b. Imposición de la dormancia

Durante la maduración se desarrollan controles internos que impiden la germinación y persisten en la semilla durante un período posterior a la cosecha. La dormancia puede dividirse en cuatro tipos como sigue:

- i. **Dormancia física:** Debido a la testa impermeable que preserva las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún a temperaturas elevadas, como por ejemplo algunas leguminosas (12).
- ii. **Dormancia mecánica:** Las semillas poseen cubiertas demasiado duras que no permiten que el embrión se expanda durante la germinación, como por ejemplo semillas de durazno, frutas de hueso (12).
- iii. **Dormancia química:** Semillas que poseen sustancias inhibidoras de la germinación que se producen y se acumulan en el fruto en las cubiertas de la semilla tales como el ácido abscísico, fenoles y cumarinas (12).
- iv. **Dormancia morfológica:** En este caso se diferencian dos tipos: **embriones rudimentarios** como el caso de la Magnolia que posee un proembrión embebido en el endospermo y **embriones no desarrollados** como en el caso de la zanahoria que posee embriones en forma de torpedo (12).

2.2.8 PRUEBA DE GERMINACIÓN

De nada sirve una semilla de buena apariencia física, si ésta al sembrarla no germina. La prueba de germinación está diseñada para darnos una idea cercana de la proporción de semillas en una muestra que es capaz de germinar en el campo. Según Vásquez F. (25), la *germinación* se entiende como *el proceso de reactivación metabólica de la semilla y la emergencia de la radícula y la plúmula*.

2.2.9 ESTADO DE DORMANCIA EN LAS SEMILLAS DE PEJIBAYE

La semilla de pejibaye, al igual que la de muchas otras palmas, ha mostrado un período de dormancia variable inmediatamente después de la cosecha. Un problema ligado a este fenómeno es que las semillas pierden la dormancia en forma irregular, dependiendo de su propia actividad metabólica, lo cual dificulta la obtención de una germinación rápida y uniforme (2, 16, 26).

Las semillas de pejibaye se caracterizan por la necesidad de retener un contenido de humedad relativamente alto para mantener su viabilidad. Aún almacenadas en condiciones de alta humedad su longevidad es corta y sólo ocasionalmente supera unas pocas semanas (6). A pesar de que esta característica es un problema serio al impedir el mantenimiento de una colección de semillas para preservar la variabilidad genética y el manejo de semillas en gran escala en programas de mejoramiento y la comercialización de estos cultivos, la investigación en semillas de esta especie es relativamente reducida (9).

Cuando una semilla viable se coloca bajo condiciones adecuadas de luz, humedad y temperatura para que ocurra la germinación, y ésta no ocurre, se dice que esta semilla está en estado de dormancia, la cual es provocada por una condición propia de la semilla que actúa como barrera a la germinación. Esta barrera puede ser eliminada exponiendo la semilla a alguna condición, que aunque no promueva directamente la germinación, permita la respuesta de los factores que la estimulan (5).

Esta dormancia se puede deber a diversas causas, algunas de las cuales son: *embriones inmaduros, resistencia mecánica de la cubierta, impermeabilidad a gases o al agua, presencia de inhibidores químicos y la combinación de varios de estos factores* (5).

2.2.10 RUPTURA DE LA DORMANCIA EN LAS SEMILLAS

Los métodos utilizados en la ruptura de la dormancia se pueden clasificar en **físicos** y **químicos**. Entre los *físicos* uno de los más utilizados es el uso de alta o baja temperatura y en algunos casos combinaciones de ambas (5).

Los regímenes de temperatura regulan la sincronización de los procesos en semillas por su efecto en las tasas de reacción y cambios físicos de los componentes celulares.

Reguladores del crecimiento como las giberelinas (AG_3), las citoquininas (kinetina y benciladenina) y el etileno a menudo afectan la dormancia. La acción de las giberelinas

en semillas es probablemente antagónica a la del ácido abscísico (ABA), dado que éste inhibe la síntesis del ARN y proteínas que promueve el ácido giberélico (AG_3).

Las citoquininas son menos efectivas que las giberelinas y a menudo inducen germinación anormal; su actividad se observa en combinación con otros agentes promotores como giberelinas, luz o etileno y de esta forma pueden contrarrestar el efecto de los inhibidores. Por esta razón se les atribuye un papel permisivo en relación la dormancia (5).

Se ha comprobado que el etileno es producido al momento de la germinación, por lo que ha sido utilizado para promover la germinación solo o a través de una compleja interacción con otros factores como luz, giberelinas, bióxido de carbono, ácido abscísico y citoquininas (5).

A. Mecanismo de acción de las giberelinas en la ruptura de la dormancia

Aún no ha sido identificado un receptor para las giberelinas. El estímulo de la expansión celular observado cuando el AG_3 es aplicado a hipocotilos, no es acompañado por acidificación de la pared celular, indicando un mecanismo de acción diferente al de las auxinas (30).

El efecto clásico de las giberelinas es la **inducción de síntesis de la enzima α -amilasa** en semillas de cereales en germinación desde la síntesis de mRNA, actuando la giberelina a nivel de transcripción de genes específicos para la α -amilasa. La inhibición de la síntesis de proteína antes de aplicar la giberelina causa también la inhibición del efecto de la hormona sobre la α -amilasa. Esta evidencia sugiere que alguna proteína es sintetizada después de la aplicación de la giberelina, y que esta proteína a su vez, induce la transcripción de dos familias de genes de α -amilasa y de otros genes afectados simultáneamente. En realidad un gran número de enzimas aumenta su actividad después del tratamiento de semillas con giberelinas (30).

Las giberelinas comprenden la clase de sustancias implicadas de manera más directa en el control y el estímulo de la germinación de las semillas. Aunque existen muchas variaciones moleculares de la giberelina, la de más amplio uso experimental y comercial es el ácido giberélico (AG_3). Al parecer las giberelinas desempeñan un papel en dos etapas diferentes de la germinación. En la **etapa 1 de activación**, se ha sugerido que las giberelinas actúan en la etapa inicial de producción de enzimas al ser transcritas de los cromosomas. Una etapa posterior es la activación de enzimas que intervienen en la movilización del sistema de alimentos. Por ejemplo cuando la semilla de cebada embebe agua, la giberelina aparece en el embrión y es translocada a la aleurona (una capa de tres a cuatro células de espesor que rodea al endospermo), en donde causa una nueva producción de α -amilasa. Esta enzima se mueve al endospermo, en donde convierte el almidón en azúcar, el cual a su vez es translocado a los puntos de crecimiento del embrión para producir energía para el crecimiento (30).

2.2.11 GIBERELINAS (ÁCIDO GIBERÉLICO AG_3)

Las giberelinas fueron descubiertas a partir de estudios de una enfermedad de la planta de arroz causada por el hongo *Gibberella fujikuroi*, cuyos síntomas incluyen el acame de la plántula por el crecimiento excesivo. El compuesto responsable del crecimiento excesivo fue aislado y después identificado como una hormona producida también por las plantas (30).

Poco después de los trabajos realizados por los japoneses, norteamericanos y británicos, se descubrió que había giberelinas en las plantas superiores y que eran uno de los tipos importantes de hormonas reguladoras del crecimiento de los vegetales. Por lo común las semillas inmaduras representan la mejor fuente de giberelinas naturales (30).

En la actualidad existen cuando menos treinta y siete giberelinas conocidas y la lista crece año con año. Algunas giberelinas se encuentran solo en el hongo *Gibberella fujikuroi*, otras están presentes solo en plantas superiores y otras se encuentran en ambas. Por lo menos 16 giberelinas se han aislado del hongo (Giberelina 1, 4, 7, 9, 16, 24, 25 y 36) y veintisiete de plantas superiores. Entre las plantas o partes de plantas que

se han encontrado giberelinas están la vid (Giberelina 3, 4 y 7), los brotes de bambú (Giberelina 18, 19, y 20), los chupones de los cítricos, semillas de avellano (Giberelina 1 y 3) (30).

A. Naturaleza química

Las giberelinas se han definido como compuestos que contienen un esqueleto gibane y propiedades biológicas apropiadas. No obstante, una nueva ponencia sugiere que todas las giberelinas contengan el esqueleto enantiómero de giberelano (ent-giberelano). Dicho esqueleto tiene la ventaja de utilizar un sistema de numeración que corresponde al de otros diterpenos cíclicos, categoría a la que pertenecen las giberelinas.

Las principales diferencias entre las giberelinas conocidas son que:

- i. Algunas tienen 19 átomos de carbono y otras 20.
- ii. Hay grupos de hidroxilos que pueden encontrarse presentes o ausentes en las posiciones 3 y 13 (del sistema de numeración de ent-giberelano).

Todas las giberelinas de 19 átomos de carbono son ácidos monocarboxílicos, tienen el grupo COOH en la posición 7 y un anillo de lactona. Las estructuras de muchas giberelinas son casi idénticas, por ejemplo, la giberelina 1 es igual a la 3, con la salvedad de que en la 1 no aparece el doble enlace entre los átomos de carbono 1 y 2 (sistema de numeración de ent-giberelano). Es muy improbable que en un futuro próximo se sinteticen comercialmente las giberelinas, ya que, por ejemplo, la giberelina 3, tiene 8 átomos asimétricos de carbono, lo cual significa que hay 256 isómeros posibles. Quizá los botánicos tendrán que seguir dependiendo del hongo todavía durante largo tiempo, para obtener giberelinas (30).

