



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -CONCYT-
SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -SENACYT-
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -FONACYT-
FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE IXCHIGÜAN, SAN MARCOS
UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA
INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES**

INFORME FINAL

**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ECOLÓGICAS
PARA UN PROCESO DE RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS EN BOSQUES DE
PINABETE (*Abies guatemalensis* Rehder) EN EL DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS**

PROYECTO FODECYT No. 046-2012

**JOSE VICENTE MARTINEZ AREVALO
Investigador Principal**

GUATEMALA, JUNIO DE 2015



AGRADECIMIENTOS:

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al apoyo financiero dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, -FONACYT-, otorgado por La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-.

CONTENIDO

RESUMEN	x
SUMMARY	xii
PARTE I	1
I.1 INTRODUCCIÓN	1
I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
I.2.1 Antecedentes en Guatemala	2
I.2.1.1 Experiencias de restauración ecológica	2
I.2.1.2 La restauración ecológica y conceptos relacionados	4
I.2.1.3 Las plantas nodrizas como facilitadoras	5
I.2.1.4 Estado actual del pinabete en Guatemala	7
A. Distribución geográfica	7
B. La presión sobre el pinabete	8
C. Ecología de pinabete	8
E. Contexto socioeconómico de los bosques de pinabete	9
I.2.2 Justificación del trabajo de investigación	10
I.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS	10
I.3.1 Objetivo General	10
I.3.2 Objetivos Específicos	11
I.3.3 Hipótesis	11
I.4 MATERIALES Y METODOS	11
I.4.1 Materiales	11
I.4.1.1 Localización geográfica	11
I.4.2 Método	13
I.4.2.1 Variables	13
I.4.2.2 Para cumplimiento del objetivo específico a)	13
I.4.2.3 Para cumplimiento del objetivo específico b)	17
I.4.2.4 Para cumplimiento del objetivo específico c)	19
I.4.2.5 Para cumplimiento del objetivo específico d)	20
I.4.2.6 Para cumplimiento del objetivo específico e)	21
I.4.2.7 Para cumplimiento del objetivo específico f)	21
PARTE II	23
I.1 MARCO TEORICO	23
I.1.1 Restauración ecológica	23
I.1.2 Restauración a partir de parches de bosque	25
I.1.3 Principales pasos para la restauración ecológica	26
I.1.4 Atributos de los ecosistemas restaurados	26
I.1.5 Principales prácticas para hacer restauración	28
PARTE III	29
III.1 RESULTADOS	29
III.1.1 Caracterización de tres bosques y cerro Cotzic	29
A. Bosque Las Nubes	29
B. Bosque Los Cuervos	30
C. Bosque Canatzaj	32

D. Cerro Cotzic.....	34
III.1.2. Descripción de las condiciones de vegetación, análisis de suelo y hongos micorrizicos	36
A. Flora de las áreas estudiadas.....	36
B. Análisis de suelos.....	42
D. Análisis de fraccionamiento de la materia orgánica	50
E. Registro de las condiciones climáticas del área	50
F. Estudio de musgos.....	54
G. Hongos micorrizicos	56
H. Observaciones con relación a la fauna	57
III.1.2 Estudio de las plantas nodrizas	59
A. Caracterización <i>in situ</i> plantas nodrizas	59
B. Establecimiento de plantas nodrizas por medio vegetativo en el campo.....	66
C. Propagación por estacas de plantas nodrizas en vivero	67
D. Calendario fenológico de las plantas nodrizas	71
E. Protocolo de obtención y germinación de semillas de las seis especies de plantas nodrizas	73
F. Análisis fitoquímico de plantas nodrizas	78
G. Fichas técnicas por especie de planta nodriza	82
III.1.3 Implementación de actividades iniciales de restauración ecológica alrededor de tres bosques de pinabete	83
A. Seguimiento de áreas establecidas en 2013 con especies forestales con criterios de restauración ecológica	83
B. Microambiente de plantas de pinabete con protección de nodrizas.....	85
C. Propuesta de rutas sucesionales a seguir para la restauración ecológica	93
III.1.4 Implementación de actividades iniciales de restauración ecológica en el cerro Cotzic	96
A. parcelas de nucleación establecidas en 2011	96
B. Parcelas de nucleación establecidas en 2013.....	98
III.1.5 Seguimiento de parcelas de pinabete establecidas con protección de plantas nodrizas en 2010	99
A. Caso de parcela de Belizario Ixlaj, Ixcamal, San Marcos	99
B. Caso de parcela de Sergio Gálvez, Cantón Violetas, San José Ojetenam	101
C. Caso de Macedonio Pérez, Toacha, San Pablo, Tacana, San Marcos	103
D. Caso de Alejandra López, Buenos Aires, Ixchigüan, San Marcos	103
E. Caso de Roberto Escalante, Flor de mayo, Sanabajá, Tacana	105
III.1.6. Socialización de resultados y elaboración de planes de seguimiento	107
A. Talleres con comunidades	107
B. Plan de seguimiento y monitoreo consensuado con los actores principales del área.	109
C. Taller con la Coordinadora Interinstitucional de Recursos Naturales y Ambiente de San Marcos	110
III.2 DISCUSIÓN	110
PARTE IV.	115
IV.1 CONCLUSIONES	115
IV.2 RECOMENDACIONES	116

IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
IV.4 ANEXOS	122
1. Catálogo de hongos micorrizicos	122
2. Fichas de plantas nodrizas	125
Salvia	125
Mozote.....	129
Mora	133
Malacate	136
Arrayán.....	140
Chicajol.....	145
3. Plan de seguimiento y monitoreo	148
PARTE V	159
V.1 INFORME FINANCIERO	159

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Localidades de muestreo de musgos, descripción y fotografía del proceso.	14
Cuadro 2. Descripción del proceso para llevar las muestras de musgos a secado.	15
Cuadro 3. Ejemplo de prácticas que se pueden implementar para la restauración y algunas características cualitativas.	27
Cuadro 4. Especies herbáceas, comparativas de tres bosques de pinabete, de San Marcos.	36
Cuadro 5. Especies arbustivas, comparativas de tres bosques de pinabete, de San Marcos.	38
Cuadro 6. Especies de árboles, comparativas de tres bosques de pinabete, de San Marcos.	39
Cuadro 7. Especies herbáceas y arbustos de las áreas abiertas del Cerro Cotzic, época seca.	39
Cuadro 8. Valor de importancia de las especies herbáceas y arbustivas de áreas abiertas cerro Cotzic en época lluviosa.	40
Cuadro 9. Comparación de especies arbustivas fuera y dentro del bosque.	41
Cuadro 10. Análisis químico del suelo de Los Cuervos en diferentes condiciones sucesionales profundidad 0-15 cm.	42
Cuadro 11. Análisis químico del suelo de Los Cuervos en diferentes condiciones sucesionales profundidad 15-30 cm.	43
Cuadro 12. Características físicas de los suelos de diferentes estadios sucesionales del Bosque Los Cuervos.....	43
Cuadro 13. Análisis químico del suelo del bosque Canatzaj en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 0-15 cm de profundidad.	44
Cuadro 14. Análisis químico del suelo del bosque Canatzaj en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 15-30 cm de profundidad.	44
Cuadro 15. Características físicas de los suelos de diferentes estadios sucesionales del Bosque Canatzaj.	45

Cuadro 16. Análisis químico del suelo del bosque Las Nubes en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 0-15 cm de profundidad.	45
Cuadro 17. Análisis químico del suelo del bosque Las Nubes en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 15-30 cm de profundidad.	46
Cuadro 18. Características físicas de los suelos de diferentes estadios sucesionales del Bosque La Nubes, San José Ojetenam, San Marcos.	46
Cuadro 19. Análisis químico del suelo del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos, en parcelas de nucleación. Profundidad 0-15 cm de profundidad.....	47
Cuadro 20. Características físicas de los suelos en parcelas de nucleación del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos. Profundidad de 0-15 cm.	47
Cuadro 21. Análisis químico del suelo del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos, en parcelas de nucleación. Profundidad 15-30 cm de profundidad.....	48
Cuadro 22. Características físicas de los suelos en parcelas de nucleación del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos. Profundidad de 15-30 cm.	48
Cuadro 23. Análisis de materia orgánica, carbón orgánico y fracciones de ácidos húmicos y fúlvicos de los suelos estudiados a la profundidad de 0 a 15cm de bosques del estudio.	50
Cuadro 24. Pérdida de agua de muestras de musgos bosques Los Cuervos, Canatzaj y Las Nubes.	55
Cuadro 25. Hongos micorrizicos encontrados en los bosques Los Cuervos y Canatzaj, San Marcos.	57
Cuadro 26. Lista de fauna silvestre reportada para el bosque los Cuervos.	57
Cuadro 27. Lista de fauna silvestre reportada para el bosque Canatzaj.	58
Cuadro 28. Características de la planta de arrayán (<i>Baccharis vaccinioides</i>).....	59
Cuadro 29. Caracterización de ramificación y frutos de arrayan (<i>Baccharis vaccinioides</i>).	59
Cuadro 30. Características de la planta de chicajol (<i>Stevia polycephala</i>).	60
Cuadro 31. Caracterización de ramificación y frutos de chicajol (<i>Stevia polycephala</i>). ...	61
Cuadro 32. Características de la planta de mozote (<i>Acaena elongata</i>).	61
Cuadro 33. Caracterización de ramificación y frutos de plantas de mozote (<i>Acaena elongata</i>).....	62
Cuadro 34. Características de la planta de mora (<i>Rubus trilobus</i>).	63
Cuadro 35. Caracterización de ramificación y frutos de plantas de mora (<i>Rubus trilobus</i>).	63
Cuadro 36. Características de la planta de salvia (<i>Buddleia megalcephala</i>).....	64
Cuadro 37. Caracterización ramificación y frutos de plantas de salvia (<i>Buddleia megalcephala</i>).	64
Cuadro 38. Características de la planta de malacate (<i>Symphoricarpos microphyllus</i>).....	65
Cuadro 39. Caracterización ramificación y frutos de plantas de malacate (<i>Symphoricarpos microphyllus</i>).....	66
Cuadro 40. Establecimiento de plantas nodrizas por medio vegetativo, recuento después de un año, Canatzaj, San Marcos.....	66
Cuadro 41. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, sin sombra.	67
Cuadro 42. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, con sombra de saco de prolipropileno.	68

Cuadro 43. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, con sombra de sarán al 60%.	69
Cuadro 44. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, con sombra de nylon transparente.	70
Cuadro 45. Calendario fenológico de arrayan (<i>Baccharis vaccinioides</i>).	71
Cuadro 46. Calendario fenológico de chicajol (<i>Stevia polycephala</i>).	71
Cuadro 47. Calendario fenológico de mozote (<i>Acaena elongata</i>).	72
Cuadro 48. Calendario fenológico de mora (<i>Rubus trilobus</i>).	72
Cuadro 49. Calendario fenológico de Salvia (<i>Buddleia megalcephala</i>).	72
Cuadro 50. Calendario fenológico de malacate (<i>Symphoricarpos microphyllus</i>).	73
Cuadro 51. Determinación del mejor disolvente para la obtención de extractos alcohólicos de especies vegetales nodrizas.	79
Cuadro 52. Rendimiento de aceites esenciales, obtenido para seis especies de plantas nodrizas.	79
Cuadro 53. Porcentaje de rendimiento de los extractos vegetales obtenidos de seis especies de plantas nodrizas.	80
Cuadro 54. Determinación de actividad antimicrobiana de extractos vegetales de seis especies de plantas nodrizas.	81
Cuadro 55. Determinación de actividad antimicrobiana de aceite esencial por medio de disco de difusión.	81
Cuadro 56. Determinación de la actividad citotóxica del extracto de seis especies de plantas nodrizas contra nauplios de <i>Artemia salina</i> .	82
Cuadro 57. Determinación de la actividad antioxidante de seis especies de plantas nodrizas por DPPH.	82
Cuadro 58. Recuento de pinabete establecido en áreas con nodrizas después de una año. Las Nubes, San José Ojetanam, San Marcos.	83
Cuadro 59. Recuento de pinabete establecido en áreas con nodrizas después de un año. Los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.	84
Cuadro 60. Recuento de plantas de pinabete establecidas en áreas con nodrizas después de un año. Canatzaj, Tacana, San Marcos.	84
Cuadro 61. Plantas de lectura de ubicación de los árboles de pinabete respecto a las plantas nodrizas, Localidad Arriba de la carretera antigua, Las Nubes.	85
Cuadro 62. Plantas de lectura de ubicación de los árboles de pinabete respecto a las plantas nodrizas, Localidad abajo de la carretera antigua, Las Nubes.	87
Cuadro 63. Plantas de lectura seguimiento establecimiento de pinabete con plantas nodriza, localidad el moral, Los Cuervos.	88
Cuadro 64. Plantas de lectura seguimiento establecimiento de pinabete con plantas nodriza, localidad el abajo basurero, Los Cuervos.	90
Cuadro 65. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad abajo de la carretera, bosque Canatzaj, Tacana.	90
Cuadro 66. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad arriba de la carretera, bosque Canatzaj, Tacana.	91
Cuadro 67. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad arriba de la vereda, bosque Canatzaj, Tacana.	92
Cuadro 68. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad camino hacia la cumbre, bosque Canatzaj, Tacana.	93

Cuadro 69. Parcelas de nucleación establecidas en el cerro Cotzic en 2011, evaluadas en 2013.	96
Cuadro 70. Establecimiento de pinabete y otras especies forestales, en parcelas de nucleación de 2011 donde hay arrayán.	97
Cuadro 71. Información del establecimiento y porcentaje de pegue por estacas de plantas nodrizas de 2013, en el cerro Cotzic.	98
Cuadro 72. Inventario de categorías de altura de árboles de pinabete, parcela de seguimiento de Belizario Ixlaj.	99
Cuadro 73. Costo de producción de 882 m ² de pinabete en quetzales. Ixcamal, San Marcos.	100
Cuadro 74. Inventario de parcela de pinabete establecida con nodrizas en barrio Violetas, San José Ojetenam.	102
Cuadro 75. Costo en quetzales para la producción de 0.282 ha de pinabete. Cantón Violetas, San José Ojetenam, San Marcos.	102
Cuadro 76. Información de altura y diámetro basas de plantas de pinabete. Parcela de San Pablo Toaca, Tacana, San Marcos.	103
Cuadro 77. Información del inventario forestal en la parcela de pinabete de Buenos Aires, Ixchigüan.	104
Cuadro 78. Costo de producción de pinabete en 882 m ² , Buenos Aires, Ixchigüan.	104
Cuadro 79. Inventario forestal, lote de seguimiento de pinabete, Flor de mayo, Sanabajá, Tacana, San Marcos.	106
Cuadro 80. Costo de producción de pinabete en 882 m ² , Flor de mayo, Sanabajá, Tacana, San Marcos.	106
Cuadro 81. Calendario fenológico de salvia.	128
Cuadro 82. Calendario fenológico de mozote.	132
Cuadro 83. Calendario fenológico de mora.	134
Cuadro 84. Calendario fenológico de malacate.	139
Cuadro 85. Calendario fenológico de arrayán.	143
Cuadro 86. Calendario fenológico de chicajol.	146
Cuadro 87. Resumen de parcelas de restauración ecológica establecidas en el bosque Los Cuervos, 2013.	149
Cuadro 88. Parcelas de nucleación establecidas en 2011.	149
Cuadro 89. Parcelas donde se estableció pinabete en 2013.	150
Cuadro 90. Número de plantas sobrevivientes a mayo 2014.	150
Cuadro 91. Parcelas de nucleación establecidas en 2013.	151
Cuadro 92. Recuento de sobrevivencia de plantas nodrizas en parcelas de nucleación un año después.	151
Cuadro 93. Proyección establecimiento de árboles y plantas nodrizas.	155
Cuadro 94. Parcelas de establecimiento árboles.	156
Cuadro 95. Parcelas de establecimiento de plantas nodrizas.	157
Cuadro 96. Proyección establecimiento de árboles y plantas nodrizas.	159
Cuadro 97. Recuento de pinabete establecido en áreas con nodrizas después de una año. Las Nubes, San José Ojetenam, San Marcos.	160
Cuadro 98. Planificación para establecimiento de árboles en restauración para el bosque las Nubes, San José Ojetenam.	156
Cuadro 99. Ficha financiera proyecto FODECYT 046-2012 a mayo 2015.	159

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Figura. Mapa de potencialidades de Restauración de la República de Guatemala.	4
Figura 2. Planta de pinabete (<i>Abies guatemalensis</i>) y el efecto nodriza de varias especies.	6
Figura 3. Ubicación del área de estudio, en el lado derecho los círculos en rojo muestran las áreas donde se realizaron las actividades de campo.	12
Figura 4. Esquema de la siembra de cuatro especies de plantas nodrizas, por medio de estacas en el campo.	17
Figura 5. Mapa del con estadios sucesionales del bosque Las Nubes, San José Ojetanam, San Marcos.	29
Figura 6. Mapa del bosque los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.	31
Figura 7. Bosque Cantatzaj, Tacana, San Marcos.	33
Figura 8. Mapa de los grados de degradación del Cerro Cotzic, Ixchiguan, San Marcos.	34
Figura 9. Curva del comportamiento del porcentaje de humedad relativa durante 2013 y 2014 en Ixchigüan y zonas aledañas.	51
Figura 10. Curva del comportamiento de la precipitación mensual durante 2013 y 2014 en Ixchigüan y zonas aledañas.	51
Figura 11. Curva del comportamiento de la temperatura media del aire en °C mensual durante 2013 y 2014 en Ixchigüan y zonas aledañas.	52
Figura 12. Registro con higrotermómetro portátil, de porcentaje de humedad relativa a nivel de la vegetación, Los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.	52
Figura 13. Registro con higrotermómetro portátil, de temperatura media diaria a nivel de la vegetación, Los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.	53
Figura 14. Grafica de la pérdida de agua por los musgos de tres bosques, en 72 horas.	56
Figura 15. Secuencia de obtención de semilla de arrayan.	74
Figura 16. Descripción del proceso de obtención de semilla de chicajol.	75
Figura 17. Aspectos de la planta de mozote.	76
Figura 18. Aspectos de fruto y semilla de mora (<i>Rubus trilobus</i>).	76
Figura 19. Derecha vista de las infrutescencias de salvia.	77
Figura 20. Secuencia de obtención de semilla malacate.	78
Figura 21. Dendrograma con base en el arreglo de árboles de pinabete con relación a las plantas nodrizas, localidad el Moral, Los Cuervos.	89
Figura 22. Fotografía de <i>Aragaricomycotina</i>	122
Figura 23. Fotografía de <i>Agaricus</i>	122
Figura 24. Fotografía de <i>Cantharellus</i>	122
Figura 25. Fotografía de <i>Cortinarius</i>	123
Figura 26. Fotografía de <i>Boletus</i>	123
Figura 27. Fotografía de <i>Pleatus</i>	123
Figura 28. Fotografía de <i>Entoloma</i>	124
Figura 29. Fotografía de <i>Amanita</i>	124
Figura 30. Fotografía de <i>Clitocybe</i>	124
Figura 31. Fotografía de <i>Nolanea</i>	124
Figura 32. Planta de salvia en su estado silvestre.	125

Figura 33. Dibujo de hojas e infrutescencia de <i>Buddleia megalocephala</i> Donn.-Sm.	126
Figura 34. Frutos y semillas de salvia.	127
Figura 35. Plántulas de salvia producidas a partir de semilla.....	127
Figura 36. Planta de mozote en condiciones silvestres.	129
Figura 37. Dibujo de la planta, presentando en detalle inflorescencias y frutos.	130
Figura 38. Frutos de mozote, tienen adheridos los frutos.....	131
Figura 39. Plántulas de mozote en vivero.	132
Figura 40. Planta de mora con hojas y flor.....	133
Figura 41. Planta de mora con frutos.....	133
Figura 42. Semilla de mora.	134
Figura 43. Plántulas de mora de 35 días después de germinación.	135
Figura 44. Planta de malacate con frutos.....	136
Figura 45. Planta de malacate con flores.....	136
Figura 46. Dibujo de planta de malacate, presentando flores y frutos.	137
Figura 47. Secuencia de obtención de semilla malacate.	138
Figura 48. Planta de arrayan en estado silvestre.....	140
Figura 49. Aquenio de arrayan con vilano.	141
Figura 50. Dibujo de infrutescencia de arrayán.....	141
Figura 51. Secuencia de obtención de semilla de arrayan.	142
Figura 52. Planta de chicajol con flores y frutos.	145
Figura 53. Descripción del proceso de obtención de semilla de chicajol.....	147

RESUMEN

La restauración ecológica es un proceso a largo plazo que puede asegurar la recuperación de ecosistemas deteriorados. Por lo que los trabajos iniciales que se realicen deben de hacerse de la mejor manera posible, de aquí que la investigación es básica para tener la menor cantidad de fracasos en el futuro. En este proyecto se dieron los primeros pasos de la investigación necesaria para establecer un plan de restauración ecológica. El objetivo fue desarrollar bases iniciales de un proceso de restauración ecológica que a la vez permita la generación de tecnología para la recuperación de ecosistemas en bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en la parte alta de San Marcos. Esto se logró por medio de caracterizar y evaluar las condiciones ecológicas para un proceso de restauración de ecosistemas en bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en el departamento de San Marcos; Valorar el uso de las plantas nodrizas como facilitadoras en el proceso de restauración ecológica; Determinar e implementar actividades iniciales de restauración ecológica alrededor de tres bosques de pinabete; Determinar e implementar actividades iniciales de restauración ecológica en el cerro Cotzic en porciones carentes de vegetación; Generar información a partir de lotes de siembra de pinabete de años anteriores; y Compartir con las comunidades locales los resultados obtenidos y definir el plan de monitoreo y evaluación del proceso de restauración ecológica en las áreas bajo intervención. Las áreas estudiadas muestran la necesidad de establecer procesos de restauración ecológica acordes al seguimiento de la sucesión ecológica, contienen aún una riqueza de especies vegetales y el potencial de plantas arbustivas que funcionan como nodrizas. La captación y lenta liberación de agua de estas áreas es uno de los motivos principales para recuperarlos, donde los musgos muestran que son capaces de contener altas cantidades de agua y liberarla a baja velocidad. También las poblaciones de cuerpos fructíferos de hongos muestran que hay una red de micorrizas de importancia en la nutrición vegetal. La restauración debe ir encaminada a superar las principales limitantes que son: a) los factores climáticos especialmente la presencia de heladas en la época seca, para lo cual la propuesta del uso de plantas nodrizas puede ayudar; b) las condiciones químicas del suelo que muestran que hay que realizar planes de manejo de la fertilización orgánica y química en el futuro; c) las cadenas tróficas donde interviene la fauna, deben enriquecerse para buscar un mejor equilibrio, porque se observa pocos polinizadores y el aumento de algunas poblaciones plaga como las taltuzas. Se avanzó en el conocimiento de las plantas nodrizas en cuanto a su fenología, conocimiento de la biología floral, obtención de semilla y germinación, que pone a disposición la información para que puedan reproducirse en vivero y utilizarse en siembras de campo. En relación al establecimiento de lotes de pinabete en el campo, el porcentaje de prendimiento después de un año es en promedio del 78%, lo que demuestra que cuando se establece con plantas nodrizas el proceso se puede facilitar, no se encontró un patrón adecuado de qué plantas nodrizas y las condiciones micro ambientales que se puedan utilizar como una guía en el establecimiento, por lo que en la práctica lo que debe buscarse es la mayor protección en los primeros años. En el caso del cerro Cotzic, la técnica de nucleación está dando buenos resultados para recuperación de áreas abiertas, sin embargo, este cerro presenta micro ambientes, de tal forma que en los próximos años se deberá fomentar más parcelas en la parte donde mejor éxito ha tenido. De las especies arbustivas, el arrayán es el que mejor

ha funcionado, por lo que se debe hacer mayor esfuerzo para buscar la forma de que otras especies arbustivas también estén presentes, se propone que sea a partir de su reproducción por semilla, mantenimiento en vivero y luego trasplantarlas. En el seguimiento de los lotes de pinabete establecidos con plantas nodrizas en 2010, se verificó que el porcentaje de prendimiento es relativamente alto y se pudo generar información de costos de los primeros cuatro años que servirán de base para establecer la rentabilidad a partir del sexto y séptimo año. Los talleres comunales permitieron tener la información básica para generar como producto un plan de seguimiento y monitoreo para cada área intervenida, donde cada uno de los grupos de comunidades involucradas se ha comprometido con metas y responsabilidades.

SUMMARY

Ecological restoration is a long term process that can ensure the recovery of damaged ecosystems. As the initial work carried out must be done in the best possible way, hence research is essential to have the fewest failures in the future. This project took the first steps of the research necessary to establish an ecological restoration plan. The objective was to characterize and evaluate the ecological conditions for a restoration of forest ecosystems fir (*Abies guatemalensis* Rehder) in the department of San Marcos; Evaluate the use of nurse plants as facilitators in the process of ecological restoration; Determine and implement initial ecological restoration activities around three forests of fir; Determine and implement initial ecological restoration activities in the Cotzic hill in underserved portions of vegetation; Generate information from lots of planting fir previous years; and share with the local communities the results and define the monitoring plan and process evaluation of ecological restoration in areas under intervention. The studied areas show the need for ecological restoration processes consistent monitoring of ecological succession, these areas still contain a wealth of plant species and the potential of woody plants that work as nurses. The uptake and slow release of water from these areas is one of the main reasons for recover, where mosses are able show that contain high amounts of water and release it at low speed. Also stocks fruiting bodies of fungi show that a significant network of mycorrhizae in plant nutrition. The restoration should seek to overcome the main limitations are: a) climatic factors in particular the presence of frost in the dry season, for which the proposed use of nurse plants can help; b) chemical conditions that show to be performed plans organic and chemical fertilizer in the future; c) food chains where wildlife is involved, must be enriched to find a better balance, because few pollinators and increased pest populations as some gophers observed. Progress was made in the understanding of the nurse plants in their phenology, knowledge of the floral biology, seed collection and germination, which provides information in order to reproduce it in the nursery and used in field plantings. Establishing relative fir lots in the field, the percentage of surviving after one year is 78% on average, which shows that when set to nurse plants can facilitate the process, not a suitable pattern found why nurse plants and micro environmental conditions that can be used as a guide in setting, so in practice to be pursued is the best protection in the early years. In the case of the hill Cotzic, technical nucleation is proving successful recovery of open areas; however, this hill has micro environments, so that in the coming years should encourage more plots in the part where best success had. Of shrub species, arrayán is what has worked best, so you should make more effort to find ways that other shrub species are also present, it is proposed that from its reproduction by seed, maintenance nursery and then transplant them. At follow-up of lots of nurse plants established in 2010, we found that the percentage of “prendimiento” is relatively high and can generate cost information of the first four years as a basis for establishing the profitability from the sixth and seventh year. The communal workshops allowed the basic information that produced as a result monitoring plan and tracking for each intervention area, where each community involved is committed to goals and responsibilities.

PARTE I

I.1 INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es un tema relativamente nuevo, que ha tomado auge por el deterioro que presentan actualmente los ecosistemas. Por medio de la intervención del ser humano se ha procurado, con criterios ecológicos restablecer la estructura y función del ecosistema, tomando como base un ecosistema de referencia. La restauración ecológica es acción, no teoría y descansa en la participación comunitaria, sin la cual es casi imposible llevarla a cabo. Supone un trabajo a largo plazo, en donde las primeras acciones son de primordial importancia para los resultados que se van a tener años más tarde.

En el país hasta el año 2012 ha empezado a tomar mayor importancia el tema, y partir de la propuesta del desafío de Bonn, se está trabajando en la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal, con lo que se espera que tanto la voluntad política como la aplicación de las políticas públicas existentes relacionadas con el tema y otras que se puedan desarrollar, contribuyan en por lo menos a restaurar 1.9 millones de ha al año 2020. Otros países de América Latina como Colombia, Brasil y Chile también han avanzado bastante en el tema.

Para Guatemala, se cuenta con pocas experiencias de campo y solo se pueden mencionar algunas como el caso en Manglares donde se están llevando algunas experiencias como extensión del trabajo realizado en Chiapas, México, en los Cuchumatanes con ACODIHUE, y recientemente en el volcán Tacana con HELVETAS. En la parte alta de San Marcos en pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), algunos agricultores progresistas, con el objetivo de manejar estas especies como árbol de navidad, tienen experiencias de establecimiento utilizando criterios ecológicos. El proyecto FODECYT 055-2009 realizado entre 2009 a 2011 en esta área, sistematizó esas experiencias y proporcionó conocimiento sobre sucesión ecológica de 10 localidades de Ixchiguan, Tacana, San José Ojetenam, Sibinal y San Marcos, alrededor de parches de bosque de pinabete.

Sabiendo que el pinabete es una especie endémica para Guatemala y que a la vez está protegida, el mejoramiento y conservación de sus bosques es importante para preservarla. En San Marcos crece en alturas de 2700 a 3500 msnm y actualmente se presenta como parches de bosques, donde más del 25% de tiene una extensión de 1 a 10 hectáreas. Ahora los bosques son cuidados y han disminuido las presiones que provocaron su pérdida, permitiendo que a sus alrededores se lleve a cabo la sucesión ecológica, que puede utilizarse en el proceso de restauración ecológica.

Así mismo, en Ixchigüan está ubicado el cerro Cotzic que actualmente carece de vegetación arbórea en casi toda su extensión, a pesar de los esfuerzos, la reforestación ha fracasado, porque se pretende establecer árboles sin que estén las condiciones ecológicas adecuadas para proteger a los individuos de las heladas en sus primeros años, por lo que en esta área es posible iniciar un proceso de restauración ecológica a partir de un ecosistema totalmente deteriorado que contemple primero la recuperación del suelo, el establecimiento de arbustos y en los años siguientes árboles.

Dentro de las actividades iniciales de una restauración ecológica se encuentran la de conocer y valorar el uso de las especies que pueden servir como nodrizas, y por lo tanto en este proyecto se prestó importancia a este aspecto, que es clave para el establecimiento de

los árboles. En el proceso de restauración ecológica es muy importante el seguimiento y monitoreo que va desde el inicio de la intervención, y que es mucho más importante cuando ya no hay proyecto, para que las mismas comunidades tengan una orientación de lo que sigue, por lo que se está dejando un plan de monitoreo y seguimiento para las áreas intervenidas.

El objetivo general de esta investigación fue desarrollar las bases iniciales de un proceso de restauración ecológica que a la vez permita la generación de tecnología para la recuperación de ecosistemas en bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en la parte alta de San Marcos.

Con esta investigación se ha generado información de base que permite demostrar que para recuperar áreas de bosques, la reforestación convencional no es suficiente y que el trabajo debe ser de manera integral.

En la parte alta de San Marcos hay organización de varias comunidades que tienen relación con los bosques de pinabete, producto del trabajo realizado por organizaciones no gubernamentales y las municipalidades. Esto permite que el trabajo sea más efectivo al facilitar la integración de las comunidades locales en este tipo de proyectos. Pero más importante, que no es una actividad puramente de conservación, sino que las actividades se combinarán, para que parte del trabajo de restauración sirva de base para que en el futuro se pueda hacer uso de los instrumentos financieros existentes que incentiven la restauración.

I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.2.1 Antecedentes en Guatemala

I.2.1.1 Experiencias de restauración ecológica

La restauración ecológica es una disciplina nueva que tiene aproximadamente 30 años de haberse iniciado con experimentación sistemática, es así que muchos de los ejemplos que se presentan, corresponden a las fases iniciales del trabajo que se está realizando.

Clewell y Aronson (2007) presentan algunos ejemplos de trabajos de restauración ecológica que se están realizando en varios países y que de acuerdo al objetivo que persiguen, muestran la utilidad de tener un ecosistema de referencia, la participación comunitaria y la utilidad del mejoramiento de las funciones de los ecosistemas estudiados, a continuación se mencionan seis de ellos:

a) Restauración de vegetación desertificada en New South Wales, Australia en donde el paisaje es dominado por bandas de vegetación, donde arbustos y zonas de pastos son separados por suelo desnudo;

b) La Restauración de paisajes culturales en el centro de Chile consiste en trabajos que se vienen realizando desde los años 70 y que tienen como objetivo la conservación del ecosistema antropogénico de espinales que se formó como respuesta al manejo de pastoreo y cultivo que se produjo en la época de la conquista española, estas son áreas dominadas por el arbusto *Acacia caven*;

c) Restauración de praderas húmedas en Mississippi, USA. Se trata de tierras bajas en la costa noreste del Golfo de México cuyo ecosistema natural son praderas dominadas por pastos, entremezclados con hierbas, también crecen en forma esparcida árboles hidrófitos como *Taxodium ascendens*;

d) Restauración de Sabanas en el Sur África. Se trata de un área adyacente al Parque Nacional Krugen en Sur África que por mucho tiempo ha sido sometida a la degradación por el ser humano, provocado por una extracción insostenible de recursos naturales, aunado a la carencia de servicios tales como provisión de agua, salud, electricidad y otra infraestructura básica, formando un círculo vicioso;

e) Restauración de bosques y bienestar de las personas en el sureste de la India. El ejemplo corresponde al estado de Tamil Nadu, donde una baja proporción del área es cubierta por bosque, debido a presiones antropogénicas que incluyen el pastoreo, incendios forestales, extracción ilícita de madera, cosecha de leña, forraje y árboles pequeños, todo lo cual ha provocado una tremenda degradación;

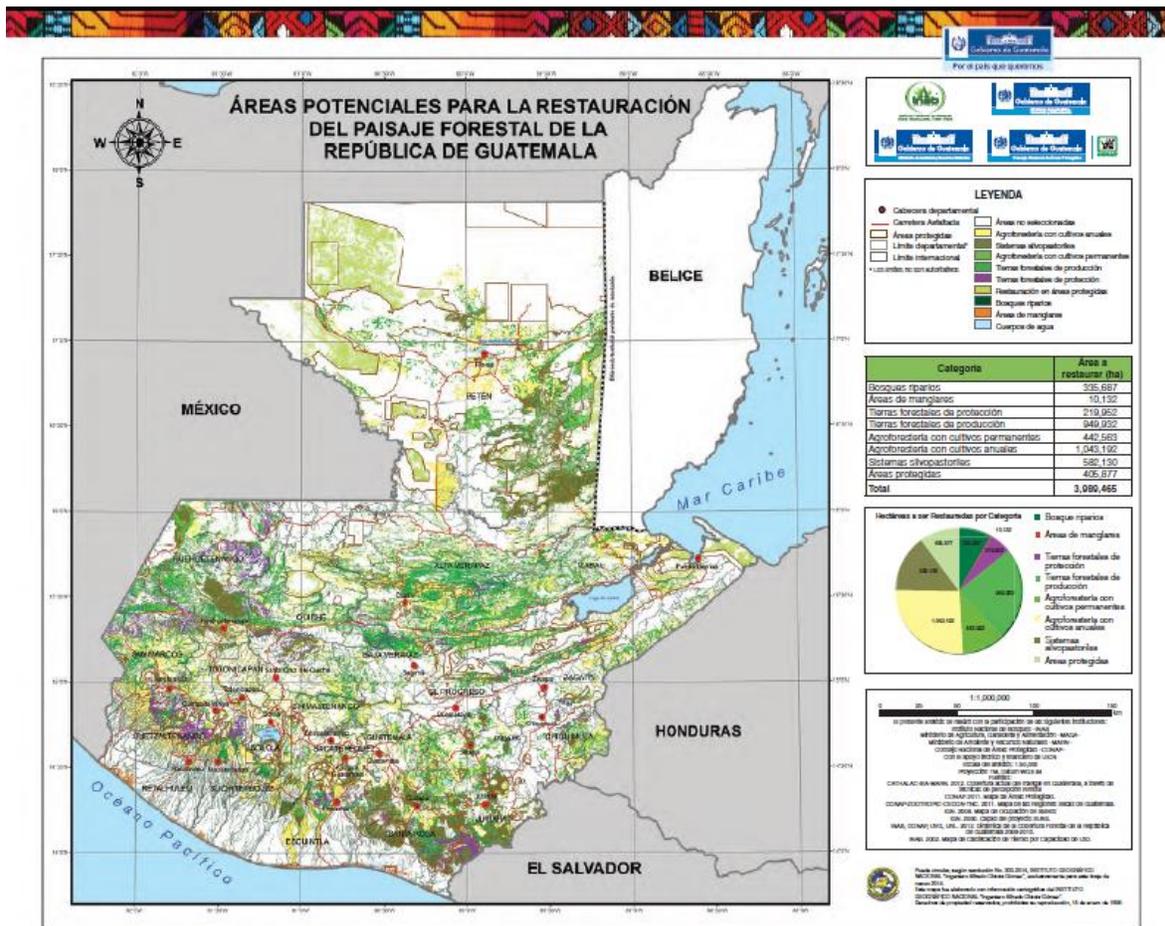
f) Restauración de turberas drenadas para uso sustentable en Alemania, este ejemplo corresponde a las tierras bajas del norte de Alemania que es un área extensiva de turberas. Las especies principales son el junco *Carex* spp. y musgo rojo *Hypnidae* que son conocidas como turberas de percolación porque estas hidratan principalmente los campos laterales.

En Guatemala se tienen pocos ejemplos de trabajos de restauración ecológica, hay algunos como los de Reyes y Tovilla (2002) que se han puesto en práctica en los manglares de Retalhuleu, pero no se tiene información formal de las actividades realizadas, sin embargo, con base en una presentación realizada, se puede notar que se está avanzando con el establecimiento de áreas con *Rhizophora mangle*.

En San Marcos Martínez (2011), estudio la sucesión secundaria de las áreas alrededor de los parches de bosque de pinabete, mostrando con este estudio la importancia que tiene los estadios intermedios donde crecen las especies arbustivas que sirven como nodrizas identificando entre ellas a *Baccharis vaccinioides*, *Acaena elongata*, *Stevia polycephala*, *Buddleia magalocephala*, *Symphoricarpos microphyllus*. Además se sistematizó la información de algunas plantaciones de pinabete que se han establecido con criterios ecológicos y que junto con experiencias de campo que se establecieron, están sirviendo de base para poder iniciar un proceso de restauración ecológica en el área.

Para el año 2014 en Guatemala se ha estado elaborando la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal, como pasos de esto se ha preparado un mapa de potencialidades que se presenta en la Figura 1 y además se elaborado el la visión, misión, objetivos y ejes estratégicos de la estrategia. Todo esto servirá para la consecución de fondos que actualmente se están promoviendo por medio del denominado “Desafío de Bonn”, que es una iniciativa que pretende apoyar económicamente a los países en vías de desarrollo para la restauración del paisaje forestal.

Figura 1. Figura. Mapa de potencialidades de Restauración de la República de Guatemala.



Fuente: Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2014.

1.2.1.2 La restauración ecológica y conceptos relacionados

La restauración ecológica implica, ayudar a la sucesión, a través de la siembra de especies que ayuden en el proceso (Arriaga, 1994). De esta manera Rondón y Vidal (2005) recomiendan que antes de la selección de especies a utilizar en la restauración ecológica, se deba intentar la facilitación del desarrollo de la sucesión vegetal como forma inicial de revegetación en sitios perturbados y emplear la siembra y plantación como métodos secundarios. Las especies a utilizar deben provenir de un diagnóstico de campo, estar fundamentadas en los atributos protectores de las plantas, con características ecológicas de acuerdo al grado de la restauración donde se utilizaran y con un conocimiento de su biología reproductiva. Lo importante es tener indicadores que puedan medir el éxito de esas intervenciones (Doren; *et al.*, 2009).

En la restauración a veces en lugar de siembras se puede hacer uso de la regeneración natural de las especies nativas, para esto se debe tener un conocimiento sobre los principios demográficos y de los factores causales que limitan el reclutamiento para utilizarlos como una clave importante (Jordano; *et al.*, 2002). El conocimiento de la sucesión vegetal es importante, así Bossuyt y Honnay (2008) al hacer una revisión de los

bancos de semilla en el suelo durante ocho años en comunidades vegetales de Europa, muestra que en áreas que se están recuperando hay dominancia de especies de estadios sucesionales tempranos como el caso de *Juncus* spp. que facilitan el restablecimiento de comunidades vegetales objetivo, sin embargo es necesario que lo antes posible se empiece a repoblar con especies de la sucesión tardía, lo cual se basa principalmente en la dispersión de semillas y no en la germinación *in situ*, por lo tanto es importante que cercano a las áreas de restauración existan arboles semilleros.

Uno de los temas que se discuten en relación a la restauración ecológica, es su objetivo de alcanzar un ecosistema lo más cercano en estructura y función al ecosistema original (Márquez-Huitzil, 2005). Cortina; *et al.* (2006) y Maestre, Cortina y Vallejo (2006), muestran que existe una relación directa entre la estructura y función del ecosistema y las labores de restauración, sin embargo el cambio climático global, hace que el efecto predictivo de la sucesión en un proceso de restauración ecológica se pueda convertir hasta cierto punto en incierto, de tal manera que lo más adecuado es tener previstos varios escenarios de las rutas sucesionales que pueda tomar el proceso (Choi; *et al.*, 2008).

El concepto de restauración ha sido ampliado al nivel de paisaje, y operativizado en concepto de Restauración del Paisaje Forestal (RPF) que de acuerdo con Maginnis y Jackson (2002), es “*un proceso planificado que pretende recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes forestales que han sido deforestados o degradados*”.

El objetivo de la RPF no es recrear el pasado sino más bien mantener abiertas las opciones futuras, tanto para el bienestar humano como para la funcionalidad del ecosistema. Un eje fundamental de la RPF es la adaptabilidad, y por extensión, el manejo adaptativo. Además del conocimiento ecológico para la intervención, la RPF toma en consideración las políticas públicas y el ordenamiento territorial.

Para el éxito de una restauración ecológica se debe considerar que se van tener costos para asegurar el establecimiento de las especies. Por lo tanto es necesario tener un adecuado conocimiento biológico de las especies nativas, potencialmente útiles en el proceso de restauración, así como de su comportamiento ecológico en ambientes degradados. También se deben elaborar programas de obtención de semilla, almacenamiento, propagación, vivero, que aseguren aumentar la sobrevivencia al momento del trasplante (Márquez-Huitzil, 2005). Además la restauración ecológica se puede ver como una oportunidad de venta de servicios ambientales (Palmer y Filoso, 2009).

I.2.1.3 Las plantas nodrizas como facilitadoras

En la regeneración natural de los bosques el papel de algunas especies es muy importante para el establecimiento y desarrollo de otras especies que sucederán a estas y además sirven de ambiente favorable para la fauna (Padilla, 2008). Estas especies son conocidas como plantas nodriza por el papel que cumplen al cuidar de las especies arbóreas durante sus primeras fases. Una planta nodriza ofrece protección a sus plántulas o a las de otras especies de alta radiación, nutrientes, humedad y herbívoría (Gutiérrez, 2001).