B. Lugar de síntesis de las giberelinas

La vía de biosíntesis de las giberelinas se inicia en la síntesis de los terpenos con la reacción específica de ciclización de geranil-geranil-pirofosfato, un diterpeno con 20 carbonos. Los órganos que poseen mayores concentraciones de giberelinas son

probablemente los lugares de biosíntesis. Estos incluyen semillas en germinación, endospermo, frutos inmaduros y ápices de brotes y raíces. A nivel intracelular, los plastidios son sitios de biosíntesis (30).

C. Transporte

Las giberelinas son encontradas en concentraciones relativamente altas en la sabia bruta, indicando transporte eficiente de los sitios de biosíntesis en las raíces hasta la parte aérea vía xilema. Las giberelinas también son encontradas en el floema, donde ocurre el transporte de las hojas hacia otras partes de la planta (30).

2.2.12 FUNCIONES DE LOS SUSTRATOS

Hay cuatro funciones con las que debe cumplir un medio para mantener un buen crecimiento de las plantas.

- Proporcionar un anclaje y soporte para la planta.
- Retener humedad de modo que esté disponible para la planta.
- Permitir el intercambio de gases entre las raíces y la atmósfera.
- Servir como depósito para los nutrientes de la planta.

La función garantizada por el medio, después de hecha la mezcla, es el soporte; las demás debes ser controladas por el productor.

Para alcanzar sus funciones el sustrato utilizado debe ser:

- De peso liviano
- De buena porosidad
- Bien drenado pero con buena capacidad de retención de humedad
- Ligeramente ácido y con buena capacidad de intercambio de cationes.
- Capaz de mantener un volumen constante tanto cuando está húmedo o seco.
- Fácil de almacenar por períodos largos sin cambios en sus propiedades físicas y químicas.
- De fácil manejo y mezcla (1).

Algunos materiales individuales pueden ofrecer las cuatro funciones pero no en el grado requerido. Por lo que se deben realizar ajustes que compensen estos requerimientos, lo cual se logra mediante mezclas (1).

A. Soporte de las plantas

Conforme las raíces crecen entre las partículas del sustrato, anclan la planta y producen una base firme para el soporte del tallo en posición erguida. La necesidad de soporte de la planta, y el papel importante del sustrato, puede no ser reconocido como un problema hasta que se intenta cultivar plantas en solución nutritiva (1).

B. Humedad

El medio de cultivo sirve como almacén de grandes cantidades del agua requerida por las plantas. El agua es la portadora de elementos esenciales. Sus funciones son las de solvente en las reacciones bioquímicas dentro de las células, de acarreo de elementos minerales absorbidos por las raíces a todas partes de la planta y de carbohidratos fabricados en las hojas, y además mantiene en estado turgente las células y tejidos (1).

El agua es retenida en la superficie de las partículas y en los poros finos dentro de los agregados del sustrato. Un sustrato para debe tener suficiente humedad para llenar las necesidades de la planta entre un riego y otro. Pero el drenaje de los poros más grandes debe ser suficientemente rápido para permitir el reingreso de oxígeno al sustrato, en un lapso corto después del riego. El desarrollo de las plantas es restringido, probablemente con más frecuencia, por una deficiencia de agua que por cualquier otro factor ambiental (1).

C. Porosidad y drenaje

Conforme las raíces respiran, el oxígeno es removido de la atmósfera del sustrato y es liberado bióxido de carbono. Estos gases difunden hacia fuera y adentro del sustrato a través de los poros (1).

La porosidad total es una medida de la capacidad del sustrato de retener aire y agua, pero el tamaño de los poros determina la tasa de drenaje e intercambio de gases. Los poros pequeños limitan la aireación porque permanecen llenos de agua después de un riego. Después del riego el agua drena rápidamente, de los poros grandes, por influencia de la gravedad, lo que permite la entrada de aire al sustrato.

Las características de porosidad y drenaje no son fijas sino que cambian con el tiempo, con el crecimiento de las raíces, la descomposición de la materia orgánica, la compactación, el contenido de humedad, y la técnica de llenado (1).

2.2.13 FORMULACIONES DE SUSTRATOS

En la selección de componentes y sus proporciones, para la formulación de sustratos, se deben tomar en cuenta las características que definen las cuatro funciones básicas de un medio para cultivo en recipientes: anclaje, retención de humedad, porosidad e intercambio de nutrientes para la planta. Es por ello que solo interesa saber las características que posee el medio y no cuáles son los materiales que lo componen, como erróneamente se acostumbra (1).

A. SUSTRATOS CON TIERRA

La tierra provee una capacidad de intercambio catiónico y retención de agua razonables. Cuando un tercio del suelo es sustituido por arena, esas propiedades se reducen. Hay algunos inconvenientes como que a veces el contenido de materia orgánica es adecuado pero el contenido de arcilla es alto, por lo cual el drenaje es pobre y se presentan rajaduras cuando se seca. Cuando se tiene esta condición es necesario entonces aplicar más arena al sustrato o perlita (1).

B. ARENA

El tamaño de la partícula de arena es un factor crítico en la selección de este componente. Las arenas finas contribuyen muy poco en mejorar las condiciones del sustrato, y su uso puede resultar en una reducción del drenaje y la aireación. Algunas arenas pueden contener limo y arcilla por lo que se deben lavar completamente para

remover estas partículas muy finas. Es preferible una arena limpia con tamaños de partícula de 0.5 a 2 mm de diámetro. El porcentaje de partículas medias (0.25 a 0.50 mm) y finas (0.05 a 0.25) deben formar una proporción relativamente pequeña de la arena usada en un medio de cultivo. De otro modo, la adición de arena puede producir un cemento, junto con las partículas del suelo, y provocar una mayor compactación mayor que la deseada (1).

La arena es el agregado grueso más económico pero a la vez el más pesado. El peso adicional aumenta los costos de manejo y embarque de plantas cultivadas en un medio que la contiene. Es baja en nutrientes y en capacidad de retención de humedad, y es química y biológicamente inerte. Un medio que contiene arena debe ser pasteurizado porque la arena puede ser contaminada con patógenos del suelo en el proceso de lavado. La arena es un medio viejo favorito para el enraizamiento de esquejes. También es utilizado para ofrecer drenaje y aireación en mezclas. Deberá tamizarse para dejarla libre de partículas mayores a 2 mm. Una arena tamizada para cultivo deberá drenar con facilidad y no empozarse después de un riego abundante (1).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 INVESTIGACIONES AFINES

Villalobos R. y Herrera J. 1992 (28) en Costa Rica para la germinación de semillas de pejibaye evaluaron el efecto de cuatro temperaturas, temperatura ambiente (20 °C), 30 °C, 40 °C y 50 °C y dos tipos de bolsa de polietileno (0.04 y 0.17 mm de grosor), las cuales se usaron como “sustratos” para germinación; la primera se usó en forma doble, la segunda es usada rutinariamente para el calentamiento previo a la germinación de la semilla de palma de aceite. Las semillas se mantuvieron por dos días en agua para suavizar los restos de mesocarpo adherido a ellas; luego, se lavaron con agua y fricción y finalmente se trataron con los funguicidas benomyl (1 g/L) y Vitavax (carboxin más orthocide) a razón de 2g/L, por espacio de 20 minutos, por último, se dejaron secar a la sombra por dos días. Como resultado encontraron que en ninguno de los tratamientos en los que se sometió a las semillas a temperaturas de 40 °C y 50°C, por diferentes períodos de tiempo, en forma alterna o constante, permitió la germinación de éstas, todas las semillas perdieron la viabilidad con esa temperatura. La semilla que se mantuvo a 30 °C en forma constante inició la germinación más rápidamente (8.8 % de germinación a los 30 días) que la mantenida a temperatura ambiente (0 % de germinación a los 30 días); sin embargo, a los 60 días había sido superada por el tratamiento a temperatura ambiente (42.5 % para temperatura ambiente y 29.3 % a 30 °C); finalmente concluyen que a temperaturas entre 20 y 30 °C la semilla se encuentra capacitada para germinar hasta valores considerados como satisfactorios empleando cualquiera de los dos tipos de bolsa y que temperaturas de 40 °C en adelante ocasiona la muerte de la semilla.

En 1992, Villalobos R., Herrera, J. y Guevara, E. en Costa Rica (27), sometieron semillas de pejibaye a tratamientos de inmersión por una hora de AG₃ en concentraciones de 0, 75, 150 y 225 ppm y 6-bencil amino purina (BAP) en concentraciones de 0, 0.1m 0.6 y 1.1 % a temperatura ambiente (\pm 20°C), las cuales se pusieron a germinar en bandejas de arena. A las semillas se les separó la pulpa (exocarpo y endocarpo) manualmente, dos días después fueron lavadas con agua y fricción para eliminar los restos de mesocarpo, cinco días después se inició el tratamiento. Resultado de la investigación se tiene que todos los tratamientos con BAP ofrecieron porcentajes de germinación menores al 2 por

ciento, el tratamiento sin aplicación de AG₃ ofreció un 8 % de germinación a los dos 90 días y el mejor tratamiento fue el de 75 ppm de AG₃ ofreciendo un porcentaje de germinación de 30 % a los 90 días.

De estas dos investigaciones es importante notar que cuando se emplearon reguladores del crecimiento (AG₃) en sustrato de arena a temperatura ambiente el porcentaje de germinación fue menor (30 % a los 90 días) que cuando se utilizó bolsas de polietileno a temperatura ambiente (42.5 % a los 60 días); sin embargo, hay que considerar que en el primer experimento se protegió la semilla contra enfermedades fungosas.

En la finca Bulbuxyá ubicada en el departamento Suchitepéquez entre noviembre de 2003 y febrero de 2004, se pusieron a germinar 3,500 semillas de pejibaye, según las recomendaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, en sacos plásticos obteniendo únicamente 41 plántulas, lo que equivale a un 1.17 por ciento de germinación; en las fincas Chipó y Variedades ubicadas en el municipio de Santa Bárbara Suchitepéquez utilizando éste mismo método de germinación han obtenido en los últimos tres años porcentajes de germinación que oscilan entre el 3 y el 10 por ciento (10).

La primera investigación científica realizada en Guatemala la realizó Montenegro Vielman (15), en finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla durante los meses de noviembre de 2004 a febrero de 2005. Basado en los experimentos realizados en Costa Rica utilizó el ácido giberélico en dosis de 0, 150, 300 y 500 partes por millón en solución a 40 °C en las cuales sumergió las semillas, obteniendo de que en ninguno de éstos cuatro tratamientos germinó semillas alguna (empleó 35 semillas por unidad experimental); también evaluó dosis de 0, 150 y 300 partes por millón de ácido giberélico en solución con agua a temperatura ambiente, y obtuvo respuesta de 0.715%, 10.71% y 35.71% de germinación respectivamente; finalmente recomienda evaluar dosis más altas de ácido giberélico siempre que las soluciones donde se sumerjan las semillas se encuentren a temperatura ambiente (+- 20 °C).

Como se observa los resultados de Montenegro (15) en Guatemala en el año 2005, difieren a los obtenidos por Villalobos R., Herrera, J. y Guevara, E. en Costa Rica en 1992 (27), lo cual según indica Montenegro puede deberse a las variedades de pejibaye utilizadas.

2.3.2 EXPERIENCIAS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIÓN DE PEJIBAYE EN FINCA SABANA GRANDE

En finca Sabana Grande se ha planificado por parte de la coordinación de fincas en conjunto con algunos docentes de la FAUSAC (Ing. Agr. Fredy Ola, Estrada Muy, Marco Vinicio Fernández, Henry España), ampliar la diversidad de cultivos, con el objeto de reducir el área cultivada con caña de azúcar que es la visión actual de decanatura, pues actualmente se tiene únicamente los cultivos de caña de azúcar y café. A través del programa de módulos agroforestales que dirige el Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy se ha planteado introducir sistemas agroforestales mixtos, que incluya especies como el pejibaye, frutales y plantas ornamentales.

De las plantas que se produjeron durante el experimento realizado por Montenegro Vielman (15) a principios del 2005, se estableció una pequeña plantación a fin de conocer su desarrollo y generar investigación (Figura 7).



Figura 7. Plantación de pejobaye, establecida en finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.

2.3.3 PROCEDENCIA DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

Las semillas de pejobaye empleadas en la presente investigación corresponden a la variedad Palmicta Chixoy. La plantación de pejobaye de donde se obtuvieron los racimos para obtener la semilla se localiza en la finca Chipó, del municipio de Santa Bárbara, Suchitepéquez

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

- A. Evaluar dos tipos de sustratos y dos métodos de ruptura de la dormancia (escarificación fisiológica y física) sobre la germinación de semillas de pejibaye *Bactris gasipaes* Kunth y peso radicular en Finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.

2.4.2 Específicos

- A. Identificar cual es el sustrato en el que se obtiene mayor porcentaje de germinación y peso radicular del pejibaye.
- B. Establecer cual es el método de escarificación que ofrece el mayor porcentaje de germinación y peso radicular del pejibaye.
- C. Cuantificar el costo de propagación en cada uno de los tratamientos a fin de identificar el de menor costo.

2.5 HIPÓTESIS

- 2.5.1 Los dos sustratos para germinar las semillas de pejibaye ofrecen estadísticamente el mismo porcentaje de germinación.
- 2.5.2 Los dos métodos de ruptura de la dormancia de las semillas de pejibaye, ofrecen estadísticamente el mismo porcentaje de germinación.
- 2.5.3 Todos los tratamientos tienen el mismo costo de producción unitario.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Tomando como referencia los resultados de la investigación realizada por Montenegro (15) que realizó en finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla durante noviembre de 2004 a febrero de 2005, se probó para la ruptura de la dormancia como escarificación fisiológica la dosis de 300 y 900 ppm de ácido giberélico y como escarificación física el raspado de la testa de la semilla de pejibaye con lija No. 60. Este tipo de tratamiento a la semilla se evaluó en cajas de madera con dos tipos de sustrato, sustrato con 50 % de arena de río y 50 % de tierra del lugar y sustrato con 50 % de arena blanca y 50 % de tierra del lugar (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tratamientos evaluados

TRAT	DESCRIPCIÓN
1	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm
2	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm
3	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)
4	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm
5	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm
6	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)

2.6.2 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental la constituyó una caja de madera de 30 centímetros de largo por 24 centímetros de ancho y 10 centímetros de altura, la cual se llenó según el sustrato que correspondía, colocando dentro de la misma 50 semillas de pejibaye en cinco surcos de 10 semillas cada surco y separados a cuatro centímetros entre surcos (Figura 8).

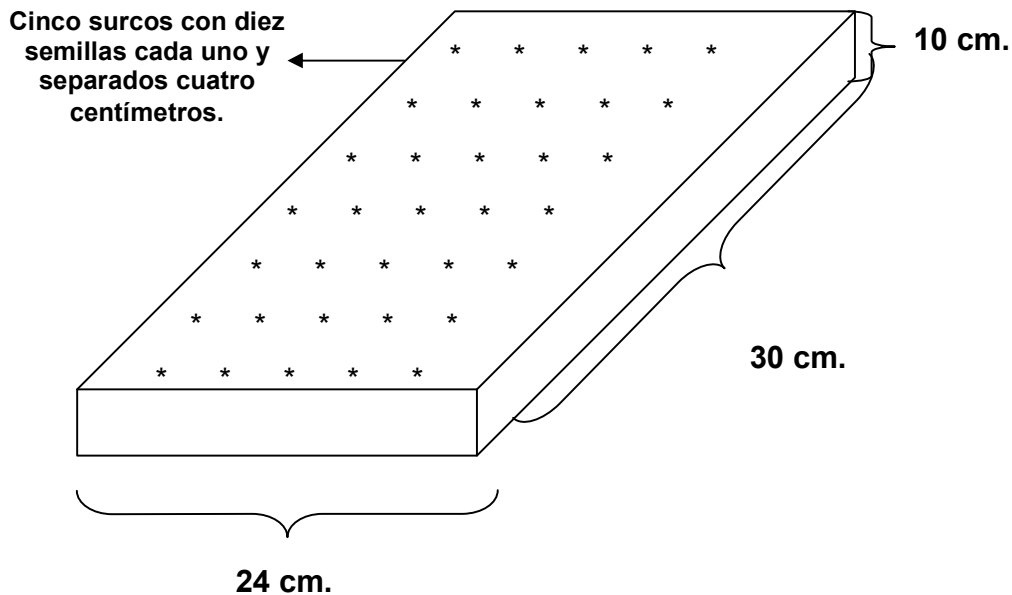


Figura 8. Detalle de la unidad experimental

2.6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó es el de una distribución completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones lo cual hace un total de 24 unidades experimentales.

A continuación se presenta el modelo estadístico que valida la distribución planteada y la distribución de las unidades experimentales.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental
- μ = efecto de la media general de la población
- T_i = efecto de la i -ésimo tratamiento para la ruptura de la dormancia.
- ϵ_{ij} = error asociado a la ij -ésima unidad experimental (21).

2.6.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos se colocaron bajo el umbráculo (45 % sombra) de la finca de Sabana Grande sobre unas tablas sostenidas por blocks que se cubrió con polietileno para

crear un microclima controlado y evitar cambios bruscos de temperatura por acción del viento y quedaron distribuidos como se muestra en la Figura 9.

T1R1	T6R3	T3R2	T2R4	T5R4	T4R4
T5R2	T4R1	T1R2	T5R1	T2R1	T6R4
T3R4	T2R2	T6R1	T1R4	T4R2	T2R3
T3R1	T6R2	T1R3	T5R3	T3R3	T4R3

Figura 9. Distribución de los tratamientos.

2.6.5 VARIABLES DE RESPUESTA

A. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El cual se tomó a los 90 días después de la siembra de las semillas de pejibaye. Para lo cual se contó el número de semillas germinadas y se multiplicó por 100, luego se dividió entre 50 para obtener el resultado en porcentaje.