El fenómeno del nodricismo ha sido observado en muchas partes del mundo y en diferentes ambientes, sin embargo las causas de este proceso no han sido estudiadas a profundidad y más bien van quedando como experiencias locales. Cornejo-Tenorio; *et al.*

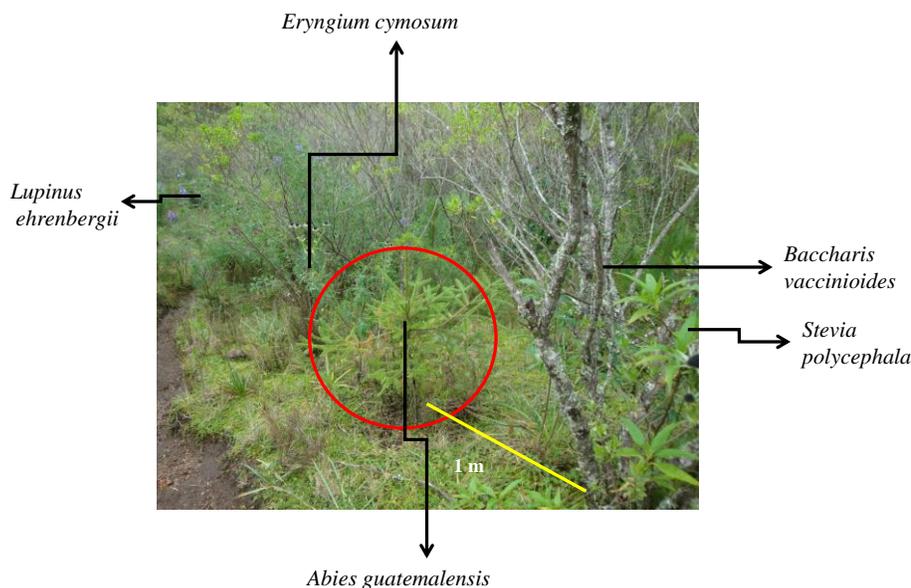
(2003) en un estudio florístico de la reserva de la Mariposa Monarca en Michoacan, México encontraron que el matorral de *Baccharis heterophylla* sirve como un estadio sucesional previo al desarrollo de *Abies religiosa* ya que se ha encontrado regeneración natural de esta última especie en áreas contiguas a relictos de bosque de *Abies*.

De igual manera Ramírez-Marcial; *et al.* (1996) estudiaron el establecimiento natural de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. bajo matorrales de *Baccharis vaccinioides* en los altos de Chiapas, México, encontrando que la mayor parte de plantas que sobrevivieron se habían establecido a menos de un metro del tronco del arbusto, así mismo un factor importante para la sobrevivencia de las plantas arbóreas fue la exclusión del pastoreo.

En un estudio de ambiente desértico en Perú con especies de cactáceas, para enfatizar el papel de las especies nodrizas, se realizó un análisis estadístico utilizando un modelo de regresión logística binaria, tomando variables de factores ambientales de tipos de suelo y niveles de luz, notando que hubo una respuesta significativa a la cantidad de sombra bajo la cual las plántulas crecían y no encontraron respuesta a la cantidad de materia orgánica en el suelo (Castro; *et al.*, 2006).

En la parte alta de San Marcos Martínez (2011) encontró que hay varias especies que tienen valor como nodriza y que hay que profundizar más en el estudio del efecto del microambiente que proporciona la planta nodriza principal y otras que crecen alrededor (Ver Figura 2).

Figura 2. Planta de pinabete (*Abies guatemalensis*) y el efecto nodriza de varias especies.



Fuente: Proyecto FODECYT 055-2009.

Aparte de esto, especies nodrizas como el caso del género *Baccharis* tienen importancia en medicina natural por su contenido de flavonoides y diterpenoides (Abad; Bermejo, 2007).

I.2.1.4 Estado actual del pinabete en Guatemala

A. Distribución geográfica

El pinabete *Abies guatemalensis* Rehder en Guatemala crece en las partes altas de 2700 a 3500 msnm. Muchos de sus bosques naturales han sido disminuidos y se presenta en parches de bosques aislados porque en el pasado han tenido mucho deterioro, pero ahora persisten a la deforestación ya que actualmente es una especie protegida (CONAP, 2006). El género *Abies* es un taxa predominantemente de bosques boreales con algunos casos hacia los bosques subtropicales. La distribución actual del género *Abies* en México y Guatemala es producto de los periodos interglaciares que se presentaron en el Pleistoceno y su distribución más hacia el sur llega hasta el norte de Honduras (Jaramillo-Correa; *et al.*, 2008).

En el sur de México se reconoce a *A. religiosa*, especie muy emparentada con *A. guatemalensis* la cual es reconocida por quienes sugieren que los *Abies* mesoamericanos comparten a un antepasado común reciente y que sus divergencias y especiación son impulsadas principalmente por deriva genética y aislamiento durante los periodos interglaciares cálidos. En un estudio morfo genético reciente de Strandby; *et al.* (2009) consideran la existencia del complejo *A. religiosa-A. hickeli-A. guatemalensis*, y dentro de este *A. guatemalensis* como una sub especie de *A. religiosa*.

Para 1999 se calculó que el área con bosque de pinabete en Guatemala ocupaba una extensión de 25,255 hectáreas (ha), ubicado en forma fragmentada. Está distribuido en más de 60 bosques, el 80% con menos de 100 ha y el 55% no alcanza las 25 ha. El área de distribución original de pinabete (su nicho fundamental) según estas estimaciones, era de 558, 858 ha (INAB-CONAP, 1999).

Para 2008, se determinó que hay 26,581.27 ha de bosque natural de Pinabete (1326.27 ha más que las reportadas en 1999), ubicados en los departamentos de San Marcos (con 41 bosques y 1,791.39 ha), Quetzaltenango (21 bosques y 2,060.62 ha, Totonicapán (5 bosques y 17,337.50 ha), Huehuetenango (25 bosques y 4,537.73 ha), Quiché (1 localidad y 498 ha), Jalapa (1 localidad y 31.25 ha) y Sierra de las Minas (con una extensión de 1,291.80 ha). El total de bosques es de 95, que están ubicados en áreas municipales, comunales, particulares y parcialidades (CONAP, 2008).

Tomando en cuenta el área de distribución original reportada en 1999, se puede indicar que actualmente hay menos del 10% de esa área y los bosques de pinabete se encuentran en parches de tamaño variable, el 26% de 1 a 10 ha, el 61% con bosques menores a 50 ha, y sólo el bosque comunal y de parcialidades de Totonicapán es el más grande con un área de 15,586 ha.

Uno de los problemas del aislamiento de los parches de pinabete es en cuanto a su variación genética, ya que se ha encontrado que existe una baja diversidad dentro de cada porción de bosque, aunque esta variabilidad sigue siendo alta entre poblaciones, pero que muchas veces no alcanzan a entrecruzarse por la distancia entre parches (Aguirre-Planter; Furnier; Eguiarte, 2000; Jaramillo-Correa; *et al.*, 2008).

B. La presión sobre el pinabete

Para su protección se han tomado algunas acciones a favor de sus poblaciones naturales, entre ellas la inclusión en la lista del Apéndice I del CITES desde 1979 y por otra parte regulaciones en la Ley Forestal (artículos 34 y 99) y en la ley de Áreas Protegidas (INAB, 1977; CONAP-INAB, 1999). Así mismo está en ejecución la estrategia nacional para la conservación y protección del pinabete (INAB, 1977) que se ha creado para el logro de cinco objetivos principales que son: a) Conocimiento del estado actual de los bosques de pinabete a nivel nacional; b) Establecimiento de un sistema de áreas protegidas que garanticen con el tiempo la permanencia de los ecosistemas de pinabete; c) Establecimiento de los mecanismos que permitan el manejo forestal sostenible de las áreas naturales de pinabete; d) Certificación de bosques naturales y plantaciones de pinabete; y e) Establecimiento de normas y mecanismos que permitan y faciliten el proceso de certificación de plantaciones de pinabete.

La influencia del ser humano definitivamente es la principal causa de la pérdida y deterioro de estos bosques a través de las siguientes acciones: a) Pastoreo en el sotobosque y alrededores; b) El desramado especialmente en la época navideña; c) Cambios en el uso del suelo; d) Extracción de madera.

C. Ecología de pinabete

Las condiciones ambientales en las que se desarrolla el pinabete en Guatemala, están restringidas a las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical, Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical y Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical en alturas de 2700 a 3500 msnm. En algunos casos se reporta creciendo hasta los 2600 msnm pero posiblemente se trata de plantaciones (CONAP, 1999).

Las investigaciones sobre la ecología de pinabete son reducidas en número en el país, de estos se puede mencionar el de González (1979) que llevó a cabo una caracterización ecológica de las comunidades de pinabete en Guatemala. De sus conclusiones se puede mencionar como relevante, que el pinabete es un componente limitado a pequeñas áreas altas (2,800 a 3,500 m de altitud) de Totonicapán, Huehuetenango, San Marcos, Sololá y Quetzaltenango en el occidente y a la parte alta de Jalapa en el oriente, generalmente son rodales pequeños rodeados de otras especies forestales. La mayoría de comunidades encontradas presentan una orientación de la pendiente hacia el Noreste, Norte y Noroeste.

Los suelos tienen un alto contenido de arena, con textura franco a franco arenoso y arena franca. El pH del suelo es de 4.9 a 7.1. Todas las comunidades estudiadas muestran baja diversidad vegetal, como máximo se encuentra asociado con ocho especies forestales. Las principales especies forestales asociadas son: *Pinus ayacahuite*, *Cupressus lusitanica*, *Pinus montezumae* var. *rudis*, *Arbutus xalapensis*, *Prunus brachybotrya*, *Alnus* sp. *Litsea glaucescens* y *Quercus* sp. Se asocia con un máximo de cinco especies arbustivas que son: *Cestrum guatemalensis*, *Senecio* sp. *Ceanothus coeruleus*, *Monnina xalapensis* y *Rubus trilobus*. Además, se asocia con un máximo de 33 especies herbáceas, de estas las más importantes son: *Salvia cinnabarina*, *Bidens ostruthioides*, *Alchemilla pectigata*, *Acaena enlongata*, *Adiantum endicola*, *Fuchsia splendens* y musgos. Un estudio reciente para la parte

alta de San Marcos tiene información de la vegetación a través de los estadios sucesionales alrededor de estos bosques, coincidiendo con la vegetación mencionada (Martínez, 2011).

E. Contexto socioeconómico de los bosques de pinabete

Es importante conocer las condiciones de propiedad de los bosques de pinabete para definir la factibilidad para la restauración. De la información disponible actualmente se tiene que hay 95 bosques de los cuales 28 son particulares (posiblemente de esta categoría hay más ya que en la información algunos están constituidos por varios propietarios), 42 comunales, 23 municipales, 1 municipal y parcialidades y 1 en Área protegida. Esto deberá considerarse pues es necesario hacer alguna diferenciación en la estrategia de restauración ecológica.

Los bosques de pinabete están muy fuertemente asociados con los pueblos indígenas que viven en sus cercanías. Las principales etnias asociadas a estos bosques son la Quiché y Mam, La presencia de 42 bosques comunales de pinabete son muestra de la identificación de la población con la utilización y conservación de esta especie. El mejor ejemplo es el bosque municipal y parcialidades de Totonicapán que se ha mantenido en condiciones adecuadas por la reglamentación y conducta de los pobladores locales (Elías, 1997). En Tacana y San José Ojetanam en San Marcos, las comunidades a través de su comportamiento tradicional han desarrollado sus normas consuetudinarias para el bosque comunal Las Ventanas que ha permitido la conservación y manejo del mismo (UICN, 2009).

Los bosques de pinabete en su mayoría se encuentran ubicados en las partes altas de la porción occidental y noroccidental de Guatemala, donde se registran los niveles más altos de natalidad, analfabetismo y pobreza. Por lo que el bosque debe verse desde la perspectiva de conservación, pero a la vez de prestación de servicios a la población. Año con año se producen extracciones ilegales de ramilla, que llevan por un lado problemas en la conservación y mantenimiento del pinabete y por otro exponen a las personas a caer en ilegalidades.

Además el uso de leña como combustible tiene un alto porcentaje en estas áreas y parte de los servicios ambientales del bosque es tener especies arbustivas que sirvan como combustible, de tal forma que disminuya la presión sobre el bosque.

Actualmente la mayoría de bosques de pinabete son protegidos por sus dueños, municipalidades y comunidades. En una evaluación realizada por Martínez (2011), los pobladores locales reconocen el daño que se ha hecho a los bosques de pinabete y su disponibilidad a mantenerlos y mejorarlos.

En este sentido Andersen; *et al.* (2008) hacen un análisis de cómo a través de plantaciones, que surtan tanto de árboles como de ramas para la época de navidad se puede conservar esta especie y a la vez generar ingresos para los pobladores locales.

Para el año 2007 habían 76 plantaciones de pinabete distribuidas en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Huehuetenango, Sololá, El Quiché y Chimaltenango, con un área total de 87.21 ha. Estas áreas poseen un potencial de

aprovechamiento y producción de ramilla de 10,232 m³, equivalente a 687,590 docenas de ramilla, a un costo en el mercado de Q 17,189,760.00 (CONAP, 2008).

En una plantación estudiada por Osorio et al. (2011) se muestra que para el establecimiento de una ha durante 10 años el costo es de 206,827 quetzales, en donde la inversión más alta es en el primer año. Pero luego a partir del octavo año se empieza a obtener beneficio de la venta de árboles y coronas, cuya rentabilidad es cercana al 40% y en los siguientes años va en forma ascendente.

Las actividades de restauración ecológica en pinabete pueden ir acompañadas con doble propósito, conservación y aprovechamiento, tal como lo están demostrando varios agricultores en la parte alta de San Marcos (Martínez, 2011).

I.2.2 Justificación del trabajo de investigación

La restauración ecológica es una necesidad por las condiciones de deterioro que muchos ecosistemas tienen, pero para convencer en los niveles de decisión se deben tener datos concretos, parte de esta información se obtendrá con este proyecto.

El trabajo de restauración ecológica en el área de influencia de crecimiento natural de pinabete (*Abies guatemalensis*), ya tiene algunos antecedentes del inicio de procesos de restauración por algunos agricultores, además por medio de los resultados de una investigación reciente se cuenta con información de la sucesión secundaria, que es útil para el presente estudio.

El pinabete es una especie endémica incluida en la lista CITES que necesita ser protegida, sin embargo, aún se produce extracción ilegal por su uso en época navideña. De tal forma que a través de la restauración se puede permitir que haya plantaciones para aprovechamiento sostenible, a la vez para la conservación.

La parte alta de San Marcos ofrece condiciones para la realización de este tipo de investigación, ya que el trabajo desarrollado por varias organizaciones e instituciones permite ahora contar con organizaciones de base que fácilmente puede participar en el proyecto pues están conscientes de la necesidad de recuperar, mantener y mejorar sus ecosistemas.

Los trabajos de investigación en restauración ecológica pueden servir para darle un nuevo enfoque a la reforestación tradicional, ya que se realiza mucha inversión monetaria año con año y no se ha tenido resultados satisfactorios.

I.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

I.3.1 Objetivo General

Desarrollar bases iniciales de un proceso de restauración ecológica que a la vez permita la generación de tecnología para la recuperación de ecosistemas en bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en la parte alta de San Marcos.

I.3.2 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar y evaluar las condiciones ecológicas para un proceso de restauración de ecosistemas en bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en el departamento de San Marcos.
- b) Valorar el uso de las plantas nodrizas como facilitadoras en el proceso de restauración ecológica.
- c) Determinar e implementar actividades iniciales de restauración ecológica alrededor de al menos tres bosques de pinabete.
- d) Determinar e implementar actividades iniciales de restauración ecológica en el cerro Cotzic en porciones carentes de vegetación.
- e) Generar información a partir de lotes de siembra de pinabete de años anteriores.
- f) Compartir con las comunidades locales los resultados obtenidos y definir el plan de monitoreo y evaluación del proceso de restauración ecológica en las áreas bajo intervención.

I.3.3 Hipótesis

El conocimiento de las especies arbustivas y labores para iniciar la restauración ecológica alrededor de parches de bosque de pinabete y el cerro Cotzic, contribuye para recuperar áreas boscosas.

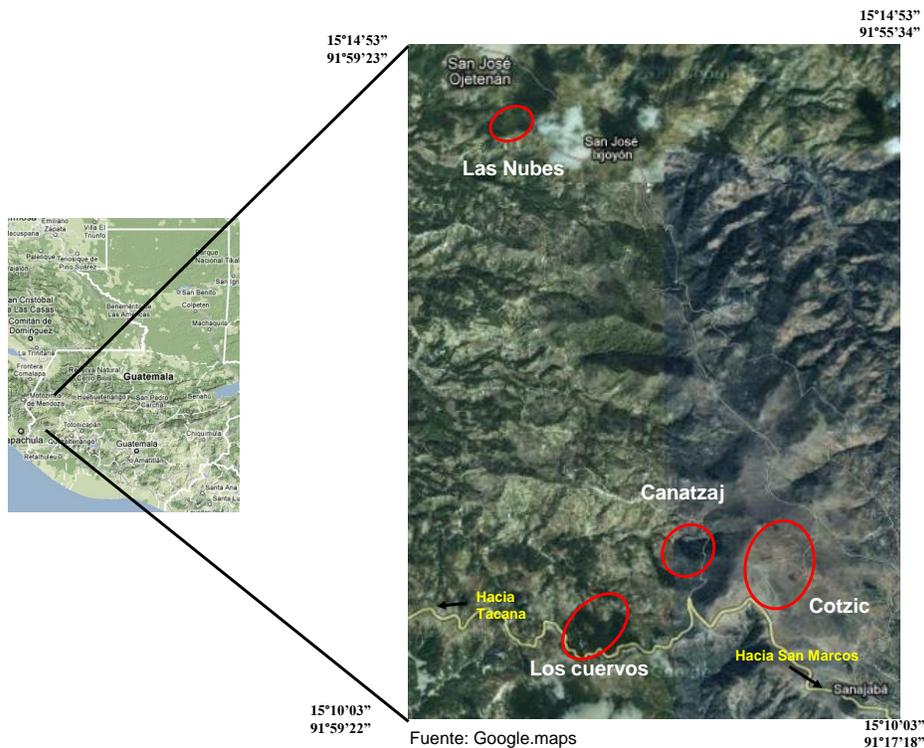
I.4 MATERIALES Y METODOS

I.4.1 Materiales

I.4.1.1 Localización geográfica

El proyecto se desarrolló en la parte alta de San Marcos en altitudes de 2900 a 3400 m de altura, en áreas ubicadas entre 30 a 70 km de distancia de la cabecera departamental de San Marcos, en los siguientes lugares: Ixchigüan (Cerro Cotzic, Bosque Los Cuervos), Tacana (Bosque Canatzaj) y San José Ojetenám (Bosque Las Nubes), ver Figura 3, y áreas con siembras de pinabete de años anteriores a las cuales se les dio seguimiento en este trabajo.

Figura 3. Ubicación del área de estudio, en el lado derecho los círculos en rojo muestran las áreas donde se realizaron las actividades de campo.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En los bosques de los Cuervos, Canatzaj y Las Nubes se realizó el establecimiento de pinabete y otras especies forestales en áreas seleccionadas con criterios de restauración ecológica. Aquí también se realizó el muestreo de suelos para análisis de físico-químico, estudio de musgos y de hongos micorrizicos y los estudios *in situ* y de propagación de plantas nodrizas.

En Cerro Cotzic se realizaron labores de restauración ecológica partiendo de un ecosistema sin cobertura forestal, principalmente se realizó:

- Una obra de recuperación de cárcavas
- Establecimiento de pinabete y otras especies arbóreas en parcelas de nucleación establecidas en 2011.
- Establecimiento de nuevas parcelas de nucleación con siembra de estacas de cuatro especies de plantas nodrizas.

Además de las localidades mencionadas se trabajó en áreas con siembra previa de pinabete (año 2010) ubicadas a lo largo de la planicie alta de San Marcos. Los trabajos comprendieron: a) Seguimiento de prendimiento, y b) Establecimiento de costos de producción.

I.4.2 Método

I.4.2.1 Variables

Este es un estudio exploratorio y de implementación de acciones de restauración ecológica, en el cual hay una diversidad de variables y factores estudiados, que se irán describiendo en la metodología.

I.4.2.2 Para cumplimiento del objetivo específico a)

A. Se estudiaron tres bosques (Los Cuervos, Ixchigüan, Canatzaj, Tacana y Las Nubes, San José Ojetenam) y el cerro Cotzic, Ixchigüan. Para cada uno se elaboró un mapa que muestra el tamaño de la matriz de bosque y las áreas alrededor, con su pendiente y estados sucesionales. De los recorridos realizados durante los dos años del proyecto se realiza una descripción que contribuye a tomar los criterios a seguir en su restauración.

B. Se determinó las especies vegetales presentes en las áreas de estudio, este trabajo se facilitó, ya que consistió únicamente en la comprobación de las especies con base en el estudio realizado por Martínez (2011), previamente en el área.

C. Adicionalmente se realizó recorridos en transectos en las orillas de los bosques, para determinar las especies arbustivas comunes a áreas abiertas y bosques en transición (matriz) y parte interna. Para ello se hizo recorrido en transectos de 100 m de largo y seis de ancho registrando la densidad de cada especie en las tres partes señaladas.

D. En cada una de las áreas se tomaron muestras de suelos de diferentes condiciones donde se está realizando intervención para la restauración, se realizó a dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm) en cada localidad, de la siguiente manera:

- 1 muestra en la parcela de pinabete con nodrizas.
- 1 muestra en la parcela de pinabete con árboles.
- 4 muestra de las parcelas de nodrizas
- 1 muestra por las parcelas de estacas.

En el Cerro Cotzic las muestras de suelo se tomaron en parcelas de nucleación que se establecieron en 2011 y que a 2013 ya cuentan con vegetación arbustiva, especialmente arrayán, estas se contrastan con una muestra tomada en área abierta. Para cada muestra se determinó el pH, conductividad eléctrica, P, Cu, Zn, Fe Mn (en ppm), CIC, Ca, Mg, Na, K (meq/100 g suelo), SB, MO y NT (porcentaje). Para cada caso, la determinación se realizó de acuerdo con la metodología utilizada en laboratorio de suelos.

E. Cuantificación sustancias húmicas. De las muestras de suelos se seleccionaron dos por cada localidad de acuerdo al contenido de materia orgánica presentes. A estos suelos se les realizó un fraccionamiento de la materia orgánica, para determinar, contenido total de carbono, sustancias húmicas y fulvicas. Las extracciones se realizaron de acuerdo a los protocolos correspondientes utilizados en el laboratorio de suelos para este fin.

F. Determinación botánica y estimación de la captación y liberación de agua en musgos

F.1. Recolección de musgos: Se recolectó muestras de musgos de 1 m² cada uno. Las localidades y descripción de las áreas donde se colectó se presentan en el Cuadro 1.

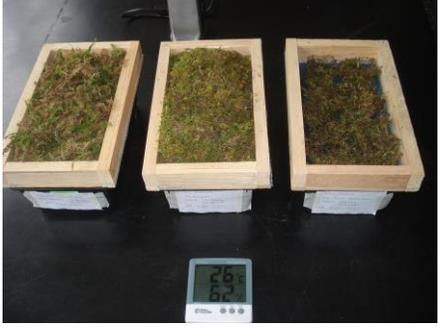
Cuadro 1. Localidades de muestreo de musgos, descripción y fotografía del proceso.

Localidad	Descripción	Fotografía
Bosque Las Nubes, San José Ojetenam.	Muestra de musgos recolectada en orilla de bosque, en un lugar abierto a una altura de 3372 m de altitud, coordenadas 343516 1683004.	
Bosque Canatzaj, Tacaná.	Muestra de musgos recolecta a orillas del bosque a una altura de 3364 m de altitud, coordenadas 343606 1679690.	
Bosque Los Cuervos, Ixchigüan.	Muestra de musgos recolectada dentro del bosque a una altura de 3400 m de altitud, coordenadas 344462 1678158.	

Fuente: Proyecto FODECYT 046.-2012.

Cuadro 2. Descripción del proceso para llevar las muestras de musgos a secado.

Fotografía de los pasos	Descripción
	<p>De los cojines de musgos recolectados se seleccionó aproximadamente 1 m². Se obtuvo un peso inicial previo y luego fueron secados en un horno a una temperatura de 27°C durante tres días.</p>
	<p>Se eliminó de los cojines de musgos materiales como; suelo, hojas muertas, partes de plantas vasculares e invertebrados. Esto se hizo para purificar las muestras y evitar sobrestimar el contenido de agua y que con ello se alterará la capa de las briofitas, por lo tanto la velocidad de evaporación del cojín. Luego se procedió a tomar un peso nuevamente.</p> <p>Al hacer la purificación de las muestras, quedó menor cantidad de material, por lo que para las localidades de Los Cuervos y Canatzaj se obtuvo solo el 25% (0.25 m²) y de Las Nubes el 15% (0.15 m²).</p>
	<p>Con base a la metodología adaptada de Pascale <i>et al.</i> (2012), se procedió a realizar el experimento de captación de agua en cojines de musgos.</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Se depositaron los cojines de musgos sobre cedazos que se colocaron en bandejas plásticas, luego se regaron y se dejaron hidratar por 12 hr, hasta llegar a punto de saturación (cuando empezaban a drenar el exceso de agua). b. Los cojines fueron regados por segunda vez (utilizando atomizadores) y se dejaron gotear por 30 minutos.

	<p>c. Los cojines de musgos fueron pesados en tiempo 0 que representa el peso saturado, luego se dejaban drenar y fueron pesados a las 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72, lo que por diferencia de peso indica la cantidad de agua perdida. La prueba se realizó entre junio y julio 2014.</p> <p>d. Se midieron variables ambientales humedad relativa y temperatura en el laboratorio donde se llevó a cabo el experimento.</p>
---	--

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

F.2 Las muestras fueron llevadas a laboratorio donde se procedió a la determinación botánica con base en las claves existentes y con consultas a especialistas. Los documentos consultados para este caso fueron Buck (1998); Glime (2007) y Gradstein, Churchill y Salazar (2001).

F.3. Determinar cantidad de agua en musgos. Para esto se siguió la metodología presentada en el Cuadro 2.

G. Determinación de hongos micorrizicos. En la última semana del mes de julio se visitaron los Bosques de Los Cuervos y Tacana Canatzaj. Se escogió esta época porque de acuerdo a las observaciones de 2010 y 2013, es cuando mayor diversidad de hongos se puede encontrar.

Para la obtención de muestras de hongos micorrizicos, no se trabajó el bosque Las Nubes debido a que no se obtuvo la colaboración de los comunitarios para el acompañamiento, lo cual es complicado pues cada vez que se entra al bosque hay que ir acompañado de un guarda recursos, para evitar malas interpretaciones.

Se obtuvo varias muestras en el campo las que se documentaron con fotografías, tomadas por el estudiante de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC, Renato Morales, mismas que sirvieron para la determinación y descripción.

La determinación se realizó durante el mes de septiembre por la Licda. Rosa Sunum de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, siguiendo los documentos de Boa (2005) y López, Morales y Ponce (2008) y consulta de la página de internet de Index Fungorum.

H. Sondeo de la fauna silvestre. Para tener una primera aproximación de la fauna de los bosques estudiados, se realizaron transectos dentro de los bosques Los Cuervos y Canatzaj, además se realizaron entrevistas con los guarda recursos de estos bosques. Con la información, se hizo una lista con nombres comunes.

I.4.2.3 Para cumplimiento del objetivo específico b)

A. Caracterización *in situ* de plantas nodrizas

Se caracterizó en campo a las seis especies nodrizas incluidas en este estudio y además se anotó la presencia de otras especies que también sirven de nodriza, así como su vegetación acompañante. Para esto se establecieron parcelas de 10x10m donde se llevó registro de las plantas. Se seleccionaron 10 plantas de cada especie y se les calculó su altura, largo y ancho y se estimó la cobertura.

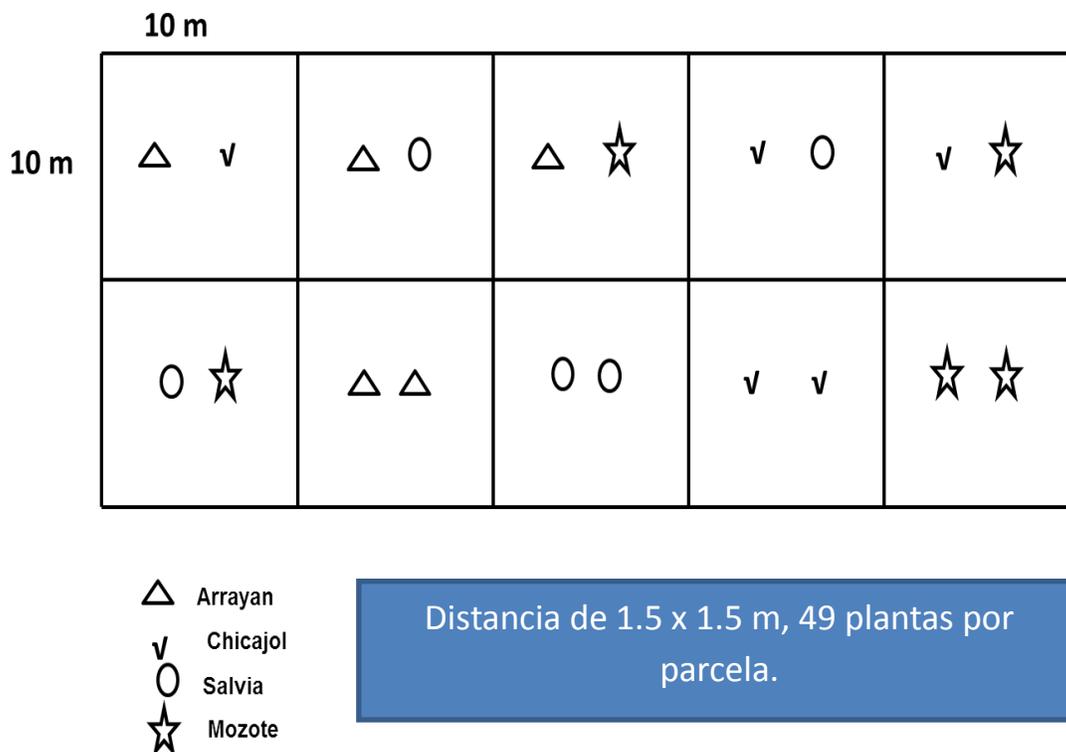
B. Descripción del proceso de obtención de semilla y germinación

Se obtuvo frutos de las seis especies, se realizó varias pruebas para la obtención de la semilla, se describe el proceso que mejor ha resultado. Además se propagaron, obteniendo los porcentajes de germinación y características de las plántulas.

C. Propagación por medio de estacas en el campo

Se establecieron ensayos de siembra de estacas en Los Cuervos y Las Nubes siguiendo el arreglo presentado en la Figura 4. En Canatzaj hubo algunas variantes, ya que los agricultores fueron los que sembraron, por lo que no se siguió este arreglo, sino que se hizo de acuerdo como los agricultores sugirieron, incluso una parcela se estableció a partir de plantas en escoba (plantas arrancadas en otras áreas que contiene raíz).

Figura 4. Esquema de la siembra de cuatro especies de plantas nodrizas, por medio de estacas en el campo.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Se prepararon estacas de 40 a 60 cm de longitud y de diámetro variado de las especies, arrayan, salvia, mozote y chicajol, se procuró utilizar estacas de edad intermedia, tomando en cuenta que pueden tener mejor pegue. Cada parcela fue de 100 metros², de acuerdo al arreglo se sembró 49 estacas por cada especie, a distancia de 1.5x1.5 m. En total se establecieron 10 parcelas en un área de 1000 m².

D. Propagación por estacas en vivero

Se estudió en dos localidades, a) Ixchigüan en las condiciones de 3400 m de altitud y b) San Antonio Sacatepéquez que se localiza junto a San Pedro Sacatepéquez a una altitud de 2400 m y por lo tanto tiene condiciones menos extremas de temperatura.

Las especies incluidas fueron: Arrayan, Mozote, Chicajol, Malacate, Salvia y Mora. Primero se hizo una prueba rápida para determinar si se requería de enraizador, se determinó que sí, por lo que se utilizó Rotex® con una concentración de ácido idolbutírico al 3%.

Los factores estudiados fueron:

- Tipo de estaca: joven (J), intermedia (I), adulta (A)
- Sustratos: arena blanca (P), broza (B), suelo del lugar (T) (testigo) y mezcla en iguales cantidades de los tres (M).
- En cuatro ambientes: a) condiciones de campo; b) sombra de sarán; c) sombra de saco de prolipropileno; y d) nylon transparente.

Se sembraron en tabloncillos realizados en el suelo y rellenados de los materiales a evaluar. Las estacas fueron preparadas a partir de plantas que están creciendo en el campo, con una longitud de 30 a 35 centímetros. A las cuales se les eliminó todas las hojas, dejando nada más los brotes tiernos. Se sembraron cinco estacas de cada especie, con una inclinación de 45 grados. Se realizó lectura de una estaca a los 30, 45, 60 y 75 días, la cual se extrajo del sustrato y se contó el número de raíces y se midió el largo de cada una.

E. Tamizaje fitoquímico de las seis especies

Se recolectó plantas durante los meses de marzo a mayo y de agosto a septiembre de 2013 (época seca y lluviosa respectivamente). El material vegetal provino del Bosque Los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos, siendo estas: *Acaena elongata* (mozote), *Baccharis vaccinioides* (arrayan), *Buddleia megalcephala* (salvia), *Rubus trilobus* (mora), *Stevia polycephala* (chicajol) y *Symphoricarpos microphyllus* (malacate).

Para cada especie se realizó lo siguiente:

a) Determinación Botánica, realizada en el Herbario BIGU, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia -USAC-.

b) Secado y molinado, para lo cual fueron colocadas en bandejas plásticas, dentro del horno de secado a 40° C, hasta alcanzar un porcentaje de humedad (%H) menor al 10%. Después fueron pulverizadas y pasadas por el tamiz No. 3 para ser almacenadas en bolsas Ziploc® hasta su posterior utilización.

c) Prueba del mejor disolvente, se pesó 10 g de la especie vegetal nodriza de interés dentro de papel filtro por triplicado para ser colocado en cada uno de los pequeños percoladores identificados con las concentraciones de etanol (95%, 70% y 50%). Se procedió a colocar 10 ml de etanol en diferentes concentraciones 95%, 70% y 50% respectivamente. Se dejó reposar por 24 horas.

d) Aceites esenciales utilizando el método de Neoclevenger®, que realiza la extracción por arrastre de vapor.

e) Obtención de extractos vegetales, por medio de percolación con etanol al 50 o 70% según dejando reposar durante 3 días para el primer menstruo, posteriormente se llevó a cabo la destilación por medio del Rotavapor. Luego se repitió el procedimiento hasta que la cantidad de sólidos totales fue la mínima posible.

e) Determinación de actividad antimicrobiana, para lo cual se hizo un agitado y filtrado. Se hizo preparación de agar-planta y colocados en cajas de Petri, encubar para esterilizar. Luego se preparó y aplico el inóculo en las cajas Petri, con cuatro repeticiones por microorganismo. Se dejó reposar durante 10 min e incubó a 36 °C, durante 24 h. Como control negativo se utilizó el Agar Müller Hinton con 1 mL de etanol al 50% (Mitscher, 1972). Además, se sembró en forma de tapete *Bacillus subtilis* y *Mycobacterium smegmatis* y se le añadió cuatro discos con aceite de *Buddleia megalcephala*. Esta actividad se probó para *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Mycobacterium smegmatis*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Bacillus subtilis* subesp. *Spizizenii* y *Escherichia coli*.

f) Tamizaje antimicótico, la cual se realizó en cajas de Petri con agar Sabouraud, debidamente esterilizado. Los hongos se activaron y multiplicaron en tubos con medio de Takashio durante 21 días, luego se disolvieron las esporas en agua y se pasaron a viales donde se realizó el conteo de esporas en cámara de Neubauer. La se aplicó 30 µL de la suspensión de esporas en cuadruplicado en las cajas Petri y se incubó a 27 °C, durante 14 días. Como control negativo se utilizó una caja Petri con Agar Sabouraud y 1.5 mL de alcohol al 70%.

g) Determinación de la Actividad citotóxica contra *Artemia salina*. Inicialmente se cultivaron los nauplios de *Artemia salina*, de acuerdo al protocolo establecido. En una placa de 96 pozos fondo plano se debe colocar en cada pozo 100 µl de agua de mar con 10 nauplios y 100 µl de extracto a ensayar (por triplicado) incubar por 24 horas y proceder a contar la cantidad de nauplios muertos por pozo luego añadir metanol a todos los pozos y contar los nauplios totales por pozo. Como control positivo añadir 100 µl de agua de mar con 10 nauplios y 100 µl de metanol y control negativo 100 µl de agua de mar con 10 nauplios y 100 µl de agua de mar.

h) Determinación de actividad antioxidante. Se realizó una evaluación cualitativa en cromatografía en capa fina por DPPH, realizando el protocolo establecido para esta prueba. Al final se reveló la placa en metanol donde los extractos con actividad antioxidante presentan decoloración del DPPH de morado a amarillo).

I.4.2.4 Para cumplimiento del objetivo específico c)

A Establecimiento de pinabete

Dentro del presupuesto del proyecto se dejó la asignación para la adquisición de plantas de vivero de las especies forestales a establecer. El 90% fueron de pinabete y el restante 10% repartido entre pino, encino, aliso y ciprés.

En cada uno de los bosques se planificó establecer parcelas con pinabete de 3 años de vivero. Las parcelas se ubicaron en: a) áreas donde ya hay plantas nodrizas de regeneración natural, b) áreas en el borde del bosque donde ya hay árboles de pino, ciprés y aliso, pero aún algunos espacios abiertos. En Canatzaj se establecieron cuatro parcelas, en Los Cuervos tres y en Las Nubes cuatro. Debido a que las plantas se fueron estableciendo

de acuerdo a los lugares donde hay nodrizas, no tienen un tamaño y forma exacta de parcela, se procuró dejar distancias promedio de 2x2 m.

Se coordinó con las comunidades de cada lugar para escoger la ubicación de las parcelas y para realizar el establecimiento, de tal forma que en cada lugar se puso la mano de obra para hacer los hoyos, conseguir materia orgánica y hacer la siembra. Por parte del proyecto el compromiso fue proveerles de las plantas.

En Los Cuervos el establecimiento fue realizado por estudiantes del Instituto Tecnológico de Recursos Naturales del Altiplano Marquense (ITAMAR). En Canatzaj por los Comités de Agua de la subcuenca de Canatzaj y en Las Nubes por varias comunidades de la Aldea San Fernando, pero se notó que hace falta que se sientan identificadas con el bosque.

Se realizó una primera lectura 10 a 15 días después de establecidas las parcelas para conocer las condiciones iniciales en que estaban y contar el número de plantas de arbolitos sembradas. En junio de 2014 se hizo un nuevo recuento para medir el comportamiento de las plantas durante la época seca y las heladas (2013-2014).

B. Seguimiento del comportamiento del microambiente de las plantas establecidas

El diseño de las parcelas y sus efectos, escapan mucho del control que se les quiera dar en la investigación, dado a que cada planta es un microambiente. Para estudiar esto, se seleccionaron plantas al azar, en cada una de las parcelas, para conocer el comportamiento individual de cada planta de pinabete establecida en relación a: a) especies de plantas nodrizas presentes, b) distancia a hacia las plantas nodrizas, c) dirección hacia las plantas nodrizas, d) cobertura de las nodrizas, e) porcentaje y dirección de la pendiente del terreno y f) pedregosidad.

I.4.2.5 Para cumplimiento del objetivo específico d)

A. Establecimiento de pinabete

En el Cerro Cotzic, en 2011 se establecieron 15 parcelas de barbecho donde se sembraron cuatro especies de plantas nodrizas, esta es una técnica denominada de nucleación. En 2013 se dio seguimiento a estas parcelas, se hizo recuento de las plantas arbustivas que han sobrevivido y en siete de ellas se estableció pinabete y otras especies forestales, utilizando al arrayán como planta nodriza. En 2014 se hizo la evaluación de prendimiento de estas plantas.

B. Establecimiento de nuevas parcelas de nucleación

En 2013 se establecieron 12 nuevas parcelas de nucleación de 441 m² cada una, se sembró ramas de arrayan, mozote, salvia y chicajol. En una de estas parcelas únicamente se hizo trabajo de conservación de suelos. Cada parcela fue realizada por las siguientes comunidades: Nuevos horizontes, Pavitzalan, Cantón Buena Vista, Nueva alianza, San Cristóbal, Centro cultural, Cantón centro, Cantón San Juan, Buenos aires, Once de mayo, Julischim, El plan, La cumbre, Tuichan, Nuevo Ixchiguan y Los pósitos. En 2014, se hizo una evaluación del porcentaje de pegue.

I.4.2.6 Para cumplimiento del objetivo específico e)

En el año 2010 como parte de las actividades del proyecto FODECYT 055-2009, se establecieron 6 parcelas con pinabete de tres años proveniente de vivero (una más se estableció con plantas proporcionadas por UICN), con agricultores que tenían terrenos con plantas nodrizas. El objetivo fue establecer parcelas demostrativas aprovechando la experiencia que ya se veía en el área desde hace aproximadamente 10 años, sobre establecer arboles forestales utilizando plantas arbustivas como nodriza. El caso de establecer pinabete es particularmente importante, por dos razones, la primera porque parte de estas plantas se pueden quedar posteriormente en el campo, con lo cual se está ayudando al incremento de poblaciones y su conservación, y la segunda porque es una alternativa viable de utilizar la planta por sus ramas en la época navideña, para la elaboración de árboles, coronas y guirnaldas. En 2011 se hizo la primera evaluación del porcentaje de prendimiento obteniéndose en promedio 81%.

Cumpliendo con el seguimiento que debe darse a los trabajos de restauración ecológica, con este proyecto se dio seguimiento cinco de las seis parcelas y a la que se estableció con plantas de UICN. De estas parcelas se obtuvo información de costos. Aunque aún hace falta para que estas plantas estén listas para su aprovechamiento lo cual será entre 2016 y 2017, se tiene al menos costos parciales en esta oportunidad.

I.4.2.7 Para cumplimiento del objetivo específico f)

A. Talleres con comunidades

Estas reuniones se realizaron para discutir con los pobladores locales sobre los resultados del proyecto y en conjunto dar las pautas para dejar diseñado el plan de seguimiento y evaluación, que debe darse a los trabajos establecidos en el bosque Los Cuervos y Cerro Cotzic en Ixchiguan, Canatzaj, Tacana y Las Nubes, San José Ojetenam, San Marcos.

A.1 En el caso de Ixchigüan, desde abril 2014, en las reuniones que se tienen con la oficina forestal de la municipalidad, se planificó la actividad. Para esto en las sesiones del Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE) y de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE), se les comunico e invito a la reunión, la cual se llevó a cabo en el Salón Municipal de Ixchiguan el 27 de mayo de 2014. Se contó con un total de 35 participantes, Yovani Sandoval por la Municipalidad inauguro el evento.

A.2 Para el bosque Las Nubes, el taller fue en el salón comunal de la Aldea San Fernando, ubicada a 6 km de San José Ojetenam el 27 de junio de 2014. La reunión se coordinó con la Oficina Forestal de la municipalidad de San José Ojetenam y líderes comunitarios. Se contó con un total de 16 participantes, Edvel Roblero por la Municipalidad inauguro el evento.

A.3 En la Aldea Canatzaj, Tacana la reunión se coordinó con las comunidades que constituyen el consejo de agua del bosque. Se contó con un total de 40 participantes, el señor Hugo Escalante inauguro el evento. Se realizó el 24 de agosto de 2014.

La actividad de los talleres consistió en: a) Informar de las actividades del proyecto y la presentación de resultados a la fecha; b) realización de taller, en donde los comunitarios, organizados en grupos, a partir de una guía de trabajo, que contenía qué actividades se van a desarrollar, los responsables, las metas anuales y totales y los costos, indicaron las ideas centrales de como visualizan realizar el seguimiento y monitoreo del trabajo que este proyecto desarrollo y de nuevas acciones; c) Se realizó una plenaria donde se discutió lo escrito por los grupos, a partir de esto se hizo el resumen de las discusiones de los grupos de trabajo, que sirvió como lluvia de ideas para elaborar la propuesta de seguimiento y monitoreo para cada una de las áreas trabajadas.

B. Plan de seguimiento y monitoreo consensuado con los actores principales del área

Se elaboró un plan de seguimiento y monitoreo para cada una de las comunidades trabajadas en el proyecto: Los Cuervos y Cotzic para Ixchigüan, Canatzaj, Tacana y Las Nubes San José Ojetanam. Cada propuesta contiene: a) El objetivos; b) descripción de las áreas intervenidas con restauración; c) experimentos establecidos por el proyecto; d) seguimiento que deberá darse a los experimentos establecidos; e) trabajos de implementación a partir de 2014; f) responsables; g) productos esperados; h) principales indicadores; i) programación

C. Taller con la Coordinadora Interinstitucional de Recursos Naturales y Ambiente de San Marcos

Se llevó a cabo para socializar con la Coordinadora Interinstitucional de Recursos Naturales y Ambiente de San Marcos (CORNASAM), el programa de monitoreo y seguimiento de las actividades de restauración realizadas en el proyecto. Se realizó el 17 de octubre de 2014, en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

La CORNASAM es la coordinadora que aglutina a 16 organizaciones públicas, ONG's, y Universidades de San Marcos, además están representadas la mayoría de Oficinas de ambiente y/o forestales de los municipios de San Marcos. Por lo que se consideró estratégico hacer este taller con ellos, porque esto ayuda a la divulgación del proyecto y a colaboraciones futuras en cuando al seguimiento de actividades.

Se contó con la presencia de 30 asistentes de las siguientes instituciones: CARE, UICN, CONAP, Carrera Agronomía CUSAM, Oficina forestal de Comitancillo, Municipalidad de San Miguel Ixtaguacan, municipalidad de Tacana, FAO/PC, Oficina municipal forestal de Sipacapa, Municipalidad de San Pablo, Oficina municipal de recursos naturales de Ixchiguan, municipalidad de Tejutla, TNC, INAB/Pinabete, MARN, Municipalidad de Concepción Tutuapa, HELVETAS, y de los canales de televisión local 9, 4 y 22.

Se hizo una presentación en power point dividida en dos partes: la primera para explicar en que ha consistido el proyecto de investigación en restauración ecológica de este proyecto, los objetivos que se han desarrollado y los logros obtenidos. La segunda parte consistió en presentar la propuesta de plan de monitoreo y seguimiento que se va a dejar a cada una de las comunidades donde tuvo acción el proyecto, para ejemplificarlo se presentó el caso de Ixchiguan.

PARTE II

I.1 MARCO TEORICO

I.1.1 Restauración ecológica

La mayoría de ecosistemas naturales en el mundo están deteriorados, esto ha traído consigo que de la diversidad biológica se haya perdido o esté en peligro de extinción. Así las funciones normales de muchos ecosistemas también se han disminuido y en el peor de los casos desaparecido, por ejemplo la diversidad biológica, la producción de agua, la regulación del microclima, etc. Ante esto es necesario tomar acciones para recuperar en lo posible los ecosistemas dañados. Para esto inicialmente se debe de eliminar o evitar al máximo el o los factores de deterioro, como la deforestación, el pastoreo, el cambio en el uso del suelo de prácticas no sostenibles y otros. Así los ecosistemas entran en un proceso de sucesión ecológica que a lo largo del tiempo se esperaría volviera a parecerse al ecosistema de referencia. Si este proceso es ayudado por el ser humano a través de utilizar prácticas acordes a procesos sucesionales, el tiempo de recuperación del ecosistema puede ser menor y a la vez puede propiciar el bienestar de sus servicios de tal forma que se vea la utilidad de realizar este trabajo.

La restauración ecológica de acuerdo con la Sociedad Internacional de Restauración Ecológica “...Es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido” (SER, 2004). El paradigma inicial de la restauración ecológica es que a través de este proceso se puede volver al ecosistema original, sin embargo la practica ha demostrado que es difícil volver a un ecosistema original lo cual es apoyado hoy por muchos autores (Clewel y Aronson, 2007). En el paradigma original las definiciones están orientadas por el objetivo final que es llegar al ecosistema de referencia, en tanto que lo que hoy se trabaja es hacer definiciones en función de procesos, por lo que el concepto de restauración debe ser más operacional y buscar que existan una estructura y función de ecosistema que indique que el sistema es auto sostenible y que permita una mejor convivencia de la sociedad que en un ecosistema deteriorado, más que forzar a pretender alcanzar un ecosistema que existió en el pasado (Cairns y Heckman, 1996). De tal forma que un concepto más operacional de restauración ecológica seria visto como un proceso inducido por el ser humano para recuperar las condiciones ambientales (vegetación, flora, fauna, clima, agua, suelo y microorganismos) de un ecosistema perturbado (Jackson et al., 1995).

Muy importante en este sentido la participación comunitaria de tal forma que la función del ecosistema debe ser percibida por la sociedad. Para esto desde el inicio el análisis de la historia, condiciones actuales, actores principales, etc. debe ser importante, ya que si una comunidad no es informada e integrada en el plan de restauración este difícilmente avanzara (Cardona, 2005).

Hay conceptos que han sido utilizados paralelamente con el de restauración, como es el de rehabilitación, revegetación, reclamación y otros para los que se han encontrado un

uso de acuerdo con el grado de deterioro del ecosistema inicial y la proporción de estructura y función que se alcance, aunque etimológicamente no significan lo mismo (Vargas y Mora, 2007).

El mejoramiento de la salud y la riqueza de los ecosistemas por medio de la restauración ecológica ha sido propuesto por varios autores (Winterhalder, Clewell y Aronson, 2004), y aunque estos términos son discutibles porque se han tomado de los utilizados en un organismo viviente, vale la pena considerarlos para evaluarlos con indicadores ecológicos (Davis y Slobodkin, 2004).

Las actividades realizadas para alcanzar los objetivos de la Restauración Ecológica deben estar enmarcadas dentro de la escala de modelos sucesionales ya que sirven para predecir como los proyectos de restauración alcanzan sus metas. En ese sentido se debe dar mayor énfasis a los procesos dinámicos de la composición de especies, diversidad y estructura que deben ser expresados como tasas de cambio (Parker, 1997).

En la restauración ecológica se debe tener en cuenta los procesos de escala y contexto de sitio de tal forma de diferenciar los efectos en áreas pequeñas y en niveles de paisaje, por otra parte también tomar en cuenta que muchos de los procesos en la trayectoria de la restauración ecológica puede en determinado momento ser dirigida por fuerzas externas, por ejemplo especies exóticas, que posiblemente cambien la ruta sucesional que pueda llevar al ecosistema de referencia (Parker, 1997; Apfelbaum y Haney, 2010).

Choi; et al (2008) indica a la restauración ecológica como una nueva disciplina dentro de la ecología que esta proveyendo de nuevas forma de la conservación de la diversidad biológica, manejo de ecosistemas y prueba de teorías ecológicas. Para esto deberá formular nuevos paradigmas basado en a) establecimiento de ecosistemas que sean capaces de ser sustentables en el futuro y no basados en querer copiar ecosistemas del pasado ambiental, b) tener múltiples metas y trayectorias para puntos finales impredecibles de los ecosistemas, c) enfocarse sobre la rehabilitación de la función de los ecosistemas más que recomposición de especies o superficies cosméticas de paisaje y d) Adquirir el conocimiento para identificar el valor agregado aplicado a la ciencia entre la parte económica y social inmersa en el tema.

La restauración ecológica es una tarea práctica que procura llevar los conceptos de la ecología al plano de acción, como lo planteó Bradshaw (1987) la restauración ecológica es el test ácido de la ecología y por lo tanto se tiene que demostrar a través de sus acciones si los conceptos ecológicos son útiles, sino mucha de la teoría ecológica tendrá que cambiar en un futuro cercano.

Debe diferenciarse entre Ecológica de la Restauración y Restauración ecológica, la primera sienta las bases y proporciona la teoría para efectuar la restauración, la segunda es la puesta en práctica de acciones de restauración con bases ecológicas (Palmer, Ambrose y Poff, 1997).

Está también el concepto de Restauración del Paisaje Forestal que de acuerdo con Maginnis y Jackson (2002), es *“un proceso planificado que pretende recuperar la*

integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes forestales que han sido deforestados o degradados”.

I.1.2 Restauración a partir de parches de bosque

Una de las estrategias que mejor pueden funcionar en la restauración es realizar estos trabajos en parches de vegetación. Partiendo de que el deterioro de los ecosistemas de áreas boscosas da como resultado la presencia de parches, que a nivel de paisaje se ven como islas inmersas en una matriz de diversos usos de la tierra.

En el caso de la restauración ecológica de bosques partiendo de parches las acciones pueden ir encaminadas a la asistencia de la regeneración natural y reforestaciones con criterios ecológicos. Shono, Cadaweng & Durst (2007) proponen la regeneración natural asistida como un método de bajo costo para realizar restauración ecológica en áreas cercanas a parches de bosque que estén en proceso de sucesión ecológica y que consiste en eliminar las barreras para el establecimiento de la regeneración natural de árboles de los parches a la vez de favorecer el mejoramiento de las condiciones de los micro sitios.

Este es un método de bajo costo, sin embargo podría discutirse a cerca de la densidad de árboles que pudiera obtenerse. Con estos métodos es necesario un amplio conocimiento de la ruta sucesional y aprovechar los estadios intermedios donde hay arbustos y árboles que son útiles como facilitadores en el proceso del establecimiento de plántulas o de árboles plantados de especies arbóreas de estadios sucesionales maduros (Martínez, 2011).

Las características dominantes en los alrededores de un bosque o parche de bosque es determinante para conocer la ruta sucesional que se puede presentar. Así, Montenegro y Vargas (2008) caracterizaron el borde de bosques alto andinos de acuerdo con trece criterios fisiográficos, microclimáticos, estructura y composición de la vegetación. A excepción de tres de las variables estudiadas las demás estuvieron estrechamente relacionadas, mostrando la importancia de estas variables en la dinámica sucesional que se pueda presentar alrededor de parches de bosque.

A nivel macro la fragmentación de los bosques se puede visualizar en la ecología del paisaje, en este nivel se puede poner en práctica el estudio de contornos, que consiste en visualizar los paisajes como mapas superpuestos de contornos de hábitat de especie específicas y de esta manera establecer diferentes estratificaciones con base en las características ecológicas de las especies que componen las orillas de los parches, que darán como resultado ecosistemas particulares aunque siguiendo modelos generales (Fischer, Lindenmayer y Fazey, 2004).

El tema de los parches de bosque también puede abordarse desde el modelo de metapoblaciones como el utilizado por Hodgson, Moilanen y Thomas (2009), para estudiar la respuesta de conectividad y calidad de hábitat que se produce en la sucesión vegetal de parches. Encontrando que la ocupación de parches no necesariamente se relaciona con el incremento de la conectividad de parches en áreas que están en dinámica sucesional y si se presenta una relación positiva en estos aspectos en parches que ya no están en dinámica; igual situación se encontró para la calidad de la dinámica del hábitat.

I.1.3 Principales pasos para la restauración ecológica

El establecimiento de un plan de restauración ecológica, no es una receta pero si hay algunos pasos importantes que debe considerarse para su aplicación. Por ejemplo Apfelbaum & Haney (2010) proponen 10 pasos que en forma resumida son 1) mapeo e inventario del área a restaurar; 2) investigación de la historia del paisaje donde está el ecosistema a intervenir; 3) interpretación de los cambios del paisaje; 4) desarrollo de objetivos y metas realistas; 5) preparación del plan; 6) desarrollo e inicio de un programa de monitoreo; 7) implementación del plan de restauración ecológicas; 8) documentación de cambios y mantenimiento de registros; 9) reevaluación periódica del programa y 10) comunicación y educación.

Por su parte Vargas (2007) y Vargas (2011) propone 13 pasos para la restauración ecológica, de la siguiente manera: 1) definir el ecosistema de referencia; 2) evaluar el estado actual del ecosistema; 3) definir los niveles y escalas de organización de la naturaleza, después de este punto se establecen los objetivos del proyecto; 4) establecer las jerarquías y escalas de disturbio; 5) consolidar la participación comunitaria; 6) evaluar el potencial de regeneración; 7) establecer los tensionantes para la restauración a diferentes escalas; 8) seleccionar las especies adecuadas para la restauración; 9) propagar y manejar las especies; 10) seleccionar los sitios; 11) diseñar estrategias para superar las barreras de la restauración; 12) monitorear el proceso de restauración; 13) consolidar el proceso de restauración.

I.1.4 Atributos de los ecosistemas restaurados

La Sociedad Internacional de Restauración Ecológica SER (2004) señala los siguientes atributos para los ecosistemas restaurados:

- 1. El ecosistema restaurado contiene un conjunto característico de especies que habitan en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura apropiada de la comunidad.*
- 2. El ecosistema restaurado consta de especies autóctonas hasta el grado máximo factible. En ecosistemas culturales restaurados, se puede ser indulgente con especies exóticas domesticadas y con especies ruderales, y arvenses que se supone que coevolucionaron con ellas. Las especies ruderales son plantas que colonizan los sitios alterados; las especies arvenses típicamente crecen entre plantas de cultivo.*
- 3. Todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad continua del ecosistema restaurado se encuentran representados o, si no, los grupos faltantes tienen el potencial de colonizar por medios naturales.*
- 4. El ambiente físico del ecosistema restaurado tiene la capacidad de sostener poblaciones reproductivas de las especies necesarias para la continua estabilidad o desarrollo a lo largo de la trayectoria deseada.*
- 5. El ecosistema restaurado aparentemente funciona normalmente de acuerdo con su estado ecológico de desarrollo y no hay señales de disfunción.*
- 6. El ecosistema restaurado se ha integrado adecuadamente con la matriz ecológica o el paisaje, con los cuales interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos.*
- 7. Se han eliminado o reducido, tanto como sea posible, las amenazas potenciales del paisaje que lo rodea a la salud e integridad del ecosistema.*

Cuadro 3. Ejemplo de prácticas que se pueden implementar para la restauración y algunas características cualitativas.

Práctica	Grado de deterioro del ecosistema	Tiempo de recuperación	Costo económico	Retribución económica/ ambiental	Tipo de intervención
Restauración pasiva					
Manejo de regeneración natural	Bajo	Largo	Bajo	Media	Recuperación
Eliminación de especies invasoras en las sabanas	Medio	Largo	Medio	Alta	Rehabilitación
Distribución de perchas artificiales/naturales para aves	Medio	Largo	Bajo	Media	Restauración
Utilización de árboles aislados o remanentes como fuente de semilla	Alto	Largo	Bajo	Media	Restauración
Aprovechamiento de rebrotes en áreas taladas	Alto	Medio	Medio	Media	Rehabilitación
Pastoreo programado para control de gramíneas no deseadas y dispersión de semillas	Alto	Medio	Medio	Media	Recuperación
Cercas vivas mixtas, plantaciones en línea y barreras rompevientos	Medio	Largo	Medio	Media	Rehabilitación
Restauración activa					
Manejo, conservación y regeneración de remanentes	Medio	Largo	Medio	Alta	Rehabilitación
Plantaciones forestales comerciales y mixtas en suelos y pasturas degradadas	Alto	Largo	Alto	Alta	Recuperación
Dispersión manual de semillas para propiciar la sucesión ecológica	Alto	Largo	Medio	Media	Rehabilitación
Enriquecimiento con especies nativas de importancia biológica y económica provenientes de bosques y sabanas	Medio/alto	Largo	Medio	Alta	Rehabilitación
Incorporación de árboles de especies pioneras nativas y nodrizas	Alto	Largo	Alto	Alta	Rehabilitación/ Restauración
Establecimiento de árboles en estadios intermedios de sucesión	Alto	Medio	Alto	Alta	Restauración
Recuperación de suelos (control de erosión y cárcavas en sitios con pendiente fuerte)	Alto	Largo	Alto	Alta	Recuperación/ restauración
Parcelas de nucleación	Alto	Largo	Alto	Alto	Rehabilitación
Traslado de suelo hacia áreas degradadas	Alto	Largo	Alto	Media	Rehabilitación
Sistemas agroforestales	Medio/alto	Medio	Alto	Alta	Rehabilitación
Enriquecimiento de cultivos con especies nativas	Medio	Larga	Bajo	Media	Recuperación/ revegetación
Manejo de rondas hídricas	Medio	Media	Alto	Alta	Recuperación/ rehabilitación
Establecimiento, revegetación, recuperación y ampliación de corredores ribereños	Medio/alto	Largo	Alto	Alta	Recuperación/ revegetación
Buenas prácticas agropecuarias	Medio	Medio	Medio	Alta	Rehabilitación
Aplicación de agroecología y prácticas de agricultura orgánica	Medio	Largo	Medio	Alta	Rehabilitación

Fuente: Martínez, 2014.

8. *El ecosistema restaurado tiene suficiente capacidad de recuperación como para aguantar los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad del ecosistema.*

9. *El ecosistema restaurado es autosostenible al mismo grado que su ecosistema de referencia y tiene el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes. No obstante, los aspectos de su biodiversidad, estructura y funcionamiento podrían cambiar como parte del desarrollo normal del ecosistema y podrían fluctuar en respuesta a acontecimientos normales y periódicos aislados de estrés y de alteración de mayor trascendencia. Como con cualquier ecosistema intacto, la composición de las especies y otros atributos de un ecosistema restaurado podrían evolucionar a medida que cambian las condiciones ambientales.”*

I.1.5 Principales prácticas para hacer restauración

En el Cuadro 3 se resumen las principales prácticas que se proponen para hacer restauración (Martínez, 2014). Las dos categorías principales que hay son: restauración pasiva y restauración activa. En la restauración pasiva la actividad más importante es eliminar la fuente principal de disturbio, por ello con el simple hecho de cercar un área, se elimina el pastoreo o eliminación de la vegetación por corte de pasto y con ello se promueve la sucesión ecológica. Estas técnicas tienen de mediano a bajo costo y van encaminadas a la recuperación, rehabilitación y restauración.

Las técnicas de restauración activa son muy variadas e implican acciones que involucran trabajos realizados por la acción humana. De aquí que generalmente el costo va de medio a alto. En este estudio se han utilizado varios métodos de restauración activa como establecimiento de árboles en estadios intermedios de sucesión, enriquecimiento con especies nativas pioneras, parcelas de nucleación y recuperación de suelos.

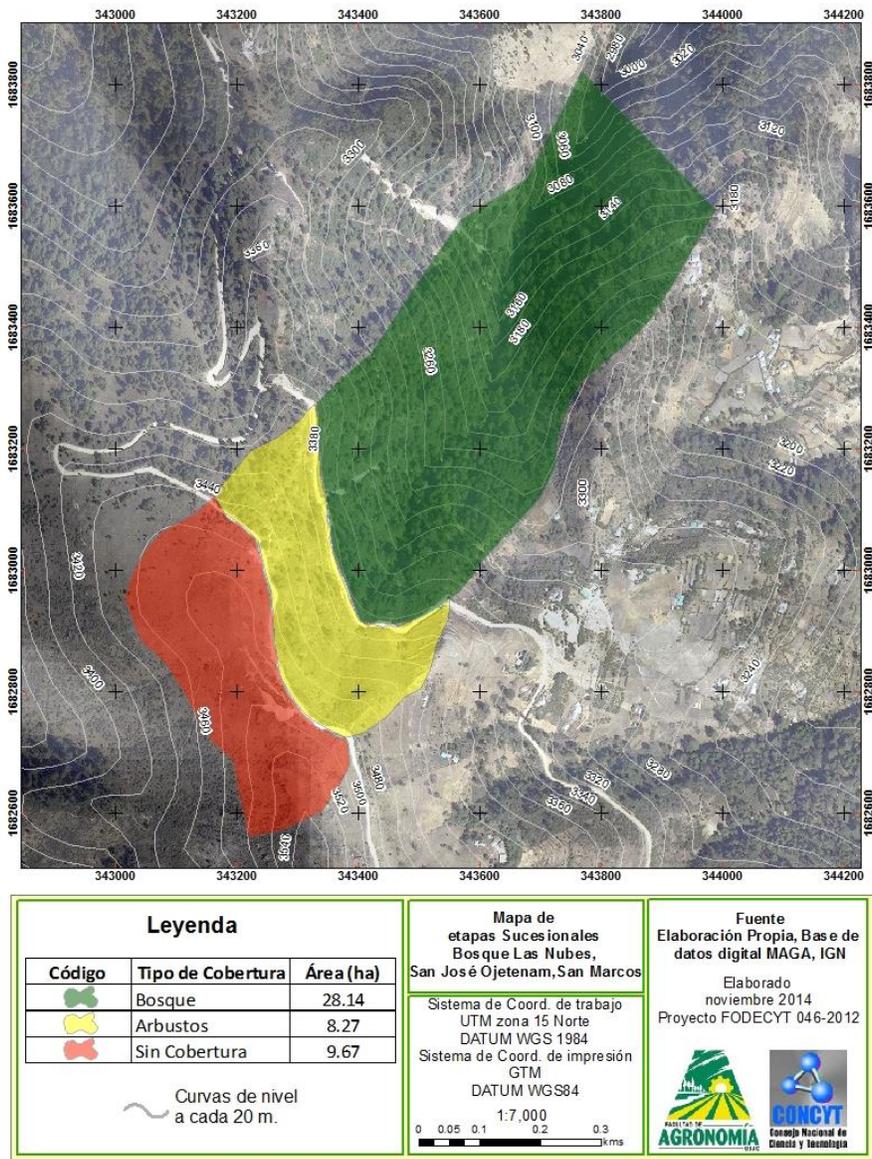
PARTE III

III.1 RESULTADOS

III.1.1 Caracterización de tres bosques y cerro Cotzic

A. Bosque Las Nubes

Figura 5. Mapa del con estadios sucesionales del bosque Las Nubes, San José Ojetenam, San Marcos.



Fuente: FODECYT 046.2012

El bosque las Nubes (Figura 5), se encuentra ubicado en el municipio de San José Ojetenam, San Macos y tiene como principal área de influencia a la aldea San Fernando y sus caseríos. Para llegar al bosque se toma la carretera nueva hacia San José Ojetenam y al empezar a descender hacia el pueblo hay que cruzar por hacia la antigua carretera hacia Ixchigüan, unos 3 km.

Tiene una extensión aproximada de 46.08 hectáreas, en su superficie se puede diferenciar fácilmente al menos tres etapas sucesionales:

Áreas abiertas: la vegetación está compuesto por plantas herbáceas, dominada por especies como, el pajón, flor de mayo, pajón original, musgos, con aproximadamente 9.67 ha.

Área de arbustos: compuesta de plantas arbustivas como el arrayan, chicajol, mozote, salvia, mucan, mora, malacate, que en su mayoría sirven de plantas nodrizas, con aproximadamente 8.27 ha.

Áreas con árboles: con un área aproximada de 28.14 ha (59% de pino y 49% de pinabete).

Este bosque corresponde a una hondonada que tiene dos caras, una hacia el noroccidente y la otra hacia suroriente. El rango de altitud va desde los 3000 a los 3460 m. De la carretera nueva hacia San José Ojetenam, a la carretera antigua hay una pendiente de 45%, esta área esta desprovista de bosque y tiene una mezcla de áreas totalmente abiertas y áreas con plantas arbustivas. De carretera antigua hacia el bosque puro la pendiente aumenta y en algunos casos llega a peñascos de cerca del 90%. El pastoreo de ovejas casi se ha eliminado, sin embargo, las personas llegan a extraer pastos para sus animales, dañando el crecimiento de las fases arbustivas.

En general se notó poca preocupación de las comunidades por este bosque, a pesar de que hay guarda recursos, el deterioro es evidente, posiblemente a que no hay comunidades cercanas que se identifiquen mejor con el bosque.

B. Bosque Los Cuervos

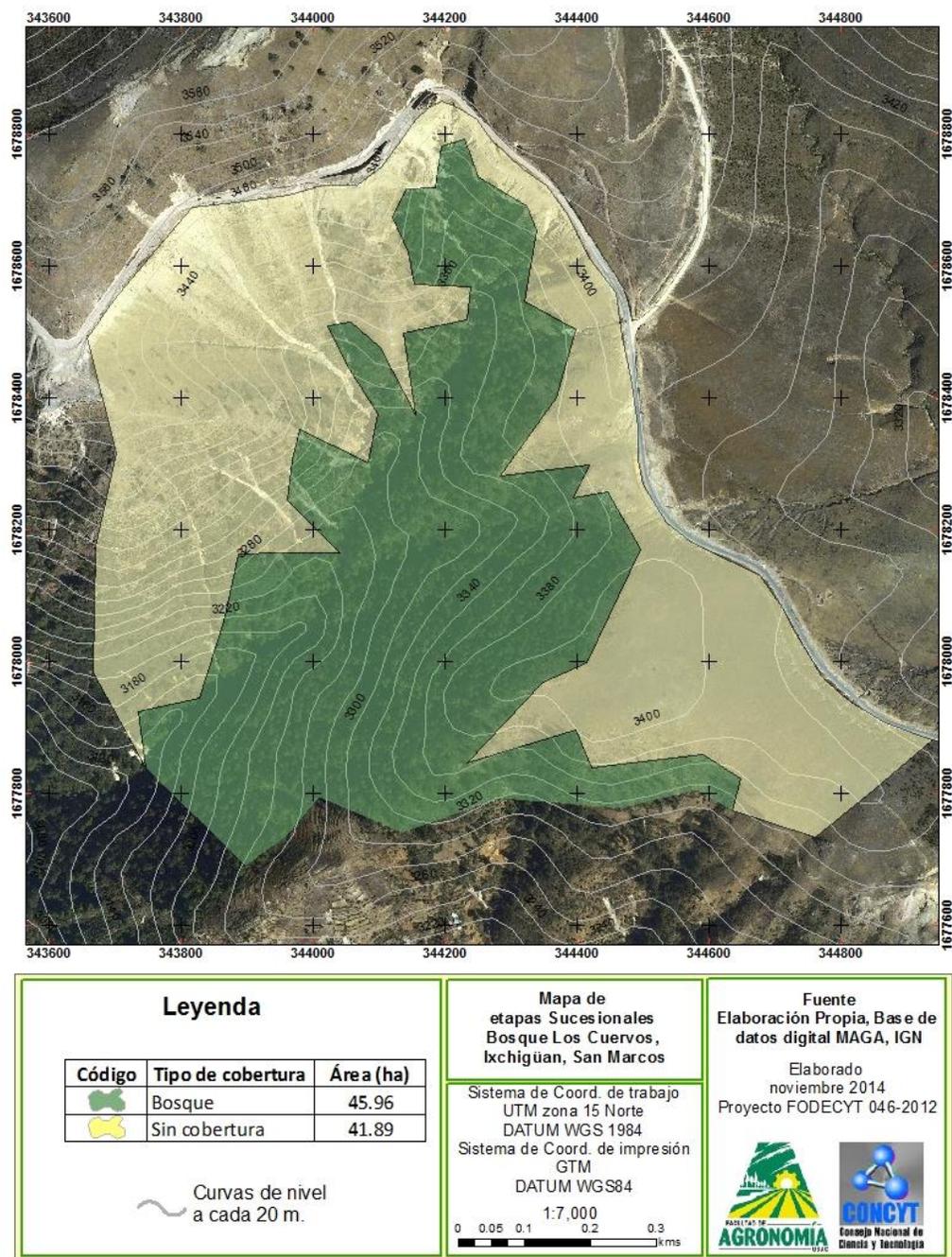
El bosque Los Cuervos (Figura 6), se encuentra ubicado en Ixchiguan, arriba de la población de la cabecera municipal (3 km), a orillas de la carretera hacia Tacana. Tiene una extensión aproximada de 87.86 ha, de las cuales solo 45.96 corresponden a áreas de bosque donde la especie dominante es el pinabete seguido en las orillas pino y ciprés.

En el área sin bosque, la mayor cantidad es abierta de aproximadamente 39 ha dominada por especies como, flor de mayo, pajon y musgos, en la época lluviosa se cubre de dos especies de *Archemilla* una de flor blanca y la otra lila que dan la apariencia de un tapate de colores.

Cerca de 7 ha tienen plantas nodrizas como el arrayan, chicajol, mozote, salvia, mucan, mora, malacate.

La orientación principal del bosque es hacia el noroccidente, con rangos de altura de 3200 a 3400 m.

Figura 6. Mapa del bosque los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

La cara del bosque que esta sin vegetación tiene una orientación principal hacia el noreste. A partir del medio día la velocidad del viento se intensifica, lo que provoca una mayor evapotranspiración de las plantas. Los esfuerzos que se han realizado por reforestar no han dado resultado y solo han quedado algunos árboles achaparrados dispersos.

En los últimos tres años ha aumentado las poblaciones de taltuzas (*Orthogeomys* sp.), este un roedor subterráneo que causa daño tanto a los pastos, como a los pocos árboles achaparrados de pino dispersos del área. Como un aporte de este proyecto se contactó a una persona experta en cazar estos roedores y se capacitó al personal de campo de la Municipalidad de Ixchigüan con lo cual se logró, solo de octubre a diciembre de 2013, la captura de cerca de 20 taltuzas.

A pesar de que el área está cercada y que los rebaños de ovejas ya no pastorean en el área, hay inclusiones de ganado bovino o equino en forma esporádica, lo cual es otro factor que no favorece la sucesión ecológica.

C. Bosque Canatzaj

El bosque Canatzaj (Figura 7), se encuentra ubicado en Tacana, donde finaliza el cerro Cotzic, por lo tanto colinda con Ixchiguan. Su área de influencia es para cerca de 10 comunidades, entre ellas Flor de mayo, Sanabaja, Santa María, Laureles y Canatzaj. Para llegar al bosque hay que cruzar en un camino hacia la derecha, aproximadamente 6 km después de Ixchiguan.

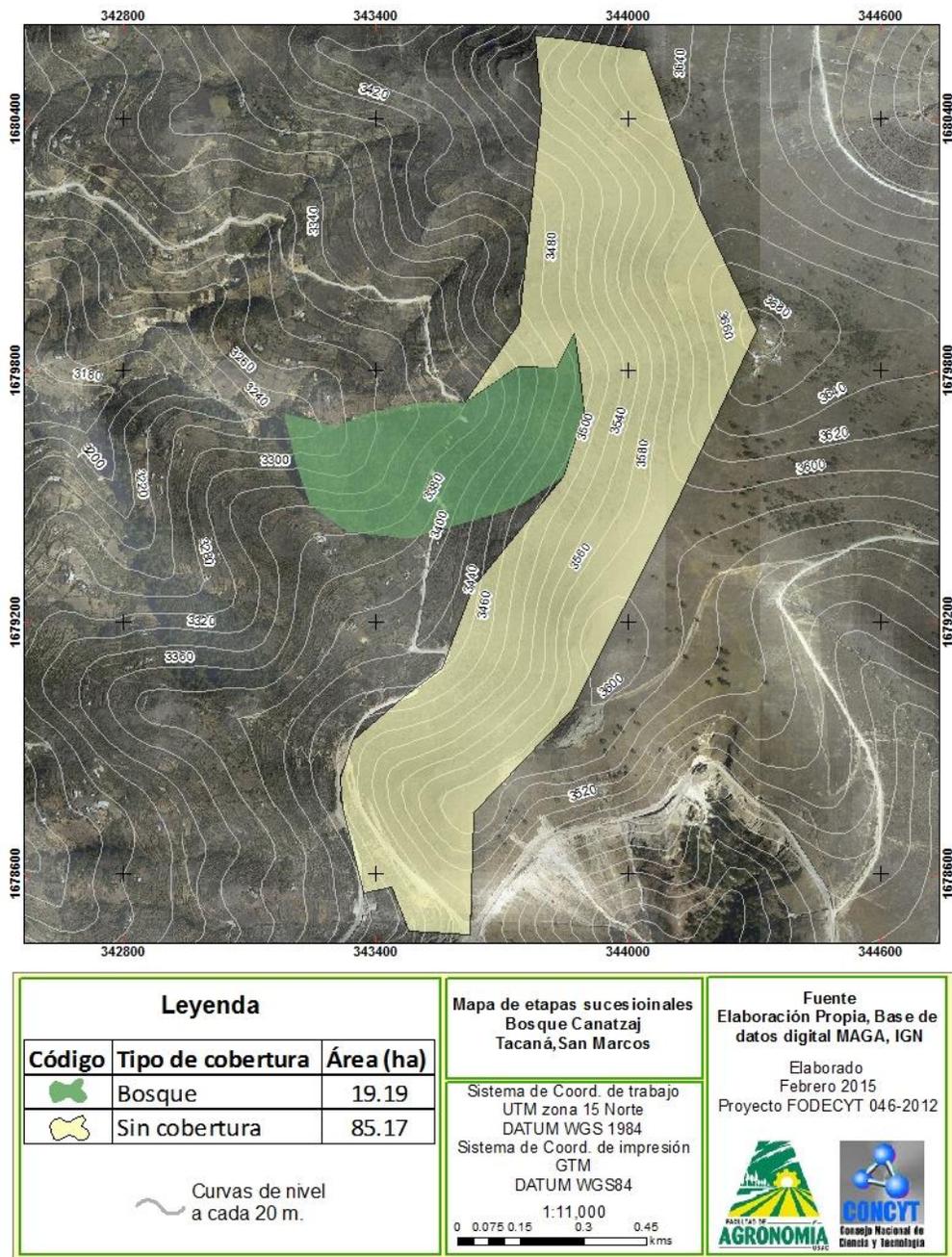
Tiene un área total de 111.27 ha, de las cuales solo 19.40 ha tienen bosque, principalmente de pinabete, pero en algunas áreas se ha realizado reforestación con ciprés, también en las orillas del bosque se puede encontrar pino.

Gran parte del área esta sin cobertura forestal que corresponde a 91.87 ha. De las cuales cerca del 85% son áreas cubiertas por gramíneas y algunas plantas anuales. El 15% restante tiene cobertura de plantas arbustivas principalmente, mora, malacate, arrayan y chichajol, con algunas plantas de salvia.

La orientación de la pendiente de la porción sin bosque, tiene una parte hacia el sur y otra hacia el norte y la porción con bosque tiene una parte hacia el noroccidente, otra hacia el norte y otra hacia el sur. El rango de alturas va de 3000 a 3500 m.

Este bosque tiene influencia en 10 comunidades por los nacimientos de agua que contiene de ahí, la importancia que se le da. Posee guarda recursos que monitorean constantemente el área, ya no se da el pastoreo de ovejas y cada año los comunitarios procuran establecer árboles.

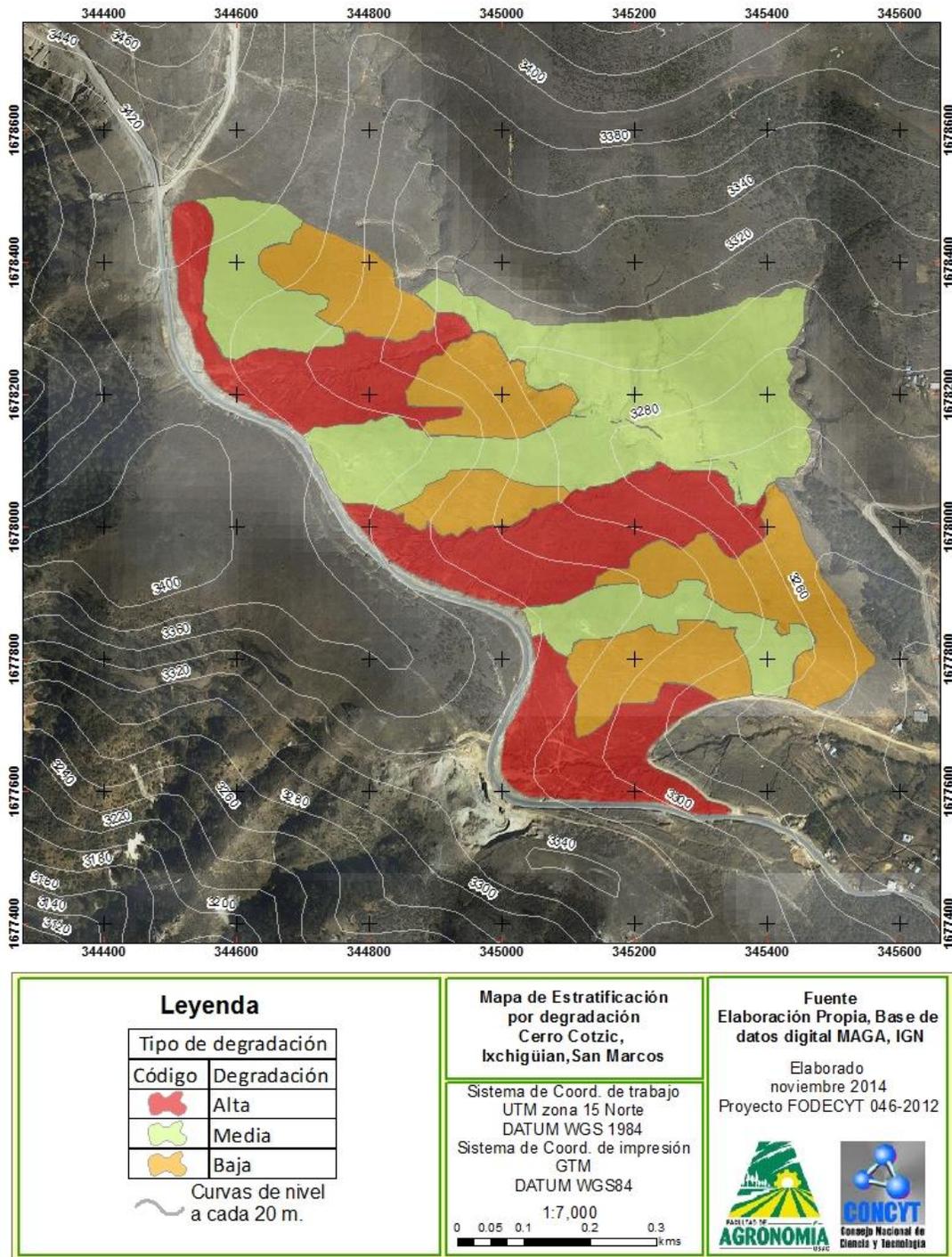
Figura 7. Bosque Cantatzaj, Tacana, San Marcos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

D. Cerro Cotzic

Figura 8. Mapa de los grados de degradación del Cerro Cotzic, Ixchiguan, San Marcos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El cerro Cotzic (Figura 8) se encuentra ubicado arriba del poblado de Ixchiguan, y algunos de los caseríos, prácticamente están a la par del mismo.

Tiene una extensión de 243.57 hectáreas, los rangos altitudinales son de 3200-3688 m, colinda al norte con San José Ojetenam y Concepción Tutuapa, al sur con el municipio de Tajumulco, al este con los municipios de Sibinal y Tacana y al oeste los municipios de Tejutla y San Marcos. En este cerro nace el río Grijalva y por lo tanto su importancia principal radica en que tiene 19 nacimientos de agua que surten a cabecera municipal y casi todos los municipios.

El aspecto general es de un área abierta aunque en un 12% se encuentran cubierta de un parche de bosque en el lado norte producto de reforestaciones de inicios de los 80. Son varias las reforestaciones que se han realizado en el área, sin embargo el éxito ha sido escaso.

Por lo que desde 2011 el Concejo Municipal de Ixchiguan en el acuerdo 515 decide llevar a cabo un proceso de restauración ecológica en el cerro, lo cual permite que varias instituciones puedan colaborar con ese propósito. Además a partir de 2013 se da en concesión el cerro Cotzic a las comunidades que dependen de él para el suministro de agua.

Cuenta con tres parches de bosque. Que hacen un total de 29.71 hectáreas que está conformado por un 85% de pino y un 15% de ciprés y encino, con una altura promedio de 7 a 8 metros. Alrededor de este bosque hay diferentes estadios de sucesión ecológica donde se nota especialmente el crecimiento de especies arbustivas a los lados del parche del bosque.

Durante el año 1984, se realizó la reforestación de los 3 parches de bosque de pino, por parte del INAFOR (hoy INAB), que se encuentran en la parte norte del cerro Cotzic y que tiene una extensión de 29.71 hectáreas

En el año 2,006 y 2,007 se realizó otra reforestación con el proyecto de DELAWER el cual estaba patrocinado con donativos de personas residentes en los Estados Unidos. En donde se establecieron un total de 3,000 árboles, y se obtuvo un prendimiento del 60% con Pino Colorado.

En el año 2007, se hizo un intento de reforestación en 5.86 hectáreas, donde participaron comunidades aledañas al cerro Cotzic, entre ellas. Cantón Buena Vista, Cotzic y San Cristóbal, se realizó el establecimiento de 5,500 árboles, y se obtuvo un prendimiento del 10% el cual fue ingresado al proyecto de Incentivos Forestales.

En el año 2008 con el apoyo financiero de la fundación Guillermo Toriello se establecieron 44,000 árboles de pino en 38.7 hectáreas y se obtuvo un prendimiento del 5%.

En año 2009 con fondos de la municipalidad y el apoyo de las comunidades se estableció 4 ha y en el año 2010 aproximadamente 2 ha, en ambos casos el porcentaje de prendimiento ha sido bajo.

En la parte sur hay una alta degradación del suelo y se pueden notar cárcavas, producto de la falta de conservación de suelo y las altas precipitaciones. En varios sectores se puede notar la presencia de taltuzas que consume arbustos y árboles.

En 2011 se inicia la fase de restauración ecológica, utilizando la técnica de nucleación, con el proyecto FODECYT 055-2009.

De acuerdo con las parcelas establecidas en 2011, se puede indicar que hay un mayor pegue de arbustos en la cara del cerro que da hacia sur y sur oriente, en tanto que en la hacia la cumbre y las caras hacia el noroccidente y nororiente, hay menor protección contra

vientos y con la influencia de la escorrentía, mal manejada que produce la carretera, la cantidad de cárcavas ha aumentado.

III.1.2. Descripción de las condiciones de vegetación, análisis de suelo y hongos micorrizicos

A. Flora de las áreas estudiadas

Cuadro 4. Especies herbáceas, comparativas de tres bosques de pinabete, de San Marcos.

Estrato herbáceo		Bosque		
Nombre común	Nombre científico	Las Nubes	Los Cuervos	Canatzaj
Ocho amarillo	<i>Bidens</i> sp.	X	X	X
Pajón original	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz y Pav.) Kunth	X	X	X
Espina negra	<i>Eryngium cymosum</i> F. Dolaroche	X	X	X
Cola de Quetzal	<i>Asplenium costaneum</i> Schltld. & Cham.	X	X	X
Remolacha	<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	X	X	X
Trepador semilla roja	<i>Smilacina scilloidea</i> Martens & Galeotti	X	X	X
Flor amarilla	<i>Bidens chiapensis</i> Brandegee	X	X	X
Árnica	<i>Oxylobus glanduliferus</i> (Sch. Bip. ex Hemsl.) A. Gray	X	X	X
Flor de muerto	<i>Tagetes foetidissima</i> DC	0	X	X
Prende ropa	<i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth	X	X	X
Culantrillo	<i>Cheilanthes</i> sp	X	X	X
Pajón	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	X	X	X
Hoja roja	<i>Lamourouxia xalapensis</i> Kunth	0	X	X

X: presencia de especies.

...sigue Cuadro 4

...Continúa Cuadro 4.

Cerecillo	<i>Gaultheria</i> sp.	X	X	0
Flor amarilla II	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	X	X	X
Espina blanca	<i>Cirsium radians</i> Benth.	X	X	X
Trébol hoja ancha	<i>Alchemilla pectinata</i> Kunth	X	X	X
Chipe	<i>Polystichum speciosissimum</i> (A. Braun ex Kunze) Copel	X	X	X
Güisquil	<i>Hydrocotyle mexicana</i> Schldtl. & Cham.	X	X	0
Árnica inflorescencia morada	<i>Stachys calcicola</i> Epling.	X	X	0
Tallo azul	<i>Salvia lavanduloides</i> Kunth	X	X	0
Pajoncito	<i>Piptochaetium</i> sp.	X	X	X
Musgo con hojas	<i>Houstonia serpyllacea</i> (Schldtl.) C. L. Sm. ex Greenm.	X	X	X
Ceniza	<i>Gnaphalium liebmannii</i> Schultz-Bip. ex Klatt	X	X	X
Tribolillo	<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	X	X	X
Zacatón	<i>Rhynchospora</i> sp.	X	X	0
Árnica	<i>Lepechinia caulescens</i> (Ort.) Epling.	0	0	X
Valeriana	<i>Valeriana prionophylla</i> Standl.	X	0	0
Hoja larga	<i>Campyloneurum xalapense</i> Fée	0	0	X
Avena	<i>Bromus</i> sp.	0	0	X
Tallo morado	<i>Ageratina</i> sp.	0	0	X
Avenilla	Tresetum irazuense (Kuntze) Hitchc.	0	0	X
Pajal	<i>Carex donnell-smithii</i> L.H. Bailey	0	0	X
Pajoncillo	<i>Piptochaetium</i> sp.	0	0	X
Ligia	<i>Geranium apicola</i> Loes.	0	0	X

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 5. Especies arbustivas, comparativas de tres bosques de pinabete, de San Marcos.