B. PESO FRESCO DE LA RAÍZ

De las cajas se fue removiendo el sustrato, previamente humedecido, con la mano se sostuvo del cuello la planta y con movimientos suaves se fue separando del sustrato, posteriormente para eliminar los restos de sustrato de las raíces se lavaron con agua limpia, se retiró el exceso de agua con una toalla de papel, luego en una balanza analítica se tomó el peso fresco según corresponda a cada unidad experimental y se obtuvo el promedio de cinco plantas por tratamiento en el caso de que germinaron al menos cinco plantas. En las unidades experimentales donde solo germinó una planta este fue el peso que se consideró.

2.6.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO

A. OBTENCIÓN DE LA SEMILLA

Se cosecharon los frutos de pejibaye en racimo, luego se separaron los frutos individuales y manualmente se separó el exocarpo y el endocarpo. Un día después se lavaron las semillas con abundante agua para eliminar los restos de mesocarpo y dejar la testa libre de tejido; se dejó secar a la sombra por dos días colocando las semillas sobre papel mayordomo; cuando el papel mayordomo se humedecía fue sustituido por uno nuevo y seco.

B. TRATAMIENTO DE LA SEMILLA CON ÁCIDO GIBERÉLICO

Se prepararán 2 soluciones de ácido giberélico a 300 y 900 partes por millón para sumergir las semillas por una hora en solución a temperatura ambiente (+- 20 °C). El producto comercial que se utilizó para proveer el ácido giberélico contiene ésta a una concentración del diez por ciento.

La estequiometría para calcular los gramos de producto comercial (PC) necesarios por litro de solución para obtener la concentración requerida se ejemplifica con la dosis de 300 partes por millón y en el Cuadro 1 se presenta el resto de las dosis.

$$\frac{300 \text{ mg } AG_3}{L \text{ agua}} \times \frac{100 \text{ gr } PC}{10 \text{ gr } AG_3} \times \frac{1 \text{ gr } AG_3}{1,000 \text{ mg } AG_3} = \frac{3 \text{ gr } PC}{Litro \text{ de agua}}$$

Luego para 900 ppm de concentración se emplearon por cada litro de agua 6 gramos de producto comercial.

Las 400 semillas de los tratamientos 1 y 4 y las 400 semillas de los tratamientos 2 y 5, se sumergieron en dos litros de solución cada 200 semillas por un término de una hora, luego se colocaron en las cajas de madera y se revisó cada tres días para controlar la humedad del sustrato, cuando fue necesario se le aplicó riego.

C. TRATAMIENTO DE LA SEMILLA CON ESCARIFICACIÓN FÍSICA

Para esto, la semilla, una vez extraída del fruto y seca, se procedió a raspar la testa con una lija número 60 a fin de dejar una fina película de testa y eliminar todo el material

duro del exterior, luego se procedió a colocar las semillas en los sustratos según correspondió.

D. DESINFECCIÓN DE LOS SUSTRATOS

La arena de río y la arena blanca se introdujo en costales plásticos y se le aplicó agua con una manguera a fin de eliminar residuos. Luego se cernió la tierra del lugar y se hicieron dos mezclas de sustratos una con 50 % de arena de río y 50 % de tierra del lugar y la segunda mezcla con 50 % de arena blanca y 50 % de tierra del lugar. Las dos mezclas se dispusieron sobre costales plásticos y se revolvieron, luego a cada una de las dos mezclas de sustrato se le regó con Benomil (Benlate) a razón de 4 gramos por litro, humedeciendo por completo todo el sustrato. Posteriormente se dispuso cada uno de las dos mezclas en las unidades experimentales según correspondió.

2.6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el porcentaje de germinación se realizó el análisis de varianza para una distribución completamente al azar, luego como se presentaron diferencias significativas al cinco por ciento de significancia se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey para establecer cuál es el mejor tratamiento; se realizó una prueba de contrastes ortogonales para contrastar diferencias entre los tipos de sustratos, y también en las dosis de ácido giberélico. Igual procedimiento se empleó para la variable de respuesta peso fresco de raíces.

2.7 RESULTADOS

2.7.1 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

En el Cuadro 7 se presenta el número de plantas germinadas por unidad experimental, el porcentaje de germinación y el peso promedio radicular por planta por unidad experimental.

Cuadro 7. Datos de campo obtenidos en el ensayo de germinación de semillas de pejibaye

NUMERO DE SEMILLAS GERMINADAS POR UNIDAD EXPERIMENTAL (50 SEMILLAS)						
Trat	DESCRIPCIÓN	I	II	III	IV	Media
1	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	12	17	8	14	12.75
2	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	28	36	34	29	31.75
3	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	1	4	3	2	2.5
4	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	10	14	19	15	14.5
5	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	31	30	38	30	32.25
6	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	5	1	3	1	2.5
PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE PEJIBAYE						
Trat	DESCRIPCIÓN	I	II	III	IV	Media
1	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	24	34	16	28	25.5
2	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	56	72	68	58	63.5
3	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	2	8	6	4	5
4	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	20	28	38	30	29
5	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	62	60	76	60	64.5
6	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	10	2	6	2	5
PESO PROMEDIO FRESCO RADICULAR (mg) POR PLANTULA DE PEJIBAYE						
Trat	DESCRIPCIÓN	I	II	III	IV	Media
1	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	78.1	85.4	96.5	84.7	86.2
2	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	73.8	91.5	85.1	88.2	84.7
3	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	101.5	85.4	70.3	75.1	83.1
4	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	153.4	135.4	163.1	150.0	150.5
5	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	142.6	171.6	151.2	157.5	155.7
6	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	153.1	167.0	165.4	145.0	157.6

2.7.2 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El resumen del análisis de varianza para el porcentaje de germinación indica que para la variable de respuesta porcentaje de germinación de semillas de pejibaye, con una confianza superior al 99.99 por ciento, los tratamientos evaluados son estadísticamente diferentes.

De acuerdo a la prueba de Tukey (Cuadro 8) se formaron tres grupos estadísticamente diferentes al cinco por ciento de significancia, en el primer grupo se encuentran las semillas que se pusieron a germinar ya sea en el sustrato de 50 % de

arena de río \pm 50 % de arena blanca o en el sustrato de 50 % de arena blanca \pm 50 % de tierra del lugar, pero que se sumergieron por una hora en solución de ácido giberélico a 900 partes por millón. El segundo grupo estadístico comprende también cualquiera de los dos sustratos pero con semillas que se trataron con inmersión de 300 partes por millón de ácido giberélico y finalmente el último grupo con el más bajo porcentaje de germinación del cinco por ciento corresponde a las semillas que se sometieron a escarificación física mediante lija.

La escarificación física empleada (raspado de la testa de la semilla con lija No. 60), no fue efectiva puesto que según indica Montenegro (15) este bajo porcentaje puede corresponder a la germinación natural de la semilla de pejibaye sin ningún tratamiento especial.

La prueba de contrastes ortogonales respecto al tipo de sustrato (apéndice 1), indica que entre el sustrato en que se empleó 50 % arena de río más 50 % de tierra del lugar y el sustrato en que se empleó 50 % de arena blanca más 50 % de tierra del lugar, las semillas germinan igualmente, es decir que el tipo de sustrato no tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación ($F = 0.32$; $Pr > F = 0.57$).

La prueba de contrastes ortogonales respecto a la dosis de ácido giberélico (anexo 1), indica que entre emplear 300 y 900 ppm si influye en el porcentaje de germinación, obteniéndose los máximos porcentajes de germinación a 900 ppm ($F = 128.46$; $Pr > F = 0.0001$).

Finalmente es conveniente indicar que según Montenegro (15) en finca Sabana Grande, al emplear 300 ppm de ácido giberélico se obtendría un 35 por ciento de germinación; sin embargo, en esta investigación se obtuvo un porcentaje ligeramente inferior (entre 25 y 29 por ciento).

Cuadro 8. Resumen de la prueba de medias de Tukey para la variable de respuesta porcentaje de germinación de semillas de pejibaye.

TRAT	DESCRIPCIÓN	Porcentaje germinación	Grupo Tukey (95 % confianza)
5	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	64.50	a
2	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	63.50	a
4	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	29.00	b
1	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	25.50	b
3	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	5.00	c
6	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	5.00	c

2.7.3 PESO RADICULAR

El resumen del análisis de varianza del peso fresco radicular de las plántulas de pejibaye se presenta en el anexo 2. Dicho análisis indica que los tratamientos empleados ejercen un efecto diferente sobre el peso fresco radicular de las plántulas de pejibaye, puesto que con una F calculada de 50.7 se tiene una probabilidad de los tratamientos sean diferentes del 99.99 %.

Para el peso fresco radicular se formaron dos grupos estadísticamente diferentes con una confianza del 95 por ciento. El primer grupo incluye los tratamientos 6, 5 y 4, con el mayor peso fresco radicular, este grupo tiene el denominador común de que el sustrato es de 50 % de arena blanca más 50 % de tierra del lugar, ya que empleando este sustrato no importa si se escarifica con lija o con ácido giberélico a 300 ó 900 ppm, siempre se tienen raíces con mayor peso fresco (Cuadro 9). El otro grupo tiene la característica común de que puede emplearse cualquier tipo de escarificación (física o fisiológica), siempre y cuando el sustrato sea de 50 % de arena de río más 50 % de tierra del lugar. Para corroborar la diferencia estadística entre los grupos en el anexo 1 se presenta la prueba de contrastes ortogonales que indica que en los sustratos se obtienen pesos de raíces distintos ($F = 0.32$; $Pr > F = 0.0001$).