Estrato arbustivo		Bosque		
Nombre común	Nombre científico	Las Nubes	Los Cuervos	Canatzaj
Salvia	<i>Buddleia megalcephala</i> Donn. Sm.	X	X	X
Arrayan	<i>Baccharis vaccinioides</i> Kunth	X	X	X
Chicajol	<i>Stevia polycephala</i> Bertol	X	X	X
Mozote	<i>Acaena elongata</i> L.	X	X	X
Malacate	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	X	X	X
Pata de gallo	<i>Lupinus ehrenbergii</i> Schlecht.	X	X	X
Mora	<i>Rubus trilobus</i> Ser.	X	X	X
Perico rojo	<i>Lamourouxia depedens</i> Benth.	X	X	X
Flor blanca y morada	<i>Stevia incognita</i> Grashoff	X	X	X
Seis dedos	<i>Arracacia atropurpurea</i> Benth. & Hook.f. ex Hemsl.	X	X	X
Jubenzal	<i>Verbesina hypoglauca</i> Sch. Bip. ex Klatt	X	X	X
Comida de pájaro	<i>Fuchsia splendens</i> Succ.	0	X	X
Subech	<i>Roldana heterogama</i> (Benth.) H.Rob. & Brettell	X	X	X
Siete negritos	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth	X	X	X
Mucan	<i>Holodiscus argenteus</i> (L. f.) Maxim.	X	X	X
Sacatinta	<i>Fuchsia striolata</i> Lundell	X	X	X
Racimo amarillo	<i>Verbesina apleura</i> S.F.Blake	0	X	X
Chiltepe	<i>Cestrum guatemalensis</i> Francey	X	X	0

X: Presencia de la especie.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 6. Especies de árboles, comparativas de tres bosques de pinabete, de San Marcos.

Estrato árboles		Bosque		
Nombre común	Nombre científico	Las Nubes	Los Cuervos	Canatzaj
Pinabete	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	X	X	X
Roble	<i>Quercus skinneri</i> Benth.	X	X	X
Ciprés	<i>Neocupressus lusitanica</i> (Mill.) de Laub.	X	X	X
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kuntz.	X	X	X
Cerezo	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.			X
Pino blanco	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltl.	X	X	X

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 7. Especies herbáceas y arbustos de las áreas abiertas del Cerro Cotzic, época seca.

Nombre Común	Especie	Parcelas										Frecuencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%
Musgo amarillo	<i>Hypnum amabile</i> (Mitt.) Hampe	X	X	X		X		X	X		X	70
Pajón	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.			X	X	X	X	X	X	X		70
Pajón original	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz y Pav.) Kunth	X									X	20
Trébol corazón	<i>Alchemilla pectinata</i> Kunth		X									10
Arrayan	<i>Baccharis vaccinioides</i> Kunth		X									10
Ligia	<i>Geranium alpicola</i> Loes.						X					10
Árnica medicinal	<i>Lepechinia caulescens</i> (Ort.) Epling.						X					10

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

La vegetación encontrada en los tres bosques es bastante similar, en su composición y estructura (Cuadros 4, 5 y 6), lo cual ya había sido encontrado por Martínez (2013). La fase de arbustos sigue siendo muy importante, por la contribución que pueden tener como plantas nodrizas, para ayudar en la recuperación de las áreas que carecen de árboles.

Cuadro 8. Valor de importancia de las especies herbáceas y arbustivas de áreas abiertas cerro Cotzic en época lluviosa.

Nombre común	Nombre científico	DR	CR	FR	Drel	Crel	Frel	VI
Pajón Original	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz y Pav.) Kunth	40.7	3.82	100	48.80	68.19	22.22	139.22
Pajón	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	4.7	0.28	80	5.64	4.92	17.78	28.33
Arnica medicinal	<i>Lepechinia caulescens</i> (Ort.) Epling.	3.9	0.31	60	4.68	5.57	13.33	23.58
Ligia	<i>Geranium alpicola</i> Loes.	0.9	0.14	40	1.08	2.49	8.89	12.46
Flor de mayo	<i>Weldenia candida</i> Schult.	5.5	0.23	50	6.59	4.04	11.11	21.75
Cenizo	<i>Gnaphalium liebmannii</i> Schultz-Bip. ex Klatt	8.6	0.33	50	10.31	5.94	11.11	27.37
Gallito	<i>Luzula carisina</i> E. Meyer	15.2	0.46	40	18.23	8.22	8.89	35.33
Espina blanca	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroché	3.9	0.04	30	4.68	0.62	6.67	11.97
		83.4	5.61	450	100	100	100	300

Fuente: Proyecto FODECY 046-2012.

De acuerdo con los cuadros 7 y 8, la vegetación herbácea dominante tanto en época seca y época lluviosa, son las gramíneas, representadas por *Muhlenbergia macroura* y *Stipa ichu*. Las plantas de hoja ancha en su mayoría son estacionarias y en el caso de arbustos, solo se notan esporádicamente de una manera muy dispersa.

Cuadro 9. Comparación de especies arbustivas fuera y dentro del bosque.

Nombre común	Especie	Parte externa				Matriz				Parte interna			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mora	<i>Rubus trilobus</i> Ser.	48	29	14	15	19	17	5	3	18	9	0	0
Malacate	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	7	7	7	0	5	6	0	3	0	5	0	0
Mozote	<i>Acaena elongata</i> L.	131	31	29	16	71	32	23	15	57	18	16	12
Subech	<i>Roldana heterogama</i> (Benth.) H. Rob. & Brettell	202	43	29	10	91	39	3	5	126	29	23	3
Salvia	<i>Buddleia megalcephala</i> Donn. Sm.	0	0	3	6	0	3	0	0	0	0	0	0
Juvenzal	<i>Verbesina hypoglauca</i> Sch. Bip. ex Klatt	0	0	10	7	0	14	2	0	0	8	0	0
Siete negrito	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth	0	0	7	0	0	5	0	2	0	2	0	0
Arrayan	<i>Baccharis vaccinioides</i> Kunth	0	0	18	9	0	0	2	2	0	0	0	0
Cerecillo	<i>Gaultheria</i> sp.	0	0	14	2	0	0	4	0	0	0	3	0
Chicajol	<i>Stevia polycephala</i> Bertol	0	0	31	4	0	0	6	5	0	0	0	0
Mucan	<i>Holodiscus argenteus</i> (L. f.) Maxim.	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Flor amarilla	<i>Verbesina apleura</i> S.F. Blake	0	0	10	18	0	0	9	11	0	0	7	2

1: Bosque Los Cuervos; 2: Bosque Las Nubes; 3: Bosque Canatzaj1 (Abajo camino terracería); 4: Bosque Cantatzaj2 (Camino al cerro).

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el Cuadro 9, se presenta la composición de especies arbustivas fuera y dentro del bosque. Este recuento lleva como objetivo dar una primera aproximación de cuáles especies arbustivas se pueden utilizar por su abundancia y donde deben manejarse. Por ejemplo cercano a los bosques se puede enriquecer con mora, mozote y subech, en tanto que otras

especies que son utilizadas como nodrizas como son el arrayan y la salvia no funcionan bien muy cerca de los bordes de bosque por lo que es más adecuado manejarlas en áreas totalmente abiertas. El caso del arrayan es importante señalarlo, porque se menciona como una de las mejores nodrizas, sin embargo, esto es cierto para áreas totalmente abiertas, fuera de bosque, o en áreas muy deterioradas alrededor de los bosque, pero con poca representación, junto a donde hay árboles.

B. Análisis de suelos

Cuadro 10. Análisis químico del suelo de Los Cuervos en diferentes condiciones sucesionales profundidad 0-15 cm.

		M-1	M-3	M-5	M-7	M-9	M-11	Rango	Media	Dev. St.	%CV
	Ph	5.5	5.3	5.7	5.9	5.4	4.9	4.9-5.9	5.45	0.34	6.33
μS/cm	C.E	852.5	809	796.5	644	667.5	390.5	390.5-852.5	693.33	169.80	24.49
ppm	P	12.21	3.57	5.26	52	5.2	3.08	3.8-12.21	5.86	3.68	62.71
	Cu	0.5	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1-0.5	0.23	0.21	88.53
	Zn	3.5	3	3.5	2.5	1.5	1	1-3.5	2.50	1.05	41.95
	Fe	7	3.5	4.5	11	3	3.5	3-11	5.42	3.09	57.03
	Mn	26	13.5	15	24.5	18	10.5	10.5-26	17.92	6.19	34.56
Meq/100 gr	CIC	38.7	59.56	53.48	26.52	59.56	52.17	26.52-59.26	48.33	13.13	27.17
	Ca	11.73	6.24	10.23	12.23	7.73	0.75	0.75-12.23	8.15	4.30	52.73
	Mg	2.22	1.03	1.81	2.51	0.99	0.29	0.29-2.51	1.48	0.85	57.33
	Na	0.12	0.1	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07-0.12	0.09	0.02	21.08
	K	0.46	0.28	1.92	0.95	0.54	0.41	0.41-1.92	0.76	0.61	80.53
%	SB	37.55	12.84	26.27	59.46	15.66	2.9	2.9-59.46	25.78	20.33	78.86
	M.O	15.53	23.3	19.64	7.99	27.29	21.63	7.99-23.3	19.23	6.75	35.08
	N Total	0.65	1.1	0.96	0.43	1.34	0.97	0.43-1.34	0.91	0.32	35.68

M-1: Pinabete, árboles dispersos 0-15; M-3: Estacas1 (Área abierta) 0-15; M-5: Nodrizal calle abajo 0-15; M-7: Nodrizal la piedrona 0-15; M-9: Nodrizal basurero 0-15; M-11: Estacas2 0-15; M-12: Estacas2 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 11. Análisis químico del suelo de Los Cuervos en diferentes condiciones sucesionales profundidad 15-30 cm.

		M-2	M-4	M-6	M-8	M-10	M-12	Rango	Media	Dev. St.	%CV
Ph		5.5	5.3	5.6	5.9	5.3	4.9	4.9-5.9	5.42	0.337	6.22
µS/cm	C.E	642.5	560	531	501	690.5	284	284-690.5	534.83	141.799	26.51
Ppm	P	8.16	2.84	5.62	59	3.51	2.84	2.84-8.16	4.59	2.297	49.99
	Cu	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1-0.5	0.17	0.163	97.98
	Zn	1.5	1	3	2.5	1.5	0.5	0.5-3	1.67	0.931	55.86
	Fe	5.5	2	4.5	14	3	2	2-14	5.17	4.546	87.99
	Mn	23.5	10.5	13.5	25	17	7.5	7.5-25	16.17	7.026	43.46
Meq/100 gr	CIC	46.96	56.52	48.7	24.78	63.48	56.96	24.8-56.96	49.57	13.554	27.34
	Ca	11.48	4.99	8.48	10.73	7.98	0.5	0.5-11.48	7.36	4.066	55.24
	Mg	2.1	0.53	1.07	1.73	0.99	0.25	0.25-2.1	1.11	0.701	63.05
	Na	0.16	0.11	0.1	0.1	0.09	0.06	0.06-0.16	0.10	0.033	31.61
	K	0.31	0.15	0.58	1.05	0.33	0.24	0.15-1.05	0.44	0.330	74.45
%	SB	29.91	10.24	21	54.92	14.79	1.84	1.84-54.92	22.12	18.676	84.44
	M.O	15.31	20.97	16.97	7.16	28.96	21.63	7.16-21.63	18.50	7.300	39.46
	N Total	0.73	1.03	0.79	0.36	1.36	1.02	0.36-1.36	0.88	0.339	38.41

M-2: Pinabete, árboles dispersos 15-30; M-4: Estacas1 (Área abierta) 15-30; M-6: Nodrizal calle abajo 15-30; M-8: Nodrizal la piedrona 15-30; M-10: Nodrizal basurero 15-30; M-12: Estacas2 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 12. Características físicas de los suelos de diferentes estadios sucesionales del Bosque Los Cuervos.

		0-15 cm de profundidad						15-30 cm de profundidad					
		M-1	M-3	M-5	M-7	M-9	M-11	M-2	M-4	M-6	M-8	M-10	M-12
Gr/cc Da		0.615	0.6452	0.635	0.833	0.667	0.741	0.667	0.714	0.727	0.87	0.6452	0.7692
% Humedad	1/3	45.9	59.72	51.56	34.06	59.21	52.52	49.4	55.3	47.58	30.75	65.72	56.31
	15	34.5	38.52	34.36	18.22	36.79	34.44	33.15	35.25	32.83	15.82	39.89	38.63
%	Arcilla	7.81	16.21	9.91	12.01	14.11	14.11	9.91	16.21	7.81	14.11	16.21	14.11
	Limo	37.42	37.42	39.52	39.52	31.12	29.02	37.42	35.32	39.52	35.32	33.22	35.32
	Arena	54.77	46.37	50.57	48.47	54.77	56.87	52.67	48.47	52.67	50.57	50.57	50.57
Clase textural		Franco arenoso	Franco	Franco arenoso	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco	Franco arenoso	Franco	Franco arenoso	Franco

M-1: Pinabete, árboles dispersos 0-15; M-2: Pinabete, árboles dispersos 15-30; M-3: Estacas1 (Área abierta) 0-15; M-4: Estacas1 (Área abierta) 15-30; M-5: Nodrizal calle abajo 0-15; M-6: Nodrizal calle abajo 15-30; M-7: Nodrizal la piedrona 0-15; M-8: Nodrizal la piedrona 15-30; M-9: Nodrizal basurero 0-15; M-10: Nodrizal basurero 15-30; M-11: Estacas2 0-15; M-12: Estacas2 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 13. Análisis químico del suelo del bosque Canatzaj en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 0-15 cm de profundidad.

		M-13	M-15	M-17	M-19	M-21	M-23	Rango	Media	Dev. St.	%CV
pH		5.5	5.3	5.3	5.3	4.9	5.4	4.9-5.5	5.28	0.204	3.86
µS/cm	C.E	788.5	970.5	511	571.5	773	588	511-970.5	700.42	173.843	24.82
Ppm	P	64	6.17	3.26	3.21	2.78	3.93	2.78-6.17	3.87	1.350	34.88
	Cu	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1-1	0.25	0.367	146.97
	Zn	4	1.5	1	1	1.5	2	1-4	1.83	1.125	61.39
	Fe	21	4	1	1.5	0.1	2	0.1-21	4.93	7.978	161.71
	Mn	31.5	20.5	9.5	15	12	14	9.5-31.5	17.08	7.959	46.59
Meq/100 gr	CIC	22.61	52.61	59.13	50	69.12	44.35	22.61-69.12	49.64	15.730	31.69
	Ca	8.73	6.99	4.74	8.48	1.75	6.74	1.75-8.73	6.24	2.625	42.07
	Mg	1.48	1.4	0.41	1.81	0.45	0.99	0.41-1.81	1.09	0.574	52.68
	Na	0.1	0.17	0.14	0.09	0.09	0.08	0.08-0.17	0.11	0.035	31.75
	K	0.5	0.32	0.18	0.58	0.36	0.42	0.18-0.58	0.39	0.141	35.76
%	SB	47.8	16.88	9.26	21.92	3.81	18.54	3.18-47.8	19.70	15.266	77.49
	M.O	7.32	18.31	21.97	17.09	26.63	15.46	7.32-26.63	17.80	6.503	36.54
	N Total	0.39	0.92	0.94	0.84	1.26	0.77	0.39-1.26	0.85	0.283	33.11

M-13: Nodrizal La Loma 0-15; M-15: Nodrizas frente peñasco 0-15; M-17: Pinabete arriba calle 0-15; M-19: Nodrizas abajo carretera 0-15; M-21: Nodrizas arriba calle 0-15; M-23: Pinabete con Nodrizas 0-15.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 14. Análisis químico del suelo del bosque Canatzaj en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 15-30 cm de profundidad.

		M-14	M-16	M-18	M-20	M-22	M-24	Rango	Media	Dev. St.	%CV
pH		5.6	5.2	5.2	5.4	5	5.4	5-5.6	5.3	0.210	3.96
µS/cm	C.E	479	723	715.5	440.5	763	590	440.5-763	618.5	136.50	22.07
Ppm	P	62	4.17	3.08	2.96	2.9	3.87	2.9-4.17	3.40	0.58	17.17
	Cu	1.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1-1.5	0.333	0.572	171.46
	Zn	3	1	1.5	1	2	2	1-3	1.75	0.758	43.33
	Fe	20.5	2	1	0.1	1.5	2.5	1-20.5	4.6	7.833	170.29
	Mn	26.5	15.5	14	8.5	15	25.5	14-26.5	17.5	7.050	40.28
Meq/100 gr	CIC	21.74	55.65	58.26	30.43	66.09	49.13	21.74-66.09	46.88	17.22	36.74
	Ca	7.73	5.74	5.74	5.49	2.99	8.48	2.99-8.48	6.028	1.93	31.99
	Mg	1.19	1.11	0.78	1.19	0.53	1.07	0.53-1.19	0.978	0.267	27.26
	Na	0.1	0.16	0.17	0.11	0.09	0.09	0.09-0.17	0.12	0.036	29.81
	K	0.39	0.23	0.31	0.29	0.36	0.32	0.23-0.39	0.317	0.056	17.60
%	SB	43.36	13	12.03	23.29	3.01	20.27	3.01-43.36	19.16	13.81	72.08
	M.O	5.99	18.64	26.63	19.64	26.96	19.24	5.99-26.96	19.52	7.61	39.01
	N Total	0.25	0.88	1.1	0.96	1.28	0.78	0.25-1.28	0.875	0.353	40.29

M-14: Nodrizal La Loma 15-30; M-16: Nodrizas frente peñasco 15-30; M-18: Pinabete arriba calle 15-30; M-20: Nodrizas abajo carretera 15-30; M-22: Nodrizas arriba calle 15-30; M-24: Pinabete con Nodrizas 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 15. Características físicas de los suelos de diferentes estadios sucesionales del Bosque Canatzaj.

		0-15 cm profundidad						15-30 cm profundidad					
		M-13	M-15	M-17	M-19	M-21	M-23	M-14	M-16	M-18	M-20	M-22	M-24
Gr/cc Da		0.889	0.702	0.69	0.727	0.58	0.769	0.952	0.678	0.635	0.727	0.563	0.727
% Humedad	1/3	29.46	53.33	56.81	49.59	66.54	45.69	27.64	54.71	58.13	53.9	63.14	51.29
	15	16.96	34.55	35.51	32.73	47.88	30.42	15.88	38.86	39.59	34.54	45.66	32.05
%	Arcilla	12.01	14.11	14.11	14.11	12.01	12.01	12.01	14.11	18.31	14.11	14.11	14.11
	Limo	39.52	37.42	35.32	35.32	35.32	31.12	37.42	37.42	37.42	37.42	37.42	33.22
	Arena	48.47	48.47	50.57	50.57	52.67	56.87	50.57	48.47	44.27	48.47	48.47	52.67
Clase textural		Franco	Franco	Franco	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco arenoso

M-13: Nodrizal La Loma 0-15; M-14: Nodrizal La Loma 15-30; M-15: Nodrizas frente peñasco 0-15; M-16: Nodrizas frente peñasco 15-30; M-17: Pinabete arriba calle 0-15; M-18: Pinabete arriba calle 15-30; M-19: Nodrizas abajo carretera 0-15; M-20: Nodrizas abajo carretera 15-30; M-21: Nodrizas arriba calle 0-15; M-22: Nodrizas arriba calle 15-30; M-23: Pinabete con Nodrizas 0-15; M-24: Pinabete con Nodrizas 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT '46-2012.

Cuadro 16. Análisis químico del suelo del bosque Las Nubes en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 0-15 cm de profundidad.

		M-25	M-27	M-29	M-31	M-33	M-35	M-37	Rango	Media	Dev. St.	%CV
pH		5.8	5.2	5.8	5.3	5.6	4.6	4.6	4.6-5.8	5.27	0.512	9.72
µS/cm	C.E	361	545	1095	640.5	497	410.5	702.5	361-1095	607.36	246.12	40.52
	P	3.14	2.72	8.33	3.57	33	3.21	3.14	3.14-33	8.16	11.13	136.36
Ppm	Cu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1-0.1	0.10	0.000	0.00
	Zn	0.5	0.5	3	1.5	1.5	0.5	1	0.5-3	1.21	0.906	74.64
	Fe	4	0.1	6	3.5	8	1	2	0.1-8	3.51	2.79	79.48
	Mn	17	15.5	36	17	19	4.5	5.5	4.5-19	16.36	10.43	63.77
Meq/100 gr	CIC	36.96	61.74	41.3	47.83	25.22	53.04	39.56	25.22-61.74	43.66	11.83	27.09
	Ca	11.98	5.49	19.96	5.49	6.74	0.75	1	0.75-19.96	7.34	6.73	91.61
	Mg	2.43	1.03	2.38	1.27	0.78	0.16	0.12	0.12-2.38	1.17	0.945	80.95
	Na	0.08	0.09	0.14	0.1	0.08	0.05	0.09	0.05-0.14	0.09	0.027	30.09
	K	1.15	0.47	0.87	0.32	0.63	0.04	0.13	0.04-1.15	0.52	0.399	77.42
%	SB	42.3	11.45	56.55	15.01	32.6	1.89	3.38	1.89-56.55	23.31	20.89	89.60
	M.O	6.39	24.63	13.65	19.3	10.98	26.96	29.96	6.39-26.96	18.84	8.82	46.83
	N Total	0.34	1.18	0.64	0.92	0.55	1.14	1.3	0.34-1.18	0.87	0.363	41.91

M-25: P 1 Planta nodriza a 0-15; M-27: P 2 Planta nodriza b 0-15; M-29: P 3 Planta nodriza c 0-15; M-31: P 4 Planta nodriza d 0-15; M-33: P5 Nodrizas/Pinabete 0-15; M-35: P6 Arboles/Pinabete 0-15; M-37: P7 Plantas en escoba 0-15.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 17. Análisis químico del suelo del bosque Las Nubes en diferentes estados de sucesión vegetal. Profundidad 15-30 cm de profundidad.

		M-26	M-28	M-30	M-32	M-34	M-36	M-38	Rango	Media	Dev. St.	%CV
	pH	5.8	5.7	5.2	5.3	5.6	4.7	4.5	4.5-5.8	5.26	0.500	9.50
µS/cm	C.E	272.5	817	457.5	554.5	503	285.5	591	272.5-817	497.29	187.648	37.73
Ppm	P	3.21	9	3.14	3.39	26	3.08	3.02	3.02-26	7.26	8.544	117.64
	Cu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1-0.1	0.10	0.000	0.00
	Zn	0.5	2	0.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5-2	1.00	0.645	64.55
	Fe	3.5	5.5	2	2.5	6.5	0.5	2	0.5-6.5	3.21	2.119	65.91
	Mn	14.5	28	13.5	14.5	20.5	4	4.5	4-28	14.21	8.455	59.48
Meq/ 100 gr	CIC	40.87	37.83	58.7	51.3	26.96	56.52	60.87	26.96-60.87	47.58	12.645	26.58
	Ca	12.23	13.72	5.24	4.74	6.49	0.5	0.5	0.5-13.72	6.20	5.181	83.52
	Mg	2.67	2.22	0.78	0.99	0.7	0.08	0.08	0.08-2.67	1.07	1.006	93.63
	Na	0.09	0.15	0.1	0.1	0.08	0.06	0.08	0.06-0.15	0.09	0.028	29.91
	K	0.97	0.92	0.37	0.26	0.53	0.02	0.07	0.07-0.97	0.45	0.381	84.86
%	SB	39.05	44.98	11.06	11.86	28.91	1.16	1.2	1.16-44.98	19.75	17.890	90.60
	M.O	7.54	12.65	25.96	21.97	12.65	25.3	27.29	7.74-27.29	19.05	7.933	41.64
	N Total	0.35	0.6	1.15	0.95	0.58	1.17	1.31	0.58-1.31	0.87	0.364	41.72

M-26: P 1 Planta nodriza a 15-30; M-28: P 2 Planta nodriza b 15-30; M-30: P 3 Planta nodriza c 15-30; M-32: P 4 Planta nodriza d 15-30; M-34: P 5 Nodrizas/Pinabete 15-30; M-36: P 6 Arboles/Pinabete 15-30; M-38: P 7 Plantas en escoba 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 18. Características físicas de los suelos de diferentes estadios sucesionales del Bosque La Nubes, San José Ojetenam, San Marcos.

		0-15 cm de profundidad						15-30 cm de profundidad							
		M-25	M-27	M-29	M-31	M-33	M-35	M-37	M-26	M-28	M-30	M-32	M-34	M-36	M-38
	Gr/cc Da	1.053	0.69	0.702	0.702	0.769	0.667	0.6	1.026	0.755	0.702	0.69	0.816	0.656	0.625
Humedad	1/3	39.89	61	51.38	57.22	42.6	67.76	61.1	40.72	45.25	62.18	60.95	45.73	62.77	59.69
	15	23.44	39	32.77	33.53	19.09	35.8	42.6	24.07	27.91	38.12	35.27	19.06	35.62	39.54
%	Arcilla	16.21	9.91	9.91	12.01	11.63	13.73	7.43	16.21	9.91	9.91	12.01	13.73	15.83	11.63
	Limo	24.82	29.4	35.7	35.7	40.28	42.38	34	23.1	37.8	31.5	35.7	40.28	40.28	38.18
	Arena	58.97	60.7	54.39	52.29	48.09	43.89	58.6	60.69	52.29	58.59	52.29	45.99	43.89	50.19
Clase textural		F. arenoso	F. arenoso	F. arenoso	F. arenoso	Franco	Franco	F. arenoso	F. arenoso	F. arenoso	F. arenoso	F. arenoso	Franco	Franco	Franco

M-25: P 1 Planta nodriza a 0-15; M-26: P 1 Planta nodriza a 15-30; M-27: P 2 Planta nodriza b 0-15; M-28: P 2 Planta nodriza b 15-30; M-29: P 3 Planta nodriza c 0-15; M-30: P 3 Planta nodriza c 15-30; M-31: P 4 Planta nodriza d 0-15; M-32: P 4 Planta nodriza d 15-30; M-33: P 5 Nodrizas/Pinabete 0-15; M-34: P 5 Nodrizas/Pinabete 15-30; M-35: P 6 Arboles/Pinabete 0-15; M-36: P 6 Arboles/Pinabete 15-30; M-37: P 7 Plantas en escoba 0-15; M-38: P 7 Plantas en escoba 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 19. Análisis químico del suelo del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos, en parcelas de nucleación. Profundidad 0-15 cm de profundidad.

		M-39	M-41	M-43	M-45	M-47	M-49	M-51	M-53	Rango	Media	Dev. St.	%CV
pH		5	4.5	5	5.5	5.1	5.2	5.3	5.4	4.5-5.5	5.13	0.311	6.06
µS/cm	C.E	308.5	452.5	372.5	236	343.5	369	326.5	215	215-452.5	327.94	76.548	23.34
ppm	P	2.6	2.78	3.57	5.44	13.91	5.62	2.9	3.27	2.6-13.91	5.01	3.782	75.46
	Cu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1-0.5	0.15	0.141	94.28
	Zn	2	1.5	1	1	1	2.5	0.5	3.5	0.5-3.5	1.63	0.991	60.99
	Fe	0.1	0.1	3	4	5.5	11.5	0.1	3.5	0.1-11.5	3.48	3.839	110.48
	Mn	9.5	8.5	9	10.5	10.5	15.5	7.5	16	7.5-16	10.88	3.171	29.16
Meq/100 gr	CIC	64.35	56.52	39.13	26.96	23.91	39.13	41.3	49.13	23.9-64.35	42.55	13.780	32.38
	Ca	1.5	0.25	1.25	1.25	1	11.23	1.75	12.72	0.25-12.72	3.87	5.038	130.22
	Mg	0.29	0.12	0.12	0.37	0.16	3.62	0.21	1.64	0.12-3.62	0.82	1.241	152.06
	Na	0.07	0.07	0.07	0.06	0.09	0.07	0.05	0.17	0.06-0.17	0.08	0.038	46.26
	K	0.28	0.17	0.34	0.49	0.29	0.64	0.44	0.26	0.17-0.64	0.36	0.151	41.48
%	SB	3.32	1.05	4.55	8.05	6.43	39.74	5.92	29.6	1.05-39.74	12.33	14.206	115.19
	M.O	22.5	21.97	18.64	12.65	8.99	8.32	15.98	11.65	8.32-22.5	15.09	5.561	36.86
	N Total	1.03	1.14	0.89	0.61	0.46	0.4	0.75	0.54	0.4-1.14	0.73	0.272	37.33

M-39: P# 1 C. Cotzic 0-15; M-41: P# 2 C. Cotzic 0-15; M-43: P# 3 C. Cotzic 0-15; M-45: P# 4 C. Cotzic 0-15; M-47: P# 5 C. Cotzic 0-15; M-49: P# 6 C. Cotzic 0-15; M-51: P# 7 C. Cotzic 0-15; M-53: P# 8 C. Cotzic 0-15.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 20. Características físicas de los suelos en parcelas de nucleación del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos. Profundidad de 0-15 cm.

		M-39	M-41	M-43	M-45	M-47	M-49	M-51	M-53
Gr/cc Da		0.7407	0.6667	0.6557	0.6667	0.8163	0.9524	0.8333	0.8511
Humedad	1/3	63.35	64.36	58.35	43.39	39.72	38.81	41.13	40.56
	15	43.44	34.95	29.7	23.85	17.14	24.63	26.27	25.46
%	Arcilla	9.91	14.11	9.91	11.63	9.53	28.43	13.73	22.13
	Limo	21	35.7	37.8	36.08	38.18	31.88	31.88	38.18
	Arena	69.09	50.19	52.29	52.29	52.29	39.69	54.39	39.69
CLASE TEXTURAL		Franco arenoso	Franco	Franco arenoso	Franco	Franco	Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco arcilloso

M-39: P# 1 C. Cotzic 0-15; M-41: P# 2 C. Cotzic 0-15; M-43: P# 3 C. Cotzic 0-15; M-45: P# 4 C. Cotzic 0-15; M-47: P# 5 C. Cotzic 0-15; M-49: P# 6 C. Cotzic 0-15; M-51: P# 7 C. Cotzic 0-15; M-53: P# 8 C. Cotzic 0-15.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 21. Análisis químico del suelo del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos, en parcelas de nucleación. Profundidad 15-30 cm de profundidad.

		M-40	M-42	M-44	M-46	M-48	M-50	M-52	M-54	Rango	Media	Dev. St.	%CV
pH		5.1	4.6	5.3	5.4	5.4	5.4	5.6	5.7	4.6-5.7	5.31	0.340	6.40
µS/cm	C.E	185.5	359.5	250.5	208.5	128.5	206.5	119.5	171	128.5-360	203.69	76.195	37.41
ppm	P	2.54	2.66	2.72	2.72	3.21	3.87	2.84	3.08	2.54-387	2.96	0.431	14.59
	Cu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1-0.1	0.10	0.000	0.00
	Zn	2	1.5	1	0.5	0.5	2	0.5	3.5	0.5-3.5	1.44	1.050	73.05
	Fe	0.1	0.1	2.5	1.5	0.5	13	0.1	1.5	0.1-13	2.41	4.367	181.00
	Mn	7	9	7.5	7	7.5	9	5	12	5-12	8.00	2.053	25.66
Meq/100 gr	CIC	68.7	66.09	49.56	45.65	49.13	38.26	40	30.43	30.43-68.7	48.48	13.260	27.35
	Ca	1	0.25	1.75	1.25	1	13.47	2.5	18.96	0.25-18.96	5.02	7.092	141.20
	Mg	0.16	0.12	0.21	0.29	0.25	4.61	0.41	2.34	0.12-4.61	1.05	1.618	154.29
	Na	0.05	0.06	0.1	0.07	0.08	0.09	0.1	0.14	0.05-0.14	0.09	0.028	32.76
	K	0.15	0.17	0.21	0.43	0.18	0.65	0.21	0.25	0.15-0.65	0.28	0.173	61.45
%	SB	1.99	0.92	4.56	4.46	3.06	49.18	8.04	70.46	0.92-70.46	17.83	26.615	149.24
	M.O	22.63	23.96	19.3	18.64	21.3	6.99	11.98	9.32	6.99-23.96	16.77	6.443	38.43
	N Total	1	1.23	0.92	0.91	0.94	0.37	1.06	0.44	0.37-1.23	0.86	0.299	34.81

M-40: P# 1 C. Cotzic 15-30; M-42: P# 2 C. Cotzic 15-30; M-44: P# 3 C. Cotzic 15-30; M-46: P# 4 C. Cotzic 15-30; M-48: P# 5 C. Cotzic 15-30; M-50: P# 6 C. Cotzic 15-30; M-52: P# 7 C. Cotzic 15-30; M-54: P# 8 C. Cotzic 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 22. Características físicas de los suelos en parcelas de nucleación del cerro Cotzic, Ixchigüan, San Marcos. Profundidad de 15-30 cm.

		M-40	M-42	M-44	M-46	M-48	M-50	M-52	M-54
Gr/cc Da		0.7273	0.6897	0.6897	0.8696	0.7407	0.8696	0.8333	0.9302
Humedad	1/3	65.09	70.05	65.8	64.43	62.69	37.65	42.23	36.54
	15	46.97	43.51	34.93	34.25	34.81	26.05	29.27	25.46
%	Arcilla	9.91	14.11	9.91	11.63	9.53	30.53	15.83	24.23
	Limo	29.4	37.8	39.9	42.38	38.18	31.88	31.88	36.08
	Arena	60.69	48.09	50.19	45.99	52.29	37.59	52.29	39.69
CLASE TEXTURAL		Franco arenoso	Franco	Franco arenoso	Franco	Franco	Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco arcilloso

M-40: P# 1 C. Cotzic 15-30; M-42: P# 2 C. Cotzic 15-30; M-44: P# 3 C. Cotzic 15-30; M-46: P# 4 C. Cotzic 15-30; M-48: P# 5 C. Cotzic 15-30; M-50: P# 6 C. Cotzic 15-30; M-52: P# 7 C. Cotzic 15-30; M-54: P# 8 C. Cotzic 15-30.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

De los cuadros 10 a 22, se puede indicar lo siguiente. El pH de las muestras se encuentra de ligeramente ácido a ácidos, lo cual para fines de manejo, sugiere que se necesita hacer correcciones, ya que el promedio general es de 5.3. Si bien es cierto que el pinabete se adapta a pH ligeramente ácidos, también debe considerarse el pH para la disponibilidad de los elementos químicos del suelo, lo cual es más adecuado en pH cercanos a 6.5.

Los valores de fósforo se encuentran bajos exceptuando las muestras 7, 8, 13, 14, 33, 34 y 47. Lo curioso es que las muestras que se mencionan tienen una alta cantidad de P, que es contrastante que los otros valores. El rango de valores sin considerar, los valores altos de las muestras mencionadas, está entre 4-5 ppm, siendo los valores más bajos en el Cerro Cotzic, esto implica que durante la restauración se debe hacer fertilizaciones con materiales ricos en este elemento. Además considerar los problemas de fijación que puede haber, por el pH y por el grado de descomposición de la materia orgánica, estos datos coinciden con lo que Fassbender y Bornemisza (1974), reporta para los suelos tropicales de altura.

El Cu y Zn se encuentra bajo en todas las muestras. El Fe se encuentra adecuado en las muestras 7, 8, 13, 14, 49 y 50 y bajo en el resto de las muestras. El Mn va de un rango medio a alto exceptuando la muestra 12, 17, 20, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 50, 51 y 52 en donde se encuentra bajo. La CIC se encuentra alta esto puede deberse a la influencia de la materia orgánica, la cual está alta en todas las muestras.

El Ca y Mg en las muestras 1, 2 y de la 5 a la 8 se encuentra alto. El Ca en las muestras 3, 4, 9, 10, 13 a la 20, 23, 24, 25 a 34, 49, 50, 53 y 54 están dentro del rango adecuado y las muestras 11, 12, 21, 22 y 35 a la 38 están por abajo, esto se ve reflejado por el pH. El Mg se encuentra bajo del rango adecuado en las muestra, de la 13 a la 24. El Mg en las muestra 25, 26, 28 y 29 49, 50, 53 y 54 se encuentra dentro del rango adecuado y las muestra 27 y 31 a la 38 se encuentran por abajo.

El K se encuentra en los niveles medios o excepción de la muestra 12, 17, 35 a 38, 40, 41, 42, 44, 48, 52, 53 y 54.

Las densidades aparentes (D_a) son bajas y la retención de humedad es alta, esto se debe a la cantidad de materia orgánica que contienen las muestras de suelo.

En general hay una tendencia de suelos ligeramente ácidos, con bajo contenido de fósforo, cantidades cambiantes de los otros elementos entre niveles adecuados bajos y altos, capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) alto, pero baja saturación de bases. La materia orgánica en todos los suelos está en cantidades relativamente altas, sin embargo su descomposición es parcial. A pesar de que hay poca información de fertilización y también hay criterios encontrados en cuanto a realizarla o no o en qué momento. Pero si es necesario que al llevar a cabo una restauración ecológica de estos sitios se debe considerar un plan de fertilización química y/o orgánica.

D. Análisis de fraccionamiento de la materia orgánica

Cuadro 23. Análisis de materia orgánica, carbón orgánico y fracciones de ácidos húmicos y fúlvicos de los suelos estudiados a la profundidad de 0 a 15cm de bosques del estudio.

Identificación	Materia orgánica %	Carbono orgánico %	E. soluble total %	Ácidos húmicos %	Ácidos fúlvicos %	Relación AH/AF
M-1 Nodrizas Los Curevos1	7.99	4.63	1.99	0.28	1.71	0.17
M-2 Nodrizas Los Cuervos2	7.32	4.25	1.80	0.42	1.37	0.31
M-3 Pinabete+Nodrizas Las Nubes	21.97	12.74	4.06	1.01	3.06	0.33
M-4 Nodrizas Las Nubes	26.63	15.45	4.59	1.27	3.31	0.38
M-5 Nodrizas Canatzaj1	6.39	3.71	1.63	0.25	1.37	0.19
M-6 Nodrizas Cantatzaj2	13.65	7.92	4.06	1.04	3.01	0.35
M-7 Plantas en escoba Canatzaj	29.96	17.38	4.14	0.87	3.27	0.27
M-8 P 1 C. Cotzil 0-15	22.5	13.05	2.63	0.52	2.11	0.25
M-9 P 3 C. Cotzil 0-15	18.64	10.81	3.32	0.64	2.68	0.24
M-10 P 8 C. Cotzil 0-15	11.65	6.76	2.55	0.87	1.68	0.52

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

De acuerdo con el Cuadro 23, los resultados de la M.O. de los suelos forestales estudiados muestran una variación grande que oscila entre 6.39% a 26% consideradas como adecuadas a muy altas. Esta variación se puede deber a los factores internos (C/N, Ácidos/bases, lignina/celulosa) o a factores externos como humedad, temperatura, pH, pendiente). Se encuentra una relación directa con los extractos solubles totales. Con relación a las fracciones analizadas los contenidos de Ácidos fúlvicos son mayores que los ácidos húmicos característico de los suelos forestales (Stevenson, 1982). Es posible que el tipo de humus formado sea el Mull Forestal, formado bajo condiciones aeróbicas.

En relación a la comparación de los parámetros de descomposición de la materia orgánica, en las diferentes muestras, se nota que hay algunas diferencias, que son marcadas por la cantidad de misma materia orgánica del suelo por ejemplo el porcentaje de ácidos fulvicos es mayor en los suelos con mayor cantidad de materia orgánica.

Las implicaciones para manejo de estos resultados, indican que si bien son característicos de suelos forestales, en el proceso de restauración se deberá procurar que la materia orgánica, pueda descomponerse más aceleradamente de tal forma de permitir mayor porcentajes de Ácidos húmicos y fúlvicos que promuevan la liberación de formas solubles de los elementos químicos del suelo hacia las plantas.

E. Registro de las condiciones climáticas del área

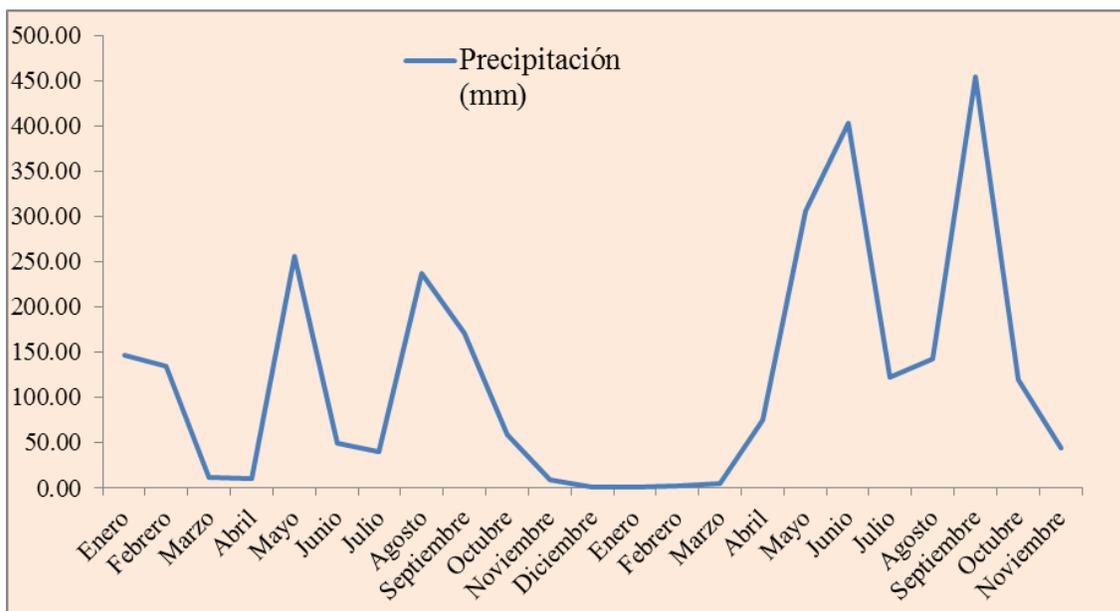
En las figuras 9 a 11, se presenta información de humedad relativa, temperatura media del aire y precipitación, de los años 2013 y 2014, generada a partir de la estación climática electrónica de Ixchigüan. En las figuras 12 y 13 se presenta la información de humedad relativa y temperatura media a nivel del suelo, tomada por medio de un higo termómetro portátil.

Figura 9. Curva del comportamiento del porcentaje de humedad relativa durante 2013 y 2014 en Ixchigüan y zonas aledañas.