Es probable que se haya tenido mayor peso radicular con cualquier tipo de escarificación empleada, al usar el sustrato de 50 % de arena blanca más 50 % de tierra del lugar, debido a una mejor retención de la humedad en el sustrato, pues antes de cada riego, se apreciaba que la parte superior de la caja (unidad experimental) aún estaba

húmedo, en tanto que la parte superior de las cajas con sustrato de arena de río más tierra del lugar, se encontraba desecada

Cuadro 9. Resumen de la prueba de medias de Tukey para la variable de respuesta peso fresco radicular de plántulas de pejibaye.

TRAT	DESCRIPCIÓN	Peso radicular	Grupo Tukey (95 % confianza)
6	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	157.62	a
5	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	155.72	a
4	En 50 % arena blanca y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	150.47	a
1	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 300 ppm	86.17	b
2	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con ácido giberélico a 900 ppm	84.65	b
3	En 50 % arena río y 50 % tierra cernida con escarificación lija (60)	83.07	b

2.7.4 PLÁNTULAS DE PEJIBAYE

En las Figuras siguientes se presentan vistas de las plántulas de pejibaye.



Figura 10. Plántulas de pejibaye en unidades experimentales.



Figura 11. Plántulas de pejibaye en unidades experimentales.

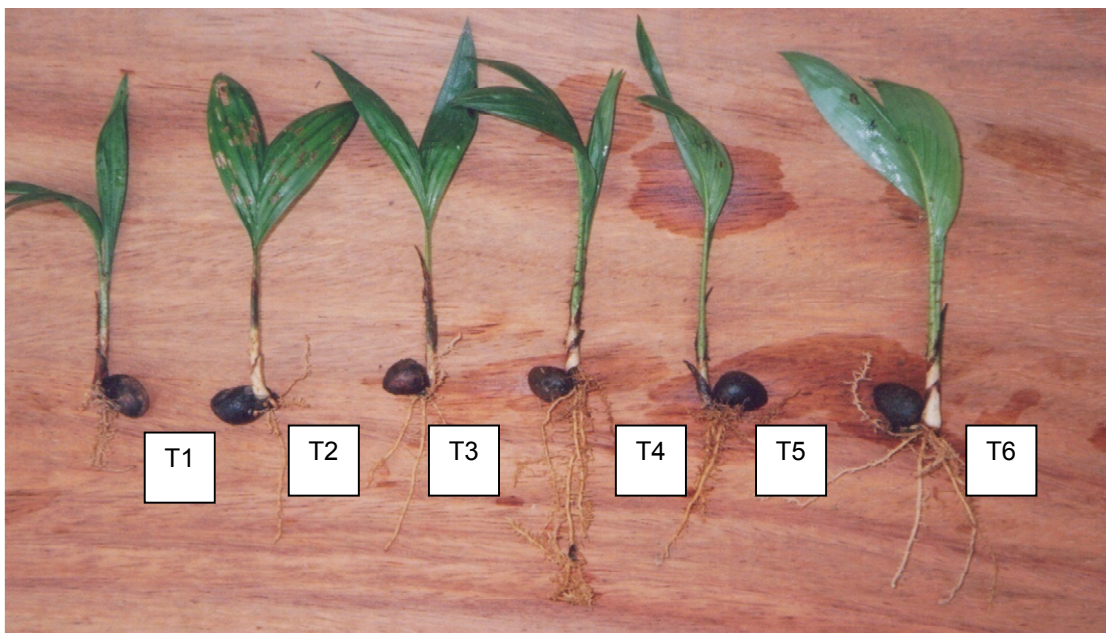


Figura 12. Raíces de las plántulas de pejibaye.

Se aprecia que en los tratamientos 4, 5 y 6, donde el sustrato fue con 50 % de arena blanca y 50 % de tierra cernida, se obtuvo mejor conformación radicular, que donde

se empleó arena de río. Las plántulas de pejibaye que no se tomaron en cuenta para el peso fresco radicular, se transplantaron a bolsas de polietileno con tierra del lugar, para que se empleen dentro de finca Sabana Grande, para su posterior trasplante a campo definitivo durante mayo del año 2006 (Figura 13).



Figura 13. Plántulas de pejibaye transplantadas a bolsas de polietileno.

2.7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el Cuadro 10 se presenta el costo total y el costo unitario por plántula para satisfacer una demanda de 4,000 plántulas por hectárea (2 m entre surco por 1.25 m entre plantas), que se tiene con cada uno de los seis tratamientos evaluados.

Los tratamientos 2 y 5 que corresponden a dosis de 900 ppm de ácido giberélico ofrecen el menor costo unitario por pilón de pejibaye siendo este de 0.68 y 0.67 centavos de quetzal respectivamente. Sin embargo considerando el mayor peso radicular que se tiene cuando se emplea el sustrato de 50 % de arena blanca más 50 % de tierra cernida con 900 ppm de ácido giberélico (tratamiento 5), se recomienda finalmente este tratamiento.

Cuadro 10. Costo de producción por pilón de pejibaye

Tratamiento	Porcentaje germinación	Semillas necesarias	Costo fruto	Despulpado	Biogib	Lija No. 60	Manejo	Costo total	Costo/pilón
1	25.5	15686	Q 2,666.62	Q 418.29	Q 470.58	Q -	Q 900.00	Q 4,455.49	Q 1.11
2	63.5	6299	Q 1,070.83	Q 167.97	Q 566.91	Q -	Q 900.00	Q 2,705.71	Q 0.68
3	5	80000	Q13,600.00	Q 2,133.33	Q -	Q 240.00	Q 900.00	Q16,873.33	Q 4.22
4	29	13793	Q 2,344.81	Q 367.81	Q 413.79		Q 900.00	Q 4,026.41	Q 1.01
5	64.5	6201	Q 1,054.17	Q 165.36	Q 558.09		Q 900.00	Q 2,677.62	Q 0.67
6	5	80000	Q13,600.00	Q 2,133.33	Q -	Q 240.00	Q 900.00	Q16,873.33	Q 4.22

Montenegro (15) alcanzó un porcentaje de germinación del 35 % empleando ácido giberélico a 300 ppm; en la presente investigación se logró superar ese porcentaje de germinación un 30 por ciento más empleando la dosis de 900 ppm.

Al germinar las semillas de pejibaye en un sustrato compuesto por 50 % de arena blanca y 50 % de tierra del lugar y aplicarles a éstas ácido giberélico a razón de 900 ppm, se tiene el menor costo unitario de Q. 0.67, la plántula, la cual al comercializarla a un precio de Q. 3.50, ofrece una rentabilidad del 422 por ciento.

2.7.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

- a. Los dos sustratos empleados (Sustrato 1, con 50 % arena blanca más 50 % tierra cernida y Sustrato 2, con 50 % arena de río más 50 % tierra cernida) no influyen significativamente sobre el porcentaje de germinación (32 por ciento de germinación promedio independientemente del método de escarificación empleado); sin embargo, si influyen significativamente sobre el peso fresco radicular reportando el mayor peso de 154.60 mg de raíz en el sustrato con 50 % de arena blanca más 50 % de tierra del lugar.
- b. De los métodos de escarificación, la escarificación fisiológica con ácido giberélico, produce efectos positivos sobre la germinación de semillas de pejibaye (45.63 % de germinación), la escarificación física con raspado de la testa con lija No. 60, no incide sobre el porcentaje de germinación (5 % de germinación). Con los dos tipos de escarificación se obtiene igual peso radicular de plántulas de pejibaye.
- c. El mejor tratamiento sobre el porcentaje de germinación (64.50 %) y peso fresco radicular de pejibaye (155.72 mg) fue el 5, donde se sumergieron las semillas de pejibaye por una hora en solución de ácido giberélico a concentración de 900 partes por millón y se empleó como sustrato la combinación de 50 % de arena blanca y 50 % de tierra del lugar.
- d. El menor costo de producción por pilón fue de sesenta y siete centavos de quetzal (Q. 0.67), con el tratamiento cinco.
- e. Respecto a la investigación realizada por Montenegro (15), se aumentó el porcentaje de germinación en un 30 por ciento (de 35 % hasta un 65 %).

B. Recomendaciones

- a. Bajo las condiciones de finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, se recomienda que para la propagación de pejibaye se utilice sustrato con 50 % de arena blanca y 50 % de tierra del lugar, que las semillas previo a depositarlas en el sustrato sean despulpadas y puestas a secar a la sombra por dos días, luego que se sumerjan por una hora en una solución de ácido giberélico a 900 partes por millón, ya que con ello se obtienen porcentajes de germinación de 64.50 % y plántulas con buen peso radicular (155.72 mg por plántula).

- b. Se sugiere que para la propagación a nivel comercial se hagan tablones con la mezcla indicada de un metro de ancho y el largo según la disponibilidad del terreno, con buen drenaje.