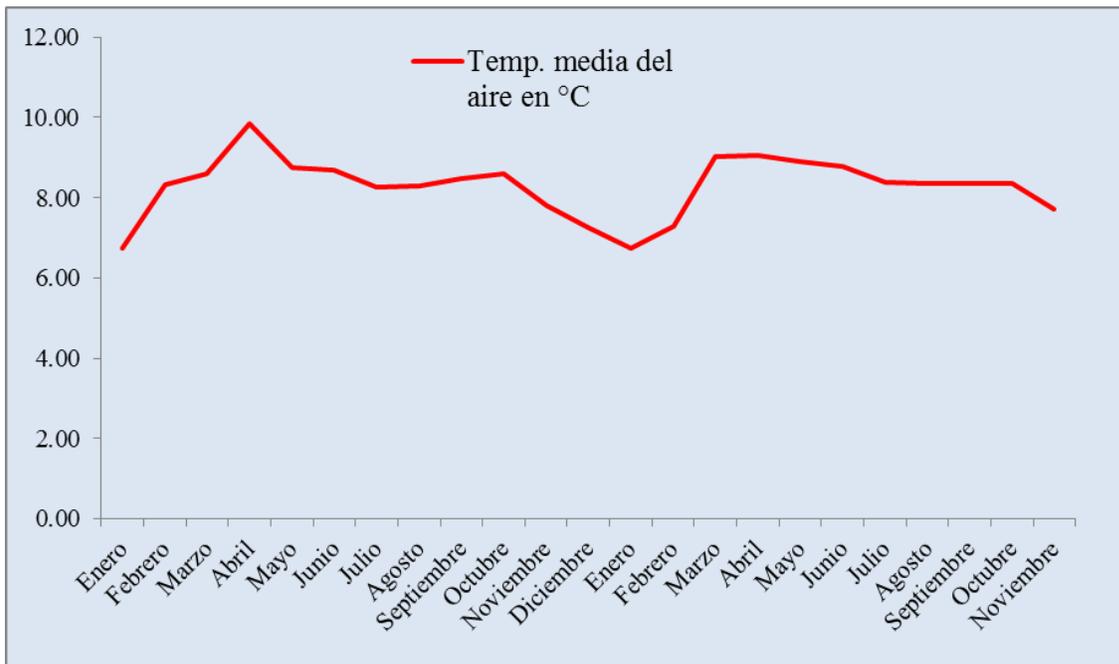
Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 10. Curva del comportamiento de la precipitación mensual durante 2013 y 2014 en Ixchigüan y zonas aledañas.



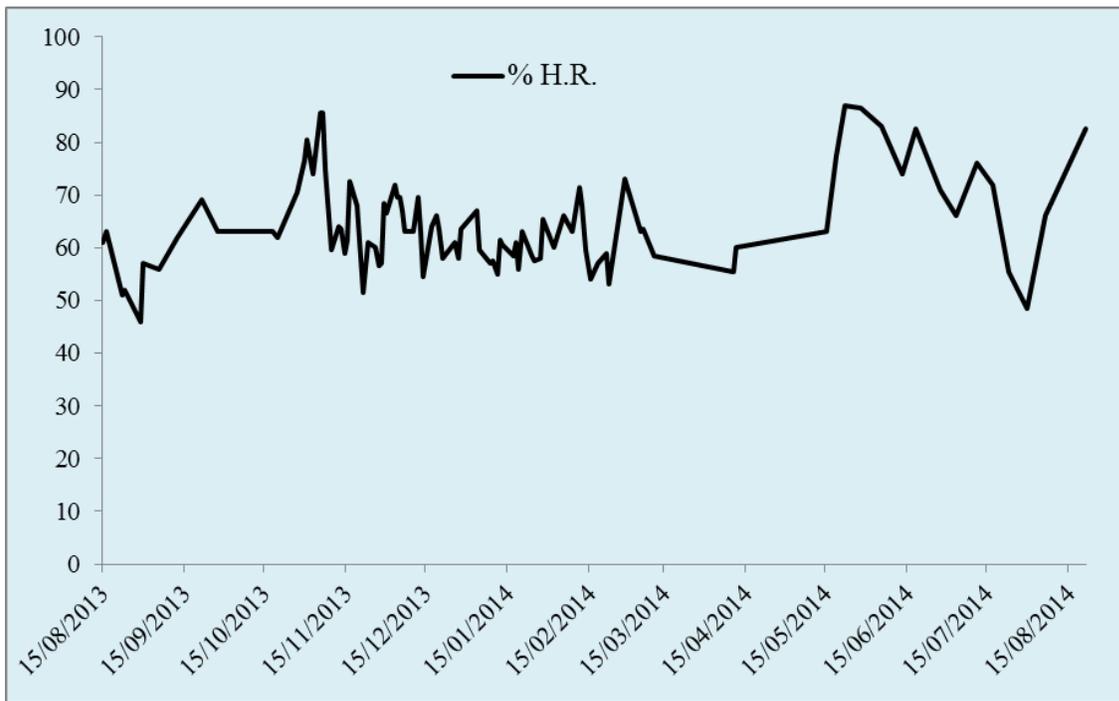
Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 11. Curva del comportamiento de la temperatura media del aire en °C mensual durante 2013 y 2014 en Ixchigüan y zonas aledañas.



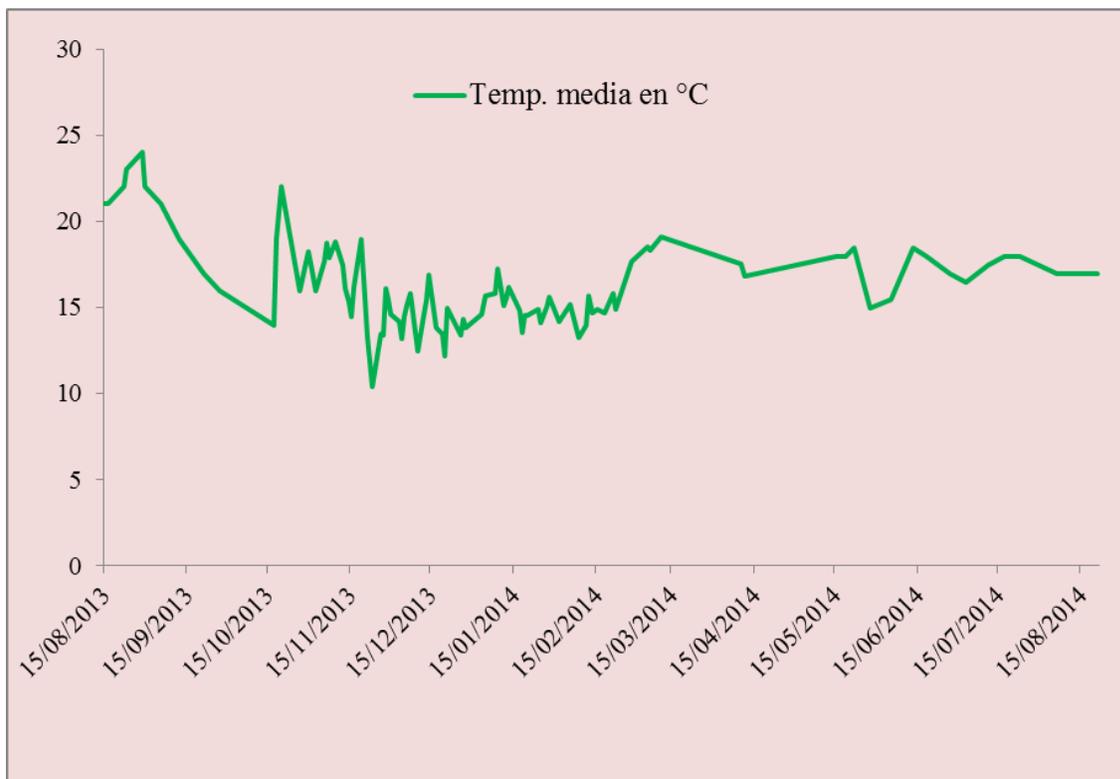
Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012

Figura 12. Registro con higrómetro portátil, de porcentaje de humedad relativa a nivel de la vegetación, Los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012

Figura 13. Registro con higrómetro portátil, de temperatura media diaria a nivel de la vegetación, Los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

De la estación de Ixchigüan, H.R (Figura 9), tiene un promedio de 84%, este dato corresponde al aire circundante, en tanto que los datos con el higrómetro (Figura 12), durante un año tienen un promedio de 64%, ya que su registro generalmente fue en horas cercanas al medio día y a nivel de la vegetación arbustiva. Sin embargo, puede considerarse que la humedad relativa, se mantiene alta, y que sus variaciones no son extremas. Esto debido a la altura del área que mantiene alta probabilidad diaria de nubosidad y de lluvia horizontal.

Martínez (2011) indica que el rango de precipitación va de 1500 a 2000 mm, y que en últimos años se ha visto una variación amplia, por ejemplo en 2009 se tuvo un año bastante anormal con precipitación por abajo del rango mencionado, en tanto que el 2010 se presentaron precipitaciones por arriba de lo normal. En los años de este estudio en el 2013 el registro de precipitación fue 1125.90 mm anuales y de 1675.90 de enero a noviembre de 2014. Estos datos parecen contradictorios dado que el año 2014 es el reportado con una de las mayores sequías a nivel nacional (Figura 10).

Pero cabe hacer unas observaciones en cuanto a estos datos, en el año 2013, se acuerdo a comunicación personal con encargados de la estación climática de Ixchigüan hubo algunos problemas con la mediciones de precipitación por lo que se puede estimar un error en los registros. En tanto en el año 2014 a pesar de que hubo marcada sequía en otras

partes del país, aquí la precipitación si bien es cierto que está por debajo del rango normal, no fue extremadamente baja, sin embargo si lo fue en cuanto a distribución ya en los meses de junio, julio y agosto, la cantidad acumulada fue notoriamente baja.

En tanto a la temperatura, las estación climática reporta una media del aire 8.29 °C, en tanto que con el higrómetro la temperatura promedio a nivel de los arbustos (1.0 a 1.50 m) es de 16 °C. Estos datos se encuentran entre lo normal reportado para el área en diferentes años (Figura 11).

F. Estudio de musgos

F.1 Determinación botánica

Se determinó que fueron tres las especies principales de musgos encontradas en los tapetes recolectados para estimación de retención de agua: *Cyrto-hypnum sharpii* (H.A.Crum) familia Thuidiaceae, *Hypnum amabile* (Mitt.) Hampe familia Hypnaceae, *Polytrichum juniperinum* Hedw familia Polytrichaceae.

En el Bosque Canatzaj se observó un 50% de la especie *Polytrichum juniperinum* Hedw, 40% de la especie *Hypnum amabile* (Mitt.) y por último un 10% de la especie *Cyrto-hypnum sharpii* (H.A.Crum).

En el Bosque Los Cuervos hubo un 50% a la especie de *Hypnum amabile* (Mitt.) 30% de *Polytrichum juniperinum* Hedw y un 20% de la especie *Cyrto-hypnum sharpii* (H.A.Crum).

En el Bosque Las Nubes la proporción se distribuyó de la siguiente manera; 50% de la especie *Hypnum amabile* (Mitt.), 25% de la especie *Cyrto-hypnum sharpii* (H.A.Crum) y 25% de la especie *Polytrichum juniperinum* Hedw.

F.2 Determinación de captación de agua por los musgos

Con los musgos recolectados se montó una prueba para conocer preliminarmente como la dinámica de retención y liberación de agua. En el mes de junio y la primera semana de julio la temperatura promedio fue de 24°C y 67% de humedad relativa en el lugar de la prueba.

Cuadro 24. Pérdida de agua de muestras de musgos bosques Los Cuervos, Canatzaj y Las Nubes.

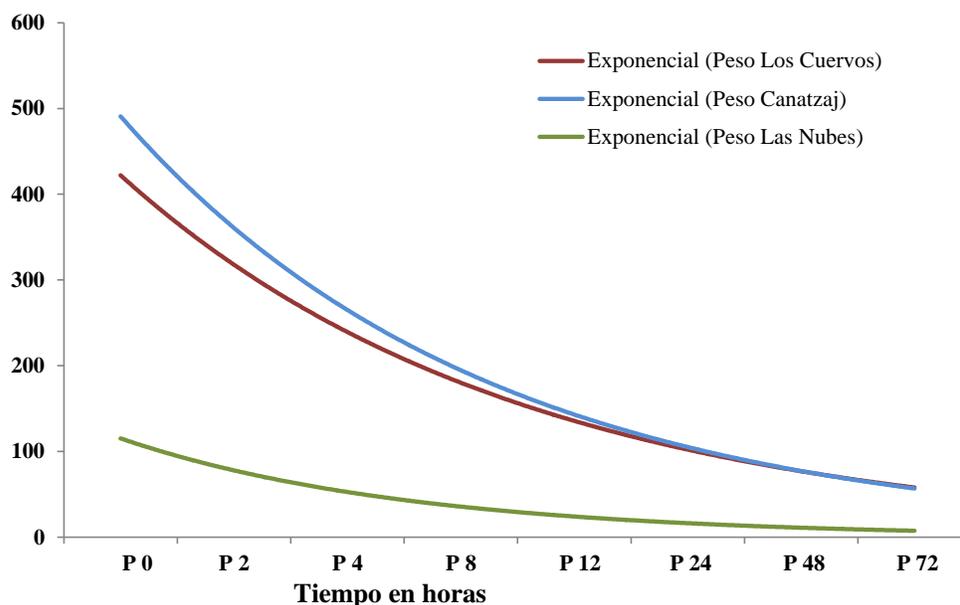
Tiempo de pesado	Peso de agua promedio (g) musgo + agua
Bosque Los Cuervos	
P0 saturado	342.41
P 2hrs.	259.92
P 4hrs.	255.04
P 8hrs.	206.42
P 12hrs.	174.52
P 24hrs.	170.84
P 48hrs.	78.23
P 72hrs.	32.53
Bosque Canatzaj	
P saturado	348.21
P 2hrs.	334.48
P 4hrs.	292.38
P 8hrs.	220.55
P 12hrs.	197.59
P 24hrs.	155.91
P 48hrs.	85.58
P 72hrs.	30.29
Bosque Las Nubes	
P saturado	69.68
P 2hrs.	66.89
P 4hrs.	65.06
P 8hrs.	61.18
P 12hrs.	55.61
P 24hrs.	10.30
P 48hrs.	7.28
P 72hrs.	6.90

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el Cuadro 24, se muestran los datos de pérdida de peso por parte de los musgos en un lapso de 72 horas, de forma gráfica se presenta lo mismo en la Figura 14. Debido a que no se parte de pesos similares se nota diferencia inicial en las curvas, sin embargo, la tendencia de peso del bosque Los Cuervos y Canatzaj es bastante similar. En general en las tres curvas se nota que a las 24 horas la mayor cantidad de agua se pierde. Si esto se extrapola al bosque donde de acuerdo con el estudio de la sucesión ecológica realizado por Martínez (2011), se notó que el promedio de cobertura de los musgos en el suelo es de cerca del 80%. Considerando como ejemplo el caso del bosque los Cuervos donde el área cubierta de bosque 45.96 ha, el 80% del área es de 36.77 ha. Si los 0.25 m² de musgos de este bosque pierden 309.98 g en 72 horas, se puede estimar que en el total del bosque, este aporta cerca de 456 toneladas métricas de agua a la cuenca durante ese lapso de tiempo, solo considerando el producto de la saturación de los musgos.

Pero a las 72 horas el musgo aún tiene humedad, esto traducido a la época seca del año permite comprender que los musgos lentamente siguen aportando agua al sistema.

Figura 14. Grafica de la pérdida de agua por los musgos de tres bosques, en 72 horas.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

G. Hongos micorrizicos

En el Cuadro 25 se presenta los géneros cuerpos fructíferos de hongos micorrizicos, en el Anexo 1 se presenta la galería de fotos de estos hongos. El bosque los Cuervos es más rico en hongos micorrizicos, lo que muestra que el ambiente a pesar del deterioro que ha sufrido en el pasado aún tiene la capacidad de mantener a estos organismos. Los bosques de pinabete, tienen una alta riqueza de hongos ectomicorrizicos, lo cual se ve reflejado en estudios como los de Córdova et al. (2014).

De los 16 géneros determinados en seis hay dos mofo especies, lo que significa variación en las formas encontradas. Hay 10 que son micorrizicos y que por lo tanto juegan un papel importante en el ecosistema al contribuir con el aporte de minerales del suelo hacia los árboles. Hay 11 de ellos que se consignan como comestibles, sin embargo hay dos que a veces pueden ser venenosos, por lo que con seguridad hay nueve géneros que pueden utilizarse para este fin.

En el área es poco frecuente que las personas recolecten hongos para la alimentación, esto puede ser positivo porque, permite la producción de esporas para una mayor reproducción natural. Sin embargo, es una fuente de alimento que debe ser considerada como un servicio ecosistémico, que manejado sustentablemente puede permitir que las personas se alimente de este recurso o que lo puedan vender.

Cuadro 25. Hongos micorrizicos encontrados en los bosques Los Cuervos y Canatzaj, San Marcos.

Género	Morfo especies	Localidad	Ecología	Usos
<i>Agaricus</i>	2	LC, CN	Terrestre	Comestible, venenoso
<i>Amanita</i>	1	CN	Micorrízico	Comestible, venenoso
<i>Boletus</i>	1	LC	Micorrízico	Comestible
<i>Bovista</i>	1	CN	Terrestre	Comestible, medicinal
<i>Cantharellus</i>	1	LC	Micorrízico	Comestible
<i>Clitocybe</i>	1	CN	Micorrízico	Comestible
<i>Cortinarius</i>	2	LC, CN	Mmicorrízico	Comestible, medicinal
<i>Entoloma</i>	2	LC	Saprófito, Micorrízico	-----
<i>Helvella</i>	2	LC	Micorrízico	Comestible
<i>Inocybe</i>	1	CN	Micorrízico	-----
<i>Lycoperdon</i>	2	LC	Saprófito	Comestible
<i>Nolanea</i>	1	LC	Saprófito	-----
<i>Pholiota</i>	1	LC	Saprófito de madera	-----
<i>Pluteus</i>	1	CN	Lignícola	-----
<i>Ramaria</i>	1	LC	Micorrízico	Comestible, medicinal
<i>Russula</i>	2	LC	Micorrízico	Comestible, medicinal

LC: Bosque Los Cuervos; CN: Bosque Canatzaj.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

H. Observaciones con relación a la fauna

Cuadro 26. Lista de fauna silvestre reportada para el bosque los Cuervos.

Clase	Especies
Insectos	Mariposas, saltamontes, abejas de diferentes tipos.
Reptiles	Niños (salamandras), lagartijas, serpientes.
Mamíferos	Conejos, ardillas.
Roedores	Ratones, taltuzas.
Fauna del suelo	Lombrices de tierra.
Aves	Zopes, gavilanes, palomas, shejos, sanates, clarineros.
Otros	Caracoles, arañas.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 27. Lista de fauna silvestre reportada para el bosque Canatzaj.

Clase	Especies
Insectos	Saltamontes, Abejas, mariposas y palomillas de varias especies
Mamíferos	Taltuza, coyote, conejo, ardillas, comadreas, armadillos y ratas.
Reptiles	Serpientes, salamandras, ranas, lagartijas.
Aves	Codornices, zopilotes, sinsonte, Clarinero, sanate, gorrión, paloma de monte, gavián, carpintero
Fauna bajo el suelo	Lombrices y Cien pies

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El sondeo de la fauna silvestre (Cuadro 26 y 27) se realizó de manera cualitativa, no se determinaron especies, ya que solo fue a través de observación en el campo y de entrevista con los guarda recursos, por lo tanto se trata de la fauna más común, que puede verse en un día normal. Sin embargo, un estudio a mayor profundidad puede permitir establecer, la densidad y composición de edades de estas poblaciones.

Si se pudo notar algunas cadenas tróficas que es necesario fortalecer, para que en el futuro el equilibrio de ecosistema sea el adecuado. Por ejemplo el aumento de las poblaciones de taltuza, porque han disminuido sus enemigos naturales, como el coyote, que ya es muy escaso. Es importante también conocer mejor las cadenas tróficas de los insectos en especial los polinizadores. En el caso de aves, se encontró muy pocas defecaciones, que son una señal de la dispersión de semillas.

Un caso muy importante y que se señala como indicador de ecosistemas maduros y poco perturbados, son las salamandras de estas hay una conocida como “niño” del género *Bolitoglossa* que aún es posible encontrar en estos bosques, aunque con muy baja frecuencia.

III.1.2 Estudio de las plantas nodrizas

A. Caracterización *in situ* plantas nodrizas

Cuadro 28. Características de la planta de arrayán (*Baccharis vaccinioides*).

No. Planta	Altura m	Largo	Ancho	Cobertura m ²
1	2.20	1.90	1.85	3.52
2	2.60	1.20	1.40	1.68
3	2.80	1.45	1.36	1.97
4	2.15	1.25	1.28	1.60
5	3.90	2.20	2.10	4.62
6	2.10	1.20	1.00	1.20
7	2.70	1.35	1.30	1.76
8	2.80	1.40	1.28	1.79
9	2.20	1.90	1.80	3.42
10	2.00	1.00	0.95	0.95
Media	2.55	1.49	1.43	2.25
Desv. St.	0.566	0.385	0.372	1.186
C.V.	22.24	25.94	25.97	52.70

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 29. Caracterización de ramificación y frutos de arrayán (*Baccharis vaccinioides*).

No. planta	No de ramas primarias	No. ramas secundarias/primaria	No. Racimos florales/ rama secundaria	No. Cabezuelas / racimo	No. de flores compuestas /cabezuela	Total estimado de frutos
1	5	11	10	6	9	59400
2	5	5	11	4	8	17600
3	5	4	9	5	10	18000
4	4	3	10	5	9	13500
5	4	5	11	6	12	39600
Promedio	5	6	10	5	10	29620
Desv. St.	0.548	3.130	0.837	0.837	1.517	19530.8
C.V.	11.91	55.90	8.20	16.09	15.80	65.94

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El arrayán es una planta que crece en lugares abandonados, posiblemente con alto deterioro, es reconocida como la planta más utilizada como nodriza. Con base en el Cuadro 28 se puede anotar que su altura promedio es 2.55m y diámetro de 2.25m², las plantas caracterizadas tienen una edad promedio de 8 a 10 años, por lo que se puede indicar que estas son las características máximas que puede alcanzar, sin embargo, en el Cerro Cotzic, en plantas propagadas asexualmente de tres años la altura promedio es de 1.20 m. Con las dimensiones indicadas, el arrayán es una planta que tiene características adecuadas para protección, además que en la época seca no defolia.

Como puede notarse en el Cuadro 29 es una planta bastante ramificada y por tratarse de una especie de la familia Asteraceae, la cantidad de frutos que produce cada infrutescencia es alta y por lo tanto el total de frutos, que en este caso corresponden a las semillas, también es alto, lo que asegura una alta probabilidad de nuevas plantas cada año.

Cuadro 30. Características de la planta de chicajol (*Stevia polycephala*).

No. Planta	altura en m	Largo	Ancho	Cobertura m ²
1	0.82	0.50	0.20	0.10
2	1.23	0.70	0.30	0.21
3	1.31	0.66	0.23	0.15
4	1.55	0.78	0.50	0.39
5	1.58	0.80	0.60	0.48
6	1.3	0.50	0.25	0.13
7	2.5	1.20	1.13	1.36
8	2.65	1.32	1.15	1.52
9	2.8	1.50	1.38	2.07
10	2.75	1.45	1.32	1.91
Media	1.85	0.94	0.71	0.83
Desv. St.	0.74	0.39	0.49	0.79
C.V.	40.22	41.22	68.70	95.32

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El chicajol es una planta que crece en terrenos deteriorados y que por lo tanto como especies pionera, ofrece protección a varias especies. En el Cuadro 30 aparece la altura promedio de 1.85m y una cobertura de 0.83 m². Por la arquitectura muy abierta que presenta al ubicar las plantas forestales para que les de protección se procura buscar el lado más ancho, de tal forma que la cobije adecuadamente.

Cuadro 31. Caracterización de ramificación y frutos de chicajol (*Stevia polycephala*).

No. planta	No de ramas primarias	No. ramas secundarias/primaria	No. Ramas terciarias/secundaria	No. infl. Promedio/planta	Total estimado de frutos
1	10	3	5	17	15300
2	14	3	5	19	17100
3	35	4	5	15	13500
4	8	4	5	17	15300
5	10	4	8	16	23040
Promedio	15	4	6	15	16848
Desv. St.	11.17	0.55	1.34	1.48	3688.02
C.V.	72.54	15.21	23.96	9.89	21.89

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el Cuadro 31 se puede notar que es poco ramificada, sus inflorescencias/infrutescencias son cabezuelas y por lo tanto la cantidad de frutos producidos es alta, sin embargo, al parecer muy pocos tienen éxito de ubicarse en sitios seguros porque la regeneración natural de esta especie, es poco notoria.

Cuadro 32. Características de la planta de mozote (*Acaena elongata*).

No Planta	Altura en m	Largo	Ancho	Cobertura m ²
1	1.65	0.85	0.80	0.68
2	1.30	0.90	0.80	0.72
3	1.60	0.86	0.75	0.65
4	0.84	0.35	0.20	0.07
5	0.82	0.36	0.30	0.11
6	1.85	0.90	0.80	0.72
7	1.27	0.62	0.40	0.25
8	0.80	0.28	0.23	0.06
9	0.85	0.30	0.22	0.07
10	0.70	0.25	0.20	0.05
Media	1.17	0.567	0.47	0.337
Desv. St.	0.42	0.286	0.28	0.310
C.V.	36.06	50.39	59.54	92.10

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 33. Caracterización de ramificación y frutos de plantas de mozote (*Acaena elongata*).

No. planta	No de ramas primarias	No. promedio ramas secundarias	Total ramas secundarias por planta	No. infl. Promedio/ rama secundaria	No. frutos promedio / infl.	Total estimado de frutos
1	11	26	286	7	13	2366
2	10	25	247	6	11	1650
3	12	26	315	6	13	2028
4	11	25	277	6	12	1800
5	13	25	328	7	13	2275
Promedio	11	25	291	6	12	2024
Desv. St.	1.14	0.55	32.02	0.55	0.89	304.15
C.V.	10.00	2.16	11.02	8.56	7.21	15.03

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El mozote, es considerado como una de las malezas que se dispersa fácilmente, debido a que sus frutos se adhieren a ropa y pelo de animales. Su aspecto es un arbusto achaparrado con base en el Cuadro 33 su altura promedio es de 1.17 m y su cobertura de 0.337 m². Es una planta relativamente baja para dar protección a un árbol pequeño, pero como casi siempre sucede la protección es brindada por varias plantas a la vez, sin embargo su mayor valor es en la regeneración natural, ya que por su arquitectura ofrece un sitio seguro para las semillas que caen en la planta. En cuanto a sus frutos, en comparación con las otras especies, el número es bajo, pero su efectividad para dispersarse es alta por la facilidad de adherencia a ropa y pelo.

La mora es una planta que crece cerca de donde hay bosques, su arquitectura es de una enramada, en el Cuadro 34 la altura promedio es de 2.64 m, pero si se mide el largo de cada brote, estos pueden tener hasta 4 m, pero como a cierta altura se tienden a ir hacia abajo, forman una maraña de ramas que es lo que da la fisonomía que presentan. La cobertura por esta misma causa es relativamente alta, en promedio 3.77 m². En el Cuadro 35 se muestra la cantidad de ramas que la planta produce. En cuanto a los frutos, estos son pseudo drupas, que contienen de 14 a 16 semillas, por su color son muy atractivas para los pájaros, quienes se supone hacen el principal papel de dispersión.

Cuadro 34. Características de la planta de mora (*Rubus trilobus*).

No. Planta	altura en m	Largo	Ancho	Cobertura m ²
1	1.38	1.38	1.30	1.79
2	2.30	1.50	1.43	2.15
3	3.70	2.20	2.16	4.75
4	3.90	2.45	2.40	5.88
5	1.85	1.25	1.17	1.46
6	3.10	2.40	2.25	5.40
7	1.50	1.70	1.60	2.72
8	2.90	2.10	2.03	4.26
9	3.00	2.10	2.70	5.67
10	2.80	2.00	1.80	3.60
Media	2.64	1.91	1.88	3.77
Desv. St.	0.867	0.425	0.506	1.664
C.V.	32.82	22.27	26.88	44.16

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 35. Caracterización de ramificación y frutos de plantas de mora (*Rubus trilobus*).

No. Planta	No. de ramas primarias	No. Promedio de ramas secundarias	No. ramas secundarias	No. promedio ramas terciarias/rama secundaria	No. promedio de frutos/rama	Total de frutos estimados/planta
1	16	14	224	10	2	448
2	23	14	317	10	3	951
3	18	13	195	12	3	585
4	20	15	304	11	2	608
5	25	13	320	10	3	960
Promedio	20	14	272	11	3	710
Desv. St.	3.65	0.84	58.28	0.89	0.55	231.98
C.V.	17.88	6.06	21.43	8.44	21.07	32.65

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 36. Características de la planta de salvia (*Buddleia megalocephala*).

No Planta	Altura en m	Largo	Ancho	Cobertura m ²
1	3.05	2.89	2.78	8.03
2	2.75	2.45	2.20	5.39
3	2.00	1.80	1.78	3.20
4	1.98	1.50	1.43	2.15
5	1.87	1.45	1.42	2.06
6	3.00	2.75	2.67	7.34
7	1.85	1.28	1.18	1.51
8	2.25	2.00	1.50	3.00
9	3.50	1.50	1.00	1.50
10	3.00	2.50	2.00	5.00
Media	2.53	2.01	1.80	3.92
Desv. St.	0.602	0.593	0.607	2.39
C.V.	23.84	29.48	33.78	61.11

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 37. Caracterización ramificación y frutos de plantas de salvia (*Buddleia megalocephala*).

Planta	No. ramas primarias	No. promedio ramas secundarias por rama primaria	No. promedio de ramas terciarias por rama secundaria	Número de frutos por rama	No. total estimado de frutos
1	7	26	14	9	1647
2	10	19	15	8	1552
3	9	23	13	8	1656
4	8	21	16	9	1512
5	7	23	14	9	1458
Promedio	8	22	14	9	1565
Desv. St.	1.30	2.61	1.14	0.55	85.78
Rango	7-10	19-26	13-16	8-9	1458-1647
C.V.	16.25	11.86	8.14	6.1	5.48

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

La salvia es una planta selectiva para los lugares donde crece en forma silvestre, en general se pueden notar machones de plantas, que luego ya no crecen en otros lugares. En

lugar donde se encontró la mayor población es en la carretera que va de Ixchigüan a San José Ojetenam, ahí al parecer crecen mezcladas dos especies *B. megalcephala* y *B. skutchii* que son muy similares. Con base en el Cuadro 36 su altura promedio es de 2.53m y su cobertura de 3.92 m², lo cual ofrece una buena protección a los árboles pequeños que se plantan debajo de estas. Con base al Cuadro 37 se nota que tienen bastante ramificación, sus hojas son grandes por lo que son muy utilizadas en forraje. La cantidad de frutos es alta y a esto hay que sumarle que cada fruto contiene cerca de 16 capsulas, cada una con miles de semillas que son dispersadas por el viento.

Cuadro 38. Características de la planta de malacate (*Symphoricarpos microphyllus*).

No. Planta	Altura en m	Largo	Ancho	Cobertura m ²
1	1.50	0.40	0.20	0.08
2	1.20	0.80	0.60	0.48
3	0.80	1.00	0.40	0.40
4	1.10	0.90	1.00	0.90
5	1.20	1.20	0.90	1.08
6	1.70	1.00	0.50	0.50
7	1.20	1.30	0.80	1.04
8	1.30	0.80	0.70	0.56
9	1.80	1.30	1.48	1.92
10	1.20	0.60	0.40	0.24
Media	1.30	0.93	0.698	0.720
Desv. St.	0.294	0.295	0.369	0.536
C.V.	22.65	31.68	52.93	74.44

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El malacate es una planta poco frecuente, aparece principalmente, cerca de los parches de bosque. Con base en el Cuadro 38 su altura promedio es de 1.30m y su cobertura de 0.72m², por su arquitectura es una planta que produce en promedio 7 ramas primarias (Cuadro 39) y de aquí hay cerca de 32 ramas secundarias por plantas, estas ramas crecen en general casi verticales, y como en la época seca bota muchas de sus hojas, para la protección de las plantas se debe buscar ubicarlas adecuadamente respecto a donde va a venir la helada para que pueda proteger mejor a las plantas.

Cuadro 39. Caracterización ramificación y frutos de plantas de malacate (*Symphoricarpos microphyllus*).

No. planta	No de ramas primarias	No. promedio ramas secundarias	Total ramas secundarias por planta	No. Promedio ramas terciarias/secundaria	No. ramas cuarto orden/terciaria	Total estimado de frutos
1	6	6	36	8	6	144
2	11	4	44	5	11	165
3	6	7	42	6	5	90
4	8	4	32	8	9	216
5	7	4	28	7	7	147
6	3	4	12	6	10	180
Promedio	7	5	32	7	8	157
Desv. St.	2.64	1.33	11.62	1.21	2.37	42.03
C.V.	38.63	27.50	35.94	18.17	29.58	26.77

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

B. Establecimiento de plantas nodrizas por medio vegetativo en el campo

Cuadro 40. Establecimiento de plantas nodrizas por medio vegetativo, recuento después de un año, Canatzaj, San Marcos.

TIPO DE SIEMBRA	ARRAYAN			MOZOTE			CHICAJOL			SALVIA			UBICACIÓN
	2013	2014	%	2013	2014	%	2013	2014	%	2013	2014	%	
En Escoba	286	224	78	163	125	77	146	120	82	22	15	68	Arriba del camino
En Escoba	116	93	80	38	35	92	62	40	64	21	12	57	cerca parche de ciprés
En Estacas	25	15	60	30	15	50	15	10	67	18	10	56	Arriba vereda

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En Canatzaj (Cuadro 40), se obtuvo pegue de las cuatro especies, en este lugar, las personas de la comunidad cortaron las cantidad de ramas de las especies y se sembraron, no hubo una preparación especial de las estacas previo a la siembra. Además de acuerdo a la experiencia, se sembraron dos parcelas en escoba, es decir plantas pequeñas arrancadas con todo y raíz que luego se sembraron en el área de prueba. Se puede ver que en todas las especies hay mejor pegue de las plantas en escoba, en comparación con las estacas.

En los Cuervos y Las Nubes, en los primeros meses se observó la brotación de las estacas, pero luego al momento de su evaluación final que fue al inicio de las lluvias, se notó que no hubo enraizamiento y que los brotes que se tenían habían muerto. Esto muestra que las estacas muy preparadas (cuando se les quita las hojas y solo se dejan los brotes), no tienen éxito en el campo, por lo que debe ser necesario que su enraizamiento primero en el vivero para luego llevarlos al campo.

C. Propagación por estacas de plantas nodrizas en vivero

Cuadro 41. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, sin sombra.

	30 días	45 días	60 días	75 días
Especie	Primera lectura	Segunda Lectura	Tercera lectura	Cuarta lectura
Arrayan	0	Estaca joven en arena blanca tres raíces de 2, 2, 2, cm de largo	0	Estaca mediana en tierra del lugar 1 raíz de 2.5 cm de largo)
Chicajol	0	0	0	0
Malacate	Estaca adulta en suelo del lugar, 2 raíces de 1 y 2 cm de largo	Estaca joven en arena blanca dos raíces de 0.6, 0.6 cm de largo	0	Estaca joven en mezcla, 12 raíces (8 de 1 cm y 4 de 3 cm de largo)
				Estaca joven en suelo del lugar, 3 raíces de 3 cm de largo)
Mora	Estaca adulta en broza, tres raíces de 4 cm de largo	Estaca adulta en broza, 29 raíces con promedio de 6.5 cm de largo; en mezcla 3 raíces de 1 cm; en suelo del lugar 14 raíces de 3 cm de largo	Estaca adulta en broza, 35 raíces con promedio de 8 cm; en mezcla 29 raíces de 5 a 6 cm; en suelo del lugar 14 raíces de 3 a 4 cm de largo	Estaca adulta en broza, 3 raíces de 1 cm; en suelo del lugar, 2 raíces de 5 cm de largo
			Estaca mediana en mezcla, 5 raíces de 1 cm; en tierra del lugar 3 raíces de 1 cm de largo	Estaca joven en suelo del lugar, 3 raíces de 1 cm de largo
Mozote	Estaca adulta en broza 3 raíces de 4 cm de largo	Estaca adulta, 5 raíces de 2 cm de largo	Estaca adulta en mezcla, 5 raíces de 2 cm de largo	0
	Estaca mediana y joven en mezcla, con 1 raíz en cada caso de 1.5 cm de largo			
Salvia	0	0	0	0

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 42. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, con sombra de saco de prolipropileno.

	30 días	45 días	60 días	75 días
Especie	Primera lectura	Segunda Lectura	Tercera lectura	Cuarta lectura
Arrayan	Estaca media en arena blanca tres raíces de 2, 2, 1 cm de largo	0	0	0
Chicajol	Estaca adulta en suelo del lugar, tres raíces de 2, 2, 1 cm de largo	0	0	0
Malacate	0	Estaca joven en arena blanca 2 raíces de 3, 1.5 cm de largo	Estaca joven con arena blanca 15 raíces (5 de 15 cm y presencia de raicillas, 5 de 4 cm y presencia de raicillas y 5 de 2.5 cm de largo)	Estaca joven en arena blanca 18 raíces (8 de 5 cm, 5 de 3 cm y 5 de 1.5 cm de largo)
			Estaca media en arena blanca con 18 raíces (6 con 3 cm, 8 con 1.5 cm y 4 con 1 cm de largo)	Estaca joven en mezcla 5 raíces (3 de 4 cm y 2 de 2 cm de largo)
Mora	Estaca joven en suelo del lugar, 3 raíces de 1 cm	Estaca madura en broza, 7 raíces de 5.6 cm; en arena blanca, 12 raíces de 3.5 cm en promedio; en mezcla, 13 raíces de 5.4 cm en promedio; en suelo del lugar 6 raíces de 3 cm de largo	Estaca adulta en broza 7 raíces de 5 a 6 cm; en arena blanca 12 raíces de 3 a 4 cm; en mezcla 13 raíces de 4 a 5 cm; en suelo del lugar 6 raíces de 3 cm de largo	Estaca adulta en mezcla, 2 raíces de 7 cm; en suelo del lugar 7 raíces de 3 cm de largo
			Estaca mediana en broza, 3 raíces de 1 cm de largo	Estaca mediana en broza, 3 raíces de 5 cm de largo Estaca joven en broza, 2 raíces de 3 cm de largo; en mezcla 3 raíces de 10 cm de largo
Mozote	Estaca adulta en mezcla, 1 raíz de 2.5 cm de largo			
Salvia	Estaca mediana en mezcla, 1 raíz de 1 cm de largo			

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 43. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, con sombra de sarán al 60%.

	30 días	45 días	60 días	75 días
Especie	Primera lectura	Segunda Lectura	Tercera lectura	Cuarta lectura
Arrayan	Estaca adulta en broza, dos raíces, de 1, 2 cm de largo	0	Estaca mediana en suelo del lugar con 1 raíz de 3 cm de largo)	0
Chicajol	0	0	0	0
Malacate	Esta joven en arena blanca 4 raíces de 1.5, 1.0.5, 0.5 cm de largo	0	Estaca joven en arena blanca, 9 raíces (5 de 3 cm y 4 de 1.5 de largo)	0
	Estaca media en suelo del lugar, dos raíces de 3, 1 cm de largo			
	Estaca adulta en arena blanca do raíces de 1, y 0.5 cm de largo			
Mora	Mora Estaca adulta en arena blanca, 1 raíz de 2 cm de largo	Estaca adulta en broza, 3 raíces de 1 cm de largo	Estaca adulta en broza, 3 raíces de 1 cm de largo	Estaca adulta en broza, 5 raíces de 10 cm de largo
	Estaca mediana en broza, 1 raíz de 1.5 cm de largo; en mezcla 5 raíces de 1.6 cm de largo	Estaca joven en broza, 5 raíces de 2 cm de largo	Estaca joven en broza, 5 raíces de 2 cm de largo	Estaca mediana en broza, 17 raíces de 3 cm; en suelo del lugar, 12 raíces de 20 cm de largo en promedio
				Estaca joven en broza, 4 raíces de 6 cm; en mezcla 2 raíces de 5 cm de largo
Mozote	Estaca mediana en suelo del lugar, 1 raíz de 3 cm de largo	Estaca adulta en arena blanca, 3 raíces de 2 cm de largo		Estaca adulta en arena blanca, 3 raíces de 2 cm de largo
Salvia	0	0	0	0

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 44. Resultados del pegue de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, con sombra de nylon transparente.

	30 días	45 días	60 días	75 días
Especie	Primera lectura	Segunda Lectura	Tercera lectura	Cuarta lectura
Arrayan	Estaca media en mezcla dos raíces de 1.3, 0.5 cm de largo	Estaca joven en arena blanca 1 raíz de 3 cm de largo	Estaca joven en broza 1 raíz con 3 cm de longitud)	0
		Estaca adulta en arena blanca 1 raíz de 2 cm de largo; en mezcla 1 raíz de 2 cm de largo	Estaca adulta en broza con 1 raíz de 3.5 cm	
Chicajol	0	0	0	0
Malacate	0	0	Estaca joven en arena blanca 12 raíces (7 de 2.5 cm y 5 de 4 cm de largo)	0
Mora	Estaca adulta en broza, 1 raíz de 2.5 cm	Estaca adulta en arena blanca 7 raíces de 1.2 cm de largo	Estaca adulta en arena blanca, 7 raíces de 1 a 2 cm de largo	Estaca adulta en broza, 7 raíces de 19 cm de largo
	Estaca joven en suelo del lugar, 1 raíz de 1.5 cm de largo			Estaca mediana en broza, 3 raíces de 1 cm de largo
				Estaca joven en broza, 5 raíces de 3 cm de largo; en arena blanca, 5 raíces de 6 cm de largo
Mozote	0	0	0	0
Salvia	0	0	0	0

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Los porcentajes de pegue de estacas son relativamente bajos (Cuadro 41 al 44), incluso hay especies que no respondieron a la brotación. Aquí debe considerarse que, aparentemente es mejor sembrar de acuerdo a como lo hacen los agricultores, que es únicamente cortando una rama y sembrándola, sin quitar hojas. La especie *Rubus trilobus* (mora) *Symphoricarpos microphyllus* (malacate) fueron las especies que tuvieron mejor brotación seguido de *Baccharis vacinioides* (arrayan). El mozote tiene una respuesta media, en tanto que salvia y chicajol son las que menos brotación tuvieron. En cuanto a los sustratos la arena blanca fue la que mejor respondió, luego el suelo del lugar y la broza y la mezcla la que menos funcionó. La mejor sombra el testigo tiene más casos de brotación seguido del sarán, aunque en realidad se puede decir que este factor no influyó demasiado. El tiempo de enraizamiento parece que es mejor a partir los 45 días después de la siembra.

Para Ixchiguan, se montó el experimento, pero no se obtuvo una sola estaca enraizada, en ninguno de los tratamientos. Aquí hubo varios factores, el primero la temperatura, el segundo que no se tenía control del experimento todos los días y en algunas ocasiones no se regó a tiempo, lo cual provocó el fracaso.

D. Calendario fenológico de las plantas nodrizas

Cuadro 45. Calendario fenológico de arrayan (*Baccharis vaccinioides*).

Característica \ mes	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 46. Calendario fenológico de chicajol (*Stevia polycephala*).

Característica	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 47. Calendario fenológico de mozote (*Acaena elongata*).

Característica \ mes	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 48. Calendario fenológico de mora (*Rubus trilobus*).

Característica \ mes	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas total												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 49. Calendario fenológico de Salvia (*Buddleia megalocephala*).

Característica \ mes	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 50. Calendario fenológico de malacate (*Symphoricarpos microphyllus*).

Característica \ mes	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas total												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En los cuadros del 45 al 50 se presentan los calendarios fenológicos de cada una de las especies nodrizas. De estos uno de los aspectos importantes, es conocer cuándo se puede obtener semilla, para la reproducción de las especies, dado que una de las metas de implementar un proyecto de restauración como el que se plantea aquí está basado en el establecimiento inicial de plantas nodrizas. Las especies mora y malacate sus frutos deben ser colectados al final de la época lluviosas (octubre-noviembre), en tanto que el chicajol, salvia y arrayan, la época de mayor abundancia de infrutescencias es de marzo a mayo. El mozote tiene frutos secos casi todo el año, pero en especial por la abundancia se puede cosechar en agosto-septiembre y de marzo a mayo.

E. Protocolo de obtención y germinación de semillas de las seis especies de plantas nodrizas

Arrayán (Baccharis vaccinioides Kunth)

Los frutos son aquenios pequeños (2 mm de largo x 1 mm de ancho) que se encuentran en cabezuelas con aspecto de algodón. Su recolección es entre marzo y abril, que es cuando los frutos se desprenden fácilmente, por medio del viento. Para facilitar la colecta y evitar que los frutos sean llevados por el viento, es recomendable colocar una bolsa grande, donde se introducen las ramas y se aporrea suavemente. Se colocan las semillas en recipientes plásticos calados, sobre una manta o saco plástico, en un lugar seco, a la sombra para que se terminen de secar las infrutescencias y deje caer la semilla.

Cuando la infrutescencia está completamente seca, se hace pasar todos los frutos por la canasta calada finas o cedazo, frotándolas para que se suelte el vilano y quede únicamente el aquenio que es el que contiene la semilla, después de esto se puede almacenar.

Figura 15. Secuencia de obtención de semilla de arrayan.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

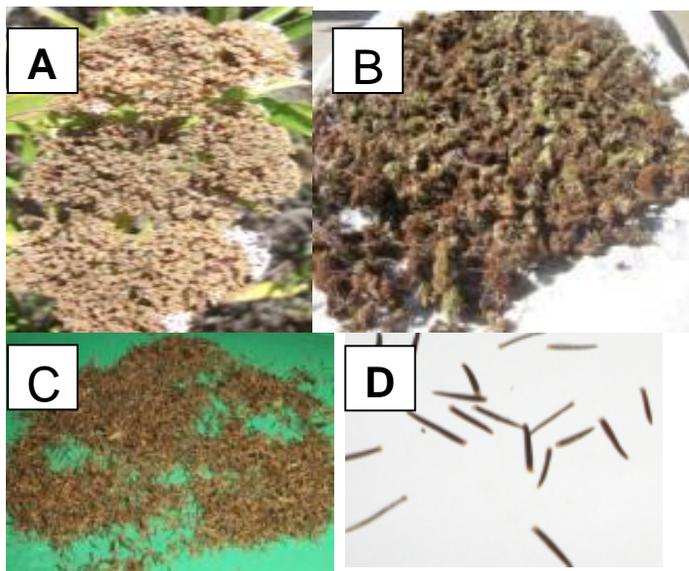
A: Infrutescencias con aquenios con apariencia algodonosa; B: Recolección de frutos; C: Frutos con material de infrutescencias y ramas; D: Aquenios limpios.

Para la germinación se utilizan recipientes plásticos calados con sustrato de peat most o bien de arena blanca y suelo. Se reparte la semilla al azar de manera uniforme y luego se le aplica una capa fina del mismo sustrato para tapar. La emergencia inicia a los 22 días y continúa por seis, con lo que se obtiene un 75% de emergencia.

Chicajol (*Stevia polycephala* Bertol.)

Presenta infrutescencias en corimbos redondeados, los frutos se recolectan entre agosto-septiembre y en marzo-abril, cuando las infrutescencias tienen un color café verdoso, que es cuando aún no han botado sus frutos. Se colocan en bolsas y luego para terminar su secado se ponen en canasta calada, sobre una manta o saco plástico, en un lugar seco y a la sombra. Una vez estén secas las infrutescencias se sacuden para que los aquenios queden sueltos. Se limpia los aquenios, que son los que contienen las semillas. Esto se hace hasta que queden individualizados, tienen un tamaño de 4 a 6 mm y un color negro.

Figura 16. Descripción del proceso de obtención de semilla de chicajol.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

A: Infrutescencias maduras; B: Material obtenido de la recolección de frutos; C: Separación de aquenios; D: Aquenios completamente limpios.

Para la germinación se utilizan recipientes plásticos calados con sustrato de peat most o una mezcla de arena blanca y suelo. La semilla se esparce al azar y luego se cubre con una capa fina del sustrato. La emergencia inicia a los 9 días después de la siembra y se prolongan por cinco más: Hay un porcentaje de germinación del 90%.

Mozote (*Acaena elongata* L.)

Aunque se puede encontrar frutos maduros todo el año, la mayor abundancia se produce en los meses de marzo a mayo. Los frutos se colectan cuando tienen color café, que es cuando más fácil se adhiere a la ropa o pelo de animales. Es difícil separar la semilla de la capsula, así lo más práctico es dejar el fruto completo para utilizarlo en la propagación.

Se recolectan de forma manual, colocándolas en bolsa o recipiente, también se puede hacer pasando una manta por planta para que se adhieran los frutos y luego separar estos para colocarlos en recipiente o bolsa.

Posteriormente colocar los frutos en recipientes plásticos o sobre papel periódico directamente al sol para terminar su secado. Hacer una limpieza de la semilla y luego almacenarla.

Figura 17. Aspectos de la planta de mozote.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

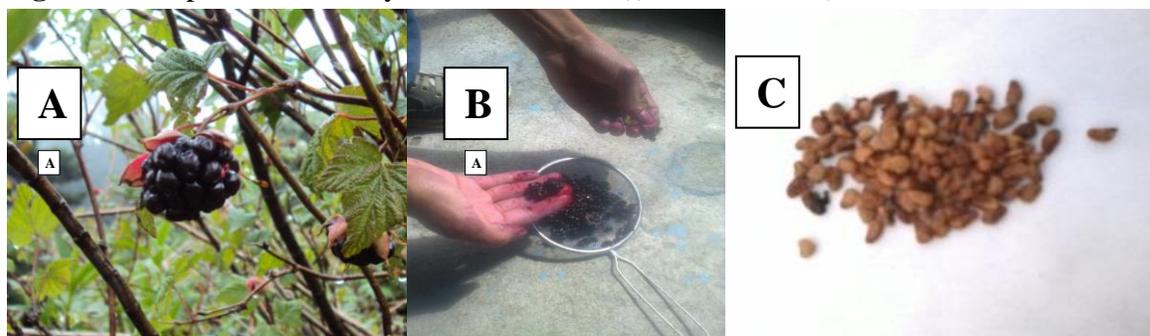
Izquierda: planta presentando las infrutescencias; Derecha: frutos que contienen una semilla cada uno, esta es la fuente para realizar propagación.

Para la propagación, se coloca los frutos en hileras separadas unos 15-20cm y en estos colocar las semillas a 5 cm una de otra, esto se puede hacer en recipientes plásticos con arena y broza o bien en peat most, el tiempo de emergencia de la plántula va de 5 a 15 días con un porcentaje de 80-85%.

Mora (*Rubus trilobus* Ser.)

Los frutos son hemisféricos de color púrpura-negro, de 1.5 cm de ancho, tiene de 12 a 16 drupelas que es donde están las semillas. La cosecha se realiza de agosto a noviembre, que es cuando están maduros y tienen un color morado. Se colocan en un recipiente con agua y se estrujan, se dejar un día para que suelte la pulpa.

Figura 18. Aspectos de fruto y semilla de mora ((*Rubus trilobus*).



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

A: Frutos, B: Obtención de la semilla, C: Semilla limpia y seca.

Posteriormente se pueden pasar por canastas plásticas caladas, procurando que esté pasando agua, y se les presiona para que se separe la pulpa. Después de varios lavados se puede obtener la semilla, hay aproximadamente 12 a 16 semillas por infrutescencia. Para el secado se debe de poner en recipientes plásticos o sobre papel periódico en superficie planas directamente al sol.

A pesar de que la semilla tiene una consistencia dura, al parecer no necesita escarificación. Para su propagación se coloca la semilla en cajas con peat most o un sustrato de arena y tierra, colocando las semillas sobre surcos separados de 15 a 20 cm. La germinación inicia a los 15 días después de la siembra y se extiende por 54 días, después de lo cual se pueden obtener porcentajes de germinación de 45-55%. Tiene una germinación epigea (cuando la planta emerge lleva consigo la testa de la semilla), las hojas están dispuestas en pares opuestos (filotaxis dística). A los 35 días después de la germinación ya tienen dos pares de hojas verdaderas, con un tallo rojizo.

Salvia (*Buddleia megalcephala* Donn.-Sm.)

Recolectar en el mes de marzo-abril, las infrutescencias globosas de color marrón (de acuerdo las observaciones, parece ser que las plantas producen de forma bianual), colocarlas en bolsas o recipientes plásticos y dejar que terminen de secar. Dentro de cada infrutescencia están las capsulas que contienen gran cantidad de semillas color café, con promedio de 2mm de largo cada una. El material que se obtiene contiene residuos de los frutos y semillas, por lo hay que limpiarla, para luego almacenarla.

Figura 19. Derecha vista de las infrutescencias de salvia.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Al centro vista general de miles de semillas cada una cerca de 2 mm de largo. Izquierda semilla vista al microscopio, donde a los lados se notan las alas que le sirven para su dispersión.

Para la propagación asexual se prepara recipientes de plástico calados con sustratos para germinación como el peat most o bien elaborar una mezcla con arena blanca fina, suelo franco y materia orgánica bien descompuesta. La ventaja de utilizar sustratos elaborados es que no hay necesidad de desinfección pues son materiales inertes. Debido al tamaño de la semilla, esta se esparce lo más uniforme posible y luego se le coloca una fina capa del mismo sustrato. Debe mantenerse una humedad constante y procurar colocar las bandejas en lugares claros donde estén protegidos del frío. A los cinco días se obtiene la germinación que es tipo hipogea. Después cuando las plántulas ya tienen un par de hojas verdaderas que es aproximadamente a los 20-25 días se trasplantan a bolsas de almacigo, su crecimiento es lento y produce el segundo par de hojas verdaderas 45 días después de la emergencia. En el almacigo pueden estar por cuatro a seis meses y luego se pueden trasplantar al campo definitivo. Si el semillero se realiza en noviembre se pueden tener plantas listas para el campo en el mes de junio del siguiente año.

Malacate (*Symphoricarpos microphyllus* Kunth)

Los frutos son de color blanco-amarillento con apariencia de perlas, se recolectan de forma manual entre octubre a noviembre, si no se colectan en este punto, se pondrán de color café cayendo al suelo, donde es difícil su ubicación. Los frutos se colocan en agua, se estrujan, se dejan 1 o dos días y luego se separa la pulpa, por medio de lavados, luego se deja secar y se puede almacenar.

Figura 20. Secuencia de obtención de semilla malacate.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

A: Frutos; B: Estrujado de frutos en agua; C: semilla con mucilago; D: Semilla limpia y seca.

La propagación se puede realizar en recipientes plásticos calados, utilizando como sustrato al peat most o una mezcla de arena blanca con suelo. Las semillas se colocan sobre surcos separados de 15 a 20 cm. No se ha probado la escarificación de semilla. La germinación empieza a los 19 días después de la siembra y se prolonga por 12 más, obteniendo al final un 70% de emergencia.

F. Análisis fitoquímico de plantas nodrizas

En los cuadros III.46 a III.53 se presentan los resultados del análisis fitoquímico realizado a las seis especies de planas nodrizas. Los resultados muestran que hay actividad diversa entre ellas, lo que hace que puedan tener un valor en el futuro, para estimular su reproducción y siembra, como fases iniciales antes de establecer árboles.

Cuadro 51. Determinación del mejor disolvente para la obtención de extractos alcohólicos de especies vegetales nodrizas.

Especie vegetal	Mejor disolvente
<i>Acaena elongata</i>	Etanol 70%
<i>Baccharis vaccinioides</i>	Etanol 70%
<i>Buddleia megalcephala</i>	Etanol 70%
<i>Rubus trilobus</i>	Etanol 50%
<i>Stevia polycephala</i>	Etanol 70%
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	Etanol 50%

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Según el Cuadro 51, se pudo percatar que en su mayoría el etanol al 70% fue el mejor disolvente, con excepción de *Rubus trilobus* y *Symphoricarpos microphyllus*, que utilizan etanol al 50% como mejor disolvente. Esto se pudo evidenciar a simple vista, ya que según el disolvente al que son más afines los extractos presentar una mayor pigmentación.

Cuadro 52. Rendimiento de aceites esenciales, obtenido para seis especies de plantas nodrizas.

Especie vegetal	Aceites esenciales (g)
<i>Acaena elongata</i>	0.234
<i>Baccharis vaccinioides</i>	0.253
<i>Buddleia megalcephala</i>	0.244
<i>Rubus trilobus</i>	0.224
<i>Stevia polycephala</i>	0.300
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	0.267

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El rendimiento de aceite esencial de las plantas nodrizas está entre 0.234 a 0.300, siendo el de mayor valor de chichajol (*S. polycephala*), en general los valores son bajos en comparación a otras especies, especializadas para este fin (Gonzales, 2007). Los aceites esenciales obtenidos de las especies vegetales nodrizas poseen un olor característico y único de cada una. Como es la primera vez que se prueba extraer aceite esencial de estas plantas, se comprobó cuando se hizo la extracción con pentano (solvente orgánico), los aceites esenciales se evaporaron, por lo que se tuvo que utilizar otro solvente orgánico como el hexano con el cual no se tuvo el problema de evaporación.

Cuadro 53. Porcentaje de rendimiento de los extractos vegetales obtenidos de seis especies de plantas nodrizas.

Especie vegetal	% de Rendimiento (g)
<i>Acaena elongata</i>	37.987
<i>Baccharis vaccinioides</i>	40.534
<i>Buddleia megalcephala</i>	36.217
<i>Rubus trilobus</i>	39.333
<i>Stevia polycephala</i>	35.916
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	38.582

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el Cuadro 53, se presenta el porcentaje de rendimiento promedio que presentó cada una de las especies de plantas nodrizas. Los extractos vegetales obtenidos de la época seca, son de variada calidad. En *Acaena elongata* se obtuvo un extracto que se pudo pulverizar; en *Stevia polycephala*, el extracto no llega a melcochar, y después de siete meses, aún se encuentra en estado líquido, sin tener disolvente en su composición, el extracto de las demás especies es melcochado. En todo se ha seguido el proceso de haber sido pasados por el equipo Rotavapor®, siendo separados del disolvente, según la metodología recomendada por González (2004).

El material vegetal obtenido durante la época lluviosa presentó dificultad en el proceso de extracción, ya que éste se humedecía con mayor facilidad y retardó el proceso de extracción del mismo, ya que había que almacenar el mismo con un %H \leq 8 un día antes y/o dejarlo en el horno desecador y trabajarlo el mismo día para evitar que este se humedeciera.

Los extractos obtenidos de material vegetal cosechado en época lluviosa, presentaron dificultades a lo largo de todo el proceso de extracción y en el proceso de cristalización. En comparación con la cristalización de las plantas cosechadas en época seca, que fue de aproximadamente tres meses, la cosecha de las planas en época lluviosa, se prolongó el casi el triple de tiempo en la obtención de los extractos secos. El proceso de secado se llevó a cabo por medio físico a temperatura ambiente, ya que se prefirió no someterlas a calor, para evitar la degradación de sus principios activos, ya que no se tiene información de si pueden ser sometidos a calor. En la época lluviosa la composición de todos los extractos fue melcochado.

Cuadro 54. Determinación de actividad antimicrobiana de extractos vegetales de seis especies de plantas nodrizas.

Extracto	A	B	C	D	E	F	G	H
Control	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acaena elongata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Baccharis vaccinioides</i>	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Buddleia megalocephala</i>	-	+	±	-	±	+	+	+
<i>Rubus trilobus</i>	-	-	-	-	-	-	±	+
<i>Stevia polycephala</i>	-	-	±	+	+	-	-	-
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	-	-	-	-	-	-	-	±

(-): No hay actividad; (+): Hay actividad; (±): indeterminado A: *Staphylococcus aureus*; B: *Salmonella typhi*; C: *Mycobacterium smegmatis*; D: *Bacillus subtilis*; E: *Pseudomonas aeruginosa*; F: *Candida albicans*; G: *Bacillus subtilis* subesp. *Spizizenii*; H: *Escherichia coli*.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El tamizaje antimicrobiano, tal como se muestra en el Cuadro 54, muestra que *Acaena elongata* y *Baccharis vaccinioides* presentaron actividad contra la mayoría de cepas estudiadas, inhibiendo el crecimiento de las mismas; por lo que se puede inferir que pueden ser utilizadas para tratar padecimientos que estos microorganismos provoquen en el ser humano.

Los demás extractos presentaron una actividad restringida contra algunas de las cepas estudiadas, así *Buddleia megalocephala* y *Stevia polycephala* inhibieron el crecimiento de alguna de ellas, en tanto que *Rubus trilobus* solamente inhibió el crecimiento de *E. coli*.

En el caso de los extractos donde se consideró la actividad indeterminada como *Buddleia megalocephala* (*M. smegmatis* & *P. aeruginosa*), *Rubus trilobus* (*Bacillus subtilis* subesp. *Spizizenii*), *Stevia polycephala* (*M. smegmatis*) y *Symphoricarpos microphyllus* (*E. coli*) será necesario en el futuro hacer el análisis a través de concentración inhibitoria mínima (CIM).

Cuadro 55. Determinación de actividad antimicrobiana de aceite esencial por medio de disco de difusión.

Extracto	C	D
<i>Buddleia megalocephala</i>	-	-

(-): No hay actividad; (+): Hay actividad; C: *Mycobacterium smegmatis*; D: *Bacillus subtilis*.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Los inhibición a través de discos de difusión de *Buddleia megalocephala* tampoco presentó actividad por lo que dice que tanto el extracto como el aceite esencial de esta especie no tiene actividad contra estas cepas (Cuadro 55).

Cuadro 56. Determinación de la actividad citotóxica del extracto de seis especies de plantas nodrizas contra nauplios de *Artemia salina*.

Extracto	LD₅₀ (mg/mL)
<i>Acaena elongata</i>	> 1
<i>Baccharis vaccinioides</i>	> 1
<i>Buddleia megalcephala</i>	> 1
<i>Rubus trilobus</i>	> 1
<i>Stevia polycephala</i>	> 1
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	> 1

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Los extractos presentan una dosis letal 50% (LD₅₀) mayor a 1 mg/ml (Cuadro 56) debido a que todos mataron <50 % de nauplios durante el ensayo.

Cuadro 57. Determinación de la actividad antioxidante de seis especies de plantas nodrizas por DPPH.

Extracto/ Estándar	Actividad antioxidante
<i>Baccharis vaccinioides</i>	++++
<i>Stevia polycephala</i>	++
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	++
<i>Rubus trilobus</i>	+++
<i>Acaena elongata</i>	++++
<i>Buddleia megalcephala</i>	+++
Quercetina 1%	++++
Rutina 0.1%	++++
Ácido clorogénico 0.1%	++++
TBHQ	++++
Trolox	++++

*La cantidad de cruces (+) determina la intensidad.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Todos los extractos de las especies vegetales nodrizas analizados presentan potenciales antioxidantes diferentes, siendo ordenados según su potencial del mayor al menor *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Rubus trilobus*, *Buddleia megalcephala*, *Stevia polycephala* y *Symphoricarpos microphyllus*, respectivamente. Esto indica que pueden prevenir o detectar una cadena de propagación oxidativa, mediante la estabilización de radicales producidos y la regeneración de antioxidantes ayudando de esta manera a reducir el daño oxidativo en el cuerpo humano. Asimismo, pueden desactivar metales, inhibir hidropéroxidos lipídicos, entre otros beneficios donde actúan previniendo o retardando la oxidación de materiales fácilmente oxidables como las grasas.

G. Fichas técnicas por especie de planta nodriza

Las fichas técnicas de cada una de las especies de plantas nodrizas estudiadas están ordenadas de la siguiente forma: Nombre común y científico, Descripción botánica, Descripción de observaciones de campo, Descripción de las condiciones naturales donde

crece, Proceso de obtención de las semillas, Fenología, Propagación sexual, Usos y Notas acerca de su valor como planta nodriza. Las seis fichas generadas se presentan en el Anexo 2.

III.1.3 Implementación de actividades iniciales de restauración ecológica alrededor de tres bosques de pinabete

A. Seguimiento de áreas establecidas en 2013 con especies forestales con criterios de restauración ecológica

Cuadro 58. Recuento de pinabete establecido en áreas con nodrizas después de una año. Las Nubes, San José Ojetanam, San Marcos.

PARCELA	UBICACIÓN GPS		No. PLANTAS ESTABLECIDAS JUNIO 2013	OTRAS ESPECIES ESTABLECIDAS	PLANTAS SOBREVIVENTES A JUNIO 2014	% PRENDIMIENTO
	X	Y				
1	611975	1682310	238	16 encinos, 1 pino, 9 cipreses, 1 aliso.	171	72
2	611979	1682324	43		34	79
3	612097	1682310	435		262	60
		TOTAL	716		467	70

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el establecimiento de parcelas de estudio con especies forestales, en comunidades de la parte alta de San Marcos, presenta algunos conflictos, en este estudio se pudo notar en mayor expresión en el bosque Las Nubes: a) las comunidades aún no están totalmente identificadas con la importancia que tiene la recuperación de bosques, para la actual y futuras generaciones de personas; b) la ingobernabilidad está presente en muchos aspectos de la vida diaria de esta parte del país y se refleja en actitudes de robos y saqueos.

El día del establecimiento, en la noche se robaron se robaron 95 plantas que fueron arrancadas y solo quedó el hoyo que se había preparado, sin embargo al hacer el recuento hacen falta otras 189 plantas que posiblemente fueron dejadas escondidas en el campo por los comunitarios que llegaron a sembrar. De lo primero fue informado la municipalidad de San José Ojetanam y los líderes del COCODE del lugar, ofreciendo dar seguimiento a lo sucedido. Esto muestra que hay comunidades que no están conscientes de la recuperación de sus bosques, causan daño irreparables, porque es casi seguro que las 95 plantas que fueron arrancadas ya no lograron establecerse en otros lado, porque se expuso por mucho tiempo la raíz. Se espera que las otras plantas extraviadas, al menos se hayan establecido en el área, con lo cual ya se tendría una ganancia de reforestación.

Con relación al número inicial de plantas establecidas, en el Cuadro 58 se puede notar la cantidad inicial y la que se tiene un año después. El rango de porcentaje de establecimiento está entre 60 a 72% con un promedio de 70%. La parcela que tiene más alto porcentaje de establecimiento corresponde a donde se robaron las plantas, las que quedaron están esparcidas y están más protegidas.

En la parcela donde hay más bajo porcentaje de pegue, hay mucha intervención de personas que llegan a extraer pastos para las ovejas, además que su orientación hacia el suroccidente hace que aquellas plantas que no obtienen adecuada sombra de las nodrizas estén más propensas a la radiación solar directa.

Cuadro 59. Recuento de pinabete establecido en áreas con nodrizas después de un año. Los Cuervos, Ixchigüan, San Marcos.

PARCELA	UBICACIÓN GPS		ÁREA m ²	NÚMERO PINABETE	OTRAS ESPECIES ESTABLECIDAS	PLANTAS SOBREVIVIENTES A JUNIO 2014	% PRENDI- MIENTO
	X	Y					
1	613026	1677496	2016	218	2 cipreses (1 muerto), 3 alisos (1 muerto) y 1 pino.	144	66
2	613055	1677560	702	78		61	78
3	613075	1677606	864	96	1 ciprés, 1 pino muerto.	74	77
TOTAL			3582	392	8	279	74

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el caso del área de Los Cuervos, se presenta la información en el Cuadro 59. Se puede resaltar el número de plantas establecidas en 2013 y la cantidad de sobrevivientes a junio 2014. El rango de prendimiento está entre 66 a 78 por ciento, con un promedio de 74%. En cuanto a la parcela que tuvo menor porcentaje de prendimiento, fue establecida por los estudiantes del ITAMAR, por ser la primera que se estableció en este lugar, no habían afinado los criterios para la colocación de cada planta, por lo que varias quedaron muy separadas de nodrizas y otras con muy poca protección o casi nada.

Además las condiciones donde está la parcela, hacen que el viento sea de mayor velocidad y las heladas tengan mayor impacto. Las otras dos parcelas están ubicadas con adecuada protección de plantas nodrizas, la segunda fue la ubicada donde ya hay árboles de otras especies.

Cuadro 60. Recuento de plantas de pinabete establecidas en áreas con nodrizas después de un año. Canatzaj, Tacana, San Marcos.

PARCELA	UBICACIÓN GPS		TRATAMIENTO	No. PLANTAS ESTABLECIDAS JUNIO 2013	PLANTAS SOBREVIVIENTES A JUNIO 2014	%
	X	Y				
1	612128	1678829	Mora y Salvia	280	261	93
2	612163	1678887	Arrayan y Mozote	220	198	90
3	612220	1678892	Mozote y Chicajol	205	187	91
4	612426	1678891	Ciprés, Pino y Encino	189	172	91
TOTAL				894	818	91

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Para el caso de Canatzaj, los resultados del establecimiento de parcelas de pinabete se presentan en el Cuadro 60, donde puede notarse que el porcentaje de prendimiento estuvo entre 90 a 93% con un promedio de 91%. Se nota en este caso, en primer lugar la responsabilidad de los comunitarios en la escogencia de los lugares para establecer las parcelas, la entrega en trabajo que hicieron en el día de la siembra, donde se notó la planificación y el trabajo en equipo, y luego el seguimiento que le han dada a las parcelas.

De tal forma que el resultado es un alto porcentaje de prendimiento. De donde puede indicarse que, además del uso de las plantas nodrizas, un buen porcentaje del éxito de prendimiento de las plantas va a depender de la forma en que se establezcan, lo cual es parte de la participación comunitaria en el proceso.

B. Microambiente de plantas de pinabete con protección de nodrizas

A continuación se presentan los resultados del estudio individual de plantas de pinabete, tomadas al azar de las establecidas en 2013, para procurar establecer los factores de éxito de un establecimiento, para hacer posteriores recomendaciones.

Cuadro 61. Plantas de lectura de ubicación de los árboles de pinabete respecto a las plantas nodrizas, Localidad Arriba de la carretera antigua, Las Nubes.

No de planta	Alt. m	Especies nodrizas alrededor	Distancias	Orient. del árbol hacia la nodriza	Altura planta nodriza m	Cobertura de nodriza m2	% de pend	Direc. Pend.	Pedregosidad	Altura en 2da. lectura	Estado
1	0.43	Árnica, Árnica, Árnica	0,7 - 0,4 - 0,8	N a S, Oe a E, S a N	0,8 - 0,5 - 0,8	0,4 - 0,2 - 0,4	45	N a S	Baja	0.49	Muy Bueno
2	0.49	Arrayan	1.7	Soe a Noe	1.8	1.25	60	N a S	Baja	0.52	Amarillento, regular
3	0.36	Arrayan, Chicajol, arrayan	1,30 - 1,40 - 1,60	Noe a Soe, Soe a Noe, Soe a Noe	1,6 - 1,5 - 1,5	1,5 - 0,8 - 1,2	50	N a S	Baja	0.36	Bueno
4	0.46	Pata de gallo, Malacate, Mozote, Mosote	1,20 - 2,0 - 1,5 - 1,50	Soe a Noe, S a N, S a N, E a Oe	0,7 - 2,0 - 1,5 - 1,2	0,20 - 2,0 - 1,2 - 0,8	60	N a S	Baja	0.49	Amarillento, regular
5	0.5	Mozote, Mozote, Mozote, Arrayan	0,6 - 2,0 - 1,8 - 2,5	Oe a E, Oe a E, S a N, Ne a Se	1,2 - 0,6 - 0,6 - 2,0	0,8 - 0,5 - 0,4 - 2,0	50	N a S	Baja	0.55	Muy bueno
6	0.46	Arrayan, Arrayan, Chicajol, Chicajol, Malacate, Pata de gallo.	2,5 - 2,2 - 1,3 - 1,1 - 0,8 - 0,7	Oe a E, Oe a E, Soe a Ne, S a N, E a Oe, N a S	2,2 - 1,9 - 0,8 - 1,0 - 1,0 - 0,6	1,6 - 0,9 - 0,5 - 0,5	45	N a S	Baja	0.48	Muy Bueno
7	0.36	Mozote, Pata de gallo, pata de gallo.	2,5 - 0,6 - 0,7	Soe a Noe, Soe a Noe, S a N	0,9 - 0,3 - 0,45	0,5 - 0,15 - 0,2	30	N a S	Baja		Muerto
8	0.35	Mucam, Pata de gallo, Mucam	1,9 - 0,8 - 1,0	Soe a Noe, S a N, E a Oe	2,0 - 1,3 - 2,5	2,0 - 0,6 - 1,0	35	N a S	Baja	0.39	Bueno

9	0.23	Mozote, Mucam, Mucam.	0,4 - 1,2 - 1,6	Oe a E, S a N, Ne a Soe	0,6 - 2,2 - 2,0	0,3 - 2,0 - 2,0	30	N a S	Media	0.25	Bueno
10	0.29	Mozote, Mucam, Mozote, Mucam.	1,7 - 1,4 - 1,4 - 2,0	Soe a Ne, S a N, S a N, N a S	0,7 - 1,5 - 0,6 - 2,0	0,4 - 1,0 - 0,3 - 2,0	45	N a S	Media	0.34	Bueno
11	0.35	Mozote, Mozote, Arnica, Pata de gallo, Mozote.	0,9 - 1,7 - 0,5 - 1,3 - 2,2	Oe a E, Oe a E, S a N, Se a Noe, N a S	0,6 - 1,4 - 0,6 - 0,5 - 0,6	0,3, 1,5 - 0,2 - 0,2	40	N a S	Baja	0.37	Bueno
12	0.24	Mucam, Mozote	1,1 - 1,6	N a S, Oe a E	1,3 - 1,1	0,8 - 0,8	50	N a S	Baja	0.26	Bueno
13	0.45	Mozote, Mora, Juvenzal, Mucam.	1,0 - 2,2 - 1,3 - 2,0	Oe a E, Soe a Ne, E a Oe, E a Oe	0,8 - 1,8 - 1,8 - 2,5	0,3 - 0,9 - 1,0 - 2,0	55	N a S	Baja	0.49	Muy bueno
14	0.38	Mucam, Mora, Mucam, Juvenzal.	1,2 - 1,6 - 1,6 - 1,8	E a Oe, E a Oe, E a Oe, E a Oe	2,0 - 2,0 - 1,0 - 2,5	1,0 - 1,0 - 1,8 - 1,6	60	N a S	Baja	0.4	Muy Bueno
15	0.2	Mozote, Mozote, Ciprés.	1,0 - 0,6 - 1,4	Oe a E, E a Oe, Oe a E	1,3 - 0,5 - 1,5	1,0 - 0,4 - 0,5	40	N a S	Baja		Muerto
16	0.3	Mozote, Pino.	1,1 - 1,8	E a Oe, N a S	1,0 - 1,5	0,8 - 2,0	20	N a S	Baja	0.34	Amarillento
17	0.26	Arnica, Mozote, Mozote, Mozote.	1,1 - 2,2 - 1,8 - 2,0	Oe a E, Soe, a Ne, S a N, Se a Noe	0,5 - 0,8 - 0,6 - 0,5	0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,2	30	N a S	Baja		Muerto

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 62. Plantas de lectura de ubicación de los árboles de pinabete respecto a las plantas nodrizas, Localidad abajo de la carretera antigua, Las Nubes.

No de planta	Altura m	Especies nodrizas alrededor	Distancias	Orient. del árbol hacia la nodriza	Altura planta nodriza m	Cobertura de nodriza m ²	% de pend.	Direc. Pend	Pedregosidad	Altura en 2da. lectura.	Estado
1	0.38	Chicajol, Juvenzal, Mora, Mora	0.7, 1.6, 1.2, 1.5	E a Oe, S a N, E a Oe, E a Oe	0.5, 1.3, 1.2, 1.2	0.2, 0.9, 1.5, 1.5	30	N a S	Ata	0.45	Bueno
2	0.43	Arrayan, Chicajol, Juvenzal, Mozote, Juvenzal	1.2, 0.8, 1.2, 1.4, 1.7	Soe a Ne, E a Oe, E a Oe, S a N, Oe a E	0.7, 1.2, 1.5, 0.6, 1.6	0.5, 0.5, 1.0, 0.4, 1.0	20	N a S	Ata	0.43	Bueno
3	0.5	Mora, Chicajol, Juvenzal, Juvenzal.	1.2, 1.7, 1.8, 1.2	E a Oe, E a Oe, E a Oe, N a S	0.6, 0.9, 1.0, 1.0	1.0, 2.0, 2.0, 2.0	80	N a S	Ata	0.54	Bueno
4	0.31	Mozote, Mora, Subech, Juvenzal, Mozote	1.0, 1.4, 1.0, 1.0, 1.5	E a Oe, S a N, Ne a Soe, Noe, a Se, Oe a E, S a N	0.5, 2.0, 2.5, 1.2, 0.6	0.3, 1.0, 1.5, 0.6, 0.3	25	N a S	Ata	0.34	Bueno
5	0.51	Mozote, Arnica, Mozote	2.3, 2.1, 2,1	S a N, E a Oe, E a Oe	1.0, 0.8, 1.0	0.4, 0.4, 0.6	25	E a Oe	Baja		Desap.
6	0.37	Arnica, Mozote, Mozote, Arnica, Mozote, Malacate.	1.3, 1.2, 1.4, 1.6, 1.0, 1.3	N a S, Oe a E, S a N, S a N, Eo a E, Oe a E	0.7, 0.8, 0.4, 0.7, 0.8, 1.5	0.5, 0.6, 0.15, 0.3, 0.5,0.5	25	E a Oe	Baja	0.4	Bueno
7	0.29	Arnica, Arnica, Mozote, Mozote	1.0, 0.8, 1.6, 1.5,	N a S, Oe a E, S a N, E a Oe	0.7, 0.7, 0.4, 0.4	0.4, 0.5, 0.3, 0.30	20	E a Oe	Baja		Muerto
8	0.24	Mozote, Juvenzal, Mozote, Arrayan, Mozote	1.2, 1.5, 1.5, 1.3, 0.6	N a S, Oe a E, S a N, S a N, Eo a E, Oe a E	0.6, 1.5, 0.4, 1.3, 0.6	0.3, 0.9, 0.3, 1.0, 0.6	20	E a Oe	Baja	0.27	Bueno
9	0.42	Subech, Mora, Subech, Juvenzal, Mozote, Mozote, Mozote	0.7, 1.0, 1.5, 0.8, 1.0, 1.8	E a Oe, E a Oe, E a Oe, N a S, N a S, N a S, Noe a Se, Noe a Se	1.7, 1.4, 1.3, 1.8, 0.6, 0.5, 0.6	0.6, 0.5, 0.8, 0.85, 0.3, 0.5, 0.4	15	E a Oe	Media	0.43	Bueno

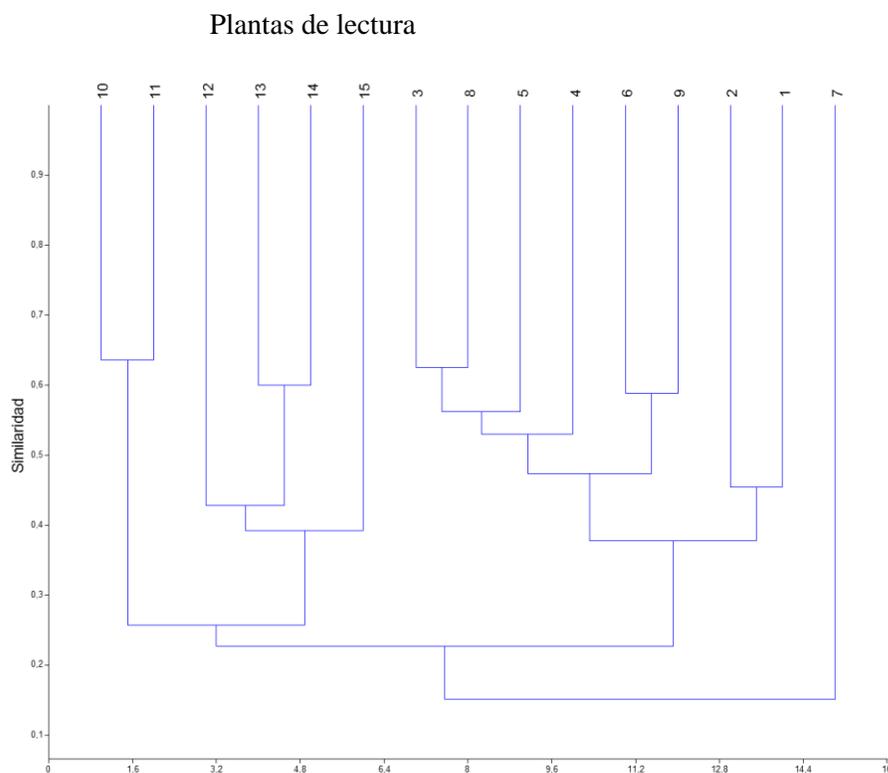
Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 63. Plantas de lectura seguimiento establecimiento de pinabete con plantas nodriza, localidad el moral, Los Cuervos.

No de planta	Alt. m	Especies nodrizas alrededor	Distancias	Orient. del árbol hacia la nodriza	Altura planta nodriza m	Cobertura de nodriza m ²	% de pend	Direc. Pend	Pedregosidad	Altura en 2da. Lectura	Estado
1	0.36	Chicajol	0.3	Oe a E	1.2	1	10	E a Oe	Alta	0.36	Quemado y marchitado, malo
2	0.26	Mozote	0.4	N a S	0.85	0.9	15	E a Oe	Alta	0.29	Bueno
3	0.29	Mozote, Mozote, Mozote	0.4, 1.2, 1.0	Oe a E, Oe a E, E a Oe	0.8, 0.8, 0.9	0.4, 0.5, 0.6	10	E a Oe	Alta	0.31	Amarillento, regular
4	0.29	Mozote, Chicajol, Mozote, Mozote	1.3, 1.3, 2.0, 1.6	S a N, S a N, Oe a E, N a S	1.0, 1.0, 0.8, 0.9	0.5, 0.4, 0.5, 0.7	20	E a Oe	Alta	0.3	Malo, marchitado
5	0.28	Mozote, Mozote, Chicajol, Chicajol, Chicajol, Mozote, Chicajol	1.4, 0.35, 1.40, 0.5, 1.2, 0.6, 0.9	E a Oe, E a Oe, S a N, S a N, S a N, Soe a Ne, Oe a E	0.4, 0.6, 0.9, 0.6, 0.7, 0.6, 1.1	0.3, 0.35, 0.4, 0.6, 0.55, 0.4, 0.7	15	E a Oe	Alta	0.32	Bueno
6	0.35	Chicajol, Ciprés, Mozote	2.2, 1.2, 2.5	S a N, S a N, Oe a E	1.2, 1.0, 1.2	0.3, 0.3, 0.8	15	E a Oe	Alta		Muerto
7	0.27	Salvia	1	Oe a E	3	2	10	E a Oe	Media	28	Amarillento, regular
8	0.24	Mozote, Mozote, Chicajol	1.3, 0.5, 1.3	S a N, Oe a E, Oe a E	0.6, 0.6, 1.2	0.3, 0.5, 1.0	10	E a Oe	Media	0.25	Amarillento, regular
9	0.37	Mozote, Arrayan	1.2, 0.7,	S a N, S a N	1.2, 0.5	0.7, 0.3	10	E a Oe	Alta	0.4	Bueno
10	0.33	Arnica, Arnica, Arrayan, Arnica, Arnica.	2.0, 1.0, 0.9, 1.3, 1.6	E a Oe, Ne a Soe, Oe a E, N a S, N a S	0.6, 0.5, 2.5, 0.4, 0.5	0.4, 0.3, 2.0, 0.2, 0.2	20	E a Oe	Baja		Muerto
11	0.19	Arnica, Arnica, Arrayan, Arnica, Arnica.	2.0, 1.0, 0.9, 1.3, 1.7	E a Oe, E a Oe, S a N, Oe a E, E a Oe	0.6, 0.5, 2.5, 0.4, 0.6	0.4, 0.3, 2.0, 0.2, 0.3	20	E a Oe	Baja	0.2	Bueno
12	0.29	Malacate, Arnica, Arnica, Malacate, Malacate, Malacate	0.6, 1.0, 1.0, 1.0, 1.2, 1.0	S a N, S a N, Oe a E, N a S, N a S, E a Oe	0.9, 0.7, 0.6, 0.8, 0.9, 0.9	0.5, 0.3, 0.2, 0.4, 0.7, 0.6	20	E a Oe	Baja	0.34	Bueno
13	0.36	Malacate, Malacate, Malacate.	0.5, 1.0, 1.2	N a S, E a Oe, S a N	1.2, 1.2, 1.2	1.0, 1.5, 0.6	15	E a Oe	Baja	0.39	Bueno
14	0.29	Malacate, Malacate.	0.9, 1.0	E a Oe, S a N	1.6, 1.6	1.0, 1.5	10	E a Oe	Baja		Muerto
15	0.18	Mora, Mora.	0.7, 0.6	E a Oe, S a N	1.5, 1.5	1.0, 1.0	10	E a Oe	Baja		Muerto
16	0.24	Mora, Mora, Mora.	1.0, 1.0, 0.8	Oe a E, N a S, E a Oe	1.2, 1.2, 1.2	0.4, 0.6, 0.8	20	E a Oe	Baja	0.27	Bueno
17	0.67	Mora, Mora, Mora.	1.0, 1.0, 0.9	S a N, N a S, E a Oe	1.2, 1.2, 1.3	0.4, 0.6, 0.9	20	E a Oe	Baja	0.74	Muy Bueno
18	0.46	Salvia	1.2	E a Oe	3	3	20	E a Oe	Baja	0.5	Muy Bueno

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 21. Dendrograma con base en el arreglo de árboles de pinabete con relación a las plantas nodrizas, localidad el Moral, Los Cuervos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El dendrograma de la Figura 21, muestra dos grupos bien definidos el primero compuesto por las plantas de la 1 a 9 que tienen como principales plantas nodrizas a chicajol (*S. polycephala*) y mozote (*A. elongata*), en tanto que de la 10 a la 15 tienen principalmente a malacate (*S. microphyllus*), mora (*R. trilobus*) y árnica (*Salvia* sp.). En esta localidad la salvia (*B. megalcephala*) y el arrayan (*B. vaccinioides*) no son abundantes. En el primer grupo después de un año solo se encontró una planta muerta, pero en general el aspecto de las plantas es amarillento, posiblemente por la alta radiación. En el segundo grupo hay 3 plantas muertas, pero las que están sobrevivientes se notan vigorosas.

El análisis multivariable se realizó, esperando encontrar patrones de ubicación de las plantas de pinabete, que fueran más adecuados para su ubicación en el futuro. Sin embargo, no se nota que haya un determinado, lo que muestra que el éxito de prendimiento de las plantas, depende además de las plantas nodrizas de todos los factores microambientales que se presenten y que por lo tanto es difícil aislar uno de ellos para analizarlo.

Cuadro 64. Plantas de lectura seguimiento establecimiento de pinabete con plantas nodriza, localidad el abajo basurero, Los Cuervos.