2.7.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Vargas, R; Abarca Monge, S. 2002. Producción de sustratos para viveros. Costa Rica, Oirsa. 50 p. 1CD.
2. Almeida, N; Martín, F. 1981. The pejibaye. *In* USDA, US. 1981. Cultivation of neglected tropical fruits with promise. US. 10 p.
3. Arroyo-Oquendo, C; Mora-Urpí, J. 1999. Almacigos de pejibaye. *In* Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) su cultivo e industrialización. Eds. Por J. Mora-Urpí; J. Gainza. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. 98 p.
4. Bewley, J; Black, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds: II viability, dormancy and environmental control. New York, US, Springer-Verlag. p. 9-12, 170-253.
5. Bewley, J; Black, M. 1982. Seeds, physiology of development and germination. New York, US, Plenum Press. p. 10-186.
6. Camacho, E. 1976. El pejibaye (*Guilielma gasipaes* (H.B.K.) Bailey). *In* Simposio Inter. sobre Plantas de Interés Económico de la Flora Amazónica (1976, Costa Rica). Turrialba, Costa Rica, IICA. Cursos y Reuniones no. 93:101-106.
7. Capa Rosales, EO. 2001. Situación actual y propuesta de manejo del bosque natural latifoliado de la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 48 p.
8. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. Chin, HF; Roberts, EH. 1980. Recalcitrant crop seeds. Kuala Lumpur, Malasya, Tropical Press. 152 p.
10. España Morales, HE. 2004. Informe de proyectos realizados en el 2004 en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá: almacigo de pejibaye *Bactris gasipaes* Kunth. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 4 p. Sin publicar.
11. Estudio de mercado de exportación para productos industrializados prioritarios del trópico de Cochabamba y garantía de inversiones. 2001. Bolivia, Unidad de Comercio Exterior. s.p.
12. Hartman, HT; Kester, EE. 1997. Plant propagation: principles and practices. 6 ed. Englewood Cliffs, NJ, US, Prentice Hall. 865 p.
13. León Cifuentes, W. De; Sierra Izaguirre, A. 2000. El cultivo de pejibaye *Bactris gasipaes* Kunth. Revista Agricultura no. 25:26-29.

14. Mattos-Silva, L. 1992. Diferenciación taxonómica de diez razas de pejibaye cultivado (*Bactris (Guilielma) gasipaes* K.) y su relación con otras especies de *Bactris*. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 65 p.
15. Montenegro Vielman, RA. 2005. Efecto del ácido giberélico (AG₃) sobre la germinación de semilla de pejibaye *Bactris gasipaes* Kunth, en finca Sabana Grande, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 55 p.
16. Mora, J. 1979. Método práctico para la germinación de semillas de pejibaye. ASBANA 3(10):14-15.
17. Mora-Urpí, J. 1993. Diversidad genética del pejibaye II: origen y evolución. *In* Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo (4, 1993, Costa Rica). Iquitos, San José, Costa Rica, Ed. Univ. Costa Rica. p. 22-29.
18. Morales Cayax, MA. 1990. Diagnóstico del recurso hídrico de la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.
19. Obiols Del Cid, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala: según el sistema Thornthwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000,000. Color.
20. Perdomo, E. 1986. Estudio de la génesis, morfología, propiedades físicas, químicas, mineralógicas y cartografía de suelos de la finca Sabana Grande, Escuintla. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.
21. Reyes Castañeda, P. 1981. Diseño de experimentos aplicados. México, Servicios Editoriales Profesionales. 462 p.
22. Rojas Garcidueñas, M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, McGraw-Hill. p. 465.
23. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación Económica, GT); INDE (Instituto Nacional de Electrificación, GT); INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1970. Mapa geológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
24. Simmons, CH; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José Pineda de Ibarra. 1,000 p.
25. Vásquez, F. 2001. Prácticas de laboratorio para determinar la calidad de semillas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Sub-área de Manejo y Mejoramiento de Plantas. 26 p.
26. Velasco, A. 1983. Conferencia sobre el chontaduro. Cali, Colombia, Secretaría de Agricultura y Fomento del Valle, Sección divulgación y publicaciones. 8 p.

27. Villalobos, R; Herrera, J; Guevara, E. 1992. Germinación de la semilla de pejibaye *Bactris gasipaes*: ruptura del reposo. Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. 28 p.
28. Villalobos, R. Herrera, J. Mora-Urpí, J. 1992. Germinación de la semilla de pejibaye *Bactris gasipaes* Kunth. efecto del contenido de agua y de las condiciones de almacenamiento. Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. 52 p.
29. Viscarra Morales, AL. 2002. La cadena productiva del palmito. Bolivia, PRAEDAC. 56 p. 1 CD.
30. Weaber, RJ. 1987. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. México, Trillas. 622 p.

CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS

SERVICIO 1: MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL SENDERO ECOLÓGICO “LA DANTA”, DEL CENTRO RECREATIVO DE LA UNIDAD DOCENTE-PRODUCTIVA SABANA GRANDE.

SERVICIO 2: FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES FORESTALES DENTRO DE LA UNIDAD DOCENTE-PRODUCTIVA SABANA GRANDE

3.1 PRESENTACIÓN

A través de los servicios se proporcionó en términos generales apoyo al área agroforestal de finca Sabana Grande. En el primer servicio se manejó y conservó el sendero ecológico La Danta, el cual está inmerso dentro del área boscosa de la parte Sur de la finca; se le proporcionó mantenimiento al sendero, especialmente colocación de pasamanos en las áreas que presentaban inseguridad al visitante, limpieza periódica del recorrido eliminando basura y ramas que obstruían el paso, reparación y mantenimiento de escalinatas y estaciones de descanso y finalmente la identificación de especies importantes que se encuentran en el recorrido del sendero a través de rótulos permanentes con madera de palo volador.

El segundo servicio fue de apoyo directo al sistema agroforestal de finca Sabana Grande; comprendió dos grandes actividades, la primera, el diseño y construcción de un umbráculo que proveyera un microclima controlado para la propagación de las especies forestales, ornamentales y de cultivo, y la segunda gran actividad en sí fue la propagación de las especies que abarcó las acciones siguientes: selección y recolección del material a propagar, preparación de los sustratos y llenado de bolsas, siembra y cuidado de los pilones. Las especies que se propagaron fueron 1,323 plantas de conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb), 1,500 plantas de hule (*Hevea brasiliensis* L.), 1265 plantas de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose), 595 arecas (*Areca* spp.) para uso ornamental, 265 plantas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote* Liebm. Ex. Mart.) y 171 plantas de vainilla (*Vanilla planifolia* L.) para uso comestible.

Es importante resaltar que entre lo planificado en los servicios y lo que finalmente se ejecutó existe una diferencia de alrededor del 50 por ciento, lo cual se debe a que la administración de finca Sabana Grande, no suministró los recursos económicos para poder adquirir los insumos y materiales necesarios para la ejecución de los mismos, como lo es el caso del regulador de luz (sarán) para el umbráculo, y las semillas forestales inicialmente contempladas.

3.2 MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL SENDERO ECOLÓGICO “LA DANTA”, DEL CENTRO RECREATIVO DE LA UNIDAD DOCENTE-PRODUCTIVA SABANA GRANDE

3.2.1 Objetivos

A. General

- a. Manejar y conservar el área del sendero ecológico “La Danta”, del centro recreativo Los Chorros, de la unidad docente-productiva, finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.

B. Específicos

- a. Reparar las rutas del sendero ecológico y los pasamanos para brindar mayor seguridad y comodidad a los visitantes.
- b. Reconstruir las estaciones de descanso que se encuentran en el recorrido del sendero.
- c. Identificar apropiadamente con el nombre común y científico los árboles representativos que se encuentran en el sendero.

3.2.2 Metodología

Para llevar a cabo las tres actividades principales del servicio, se realizaron una serie de acciones las cuales se describen a continuación.

A. Reparación de rutas del sendero, pasamanos y señalización

En primer lugar se realizó un recorrido por toda la ruta del sendero Ecológico “La Danta”; durante el recorrido se identificaron las secciones inclinadas que cuentan con sistema de gradas reforzadas con bambú, se estableció la consistencia y firmeza de las mismas, así como del bambú con que están contruidos los pasamanos. En las secciones del sendero consistentes en un camino o vereda, se inspeccionó la vegetación de los lados del mismo a fin de permitir la libre locomoción de los visitantes.

Desde la puerta de acceso principal a finca Sabana Grande hasta el centro recreativo, se revisó el estado de los rótulos que señalizan la vía de acceso y ubicación del sendero ecológico. Luego de identificar aquellos puntos que estaban deteriorados se procedió a su reparación, empleando materiales obtenidos dentro de la misma finca.

B. Reconstrucción de las estaciones de descanso

A lo largo del recorrido del sendero ecológico La Danta, se sitúan estaciones de descanso, en puntos estratégicos con vistas hacia aspectos de la naturaleza impresionantes como lo es el volcán de agua; la estación de descanso debido al uso y agentes climáticos adversos se encuentran en deterioro, por lo que fue necesario su reparación, para lo cual se empleó tarro de bambú, alambre y palma.

C. Identificación botánica de árboles representativos del sendero

La naturaleza del sendero ecológico La Danta, es para que sea auto-guiado, es decir que el visitante, sin la ayuda de un guía de turista pueda realizar el recorrido y aprender de la naturaleza cada uno de sus componentes. Para ello se han creado rótulos en aspectos relevantes del recorrido, especialmente sobre la fauna y la flora; sin embargo se observó que árboles importantes en el recorrido carecen de identificación, por lo que fue necesario elaborar rótulos a base de palo volador para identificar las especies.