No de planta	Altura m	Especies nodrizas alrededor	Distancias	Orient. del árbol hacia la nodriza	Altura planta nodriza m	Cobertura de nodriza m2	% de pend	Direc. Pend	Pedregosidad	Altura en 2da. Lectura	Estado
2	0.28	Malacate, Malacate.	0.7, 0.7	Oe a E, Oe a E	1.0, 1.0	0.5, 0.6	45	E a Oe	Media	0.31	Muy bueno
3	0.33	Mucam, Mucam, Mucam, Chicajol, Juvenzal.	1.5, 1.2, 1.7, 1.5, 1.3	E a Oe, S a N, Soe a Ne, Oe a E, N a S	2.0, 2.0, 2.0, 1.2, 1.0	1.0, 1.0, 1.0, 0.5, 0.6	60	E a Oe	Baja	0.37	Bueno
4	0.29	Mora, Malacate, Malacate.	0.3, 1.3, 1.5	Se a Noe, S a N, S a N	1.0, 1.8, 1.6	0.5, 1.0, 0.8	60	E a Oe	Alta	El terreno es de material cascajo	Muerto
5	0.3	Mucam, Mora, Juvenzal.	1.3, 1.1, 1.5	S a N, Soe a Ne, Oe a E	3.0, 1.3, 2.0	1.5, 0.4, 1.0	100	E a Oe	Alta		Muerto
6	0.31	Juvenzal, Flor Roja.	1.1, 1.5	E a Oe, Oe a E	1.8, 1.5	1.5, 0.8	80	E a Oe	Alta		Muerto
7	0.31	Mozote, Mozote.	1.0, 1.0	S a N, S a N	1.3, 1.3	0.5, 0.6	65	E a Oe	Baja	0.35	Muy Bueno
8	0.29	Arnica, Mozote, Arnica.	0.9, 1.5, 1.9	Oe a E, S a N, Oe a E, Oe a E	0.5, 0.4, 0.5, 0.4	0.3, 0.3, 0.3, 0.2	60	E a Oe	Baja	0.32	Bueno

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 65. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad abajo de la carretera, bosque Canatzaj, Tacana.

No.	Altura del Árbol		Planta Nodrizas acompañantes						Distancia en Metros	Orientación n plantas nodrizas hacia el árbol	% pend.	Pedregosidad
	1ra	2da	a	m	ch	s	mr	ma				
									E,O,N,S			
1	23	23	x				x		0.98, 1.05	N,O	5	Media
2	34	34	x				x		0.20, 0.53, 0.83	E,O	5	Media
3	37	41	x				x		0.52, 0.85, 0.16, 0.15, 0.10,	O	5	Media
4	29	30	x						.11, .20, .15	E,O,E	10	Media
5	45	46				x	x		.10, .13/.05, .80	E,O	10	Media
6	32	33					x		.15, .50, .10/.30	O	10	Media
7	22	22	x				x		.14,.30/.50, .41	E,N,O	10	Media
8	36	36					x		.10,.15	O	15	Media
9	45	45	x				x		.20,.10	S,E	5	Media
10	28	29					x		.48,.45	E	10	Media
11	40	42				x	x		50,/.83, .10	N,O	15	Media

12	24	25					x		.62, .80, .91	O	15	Media
13	30	NE		x			x		.52, .85, .11/.50	S,O	10	Media
14	20	NE					x		.60, .70	O	5	Media
15	34	NE					x		.52, .53, .40,	E	5	Media
16	50	52	x				x		.12, .15/.20	S,0	10	Media
17	40	40	x				x		.10, .16, .25/.80	S,E	10	Media
18	30	31	x				x		.28, .52, .30/.42, .4 0.8	E,S,E,O	10	Media
19	33	33	x				x		.20, .25, .11/.30, .4 2	S,E	10	Media
20	42	42	x				x		.90, .95/1.00, 1.52	N,S	10	Media

Abreviaturas del Cuadro: a = arrayan; s = salvia; m = mozote; mr = mora; ch = chicajol; ma = malacate. E = Este; O = Oeste; N = Norte; S = Sur. NE: Ya no existe (planta muerta).

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 66. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad arriba de la carretera, bosque Canatzaj, Tacana.

No. Árbol	Altura del árbol		Planta Nodrizas acompañantes						Distancia en Metros	Orientación plantas nodrizas hacia el árbol	% pendiente	Pedregocidad
	1ra	2da	a	m	ch	s	mr	ma				
										E,O,N,S	15	Media
1	37	38	x	x					.25, .65,	E,O	15	Media
2	40	41	x						.53, .98,	E	14	Media
3	48	48	x	x					.49, .75/.50	E,N	15	Media
4	45	45	x	x					.61, .80/1.03	E,S	10	Media
5	35	37	x						.20, .38, 1.10	E,N	10	Media
6	32	33		x			x		.30, .35, .10/.82, .92	S,E, N	10	Media
7	43	43		x	x		x		1, .25, 1.55/.81	E,S,N	10	Media
8	30	30		x	x				.51/.25, .82, .90, 0.45	O,S,N	15	Media
9	25	25		x	x				1, .25/.80, .90	E,O	20	Media
10	27	27.5					x	x	.93, .79/.25	N,S	15	Media
11	35	36	x	x	x				.20/.72/.80	E,N,S	15	Media
12	20	22		x			x		.26, .34, .70/.15, 0.2	E,N,O	10	Media
13	53	54		x	x		x		.22, .29/.50/1.02	S,E,N	15	Media
14	30	31					x	x	.48, .32, .26/.29	E,O	15	Media
15	42	43		x	x		x		.24, .34, .46/1.00/1.44	E,N	15	Media

16	30	31.5			x		x		.20, .93/.21/.63, 0.68	O,S	10	Media
17	30	31					x		.63, .23, .27	N,E	10	Media
18	28	30		x	x				.25, .50, .30/.42, .48, .81	E,O,N	10	Media
19	21	21			x		x		.21, .24, .12/.33, 0.42	N,N	10	Media
20	30	32			x		x		.12, .90, .95/1.0, 1.5	N,N	10	Media

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 67. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad arriba de la vereda, bosque Canatzaj, Tacana.

No. Árbol	Altura del Árbol		Planta nodrizas acompañantes						Distancia en Centímetro y Metros	Orientación de las plantas nodrizas hacia el árbol	% pendiente	pedregocidad
	1ra	2da	a	m	ch	s	mr	ma				
									E, O, N, S			
1	25	27		x					.51,,.32,.95	E,S	15	Alta
2	48	49		x	x				.70,.70,1.03	E,E,O	15	Alta
3	38	40			x				.51,.55	E	15	Alta
4	30	31			x	x			.51,.25,.31/1.03	E,N	15	Alta
5	40	42		x		x			..75,.62/1.80	E, S	15	Alta
6	25	NE	x	x	x				1.30,.80,.78	N,S,N	10	Alta
7	36	37		x	x	x			.99,.30,.25	E,N,O	10	Alta
8	39	41	x	x	x				.32,.75,.65	E,N,S	10	Alta
9	35	37		x	x	x			.65,.55, 1.75	E,N,O	10	Alta
10	22	24	x	x	x				.45,/35/.42,.20	N,E,O	15	Alta
11	24	24		x	x				.65,.45	E,O	15	Alta
12	35	35		x					0.15	E	15	Alta
13	26	NE		X	x				.53/.16,.64	S,N	15	Alta
14	24	26		X	x	x			.66,..22,.65	O,N,E	15	Alta
15	22	22		X	x				..32,.54	S,N	20	Alta
16	21	23		X	x				.35,.36/.12	E,O	15	Alta
17	49	50		X					.33,.42,.26	S,E,O	15	Alta
18	40	43		X					.21,.3,.12	N,N,S	15	Alta
19	27	28		X					..26,.55	E,N,	15	Alta
20	20	21		X					..24,.32	E,S	15	Alta

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 68. Condición micro ambiental de plantas de pinabete establecidas con nodrizas en la localidad camino hacia la cumbre, bosque Canatzaj, Tacana.

No. Árbol	Altura del árbol		Planta Nodrizas acompañantes			Distancia en Metros	Orientación plantas nodrizas hacia el árbol	% pend.	pedregocidad
	1ra.	2da.	Aliso	ciprés	pino				
							E,O,N,S		
1	30	30	X	x	x	2.58, 3.10, 3.48	E,O,N	15	Baja
2	35	38		x	x	1.52, 2.05	E,O	15	Baja
3	45	46		x		1.99	E	15	Baja
4	31	34		x	x	2.05, 2.35	N,S	15	Baja
5	38	38	x			2.1	N	15	Baja
6	27	28	x			1.98	O	10	Baja
7	23	23	x			1.15	O	10	Baja
8	28	28			x	0.98	S	10	Baja
9	17	18			x	1.98	S	10	Baja
10	37	40		x	x	2.25, 1.75	N,O	15	Baja
11	24	24		x		2.25, 1.50	N,O	15	Baja
12	15	16		x		2.15, 2.80	N,S	15	Baja
13	11	NE		x		1.8	S,E	15	Baja
14	40	40		x		2.78	N	15	Baja
15	21	22		x	x	2.8, 3.00	N,S	15	Baja
16	25	27		x		3.50, .50	N,O	10	Baja
17	16	16	x			1.06, .25	N,O	10	Baja
18	33	35	x			2.50, 1.50	E,O	10	Baja
19	24	25	x			3.00, 1.10	S,N	10	Baja
20	50	56	x			3.5, 3.8	S,E	15	Baja

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

C. Propuesta de rutas sucesionales a seguir para la restauración ecológica

Para la parte alta de San Marcos se pueden señalar los siguientes modelos a seguir para realizar restauración ecológica; los

C1. Áreas fuera de bosques de pinabete

C.1.1 Áreas totalmente abiertas con gramíneas y plantas anuales

Establecimiento en áreas abiertas que no tienen conexión actual con áreas boscosas. En estas áreas hubo pastoreo y sobrepastoreo de ovejas, pero no se llegó a una destrucción total del suelo, por lo que es posible que con la intervención humana, se facilite el establecimiento de vegetación.

De acuerdo a la sucesión vegetal, en estas áreas la fase siguiente es el establecimiento de arbustos. En el área la sucesión es lenta por lo que habría que esperar 7 a 8 años para que los arbustos puedan desarrollar a partir de semilla que llegue esporádicamente.

Por otro lado puede ser que las áreas estén muy deterioradas y alejadas de fuentes de semilla, por lo que la probabilidad de establecimiento de regeneración natural de las plantas arbustivas es baja.

El establecimiento directamente de árboles en estos lugares, es complicado porque tanto las heladas, la época seca y además la velocidad del viento provocan que reforestaciones convencionales tengan porcentajes de prendimiento bastante bajos, algunos registros muestran que es del 20 a 25%. Además se debe considerar que el pinabete es una especie de las fases finales de la sucesión por lo que para su establecimiento requiere que tanto el suelo como la vegetación tengan las condiciones de un ambiente en recuperación para que pueda establecerse de mejor manera.

Por lo tanto es conveniente primero, establecer plantas arbustivas, especialmente aquellas que se ha notado que tienen mejor función como plantas nodriza. En esta propuesta se recomiendan seis: Salvia (*Buddleia megalocephala* Donn.-Sm.); Mozote (*Acaena elongata* L.), Mora (*Rubus trilobus* Ser.), Malacate (*Symphoricarpos microphyllus* Kunth), Arrayán (*Baccharis vaccinioides* Kunth); Chicajol (*Stevia polycephala* Bertol.).

Posiblemente en algunas áreas se podrán establecer todas a la vez pero debe hacerse la aclaración que de acuerdo al área y la preferencia de los agricultores, pueden obviarse algunas, pero como mínimo se deberán tener cuatro de las especies.

Además también se debe tomar en cuenta que hay otros arbusto que funcionan como nodrizas, y que en algunas áreas, puedan ser preferidas por los agricultores, a continuación se presenta la lista aunque no serán consideradas para esta propuesta: Pata de gallo (*Lupinus ehrenbergii* Schlecht.), Jubenzal (*Verbesina hypoglauca* Sch. Bip. ex Klatt), Comida de pájaro (*Roldana heterogama* (Benth.) H. Rob. & Brettell), Siete negritos (*Monnina xalapensis* Kunth), Mucan (*Holodiscus argenteus* (L. f.) Maxim.), Racimo amarillo (*Verbesina apleura* S.F. Blake) y Chiltepe (*Cestrum guatemalensis* Francey).

Se propone que su establecimiento sea a partir de plantas producidas en vivero por medio de reproducción por semilla, ya que con esto se puede obtener mejor calidad de plantas y mayores cantidades en comparación con la propagación por estacas, a la vez que se está manteniendo la variabilidad dentro de la especie. Así mismo se puede asegurar un mejor porcentaje de prendimiento en el campo.

C.1.2 Áreas con plantas nodrizas establecidas de regeneración natural

Este es el caso de áreas fuera de bosques, donde hubo deforestación, luego se ha utilizado para pastoreo y/o agricultura. Actualmente son áreas abandonadas de manejo donde a partir de regeneración natural se ha establecido especies arbustivas como parte de la sucesión ecológica natural del área. Lo que posiblemente lleva de 8 a 10 años.

En estos lugares se puede establecer pinabete para producción con fines navideños, utilizando a las arbustivas como plantas nodrizas.

Establecer plantas de pinabete de tres años de vivero, los protocolos a seguir son similares a los ya mencionados en el modelo 1. La distancias de la plantas pinabete a la nodriza será de 0.75 a 1 m, y las distancias de siembra pueden variar, de acuerdo a la presencia de plantas nodrizas (densidades promedio para fines de cálculo de costos 2x2).

Una variante en este modelo es la necesidad de tener que hacer un releo de plantas arbustivas antes del establecimiento de pinabete y la otra es tener que establecer cierto número de plantas arbustivas para llenar espacios abiertos que no brinden protección a los pinabetes. Todo el proceso que sigue es similar al modelo 1 en cuanto a manejo y costos.

C2. Áreas con cárcavas

Estas áreas, son las más deterioradas, y por lo tanto el ecosistema está totalmente discapacitado para que la sucesión ecológica, se lleve a cabo, por lo tanto la intervención humana es imprescindible. En primer lugar se debe recuperar las cárcavas haciendo uso de las técnicas adeudadas de conservación de suelos, para esto hay varios documentos generados, se recomienda, por su aspecto práctico de la SEMARNAT (2010). Una vez recuperado el suelo, el paso es establecer plantas nodrizas y luego ya poder establecer plantas forestales.

C3. Áreas alrededor de bosques de pinabete

Áreas alrededor de bosques de pinabete, excluidas de pastoreo, donde es notoria la sucesión vegetal que se está produciendo. Se puede notar un claro gradiente de sucesión vegetal que viene de las partes más alejadas del bosque donde crecen gramíneas y anuales, áreas con especies arbustivas y cercanas al bosque áreas con crecimiento de pinabete y otras especies forestales mezcladas y luego pinabete puro.

Estas áreas pueden considerarse para conservación y prestaciones de bienes y servicios del bosque como biodiversidad, producción de agua, alimento, microclima, protección de cuencas.

Aquí se conjugan, con algunas modalidades, los dos modelos anteriores. En áreas abiertas, primero hay que establecer plantas arbustivas y luego pinabete en combinación con otras especies arbóreas. El establecimiento de arbustivas seguirá el mismo protocolo de la primera parte del modelo 1.

Luego de dos años se lleva a cabo el establecimiento de pinabete (*Abies guatemalensis*) en conjunto con las siguientes especies: Aliso (*Alnus jorullensis*), encino o roble (*Quercus huhuetenangensis*), pino blanco (*Pinus ayacahuite*) y pino colorado (*Pinus rudis*).

Las proporciones a utilizar son: 70% de pinabete y el otro 30% repartido entre las otras especies. Esto con el fin de simular la sucesión vegetal, de lo que sería un estado intermedio de bosque mixto, que comúnmente se puede dar a entre 2800 a 3400 m de altura (Sanchez-González y López-Mata, 2003; Martínez 2013).

En el caso de áreas donde ya hay arbustos seguir el protocolo del modelo 2 con la modalidad de establecer pinabete con un 70% de los individuos y las especies de aliso, encino, pino blanco y pino colorado un 30% repartido entre ellas.

III.1.4 Implementación de actividades iniciales de restauración ecológica en el cerro Cotzic

A. parcelas de nucleación establecidas en 2011

Cuadro 69. Parcelas de nucleación establecidas en el cerro Cotzic en 2011, evaluadas en 2013.

No.	Coordenadas		Especies establecidas				
	X	Y	Arrayán	Mozote	Salvia	Chicajol	Malacate
1	613381	1677831	2	0	0	0	0
2	6135145	1677636	0	0	0	0	0
3	613530	1677502	8	0	0	0	0
4	613733	167757	5	0	0	0	0
5	613769	1677540	298	0	3	0	3
6	613912	1677444	174	4	0	0	0
7	613840	1677489	147	0	1	5	0
8	614017	1677292	132	4	1	0	0
9	613932	1677264	0	0	0	0	0
10	613515	1677360	31	0	0	0	0
11	613902	1677304	111	1	0	0	0
12	613857	1677572	136	1	0	0	0
13	613927	1677687	31	0	0	0	0
14	613991	1677512	161	0	0	0	0
15	613980	1677620	342	62	0	0	0

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

De las 15 parcelas establecidas en 2011 (Cuadro 69), en 13 se logró prendimiento del arrayán, pero solo en 8 se puede indicar que hay una cobertura adecuada como para usarse para nodrizas. El mozote se estableció en cinco parcelas y solo en una hay 62 plantas en las demás hay de 1 a 4 plantas, en esa parcela lo que se estableció fue mozote en escoba, es decir mozote que había sido llevado con todo y raíz. Salvia únicamente se establecieron 1, 1 y 3 plantas en tres parcelas y para el caso de chicajol y malacate solo en una parcela. Lo que muestra que el arrayán es la especie que mejor se puede utilizar para acelerar el proceso de sucesión ecológica en áreas abiertas, sin embargo, habrá que hacer mayores esfuerzos porque se propaguen las otras especies, para aumentar la diversidad vegetal.

Cuadro 70. Establecimiento de pinabete y otras especies forestales, en parcelas de nucleación de 2011 donde hay arrayán.

No de Parcela	Pinabete		Pino		Aliso		Ciprés		Total		% prendimiento
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	
1	99	99	4	3	3	3	5	4	111	109	98
2	35	26	8	7	8	6	4	3	55	42	76
3	36	35	2	2	2	1	3	3	43	41	95
4	29	29	2	2	1	1	3	1	35	33	94
5	42	35	1	1	2	1	2	1	47	38	81
6	80	8	15	4	2	2	1	1	98	15	15
7	40	39	3	3	1	1	2	2	46	45	98
Totales	361	280	35	22	19	14	20	15	435	323	74

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el Cuadro 70, se muestra la información del establecimiento de pinabete, utilizando al arrayán sembrado en 2011, como planta nodriza, con los datos de la primera evaluación de prendimiento realizada en 2014. Todas las parcelas a excepción de la 6 tienen un alto porcentaje de prendimiento, esta parcela está ubicada en una parte alta y posiblemente el efecto de las heladas fue mayor.

Sin embargo en la época seca casi el 50% de las plantas tenían verde claro, posiblemente por la radiación, aunque posiblemente también puede influir la nutrición del suelo.

Hubo un buen éxito en el prendimiento de pinabete y de las otras especies. El porcentaje de prendimiento promedio fue de 74%. No considerando a la parcela 6, que fue la que tuvo mayor cantidad de plantas muertas, el porcentaje de prendimiento fue del 90%.

B. Parcelas de nucleación establecidas en 2013

Cuadro 71. Información del establecimiento y porcentaje de pegue por estacas de plantas nodrizas de 2013, en el cerro Cotzic.

No. Parcela	2013		% pegue	2014		% pegue	2013		% pegue	2013		% pegue
	Arrayan			Mozote			Chicajol			Salvia		
1	304	248	82	28	15	54	22	10	45	20	7	35
2	110	60	55	32	10	31	27	6	22	33	5	15
3	189	150	79	33	28	85	31	18	58	21	3	14
4	137	91	66	105	89	85	134	114	85	55	38	69
5	60	55	92	35	20	57	17	8	47	7	3	43
6	296	280	95	13	11	85	118	80	68	23	13	57
7	166	100	60	55	20	36	20	5	25	8	3	38
8	205	152	74	37	20	54	39	11	28	28	7	25
9	143	120	84	55	25	45	48	15	31	39	10	26
10	185	120	65	43	15	35	36	12	33	27	5	19
11	175	155	89	83	63	76	192	166	86	45	20	44
Promedio			76			58			48			35

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el establecimiento de plantas nodrizas por medio de estacas en 2013, se procuró llevar un mejor control en el momento de la siembra, ya que al igual que en 2011, cada parcela fue sembrada por una comunidad de Ixchiguan, y dado que la participación en la preparación del terreno y la siembra es de varias personas, se tuvo el control de la preparación del material y el recuento de plantas de cada especie. Sin embargo no se logró a cabalidad tener las mismas proporciones de cada especie en todas las parcelas.

En el Cuadro III.66. Se presenta la información del recuento realizado en el año 2014. De las cuatro especies, el arrayan es el que después de un año de sembrado, presenta el mayor porcentaje de pegue, seguido por el mozote. Aunque de las parcelas establecidas en 2011, prácticamente solo el arrayán tuvo éxito, se puede notar que en algunos casos el mozote también se estableció, y que las que menos éxito tuvieron fueron salvia y chichajol. En este caso aunque los porcentajes son menores a 50%, se tiene un éxito parcial. De aquí que en los próximos años al establecer plantas nodrizas, se va hacer a partir de plantas de vivero reproducidas por semilla, con lo cual se espera tener un mayor porcentaje de pegue en todas las especies.

Estas parcelas en el año 2015 ya se les podrá establecer especies forestales, utilizando a los arbustos como plantas nodrizas, con lo cual se va ganando terreno recuperado. Además se espera que todos los años, también se vayan implementando más

parcelas de nucleación, que han tendido éxito relativo. Lo que habrá que priorizar es las áreas donde más se ha tenido éxito, que corresponde a la parte, que se accede por el lado del centro recreativo. La porción que colinda hacia la carretera que conduce hacia Tacana, requiere de mayor esfuerzo para su recuperación. En esta parte hay que considerar la dirección y velocidad del viento y la cantidad de cárcavas y suelo con roca expuesta.

En relación a la recuperación de áreas con cárcavas, en el año 2013 se estableció una parcela con varias estructuras de piedra para monitorear la recuperación del suelo, en 2014, las estructuras aún están y se espera a partir del 2015 se vayan estableciendo más área con estas estructuras.

III.1.5 Seguimiento de parcelas de pinabete establecidas con protección de plantas nodrizas en 2010

A. Caso de parcela de Belizario Ixlaj, Ixcamal, San Marcos

Información general: Aldea Santa Lucia Ixcamal, San Marcos, propietario Belizario Ixlaj. Productor agropecuario, dedicado a al establecimiento de pinabete para venta como árboles navideños desde hace 15 años. Parcelas inscritas como plantaciones voluntarias ante el INAB.

Datos de la parcela:

Especies forestales bajo manejo: Pinabete Área: 0.088 ha. Tres años de manejo. Pendiente: 20-30 % con orientación de occidente a oriente. Profundidad horizonte A: 50 cm, buen drenaje, color suelo café oscuro.

Don Belizario tiene varias parcelas de pinabete en diferentes edades y condiciones de establecimiento, en el año 2010 estableció una en terreno totalmente abierto donde tenía papa como cultivo y otra a lo largo de su terreno donde se tiene principalmente arrayán y salvia. Se tomó información de esta segunda parte.

Presencia de plagas y/o enfermedades: Se detectó presencia de pulgón, el porcentaje de daño a brotes tiernos es bajo, se presenta principalmente en los arboles más pequeños. En 2011 el porcentaje de prendimiento fue de 75% y en 2014 del 61%. Cabe mencionar que en los dos primeros años después del establecimiento inicial se realizaron resiembras.

Cuadro 72. Inventario de categorías de altura de árboles de pinabete, parcela de seguimiento de Belizario Ixlaj.

Categoría (altura en m)		Primera medición		Observaciones
Rango de altura en Metros.	No. de árboles	Diámetro basal del tallo (cm)	Cobertura cm ²	
0—0.49	118	0.5—0.99	450 (15 x 35)	Existe presencia de pulgón en algunas plantas y según el propietario no realiza ningún tipo de control.
0.50—0.99	112	1.0—1.99	1750 (35 X 50)	
1.0—1.50	59	2.0—3.0	3,850 (55 X 70)	
1.50—2.00	14	3.5—5.0	6,750 (75 X 90)	
TOTAL	303			

Con base en el Cuadro 72, se puede notar que la mayor cantidad de arbolitos está en un rango de altura de 0.49 a 0.99 m, después de cuatro años de establecimiento.

Cuadro 73. Costo de producción de 882 m² de pinabete en quetzales. Ixcamal, San Marcos.

Actividad	Unid. de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo Q/año			Total Q
				Uno	Dos	Tres	
Renta del terreno	Cuerda.	2	400	800	800	800	2,400
Compra de árboles	Unidad.	500, 110, 60	15	7,500	1,650	900	10,050
Trazo y siembra	Jornal.	13	50	500			500
Resiembras año uno	Jornal	2	50		100		100
Resiembras año dos	Jornal	1	50			50	50
Control de Malezas	Jornal	4	50	0	200	200	400
Fertilizaciones							0
Control de plagas y enfermedades							0
Agroquímicos.							0
Herramientas.			50	50	50	50	150
Administración.	10%	13,650					1,365
Total							15,015

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

El costo actual de este lote corresponde a 15,015.00 quetzales. Como puede notarse en el Cuadro 73, aún no hay ingresos los cuales se darán a partir del quinto año, donde los subproductos de la poda ya se pueden utilizar para coronas y guirnaldas. A partir del sexto o séptimo año, ya se empiezan a tener los ingresos por ramas o arboles completos. De acuerdo a información del INAB, el precio de un árbol de navidad en el campo, puede ser de Q400.00 lo que indica que en dos o tres años se recupera el costo inicial de la plantación, y en producción de árbol navideño puede estar más o menos hasta los quince años.

B. Caso de parcela de Sergio Gálvez, Cantón Violetas, San José Ojetenam

Información general:

Lugar: Cantón Violetas, San José Ojetenam, San Marcos. Propietario: Sergio Gálvez, de 69 años con escolaridad primaria. En esta localidad se establecieron dos lotes separados por el camino que va hacia San José Ojetenam, para fines de costos, se analiza como una sola parcela.

A pesar de que en las visitas que se han tenido del proyecto, al dueño se le ha hecho la recomendación de inscribir sus plantaciones ante el INAB, para recibir incentivos forestales, aun no lo ha hecho, por lo que está perdiendo la oportunidad de percibir desde ya un ingreso económico. Por otra parte también las puede inscribir como plantaciones voluntarias para el manejo como árboles de navidad, lo cual aún no hecho.

Datos de la parcela:

Especies Forestales bajo manejo: Pinabete, Área: 0.4 ha, porcentaje de pendiente 40-60% con orientación oeste. Profundidad del horizonte A de 50 cm, color café oscuro y buen drenaje.

El área fue utilizada para pastoreo de ovejas y luego que ya no se tuvo ganado, se dejó y se inició la repoblación natural de arrayán, mozote y chicajol, actualmente domina el arrayán.

Información de seguimiento

Las plantas de pinabete se establecieron siguiendo los lugares donde hubiera planta nodriza, con un distanciamiento promedio de 2x2 m.

Se plantaron dos lotes en este lugar cada uno con 500 plantas, el primero está de la casa hacia arriba y actualmente hay 462 plantas, y el segundo lote abajo del camino hacia el pueblo, donde actualmente hay 416 plantas. En 2011 el porcentaje de prendimiento en el primer lote fue de 85% y en el segundo lote 80%. Se han realizado resiembras, pero no se ha llevado el control de cuanto se han establecido en cada lugar.

La distancia de la planta de pinabete hacia la planta de nodriza va de 0.50 a 1.5 m. La altura de planta nodriza es de 1.00-1.5 m.

Especies acompañantes: Arrayan, mozote, chicajol, juvenal, ciprés y pino colorado.

Presencia de plagas y/o enfermedades: Se ha detectado presencia de pulgón en un nivel bajo que se inician en los arbustos de arrayan. Hay presencia de regeneración natural de ciprés.

Cuadro 74. Inventario de parcela de pinabete establecida con nodrizas en barrio Violetas, San José Ojetenam.

Categoría (altura metros)		Primera medición		Observaciones
Rango de altura (m)	No. de árboles	Diámetro basal del tallo (cm)	Cobertura (cm ²)	
0—0.49	154	0.5—0.99	15 x 35	Existe presencia de pulgón en algunas plantas y según el propietario no realiza ningún tipo de control.
0.50—0.99	464	1.0—1.99	35 X 50	
1.0—1.50	260	2.0—3.0	55 X 70	
TOTAL	878			

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

La mayoría de altura esta entre 0.5 a 0.99 m, en cuatro años hay una ganancia de altura, por lo que a partir de ahora la planta nodriza ya debe empezar a podarse para favorecer el crecimiento en altura de los árboles (Cuadro 74).

Cuadro 75. Costo en quetzales para la producción de 0.282 ha de pinabete. Cantón Violetas, San José Ojetenam, San Marcos.

Actividad	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo Q/año			Total Q.
				Uno	Dos	Tres	
Renta del terreno	Cuerda	6.4	200	1,280	1,280	1,280	4,040
Compra de árboles	Unidad	1,300	15	15,000	3,000	1,500	19,515
Trazo y siembra y resiembras	Jornal	18	50	650	150	100	950
Control de Malezas	Jornal	15	50	750	750	750	2,300
Fertilizaciones	Jornal	3	50	50	50	50	200
Control de Plagas y enfermedades	Jornal	3	50	50	50	50	200
Insecticidas y Fungicidas	Litro	1	150	150	150	150	600
Fertilizante Químico	Quintal	3	250	250	250	250	1,000
Herramientas			50	100		50	200
Administración	10%	29,005		669	668	668	2,005
Total							31,010

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Los costos de esta parcela, comparados con la anterior, son menos elevados si se considera que en este caso, se está refiriendo a más del doble del área. Hay algunas variantes en cuanto a precios, por ejemplo el valor de la tierra y de las plantas de pinabete. En este caso también se refiere solo a gastos, dado que aún no se han iniciado las podas, donde ya se puede empezar a obtener ingresos.

C. Caso de Macedonio Pérez, Toacha, San Pablo, Tacana, San Marcos

En este caso no se han llevado costos de producción el único gasto ha sido lo que se invirtió en las plantas, esta parcela fue extra de las que el proyecto anterior financió, ya que las plantas fueron proporcionadas por UICN. Se estableció en un bosque de pino, y se entendía que, este iba hacer aprovechado de tal manera que el segundo año ya solo habría pinabete, pero como eso no se ha hecho, hay una alta competencia. En 2011 el porcentaje de prendimiento era 86%. No están inscritas ante INAB para recibir incentivos forestales.

Cuadro 76. Información de altura y diámetro basas de plantas de pinabete. Parcela de San Pablo Toaca, Tacana, San Marcos.

Categoría (altura metros)		Primera medición		Observaciones
Rango de altura en (m)	No. De arboles	Diámetro basal del tallo (cm)	Cobertura m ²	
0—0.29	16	0.5-1	0.15*0.15	Algunos árboles se encuentran en estado de marchitez y se observa poco desarrollo por la presencia de mucha sombra provocada por los árboles de pino.
0.30—0.59	53	1-2	0.20*0.30	
0.60—0.89	23	1-2	0.35*0.60	
0.90-1.5	6	2-5	0.65*0.90	
TOTAL	98			

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuando se realizaron las visitas a esta parcela, no se pudo contactar a don Macedonio, por lo que no se logró establecer el número total de árboles, solo se realizó un inventario en una parte de la plantación. Los datos del Cuadro III.71, muestran que la altura de la mayoría de plantas es menor que en los otros lotes, debido a que tienen una alta competencia con los árboles de pino, bajo los que se encuentran.

D. Caso de Alejandra López, Buenos Aires, Ixchigüan, San Marcos

Información general:

Lugar: caserío Buenos Aires, Ixchigüan, San Marcos. Propietario: Alejandra López. Escolaridad: primaria. Representante del grupo de mujeres de su cantón ante la municipalidad de Ixchigüan.

Datos de la parcela:

Este terreno se encuentra a orilla de la carretera, tiene 50% de pendiente con orientación sur. Suelo color café. Se encuentra con arrayan como planta arbustiva principal.

Esta parcela no está inscrita aun como plantación voluntaria para recibir incentivos y para registrarla para manejar los arboles con fines navideños.

Información de seguimiento:

Cantidad de árboles: 500 árboles inicialmente en el año 2010, 2011 tuvo un prendimiento de 65%, fue el más bajo de todas las parcelas establecidas, lo que se debió a que cuando se estableció el pinabete se quitaron muchas ramas de arrayan, lo que no ayudó en la época de heladas. A la fecha hay 304 árboles del establecimiento inicial, ya que se han realizado algunas resiembras. El distanciamiento promedio entre plantas de pinabete es de 1x3 m aproximadamente 882 m²). De acuerdo con el número actual de árboles, hay un 60% de prendimiento. La distancia a la planta nodriza (principalmente arrayan) es aproximadamente de 0.30 a 1 metro y la altura de planta nodriza de 2 a 4 metros.

Presencia de plagas y/o enfermedades: Se ha detectado la presencia de pulgón en algunas plantas de arrayan, en un bajo porcentaje de plantas de pinabete, de la misma manera se detectó un área de 10 metros cuadrados donde la raíz del árbol se seca sin a conocer aún las causas, pero pareciera ser daño de gallina ciega o brotes de nematodos.

Cuadro 77. Información del inventario forestal en la parcela de pinabete de Buenos Aires, Ixchigüan.

Rango de altura en m	No de árboles	Diámetro del tallo en cm
0.20-0.50	60	4-5
0.50-1.0	197	5-7
1.0-1.20	33	8-8.1
1.20-1.40	14	9-9.1
Total	304	

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 78. Costo de producción de pinabete en 882 m², Buenos Aires, Ixchigüan.

Actividad	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo Q./año			Total en Q.
				Uno	Dos	Tres	
Renta del terreno	Cuerda.	2	500	1,500	1,500	1,500	4,500
Compra de árboles	Unidad.	500, 175, 150	20	10,000	3,500	3,000	16,500
Trazo y siembra	Jornal.	8	50	400			400
Resiembras año 1	Jornal	1	50		50		50
Resiembras año 2	Jornal	1	50			50	50

Control de Malezas	Jornal	1	50	0	0	50	50
Fertilizaciones	jornal	3	50			150	150
Control de plagas y enfermedades							0
Pesticidas							0
Herramientas			50	50	50	50	150
Chapeo, acarreo de abono	Jornal	3	50			150	150
Abonos orgánico, químico		4 Sacos, 1 arroba	25.00, 50.00			150	150
Administración		10%	22150	739	738	738	2215
Total							24,365.00

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

La mayor cantidad de plantas está en un rango de altura de 0.5 a 1 m de altura, esto muestra que en esta localidad el crecimiento es lento, posiblemente a que el viento es muy fuerte, de ahí el nombre de la aldea (Cuadro 77).

El costo de producción en esta localidad (Cuadro 78) es relativamente más alto que en los otros, debido a que el precio de la tierra es mayor y a que se ha invertido más en resiembras y en abonos orgánicos.

E. Caso de Roberto Escalante, Flor de mayo, Sanabajá, Tacana

Información general:

Lugar: Cantón Flor de mayo, Aldea Sanabajá, Tacana, San Marcos. Propietario: Roberto Felipe Escalante G. Actualmente presidente del consejo de micro cuenca, tiene experiencia en el manejo de pinabete utilizando plantas nodrizas.

Datos de la parcela:

Área: 0.13 ha, terreno (con el proyecto se estableció solo la mitad del área, que a la que se le llevo control), tiene un 60% de pendiente con orientación al norte, profundidad horizonte A de 40 cm, buen drenaje, color del suelo café oscuro.

El terreno era cultivado con papa, haba y trigo, hace 12 años se dejó labores agrícolas, comenzando a producirse la sucesión vegetal. El arbusto que mejor se han establecido naturalmente es el arrayan, del cual se hace uso como leña. Hace 8 años empezó a reproducirse por regeneración natural el aliso. A partir del 2007 el propietario empieza a establecer pinabete de vivero, utilizando para su protección a las plantas nodrizas. De tal forma que en parte de su terreno ya en 2014 va a empezar a percibir ingresos de las plantas de mayor edad.

Es un agricultor con experiencia en manejo de pinabete, tiene inscrito este lote y otros que estableció con anterioridad ante le INAB, con lo cual está recibiendo incentivos y está registrado como productor de árboles navideños.

Información de seguimiento

Cantidad de árboles actual: 311 árboles de pinabete, distanciamiento entre 1x3 a 3x3 m. Distancia planta nodriza: de 0.5 a 1 m. Altura de planta nodriza: 1-3 m. Especies acompañantes: Arrayan, mozote, chicajol, canshul, mucan, copal, aliso, juvenal y pino colorado. Una parte del pinabete (187 árboles) están bajo arrayan, mucan, canshul, chicajol y mozote y de acuerdo con don Roberto tienen mejor desarrollo y el porcentaje de prendimiento es mejor. Los otros 127 árboles están bajo la protección de aliso, copal, y juvenal y se ha visto menor desarrollo comparado con el lote anterior.

Presencia de plagas y/o enfermedades: Se ha detectado presencia de pulgón en un nivel bajo.

En porcentaje de prendimiento en 2011 era de 90% y en 2014 es de 62%. Se hizo una resiembra de 40 arbolitos.

Cuadro 79. Inventario forestal, lote de seguimiento de pinabete, Flor de mayo, Sanabajá, Tacana, San Marcos.

Rango de altura en m	No de árboles	Diámetro del tallo en cm
0.4-0.8	160	4-6
0.8-1.20	76	6-8
1.20-1.60	53	9-10
1.60-1.80	22	11
	311	

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En este lote es donde los rangos de altitud son mayores, ya con cuatro años hay cerca del 50% de árboles entre 0.8 a 1.80 de altitud (Cuadro 79). El manejo que el dueño les da, hace la diferencia, ya que tiene, bien fijado su objetivo de ser productor de arbolitos navideños.

Cuadro 80. Costo de producción de pinabete en 882 m², Flor de mayo, Sanabajá, Tacana, San Marcos.

Actividad	Unidades de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo Q./año			Total Q.
				Uno	Dos	Tres	
Renta del terreno	Cuerdas	2	500	1,000.00	1,000.00	1,000.00	3,000.00
Compra de árboles	Unidad	500, 40	15	7,500.00		280	7,795.00
Trazo y siembra	Jornal.	6	50	300			356
Resiembras año 3	Jornal	1	50			50	50

Control de Malezas	Jornal	1	50	0	0	50	50
Fertilizaciones	jornal	2	50		50	50	100
Control de Plagas y enfermedades							0
Agroquímicos							0
Herramientas			50	50	50	50	150
Poda bajo fuego	Jornal	5				250	250
Abonos orgánico, químico		5 Sacos org., 1 arroba químico	30.00, 50.00		50	150	200
Administración		10%	1,245	415	415	415	1,245
Total							13,196.00

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Los costos son similares, las dos personas (Belizario Ixlay y Roberto Escalante) que tienen más experiencia en manejo de pinabete, con nodrizas para árboles de navidad tienen costos más bajos por cuerda, comparado con los otros dos lotes, donde no se visualiza bien que vayan a ser productores de árboles de navidad.

III.1.6. Socialización de resultados y elaboración de planes de seguimiento

A. Talleres con comunidades

A.1 Ixchiguan

En relación a los trabajos que se han establecido en el bosque Los Cuervos con pinabete y otras especies forestales utilizando a las plantas nodrizas, los participantes indicaron que esta labor se debe seguir realizando y que la cantidad de plantas que anualmente debería establecerse es de 5,000 a 10,000 entre pino blanco, pino colorado y pinabete. Se hizo la observación de evitar el establecimiento de ciprés, ya que han notado que provoca resequedad en el suelo. También se hizo énfasis de que los almácigos deben producirse en el área para que tenga una mejor adaptación.

El vivero debe contar con 30,000 a 40,000 plantas entre pinabete, pino blanco y pino colorado. Sin embargo, se nota que bajo las condiciones actuales del vivero municipal, no puede cumplir con un plan de restauración ecológica, ya que no tiene la cantidad de arbolitos requerida y tampoco ha implementado la producción de plantas nodrizas. Para mejorar las actividades del vivero se debe buscar el apoyo de los cantones y de las comunidades, en el sentido de hacer una programación anual donde cada comunidad se comprometa a realizar trabajos en el mismo. Para esto inicialmente la municipalidad debe hacer una concientización de la importancia de que entre todos se mejore las condiciones del vivero.

Sin embargo, se señaló que ha notado una actitud negativa por parte del actual viverista de realizar los trabajos necesarios y que no se nota que el personal que funciona como jefe inmediato tome cartas en el asunto.

Se sugirió que en conjunto la municipalidad y las comunidades, realizar una planificación anual para las actividades del vivero, ya que actualmente se observa una falta de coordinación entre la municipalidad, el Instituto Tecnológico de Medio Ambiente del Altiplano Marquense (ITAMAR) y las comunidades, estas últimas están urgidas porque la municipalidad implemente proyectos verdes.

Se debe considerar que el área del actual vivero, no es suficiente para un plan a largo plazo por lo que se sugiere, buscar terrenos cercanos al cerro Cotzic para establecer otros viveros, y que estos estén cercanos a fuentes de agua. Buscar alianza con ITAMAR, ONGs y OGs, para la implementación de ese nuevo vivero.

En relación al establecimiento de plantas nodrizas por estacas y por semilla se sugirió que sea el ITAMAR y el guardabosque que le den seguimiento. Se sugirió que el trabajo se realice recolectando semillas y estacas, realizar semilleros y almacigos e ir estableciendo más plantas nodrizas donde sea necesario. Se indicó que en el vivero no se conoce que exista una planificación para incluir plantas nodrizas.

Con relación a las actividades en el cerro Cotzic, se mencionó que se nota que el barbecho, produce buenos resultados para el establecimiento inicial de plantas nodrizas por lo que se propone que cada comunidad haga dos parcelas por año, cada una de una cuerda (420 m²), sembrar arrayan, chicajol y salvia intercaladas y programar resiembras para que las parcelas tengan vegetación uniforme. De acuerdo con lo escuchado a los dos años ya se podrá establecer árboles de pino blanco, pino colorado y pinabete, utilizando a los arbustos como nodrizas. Las parcelas deben ubicarse donde haya espacios más abiertos, es decir donde solo hay gramíneas y en aquellos lugares donde se note que tienen mejor resultado.

Para el seguimiento y monitoreo de deben buscar alianzas entre ITAMAR, Ong's, Og's y municipalidad.

El principal beneficio económico que las comunidades ven del cerro Cotzic es que ahí se tienen varios nacimientos de agua que sirven para consumo doméstico y para riego de sus cultivos.

En cuanto a la recuperación de cárcavas, se propone que este trabajo es importante para evitar la erosión excesiva, que deben realizarse las estructuras en los meses de febrero, marzo y abril, y en esos momentos aprovechar para arreglar las estructuras de los años anteriores. Para que este trabajo de mejores resultados se propone que se dé una capacitación a inicios de año, y de ser posible crear un fondo que se destine cada año para la construcción y mantenimiento de cárcavas.

El principal problema detectado, que constituye el cuello de botella, es la implementación de los planes de establecimiento de árboles y plantas nodrizas en el vivero forestal. Este vivero a la fecha no tiene la capacidad para producir la cantidad de plantas forestales requeridas y tampoco ha implementado la producción de plantas nodrizas.

A.2 Las Nubes

En relación a la producción de planta, se decidió que la comunidad va a implementar un vivero en área comunal donde anteriormente ya existía un vivero, en donde la municipalidad, a través de la oficina forestal apoyara con la asesoría. Y las comunidades que trabajaran serán: Las Nubes, El Rodeo, Barrancas y Centro de San Fernando.

En relación a los trabajos que se han establecido en el bosque Las Nubes con pinabete y otras especies forestales utilizando a las plantas nodrizas, los participantes indicaron que esta labor se debe seguir realizando y que la cantidad de plantas que

anualmente debería establecerse es de 3,000 a 5,000 entre pino blanco, pino colorado y pinabete.

El vivero debe contar con 10,000 a 12,000 plantas entre pinabete, pino blanco y pino colorado y en relación a la planta nodriza el vivero debe contar con 10,000 a 15,000 plantas, entre las especies de Salvia, Arrayan, Chicajol, malacate, etc.

Debido al costo de la implementación, se acordó que la municipalidad apoya en gestión de recursos, para buscar el apoyo en otras instituciones que intervienen en el municipio.