3.2.3 Resultados

Los principales resultados del servicio de manejo y conservación del sendero ecológico “La Danta”, se evidencian por medio de fotografías que indican la situación final en cada sección.

A. Reparación de rutas del sendero, pasamanos y señalización

El ingreso principal al sendero Ecológico la Danta, es por medio de un puente de hamaca que se encuentra localizado en la parte posterior de los bungalows en el Centro Recreativo Los Chorros, dicho puente se encuentra en mal estado y necesita para su reparación, que las bases de concreto sean reconstruidas nuevamente a fin de tensar los cables sostenedores; también algunas tablas de la base del puente se encuentran deterioradas y otras ya no se encuentran en su lugar; además el puente se continua utilizando por los visitantes, puesto que solo le han colocado unos lazos para impedir el paso de los transeúntes. Se solicitó el apoyo con recursos materiales (concreto, hierro, arena, madera y argollas) y humanos (personal) para esta actividad; sin embargo, no fue atendida, por lo que se procedió a cerrar el paso con varas de bambú, colocando un rótulo para su identificación y de esta manera evitar accidentes (Figura 14).

Debido a que el puente no presenta las condiciones de seguridad para su normal uso, la entrada al sendero La Danta, quedó provisionalmente instaurada hacia el lado Oeste del puente atravesando la parte superior de la minicatarata del río Cantil, por la parte exterior al centro recreativo.



Figura 14. Señalización de puente en reparación de ingreso principal al sendero ecológico la Danta.

En el recorrido sobre el sendero ecológico, en aquellas secciones donde se presentaba riesgo de caída para los turistas por estar muy cercano a cortes verticales y profundos (4 metros hacia el lecho del río) sobre el río Cantil, se colocaron pasamanos de bambú con bases de palo volador como se aprecia en la Figura 15.



Figura 15. Pasamanos en ingreso a sendero La Danta

El pasamanos sobre el sendero ecológico, se colocó sobre el lado izquierdo, por encontrarse pendiente profunda hacia el río Cantil. En todo el recorrido del sendero se eliminaron con machete las ramas orientadas hacia el mismo a fin de dejar expedito el paso peatonal; así mismo, a intervalos de 15 días y especialmente hacia el fin de semana se revisaron las secciones inclinadas con gradas y pasamanos a fin de liberarlas del material vegetal que se acumula sobre las mismas y limitan la visibilidad de las gradas (Figuras 16 y 17).



Figura 16. Escalinata de bambú, donde el material vegetal circundante se acumula y es necesaria su limpieza periódica.



Figura 17. Escalinata con obstrucción del paso por ramas orientadas sobre las gradas.

En la Figura 18, se aprecia la escalinata con el paso expedito y todos sus elementos constructivos (tarros de bambú) en buen estado.



Figura 18. Escalinatas reparadas y con el paso expedito.

B. Reconstrucción de estaciones de descanso

En la Figura 19, se muestra una estación de descanso sobre la parte más alta del sendero ecológico La Danta, que fue reparada para comodidad de los visitantes.



Figura 19. Estaciones de descanso reparadas en el sendero ecológico La Danta.

Las estaciones de descanso fueron reparadas y en algunos casos reorientadas a fin de obtener el mayor campo visual hacia el paisaje circundante; además las ramas que obstruían la visibilidad hacia el entorno fueron eliminadas.

C. Identificación de árboles representativos del sendero

Los árboles principales que se encuentran a ambos lados del sendero ecológico La Danta, fueron correctamente identificados por medio de una tabla labrada y pintada con el nombre común y científico como se aprecia en la Figura 20.



Figura 20. Identificación de árboles sobre el sendero ecológico La Danta.

A través de la identificación de los árboles, se ofrece al visitante un mayor conocimiento acerca de la flora, no solamente para el turista, sino también para los estudiantes y docentes de diversos centros educativos.

3.2.4 Evaluación

La actividad de limpieza periódica del sendero ecológico La Danta, debe continuar, independientemente de que no exista epesista asignado al mismo, pues la afluencia de visitantes no se interrumpe, aunque el sendero no presente las mejores condiciones para su uso. Las actividades de mantenimiento de la viabilidad del sendero ecológico, a través de la reparación de pasamanos, escalinatas y estaciones de descanso se realizó con éxito en el cien por ciento del mismo; sin embargo, la reparación del puente principal de acceso al sendero, no fue posible debido a que no se proporcionaron los materiales necesarios para el efecto (cables de acero, cemento, arena). Es importante que en el corto plazo dicho puente colgante sea reparado, por el gran atractivo que representa y para evitar el ingreso hacia el sendero por la parte exterior del parque recreativo Chorro Blanco.

3.3 FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES AGROFORESTALES DENTRO DE LA UNIDAD DOCENTE-PRODUCTIVA SABANA GRANDE

3.3.1 Objetivos

A. General

- a. Fortalecer las actividades forestales dentro de finca Sabana Grande, como núcleo de reserva de flora, fauna y recursos hídricos de la parte alta del departamento de Escuintla.

B. Específicos

- a. Construir un umbráculo para la propagación de especies forestales y ornamentales.
- b. Propagar 15,000 plantas de especies forestales de importancia económica.
- c. Establecer una parcela demostrativa del cultivo bajo sombra de vainilla.

3.3.2 Metodología

A. Construcción de umbráculo

a. Selección del área

Para seleccionar el área para la construcción del umbráculo se tomaron en cuenta los siguientes requisitos:

- Un área plana.
- Con acceso a fuente de agua.
- Protegida del viento.
- Con seguridad (para evitar saqueos).
- De fácil acceso.

El área idónea para la instalación del umbráculo, se encontró en la parte posterior del casco de la finca, específicamente atrás de la galera de maquinaria agrícola, por encontrarse protegida de los fuertes vientos que azotan durante los meses de noviembre a febrero, cercana a fuentes de agua, con la seguridad que ofrece la guardianía del casco de la finca y casas de trabajadores circunvecinas y por ser de fácil acceso para el transporte de materiales y posterior traslado de plantitas.

b. Trazo y construcción

Antes del trazo se procedió a eliminar la maleza presente en el área seleccionada; luego con cinta métrica y pitas se colocaron estacas en los vértices del área tal como se muestra en la Figura 21.

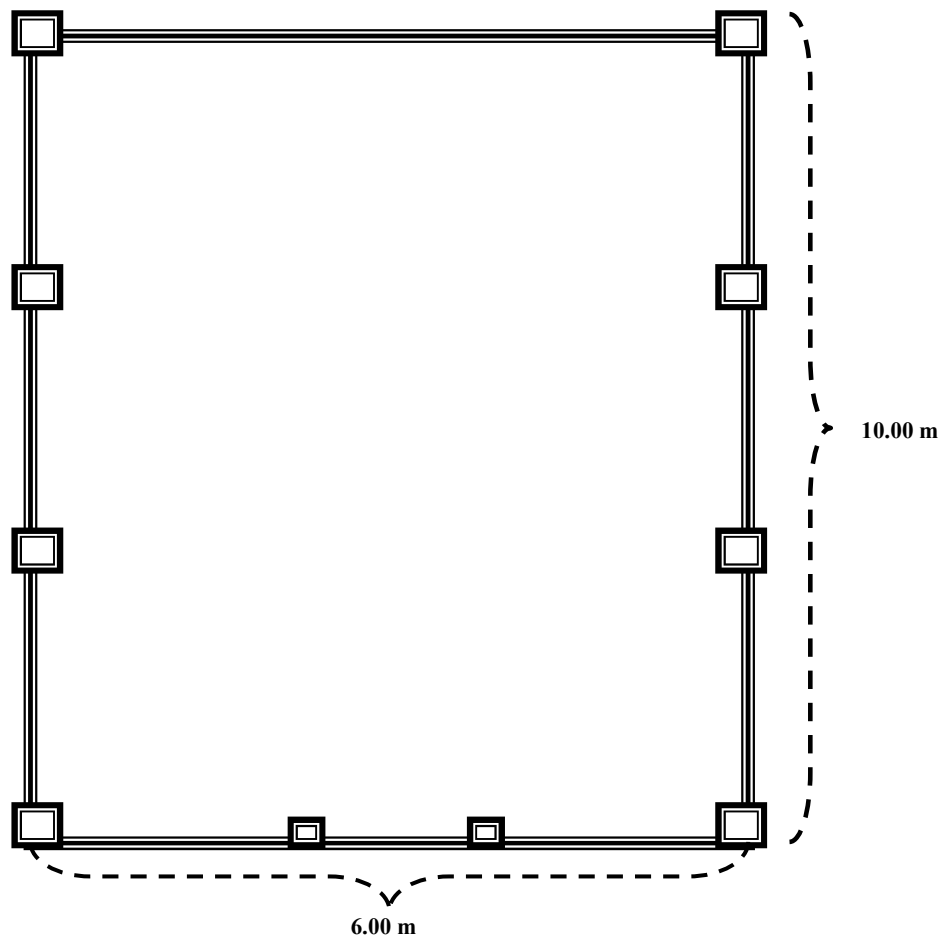


Figura 21. Dimensiones del umbráculo para la propagación de especies forestales y ornamentales

Luego del trazo se procedió a cavar una zanja para la colocación de los cimientos del mismo por medio de concreto fundido. La fundición se realizó a una profundidad de 30 cm y en los vértices, las bases fueron de 50 cm de profundidad, en éstas se colocaron los postes de madera de 18 cm por lado y una altura sobre la superficie del suelo de 2.50 m;

costaneras de madera se colocaron sobre la parte alta de la estructura para sostener el sarán negro.

La puerta de ingreso se instaló hacia el Norte, la orientación del umbráculo fue Sur-norte a fin de que la luz solar que se desplaza en sentido Oriente-occidente atraviese transversalmente la estructura.

c. Delimitación de áreas y acabado final

Dentro del umbráculo se delimitaron áreas específicas para la propagación de plantas ornamentales y plantas forestales, de acuerdo a las necesidades de propagación planteadas por el epesista y autoridades de la finca. Finalmente y antes de colocar el sarán, se procedió a proteger la madera de la intemperie por medio de la aplicación de producto insecticida (cypermetrina) y pintura de aceite verde.

B. Propagación de especies forestales de importancia económica

a. Adquisición de semillas forestales

Con el fin de fomentar la flora forestal de importancia económica dentro de finca Sabana Grande, se desarrollaron viveros de especies forestales bajo el umbráculo. Inicialmente se solicitó al Instituto Nacional de Bosques (INAB) la donación de semillas de las especies siguientes:

- Cedro de costa (*Cedrela odorata* L.)
- Caoba del sur (*Swietenia humilis* Zucc.)
- Mellina (*Gmelina arborea* Roxb)
- Hormigo (*Platymiscium dimorphandhum* Donn. Smith).

La solicitud al Instituto Nacional de Bosques (INAB) fue denegada debido a que no proporciona donaciones pues buscan la sostenibilidad del Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR), e informaron que únicamente disponían para la venta de semilla de caoba del sur a Q. 400.00 el kg y de cedro de costa a Q. 600.00 el kg en el 2004. Según indicó el encargado de finca II, tampoco la finca tenía recursos disponibles para cubrir los costos de adquisición de la semilla.

Considerando lo anterior se procedió a recorrer el área boscosa de finca Sabana Grande a fin de obtener semilla de especies forestales y ornamentales de importancia económica. La semilla colectada corresponde a las especies siguientes:

- Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb)
- Hule (*Hevea brasiliensis* M.)
- Palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose)
- Areca (*Areca* spp.)
- Pacaya (*Chamaedorea tepejilote* Liebm. Ex Mart.)
- Vainilla (*Vanilla planifolia* L.)

Al momento de recolectar las semillas se realizó una inspección visual de las condiciones físicas de las semillas a fin de seleccionar las más uniformes en cuanto a apariencia externa, se descartaron las semillas con daños físicos causados por la intemperie o por agentes bióticos como insectos u hongos.

b. Llenado de bolsas

Se emplearon bolsas de polietileno de 15 cm de diámetro por 25 cm de altura, las cuales se llenaron con tierra y broza. La tierra se obtuvo del pante La Chichicua, y la broza del área boscosa, ambas fueron trasladadas al área del umbráculo y se procedió mezclarlas a razón de dos partes de tierra por una parte de broza, luego se cernió y se procedió al llenado de las bolsas; una vez las bolsas se llenaron se procedió a su apilado en grupos de tres filas y largo variable.

c. Siembra de las semillas

La siembra de las semillas se realizó en una cama de germinación la cual se preparó con la misma mezcla de tierra y broza que se empleó para las bolsas; el objetivo de germinar las semillas de esta forma fue para ahorrar tiempo, recursos y facilidad para aplicar el riego y llevar un control del proceso por ser en un área menor. Dentro de la cama se realizaron surcos a una distancia de 8 cm donde se colocaron las semillas de las cinco especies.

d. Trasplante de las plantitas germinadas a bolsas de polietileno

A medida que las semillas de las distintas especies germinaron, se procedió a su trasplante a las bolsas de polietileno, esta operación se realizó cuando las plantitas ya tenían dos hojas verdaderas bien formadas. Para obtener las plantitas de la cama de germinación se humedeció bien el sustrato a fin de no dañar las raicillas durante la extracción.

e. Riego de mantenimiento

Los pilones de las especies forestales y ornamentales se monitorearon en cuanto al contenido de humedad del sustrato en las bolsas de polietileno y, se procedió a regarlas conforme fue necesario.

C. Parcela demostrativa de vainilla

Dentro de la plantación de café circundante al centro recreativo Chorro blanco se estableció una parcela demostrativa del cultivo de vainilla, para lo cual se emplearon 200 vástagos de esta especie los cuales fueron trasplantados y se empleó como patrón para su sostenimiento postes de madrecaao.

3.3.3 Resultados

A. Construcción de umbráculo

En la Figura 22 se presenta una vista del umbráculo que se construyó en el área del casco central de finca Sabana Grande.



Figura 22. Umbráculo establecido en finca Sabana Grande.

El umbráculo se construyó de acuerdo a las especificaciones indicadas en la metodología; sin embargo no fue posible emplear sarán nuevo, sino del que cubría el mariposario de la finca puesto que no fue autorizado presupuesto para su adquisición y además el encargado de finca II, consideró que al proyecto del mariposario ya no se le daría continuidad por lo que sugirió su aprovechamiento.

Por la procedencia y estado semideteriorado del sarán únicamente se cubrió la parte superior del umbráculo, no así los costados, como tampoco la puerta de acceso, por lo que el umbráculo cumple únicamente la función de sombreador parcial, puesto que los rayos solares no inciden directamente sobre las plantas establecidas en su interior únicamente cuando el sol se encuentra alrededor de su zenit; la luz directa del sol incide sobre las plantas por las horas de la mañana y después de las dos de la tarde.

B. Propagación de especies forestales y parcela demostrativa de vainilla

En el Cuadro 11, se presenta una síntesis de las especies forestales, ornamentales y cultivos propagados en finca Sabana Grande.

Cuadro 11. Especies forestales, ornamentales y cultivos propagados

Categoría	Especie	Cantidad Semillas	Plantas Propagadas	Porcentaje Germinación	Días a Germinación
Forestal	Conacaste	1500,00	1323,00	88,20	8
	Hule	1500,00	1300,00	86,67	15
	Palo blanco	1500,00	1265,00	84,33	8
Ornamental	Areca	1000,00	595,00	59,50	45
Agro Forestales	Pacaya	500,00	265,00	53,00	25
	Vainilla	200,00	171,00	85,50	**

De las 15000 plantas forestales que inicialmente se propagarían, únicamente se propagó el 26 por ciento (3888 plantas), de las especies de conacaste, hule y palo blanco, las cuales inicialmente no estaba contemplado propagar, sino las especies de cedro de la costa, caoba del sur, mellina y hormigo; esto debido a no contar con el apoyo económico de finca Sabana Grande. Considerando lo anterior, la administración de la finca, ordenó la propagación de otras especies agroforestales como pacaya y vainilla, las cuales tienen importancia económica en la dieta alimenticia; además se propagó la ornamental areca, para posteriormente ser trasplantada en la vía principal de acceso al centro recreativo Chorro Blanco.

Las especies con menor porcentaje de germinación fueron la ornamental areca y la planta alimenticia pacaya con una germinación menor al 60 por ciento, las especies forestales tuvieron porcentajes de germinación entre el 84 y 88 por ciento y la más tardía en germinar fue el hule.

En las Figuras 23 y 24 se puede apreciar una vista de las plantas propagadas bajo el umbráculo.



Figura 23. Plantas ornamentales de areca y chatía, planta comestible de pacaya propagadas bajo el umbráculo en finca Sabana Grande.



Figura 24. Plantas forestales de conacaste propagadas.

Las plantas de vainilla que conformaron la parcela demostrativa de éste cultivo se aprecian en la Figura 25.



Figura 25. Plantas de vainilla de la parcela demostrativa.

En la Figura 25 se aprecia el crecimiento y desarrollo de las plantas de vainilla dos meses después de haber trasplantado los esquejes sobre patrones de madrecaao. En la parte izquierda se aprecia el desarrollo inicial, cuando el esqueje se sostuvo inicialmente al patrón mediante pita de nylon, luego en la izquierda se aprecia como la planta con un mayor desarrollo ya se sostiene a través de su desplazamiento helicoidal.

3.3.4 Evaluación

Las dos principales actividades de este servicio, como son la construcción del umbráculo y la propagación de especies forestales, no se cumplieron a cabalidad puesto que no existió colaboración de las autoridades de finca Sabana Grande, en materia de proporcionar los materiales necesarios y el recurso económico. Para el caso del umbráculo se logró montar la estructura básica; sin embargo el sarán fue colocado en el 30 por ciento de la estructura (parte superior), con lo cual no se logra un aislamiento de plagas potenciales y por otro lado no se ofrece la sombra requerida pues los rayos solares de acuerdo al ángulo de inclinación llegan por los costados del umbráculo el cual no cuenta con sarán.

En cuanto a la propagación de especies forestales, las propuestas inicialmente en el plan de servicios fueron sugeridas por las autoridades de la finca, pero luego, al no poder adquirirse a través de donación, no fue posible su compra por no disponer de presupuesto para su adquisición. En tal sentido para contribuir a la conservación de la flora de la finca como pulmón de reserva en el área cañera aledaña, fue necesario sobre la marcha proponer opciones viables (recolección de semilla dentro de la misma finca), para poder llevar a cabo el servicio.