Con adquisición de semilla de planta forestal y planta nodriza, se acordó que los comunitarios, en coordinación con la municipalidad (OFM, guardabosques) realizaran la recolección de semilla de las diferentes especies. En donde también se acordó que la municipalidad los apoyara en la gestión de herramienta para la recolección de la semilla.

En relación a la pregunta de cuáles eran los beneficios del bosque mencionaron: La purificación del aire, da vida, nos da agua, nos da leña, nos proporciona madera, sirve de casa para animales y aves, nos da medicina.

El principal problema detectado y que constituye el cuello de botella, es la alta falta de concientización de la población al igual que organización, ya que varios de los pobladores al principio del taller se veían descontentos por la actividad, pero al explicarles el trabajo desarrollado y al hacerles conciencia, se produjo un cambio de actitud de las personas, pero a la reunión solo llegó un porcentaje bajo de esta.

A. 3 Canatzaj

En relación a la producción de planta, se decidió que se va a seguir trabajando con el modelo en donde cada beneficiario aporta y siembra, se acordó que cada beneficiario sembrara de 10 a 15 plantas forestales cada año.

Para una mejor protección del bosque se buscará apoyo de la municipalidad de Tacana para el incentivo de 2 guardabosques.

Para la restauración del área desprovista de vegetación, se acordó que cada persona sembrara de 10 a 15 plantas nodrizas en escoba, cada año.

Los participantes están conscientes de los beneficios del bosque y mencionaron entre los principales: la purificación del aire, da vida, agua, leña, madera, sirve de casa para animales y aves, y da medicina.

El principal problema detectado, que se consideró como el cuello de botella, es el consenso en el manejo del bosque, por parte de las comunidades, ya que del bosque de Canatzaj, se benefician las comunidades de Sanajaba, Canatzaj, Valle Verde, Toaca, Flor de Mayo, Laureles. De estas, con las comunidades de Laureles y Sanajaba es con las que menos se puede coordinar.

Otro de los problemas es la falta de concientización y participación de varios usuarios del agua potable y del agua potable.

B. Plan de seguimiento y monitoreo consensuado con los actores principales del área.

En el Anexo 3 se adjunta los tres documentos que contienen los planes para cada una de las localidades estudiadas.

C. Taller con la Coordinadora Interinstitucional de Recursos Naturales y Ambiente de San Marcos

Después de las presentaciones, hubo mucho interés por el tema de la investigación que se ha realizado en plantas nodrizas, lo cual en opinión de los asistentes contribuirá para que se interesen las personas de los viveros en su propagación. Se sugirió elaborar una versión popular de las fichas que se generaron técnicas para cada especie que se generaron en este informe, para que sea mejor comprendida por los agricultores.

Se discutió sobre la importancia de realizar estos trabajos y como, esto puede ayudar a recuperar áreas de deterioradas de las partes altas.

Se platicó también sobre lo importante de la recuperación de cárcavas y de la propuesta de hacer mediciones de la cantidad de suelo recuperado por año.

Se puede indicar que se cumplió con la socialización de los resultados del proyecto, lo cual contribuye al cumplimiento del objetivo específico que indica realizar estas actividades.

En el anexo 4 se presentan varias fotografías que muestran los talleres comunitarios como el evento de socialización ante la CORNASAM.

III.2 DISCUSIÓN

La caracterización de los tres bosques (Los Cuervos, Canatzaj y Las Nubes) y el cerro Cotzic, ha brindado información que permite tener en consideración las ventajas y desventajas que se deben tener en cuenta en el proceso de restauración ecológica (Montenegro y Vargas, 2008).

Holl y Aide (2011), señalan que antes de seleccionar una estrategia de restauración, es importante comprender el proceso natural de recuperación de un ecosistema dado y evaluar las metas y recursos disponibles para lograr un uso más eficiente de los recursos dentro y entre proyectos, lo que podría maximizar el éxito de los esfuerzos de restauración.

El porcentaje de bosque que aún persiste en las áreas estudiadas, indica que ha tenido bastante presión, sin embargo, desde hace unos treinta y cinco años, los parches de bosque se han mantenido gracias a que es una especie protegida, en tanto que en el cerro Cotzic, se ha logrado tener una masa boscosa de pino producto de acciones de reforestación de los años 80 que cubre un aproximado del 30%. La composición de la vegetación que corrobora la ya encontrada por Martínez (2011), muestra que en las áreas sin bosque hay una composición de plantas anuales, donde las gramíneas dominan la fisonomía general, especialmente esto se nota en el cerro Cotzic. En las áreas hacia los bosques se encuentra la presencia de plantas arbustivas, que pueden utilizarse como nodrizas en el proceso de establecimiento de plantas arbóreas. Por lo que hay un potencial a utilizar en el aceleramiento de la sucesión ecológica favorable para restauración.

De acuerdo con Martínez (2014), se proponen varias acciones para emprender la restauración, donde hay dos grandes grupos uno el de la restauración pasiva que en estos ecosistemas, es difícil en el corto plazo, pues el ecosistema ha perdido capacidad de resiliencia, un ejemplo de esto se ve en el cerro Cotzic, el cual fue cercado hace 10 años aproximadamente, para evitar la entrada de ovejas, con lo que se ve recuperación del ecosistemas, sin embargo es muy lenta. Por lo tanto en estos ecosistemas se deben de utilizar las técnicas que entran en el segundo grupo que son las de la restauración activa y dentro de estas, el enriquecimientos de plantas utilizando la sucesión vegetal es un método muy efectivo.

Es importante tomar en cuenta el papel que juegan los musgos en estos ecosistemas, a través de la captura de agua y su lenta liberación y por lo tanto, en la regulación del agua, y protección del suelo (Glime, 2007). Los bosques y parte de las áreas abiertas tienen musgos en el suelo. En este trabajo se muestra como ganan una cantidad de agua mayor a 10 veces su peso y la van liberando lentamente, con lo cual hay una mejor regulación hídrica. La presencia de musgos en estos ecosistemas contribuye a la conservación del suelo y con esto a las condiciones iniciales para emprender una restauración ecológica.

Se pueden considerar como ventajas, la disminución del ganado ovino y la exclusión en áreas cercanas a los bosques. En el caso de Ixchiguan, el sobre pastoreo ha tenido mayor impacto en la tierra, lo que puede verse con el grave deterioro de muchas áreas, que incluso han perdido la capa de suelo, quedando al descubierto las piedras y en otras la formación de cárcavas, como es evidente en la parte a lo largo de la carretera asfaltada en el cerro Cotzic. El haber cercado tanto el bosque Los Cuervos como el cerro Cotzic ha evitado que los rebaños que aún quedan ingresen a estos lugares. La municipalidad ha designado un área específica del cerro donde se llevan los rebaños a pastar, ahí se puede notar el contraste en cuanto a recuperación de uno y otro lado de donde hay cerco. En los tres bosques y en el cerro Cotzic, hay guarda recursos que hacen sus rondas diarias para verificar que no ingresen rebaños a las áreas.

Otra situación de ventaja que ofrecen estas áreas para el proceso de restauración es la organización comunitaria. En el caso de Ixchiguan el concejo municipal ha emitido normas como la de 2011, donde establece que las reforestaciones se realicen utilizando criterios de restauración ecológica y la de destinar a cada comunidad una parte del cerro para su mejoramiento en cuanto a recuperación de la vegetación. En Canatzaj los comités de agua tienen una participación activa en el cuidado y en las actividades de campo para ir aumentando el tamaño del bosque cada año. En el caso de Las Nubes a pesar de existir las organizaciones de base, se notó que no hay una identificación plena con el bosque y que tampoco se asumen las responsabilidades que siguen a los acuerdos. La participación comunitaria es importante porque visibiliza las acciones de campo que se implementan con la restauración. La participación comunitaria debe venir de la toma de consciencia por la situación actual del ambiente, y a la vez ser un acto consciente y voluntario (Cano, Zamudio y Vargas, 2006). En este proyecto se procuró mantener informadas a las comunidades de las acciones del proyecto, especialmente en tres momentos: a) información inicial, que avaló las actividades del proyecto y la colaboración en las actividades de campo; b) reuniones con los líderes locales, presidentes de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES) y con las oficinas forestales municipales de Ixchiguan y San José Ojetenam; y c) al final del proceso donde se presentó los resultados del proyecto y se planificó el seguimiento y monitoreo.

Como factores de desventaja del proceso de restauración, se pueden mencionar, las condiciones ambientales que provocan que el proceso de recuperación de los ecosistemas sea lento, esto desfavorece la restauración pasiva (Holl y Aide, 2011), y hace necesario que la intervención humana en la recuperación, sea de mayor responsabilidad que en ambientes más benignos. Producto de la degradación por muchos años de los ecosistemas y del clima, la sucesión es muy lenta y en ocasiones está frenada, haciendo que se produzcan estados estables intermedios (Martínez, 2013).

Por esto, las acciones han estado encaminadas a aprovechar el proceso sucesional y su aceleración a través de promover la siembra de plantas arbustivas, especialmente

aquellas que juegan un papel de nodriza (Gutiérrez, 2001, Padilla y Pugnaire, 2006, Padilla, 2008).

Entonces para superar la desventaja ambiental, que se produce cuando los árboles se establecen sin ninguna protección y dan como resultado bajos porcentajes de establecimiento, por la época seca y las heladas, se han estudiado seis de las plantas nodrizas. Esto contribuye al conocimiento en cuanto a las características de crecimiento y fenología dirigidas a conocer la época de recolección de semilla, para que esta información esté disponible para su manejo en vivero y su siembra en áreas abiertas. En cuanto a las condiciones en que actualmente se encuentran de manera silvestre, se pudo notar que arrayán, (*Baccharis vaccinioides*) crece en áreas totalmente abiertas que están en recuperación, especialmente en áreas abandonadas después de cultivo; la salvia (*Buddleia megalcephala*) parece ser más selectiva, posiblemente por la altitud, se encontró ampliamente distribuida en un sector del cerro Cotzic, ubicado en la carretera que conduce de Ixhciguan hacia San José Ojetenam, luego en otros lugares su presencia es esporádica. El chicajol (*Stevia polycephala*) crece a partir de áreas bastante perturbadas, pero no de una manera amplia, a pesar de que produce miles de semillas su regeneración natural es baja, el malacate (*Symphoricarpos microphyllus*) tiene una densidad baja, en el bosque los Cuervos fue más abundante, pero donde se establece por formar arbustos puede dar protección a varios árboles, el mozote (*Acaena elongata*) es el de más amplia distribución y forma arbustos acaparrados compactos, que contribuyen muy bien en la protección de semilla y la regeneración natural, y la mora (*Rubus trilobus*) crece principalmente cerca de los bosques, forma arbustos muy ramificados que cierran y pueden producir mucha sombra en época lluviosa, pero en época seca defolia completamente. Siguiendo un estudio de Montenegro y Vargas (2008a), se realizó un recuento de las seis plantas nodrizas, fuera de los bosques y adentro de ellos y se encontró que las especies de plantas nodrizas que más pueden contribuir a las orillas cercanas al bosque son mora (*Rubus trilobus*) y mozote (*Acaena elongata*).

En las plantas arbustivas también hay un potencial de usos, que puede contribuir a estimular para que tanto los viveristas, como los silvicultores las valoren. En este estudio se muestra el potencial que tienen contra microorganismos que pueden dañar al ser humano, Abad, y Bermejo (2007) ya habían comentado esto en el caso del arrayán. De las seis especies el mozote (*Acaena elongata*) ha resultado la mejor en cuanto al control de bacterias y con un alto potencial antioxidante. Hay un potencial de estudio de aquí en adelante para las plantas nodrizas que debe realizarse para que tengan un uso más amplio.

El papel del nodridismo, fue aprovechado para el establecimiento en las áreas alrededor de los bosques, en áreas donde por regeneración natural hay establecidas diversas combinaciones de plantas arbustivas. En tanto que en el cerro Cotzic, dado que mucha del área está desprovista de arbustos, se empezó por establecerlas, utilizando la técnica de nucleación (Zahawi, 2013).

La experiencia de 2011, indica que la especie que mejor pegue tiene, es el arrayán, esto, si bien es cierto ha contribuido para que el año 2013 ya se estableciera pinabete bajo la protección de este arbusto, pero no está contribuyendo en aumentar la biodiversidad, aunque no se ha realizado una evaluación de la riqueza de especies, pero se puede observar que la repoblación en el sustrato herbáceo se ha dado con las especies dominantes de pastos y herbáceas postradas de esta área, pero no así con arbustos de regeneración natural.

Esta técnica se está complementando con la ubicación de perchas, donde se espera que las aves se posen y puedan distribuir semilla de otras especies. Otro aspecto que debe considerarse de la experiencia del establecimiento de estas parcelas, es que no todo el cerro tiene la misma oportunidad de éxito y por lo tanto en el futuro debe aprovecharse más la parte sur occidental, donde están ubicadas las parcelas de 2011, donde hubo pegue de arrayan. Lo interesante es que es la primera experiencia de parcelas de nucleación a esta altitud, pues las otras experiencias se han realizado en áreas abiertas de bosques tropicales (Zahawi, 2013).

Otra de las condiciones del ambiente que pueden constituirse como limitante de la restauración son las condiciones químicas del suelo. De acuerdo con la caracterización realizada, se puede indicar que los suelos son relativamente ácidos, la información sobre pinabete (CONAP, 2008), indica que esta especie se adapta a suelos con pH por debajo de 6.5, pero se debe considerar que las especies previas al estadio de árboles, que aunque no se tiene información, pueden requerir otro rango de pH. También debe tomarse en cuenta que la acidificación contribuye a la baja disponibilidad de nutrientes, lo cual restringe el establecimiento de especies vegetales, esto se ve en la saturación de bases que es baja, limitando la disponibilidad de los nutrientes. Todos estos son factores que se han señalado como limitantes en el proceso de restauración ecológica (Diaz, 2007). Para procurar superarlos en el futuro va ser necesario el manejo de un plan de fertilización con productos naturales y químicos.

En el caso de los bosques, se puede indicar la red de micorrizas se encuentra ampliamente distribuida, lo demuestra la presencia de cuerpos fructíferos de más de 10 especies de hongos. Esto es una ventaja, que debe aprovecharse en los establecimientos de los árboles, para ello se debe incluir suelo de bosque en la siembra inicial, que facilite la formación de estas redes que benefician con la absorción de nutrientes para las plantas. Además de fomentar su cultivo como una alternativa económica, dado la aceptación que tienen varias especies de hongos en la alimentación humana (Boa, 2005).

Uno de los aspectos importantes de este proyecto, fue dejar establecidos en el campo varios lotes con pinabete, utilizando a las plantas arbustivas como nodrizas. A los cuales habrá que darles seguimiento en el futuro, porque constituyen los primeros experimentos de restauración del área. Es importante conocer el efecto de la sobrevivencia de plantas de pinabete establecidas con nodrizas, ya que puede constituirse una manera de aumentar y fomentar su establecimiento, casos como estos han sido documentado por Ramírez-Marcial; *et al.* (1996). En este proyecto, los resultados de prendimiento al primer año son positivos, sin embargo, hay que considerar que en el periodo final del año 2013 e inicios del 2014, no se reportaron heladas fuertes en el área. Por lo que la evaluación que se pueda hacer en el 2015, tomando en cuenta que la ocurrencia de heladas sea mayor, puede dar con certeza un dato que dirija al manejo de la sucesión ecológica en áreas perturbadas. La experiencia de los agricultores desde 2005 señala que si es posible un alto porcentaje de prendimiento de pinabete utilizando a las plantas nodrizas, dentro de estas el arrayán sigue siendo la más utilizada. También el seguimiento de parcelas de pinabete que se establecieron en 2010, muestran que el porcentaje de prendimiento utilizando plantas nodrizas es relativamente más alto que el hacer una reforestación convencional.

El establecimiento de pinabete alrededor de los parches existentes en las partes altas de San Marcos, utilizando a las plantas nodrizas como protectoras, permite aumentar su tamaño y por tanto la conservación de esta especie. El establecimiento fuera de bosques con pinabete y otras especies forestales, permite el aprovechamiento de áreas abiertas para la producción de especies forestales, con lo cual hay menor presión sobre los parches de bosque que aún hay, asegurando su conservación, la biodiversidad y provisión de agua (Andersen; *et al.* 2008). En todo esto se va creando un mosaico forestal sostenible de acuerdo con el concepto manejado por Bernardo; *et al.* (2012).

El esfuerzo inicial de un proceso de restauración ecológica no es suficiente, se necesita que exista un monitoreo y un seguimiento de las intervenciones, la restauración ecológica es un proceso a largo plazo para poder indicar su éxito o fracaso (Herricka, Schumanb y Rangoa, 2006). Por lo tanto los programas que se están dejando en este proyecto para cada comunidad donde se trabajó, deberán servir para que a partir del año 2015 se implementen más acciones de restauración y que los trabajos que ya están establecidos sean constantemente monitoreados, para que así, en el mediano y largo plazo se pueda tener información que indique el éxito o fracaso de las acciones que ahora se están desarrollando.

Con todo esto, como lo mencionan Doren; *et al.* (2009) se pueden ir desarrollando los indicadores para calificar el éxito o no de las intervenciones realizadas. En muchos proyectos hay un descuido en esta parte, pero en los trabajos de restauración deben de hacerse para poder medir el éxito, que no solo está en el prendimiento de árboles, sino en todos los aspectos del ecosistema, por ejemplo el seguimiento que se debe dar a la especie de fauna que se espera vayan integrándose en las cadenas productivas (Block; *et al.* 2001). Un indicador puede ser la diversidad, la actividad de microorganismos del suelo, las cadenas tróficas y la fauna. En el caso de la fauna, por ejemplo en estas áreas hay salamandras del genero *Bolitoglossa* que se han reportado como buenos indicadores de estos ecosistemas por ser especies endémicas presentes en áreas poco perturbadas (Méndez, 2008).

El objetivo de contar con un plan de seguimiento y monitoreo es evaluar si los trabajos de restauración implementados están cumpliendo con los objetivos de recuperación de los bosques alrededor de parches de pinabete y en el cerro Cotzic, que mejoras se deben de hacer a las técnicas empleadas en esta primera fase de intervención y considerar el reducir los costos que este trabajo conlleva (Machmer y Seeger, 2002).

PARTE IV.

IV.1 CONCLUSIONES

La caracterización física, de suelos, vegetación y fauna de tres áreas de bosques de pinabete muestra que en los Cuervos y las Nubes cerca del 50% no tiene cobertura arbórea en tanto que Canatzaj solo tiene el 17%. En el caso del cerro Cotzic solo hay un 12% de cobertura de bosque de pino. Los esfuerzos de conservación de parte de las municipalidades y comunidades locales permiten que se desarrolle la sucesión ecológica, la cual puede ser acelerada utilizando técnicas de restauración ecológica.

Se ha contribuido con el conocimiento ecológico y agronómico de seis especies de plantas arbustivas, que pueden utilizarse como plantas nodrizas en el proceso de restauración ecológica. Como producto concreto se tienen fichas técnicas que proporcionan la información básica para la obtención de semilla y su propagación, para que puedan ser consideradas en la producción de vivero.

El establecimiento inicial de pinabete en áreas alrededor de bosques, utilizando las plantas arbustivas como nodrizas, muestra el papel importante que ellas juegan en los primeros años de establecimiento de árboles, que está relacionado con la especie arbustiva, la distancia y dirección de establecimiento y otros factores microambientales. Lo que se demuestra es que el porcentaje de prendimiento fue de 78%, después de un año, que es superior a que si se hubiera realizado una reforestación convencional.

El establecimiento de parcelas de nucleación iniciado en el cerro Cotzic en el 2011 y continuado en el 2013 muestra que en la parte sur oriente del cerro, se ha obtenido resultados positivos, pues hay pegue de las plantas arbustivas y de ellas la de mejor éxito es el arrayán con 76% de pegue en las parcelas de 2013. El establecimiento de pinabete en 2013, en parcelas del año 2011, muestra un prendimiento promedio del 74% después de un año.

El seguimiento de parcelas de pinabete con fines de producción de árboles navideños, en lotes de agricultores establecidas en 2010, utilizando plantas arbustivas para su protección, permite demostrar que el porcentaje de prendimiento de pinabete se ha mantenido superior al 70% después de cuatro años. También se pudo establecer costos de producción inicial que serán base para próximos seguimientos de estos lotes.

De manera participativa, se desarrollaron tres programas de seguimiento y monitoreo, para las áreas que se trabajaron en esta investigación. Contienen la información de los trabajos establecidos en el campo, la propuesta de monitoreo que se les debe dar y una programación para el seguimiento de acciones de restauración ecológica en los próximos años.

IV.2 RECOMENDACIONES

Emprender programas permanentes de restauración ecológica en los tres bosques estudiados y en el cerro Cotzic, dada la necesidad de su recuperación. En el presente estudio se generó información del papel de los musgos, se señala la necesidad de restablecer las cadenas tróficas, de manejar las características químicas del suelo, el manejo de plantas nodrizas y establecimiento de pinabete, que será útil en estas tareas. Las que se justifican por el hecho de que el pinabete es una especie protegida y que el cerro Cotzic es la principal fuente de agua para las comunidades de Ixchiguan. Sin embargo deben superarse las limitantes climáticas y de suelo a través del diseño de programas adecuados de restauración ecológica.

Utilizar la información desarrollada para las plantas nodrizas, en cuanto a obtención de semilla y propagación sexual. De tal forma de implementar su reproducción en los viveros municipales de Ixchiguan, San José Ojetenam y comunitario de Canatzaj y en viveros particulares interesados.

Los nuevos establecimientos de árboles en la parte alta de San Marcos, deben realizarse utilizando las plantas arbustivas ya establecidas en el campo. En las áreas donde no hay arbustos lo primero será sembrarlas y luego de dos o tres años, establecer árboles para que tengan protección contra heladas y la época seca.

En el cerro Cotzic se debe continuar con la técnica de establecimiento de parcelas de nucleación, consistente en sembrar plantas arbustivas en altas densidades, que después de dos o tres años pueden permitir establecer árboles. Poner mayor importancia en los factores que están incidiendo en el pegue de las especies arbustivas chicajol, salvia y mozote. En estos trabajos dar prioridad a la porción sur oriente del cerro Cotzic, en tanto que el área norte y nor occidente (la parte que está a la orilla de la carretera) se debe hacer un esfuerzo inicial por la recuperación de cárcavas y mayor cuidado a las estacas de arbustos, debido a los vientos que soplan el área a partir del mediodía.

Fomentar por medio del programa de pinabete del INAB el establecimiento de esta especie con fines navideños, utilizando áreas fuera de bosques, donde actualmente crecen plantas arbustivas que se pueden utilizar como nodrizas para la protección del pinabete en sus primeros años. Esto ya es desarrollado por varios silvicultores, lo que permite una alternativa económica para ellos. Se recomienda en esos lotes dejar al menos el 20% de los árboles para productores de semilla, que el largo plazo contribuya a la conservación.

Tomar en cuenta por las municipalidades de Ixchiguan y San José Ojetenam y por la comunidad de Canatzaj, los planes de seguimiento y monitoreo que se han dejado planteados en este documento, como base para desarrollar un programa de restauración ecológica, basado en el aprovechamiento del proceso de sucesión vegetal del área.

IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abad, M.J., Bermejo, P. (2007). *Baccharis* (Compositae): a review update. *Arkivoc.* 7:76-96.
2. Andersen, U.S., Prado C., J.P., Nielsen, U.B., Smith O., C., Nielsen, Ch., Sørensen, M. y Kollmann, J. (2008). Conservation through utilization: A case study of the vulnerable *Abies guatemalensis* in Guatemala. *Orix.* 42(2), 206-213.
3. Aguirre-Planter, E., Furnier, G.R. & Eguiarte, L.E. (2000). Low levels of genetic variation within and high levels of genetic differentiation among populations of species of *Abies* from southern Mexico and Guatemala. *American Journal of Botany*, 87(3), 362–371.
4. Arriaga, V. *et al.* (1994). Manual de reforestación con especies nativas. México, D.F. Instituto Nacional de Ecología. 185 p.
5. Bernardo M., C.A., Dall'Aglio H., Ch.G., Reverberi T.L. y Costa da Silva, S. (2012). *Mosaicos forestales sostenibles*. Conservación Internacional (CI-Brasil). Belo Horizonte (MG). Cuadernos de dialogo 3. 48p.
6. Block, W.M., Franklin, A.B., Ward, J.P., Ganeyl, J.I., White y G.C. (2001). Design and Implementation of Monitoring Studies to Evaluate the Success of Ecological Restoration on Wildlife. *Restoration Ecology* 9(3), 293-303.
7. Boa, E. (2005). *Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población*. Roma: FAO.
8. Bossuyt, B. & Honnay, O. (2008). Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science.* 19, 875-884.
9. Buck, W.R. (1998). Pleurocarpous Mosses of the West Indies. *Memoirs of The New York Botanical Garden*. Vol. 86. NYBG press, Bronx, New York. 102 pp.
10. Cano, I.J, Zamudio P., N. y Vargas, O. (Eds.). (2006). *Recuperar lo nuestro: Una experiencia de restauración ecológica con participación comunitaria en predios del embalse de Chisacá, localidad de Usme, Bogotá, D.C.* Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 126 p.
11. Castro C., V., Iyzaguirre P., R. & Ceroni S., A. (2006). Supervivencia de plántulas de *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Haageocereus pseudomelanostele* subsp. *aureispinus* (Rauh & Backeberg) Ostolozza, en condiciones experimentales Cerro Umarcata, Valle de Chillón, Lima. *Ecología Aplicada*, 5(1,2), 61-66.

12. Choi, Y.D., Temperton, V.M., Allen, E.B., Grootjans, A.P., Halassy, M., Hobbs, R.J., Neath, A., y Tarok, K. (2008). Ecological restoration for future sustainability in a changing environment. *Ecoscience*, 15(1), 53-64.
13. Clewell, A.F. y Aronson, J. (2007). *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. Washington, USA, Island Press. pp 75-85.
14. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (2006). *Listado de especies de flora y fauna silvestres citas de Guatemala. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres*. Guatemala: CONAP. 18 p.
15. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (2008). *Diagnóstico del Contexto Institucional, Ambiental y Forestal para la Conservación y Fomento de los Bosques Naturales y Plantaciones de Pinabete (Abies guatemalensis Rehder). Informe de Consultoría de Equipo de consultores en proyectos de desarrollo ecológico sostenible, S.A. (ECODESA). Guatemala. 72 p.*
16. Córdova, O., Medel, R., Mata, G., Castillo, R., y Vásquez, J. (2014). Evaluación de hongos ectomicorrícicos del grupo de los basidiomicetos en la zona del Cofre de Perote, Veracruz. *Madera y Bosques*, 20(1), 97-106.
17. Cornejo-Tenorio, G., Casas, A., Farfán, B., Villaseñor, J.L. y Ibarra M., G. (2003). Flora y vegetación de la zonas núcleo de la reserva Biosfera Mariposa Monarca, México. *Bol.Soc.Bot. Méx.*, 73, 43-62.
18. Cortina, J., Maestre; F.T., Vallejo, R., Baeza, M.J. y Valdecantos, A. (2006). Ecosystem structure, function, and restoration success: are they related? *Journal for Nature Conservation*. 14, 152-60.
19. Diaz, T., J.E. (2007). *El suelo como barrera para la restauración ecológica*. En: Vargas, O. (Ed.) Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino.pp74-76. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
20. Doren, R.F., Trexler, J.C., Gottlieb, A.D., Harwell, M.C. (2009). Ecological indicators for system-wide assessment of the greater everglades ecosystem restoration program. *Ecological Indicators*, 9(supplement), 2-16.
21. Fassbender, H.W. y Bornemisza, E. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, CR. Costa Rica, IICA. 409 p.
22. Glime, J.M. (2007). *Bryophyte Ecology*. Volume 1. Physiological Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Desde: <http://www.bryoecol.mtu.edu/>.

23. González, J.H. (1979). *Caracterización ecológica de las comunidades de pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en Guatemala*. Tesis Lic. Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 79 p.
24. González, A. (2004). *Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas*. Tesis Ingeniería Química. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 100p.
25. Gradstein, S. R., S. P. Curchill & N. Salazar. (2001). Guide to the Bryophytes of Tropical America. Memoirs of The New York Botanical Garden. Vol. 86. NYBG press, Bronx, New York. 577 pp.
26. Gutiérrez, J. (2001). *Importancia de los arbustos leñosos en los ecosistemas de IV región*. Libro rojo de la flora nativa y sitios prioritarios para su conservación. Capítulo 16. La Serena, Chile, Ediciones Universidad La Serena. pp.253-260.
27. Herricka, J.E., Schumanb, G.E., y Rangoa, A. (2006). Monitoring ecological processes for restoration projects. *Journal for Nature Conservation* 14, 161-171.
28. Holl, K.D y Aide, T.M. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management* 216(10), 1558-1563.
29. Instituto Nacional de Bosques (INAB). (1977). *Estrategia para la conservación y protección del pinabete (Abies guatemalensis)*. Guatemala. s.p.
30. Instituto Nacional de bosques-Consejo Nacional de Áreas Protegidas (INAB-CONAP). (1999). *Diagnóstico de las poblaciones naturales de pinabete (Abies guatemalensis Rehder.) en Guatemala y estrategia para su conservación*. Guatemala, Co-Ediciones Técnicas, documento No. 11. 60p.
31. Index Fungorum. (2014). Disponible desde: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp202004>
32. Jaramillo-Correa, J. P., E. Aguirre-Planter, D. P. Khasa, L.E. Eguiarte, D. Piñero, G. R. Furnier y J. Bousquet. (2008). Ancestry and divergence of subtropical montane forest isolates: molecular biogeography of the genus *Abies* (Pinaceae) in southern México and Guatemala. *Molecular Ecology* 17, 2476–2490.
33. Machmer, M., y Steeger, Ch. (2002). *Effectiveness monitoring guidelines for ecosystem restoration*. Victoria BC, Canada. Habitat Branch, Ministry of Water, Land and Air Protection. 22 p.
34. Maginnis, S; Jackson, W. 2002. *Restauración del paisaje forestal*. Actualidad Forestal Tropical (OIMT) 10/4: 11 p.

35. Maestre, F.T., Cortina, J & Vallejo R. (2006). Are ecosystem composition, structure and functional status related to restoration success? Test from semiarid mediterranean steppes. *Restoration Ecology*, 14(2), 258–266.
36. Márquez-Huitzil, R. (2005). *Fundamentos teóricos y convenciones para la restauración ecológica: aplicación de conceptos y teorías a la resolución de problemas en restauración*. En Sánchez, O., et al. (Eds.). Temas sobre restauración ecológica. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. pp. 159-167.
37. Martínez A. J.V. (2011). *Evaluación y caracterización de la sucesión vegetal secundaria y propuestas para la restauración ecológica alrededor de áreas con pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en San Marcos*. Informe final proyecto FODECYT 055-2009. Guatemala, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), Guatemala. 143 p.
38. Martínez A., J.V. (2013). *Sucesión ecológica secundaria alrededor de parches de bosque con pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en San Marcos, Guatemala*. Tesis Doctoral. Programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. 153p.
39. Martínez A., J.V. (2014) *Restauración de paisaje forestal en Guatemala: conceptos básicos*. Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Private investment in landscape restoration -PILAR-, Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo. 41 p.
40. Méndez, C. (2008). Diversidad faunística de Guatemala. En C. Azurdia (ed.) Guatemala y su biodiversidad, un enfoque histórico, cultural, biológico y económico, pp. 231-259. Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
41. Montenegro, A.L. y Vargas R., O. (2008a). Atributos vitales de especies leñosas en bordes de bosque altoandino de la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). *Rev. Biol. Trop.* 56 (2), 705-720.
42. Montenegro, A.L. y Vargas R., O. (2008). Caracterización de bordes de bosque altoandino e implicaciones para la restauración ecológica en la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). *Rev. Biol. Trop.* 56 (3), 1543-1556.
43. Osorio M., S.D., Vásquez M., J.E. y Vásquez M., J.O. (2011). *Cultivo de pinabete en minifundios del occidente de Guatemala como alternativa económica para las familias*. Guatemala. IX Congreso Forestal Nacional. 6 p.
44. Padilla, F.M. (2008). Factores limitantes y estrategias de establecimiento de plantas leñosas en ambientes semiáridos. Implicaciones para la restauración. *Ecosistemas*, 17 (1), 155-159. 9/6/2009. Recuperado de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=514>

45. Padilla, F.M., y Pugnaire, F.I. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers Ecology Environment* 4(4), 196-202.
46. Palmer, M., Ambrose, R y Poff, N.L. (1977). Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration ecology* 5(4), 291-300.
47. Palmer, M.A. & Filoso, S. (2009). Restoration of ecosystem services for environmental markets. *Science*, 325, 575-576.
48. Pascale M., Lee W.G., Dring H.J. and Cornelissen J.H. (2012). Species traits and their non-additive interactions control the water economy of bryophyte cushions. *Journal of Ecology* 100, 222-231.
49. Ramírez-Marcial, N., González-Espinoza, M. & García-Moya, E. (1996). Establecimiento de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. en matorrales y pastizales de los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 30(2), 177-186.
50. Reyes Ch., M.A. y Tovilla, H., C. (2002). Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la Costa de Chiapas. *Madera y Bosques Número especial 1*, 103-114.
51. Rondón, J.A. & Vidal, R. (2005). Establecimiento de la cubierta vegetal en áreas degradadas. (Principios y métodos). *Rev. For. Lat.*, 38, 63-82.
52. Strandby, U., K. I. Christensen y M. Sørensen. (2009). A morphometric study of the *Abies religiosa–hickelii–guatemalensis* complex (Pinaceae) in Guatemala and Mexico. *Plant Systematic Evolution* 280, 59-76.
53. Vargas R., O. Editor. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 194 p.
54. Vargas R., O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biol. Colomb.* 16(2), 221-246.
55. Zahawi, R.A., Holl, K.D., Cole, R.J. y Reid, J.L. (2013). Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Journal of Applied Ecology* 50, 88-96.

IV.4 ANEXOS

1. Catálogo de hongos micorrizicos

Figura 22. Fotografía de *Aragaricomycotina*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 23. Fotografía de *Agaricus*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 24. Fotografía de *Cantharellus*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 25. Fotografía de *Cortinarius*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 26. Fotografía de *Boletus*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 27. Fotografía de *Pleurotus*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 28. Fotografía de *Entoloma*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 29. Fotografía de *Amanita*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 30. Fotografía de *Clitocybe*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 31. Fotografía de *Nolanea*



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

2. Fichas de plantas nodrizas

Salvia

Buddleia megalocephala Donn.-Sm.

Familia: Scrophulariaceae

Figura 32. Planta de salvia en su estado silvestre.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012

Descripción botánica

Árboles o arbustos de 12 m de alto, usualmente con tronco delgado, ramas esparcidas, los brotes de las ramas cubiertas con pubescencia densamente tomentosa; hojas subcoriáceas, lanceoladas o elongo-lanceoladas, enteras, agudas a acuminadas, obtusas en la base, peciolo de 1-2 cm de largo, las láminas de 7-20 cm de longitud por 2-5 de ancho, lustrosas, verde y glabra por encima, en la parte inferior cubiertas con una densa pubescencia blanquecina a café estrellada y tomentosa, inflorescencias terminales, 6-30 cm de largo, las cabezas muy densas, globosa de 1.5-2 cm de diámetro cuando están maduras, largamente pedunculadas, usualmente en racimos cortos y simples o en racimos ramificados en la base; cáliz tubular, densamente tomentoso, 3-4.5 mm de longitud, lóbulos acuminados o estrechamente triangulares cerca de 2 mm de largo, corola de 6-8 mm de largo, de color naranja intenso por dentro y pálido por fuera, en forma de embudo, con pubescencia tomentosa estrellada por fuera, con pelos en forma de hueso dispersos en el interior o sobre la parte superior del tubo, fragantes; estambres insertos cerca de 1 mm sinuoso debajo; ovario ovoide de 1.5-2 mm de largo tomentoso, estilo 2-3 mm de largo, estigma claviforme; capsulas maduras ovoides, glabra o con pubescencia puberulenta-estrellada, 4.5-6 mm de largo, primitivamente septada dehiscente, semillas numerosas de 2 mm de largo, con testa reticulada con alas extendidas (Standley y Williams. 1969).

La semilla de color café, germinación hipogea, plántulas de crecimiento lento (45 días para producir el primer par de hojas verdaderas) Las hojas iniciales son dentadas.

Figura 33. Dibujo de hojas e infrutescencia de *Buddleia megaloccephala* Donn.-Sm.



Fuente: Standley y Williams, 1969

Descripción de observaciones de campo

La planta tiene en promedio 8 ramas primarias, 162 ramas secundarias, 2300 ramas terciarias. Con un promedio de 72 inflorescencias/infrutescencias.

Descripción de las condiciones naturales donde crece

La planta se desarrolla en Chimaltenango, Sololá, Quetzaltenango, Totonicapán, Huehuetenango y San Marcos, en altitudes de 2400 a 4050 m de altitud, a menudo a orillas de bosques de pino, ciprés y pinabete o formando pequeños bosques como el caso de la porción del cerro Cotzic en la carretera hacia San José Ojetenam. En este lugar se mezclan dos especies *Buddleia megaloccephala* y *B. skutchii*, que son muy similares, las diferencias más notorias están en el tamaño de la hoja y de la infrutescencia que en el caso de la segunda especie son más pequeños.

Proceso de obtención de las semillas

En el mes de marzo-abril, recolectar las infrutescencias globosas de color marrón (de acuerdo las observaciones, parece ser que las plantas producen de forma bianual), colocarlas en bolsas o recipientes plásticos y dejar que terminen de secar. Dentro de cada infrutescencia están las capsulas que contienen un semillas de color café, una gran cantidad de semillas con un promedio de 2mm de largo, posteriormente se limpia y se almacena.

Figura 34. Frutos y semillas de salvia.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Derecha vista de las infrutescencias de salvia, al centro vista general de miles de semillas cada una cerca de 2 mm. Izquierda semilla vista al microscopio, donde a los lados se notan las alas que le sirven para su dispersión.

Propagación sexual

Para la propagación asexual se prepara recipientes de plástico calados en con sustratos para germinación como el peat most bien hidratado, o bien elaborando una mezcla con arena blanca fina, suelo franco y materia orgánica bien descompuesta. La ventaja de utilizar sustratos elaborados es que no hay necesidad de desinfección pues son materiales inertes. Debido al tamaño de la semilla, esta se esparce lo más uniforme posible y luego se le coloca una fina capa del mismo sustrato. Debe mantenerse una humedad constante y procurar colocar las bandejas en lugares claros donde estén protegidos del frío. A los cinco días se obtiene la germinación que es tipo hipogea. Después cuando las plántulas ya tienen un par de hojas verdaderas que es aproximadamente a los 20-25 días se trasplantan a bolsas de almácigo. En el almácigo pueden estar por tres a cuatro meses y luego se pueden trasplantar al campo definitivo. Si la siembra se realiza en noviembre se pueden tener plantas listas para el campo en el mes de junio del siguiente año.

Figura 35. Plántulas de salvia producidas a partir de semilla.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Calendario Fenológico

Cuadro 81. Calendario fenológico de salvia.

Característica \ mes	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caida de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Usos

Se utiliza como forraje para el ganado, las hojas que se caen son incorporadas al suelo como abono verde. En medicina se utilizan las hojas para afecciones respiratorias, tanto tomado como para baños en el temascal. También se utiliza para dolores musculares en forma de compensas, calentando previamente las hojas.

Notas acerca de su valor como planta nodriza

Esta planta ha sido utilizada como planta nodriza en varias localidades, no es una planta que se establezca fácilmente de forma natural en cualquier área, se le ha visto crecer principalmente en áreas con suelo fértil, en pendientes con orientación hacia sur oeste. Tiene la ventaja que por su tamaño, puede cumplir adecuadamente la función de nodriza en la época de heladas, en los meses más secos como los de marzo abril, tiende a defoliar parcialmente. A la fecha se carece aún de datos de comportamiento de campo, ya que por el tiempo del proyecto no fue posible llegar a la fase de campo.

Referencias

Standley y Williams. 1969. Flora of Guatemala. Fieldiana:Botany 24(8(4)):281-282.

Mozote

Acaena Elongata L.

Familia: Rosaceae

Figura 36. Planta de mozote en condiciones silvestres.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Descripción botánica

Plantas usualmente leñosas, algunas veces casi toda herbácea, regularmente de 25 a 50 cm de alto, algunas veces hasta más de 1 metro de alto, a menudo formando densas colonias, la corteza café o purpura; hojas compuestas con 9 a 19 foliolos, oval o elípticos, agudos en la parte distal, de 8 a 15 mm de largo, agudamente cerrados, sub coriáceos o herbáceos, labros y lustrosos por encima, esparcidamente con pubescencia seríceo estrigosa por debajo a lo largo de las venas; estípulas linear-lanceoladas, adnado al peciolo, ciliado; racimos remota o densamente floreados, principalmente de 10 a 30 cm de largo, las flores subsésiles, con 3 brácteas, hipanto esparcidamente veloso cuando joven, cubierto con espinas numeras espinas agudas y afiladas; lóbulos del cáliz ovados, 1 mm de largo; fruto corto pedicelado, elipsoide, nueces de 6 a 8.5 mm de largo, glabra cuando adulta, las espinas café o vináceas, 2 a 3 mm de largo, comúnmente con 3 púas en el ápice (Standley y Steyermark, 1946).

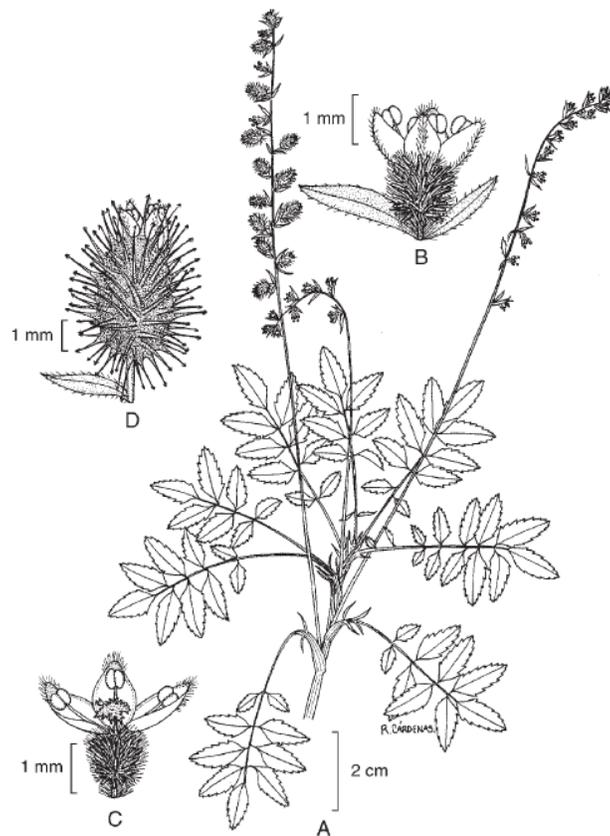
De acuerdo con las observaciones realizadas en este estudio se puede describir como: Arbusto leñoso, planta que llega a medir en promedio de 1 a 1.50 m de altura, con un promedio de 7 a 10 ramificaciones, cada una de ellas se dividen en varias más que pueden tener un promedio de entre 20 y 25 ramas cada una de estas cuenta con una punta leñosa en la cual se puede encontrar alrededor de 9 y 12 frutos; la corteza y la apariencia general de la planta es de color café o purpura, hojas compuestas de 9 a 10 foliolos ovaladas o elípticas y dentadas, agudas hacia el ápice, de 7 a 15 mm de longitud,

Flores tubular de 0.6 a 1.3 cm de largo están rodeadas de lo que se conoce como hipanto, que se encuentra cubierto de espinas o pelillos tirados hacia atrás, lo que hace que se peguen más fácil a ropa y pelo. El fruto de forma capsular o elipsoide de 3 milímetros hasta 1 centímetro de longitud y de 3 a 5 milímetros de diámetro, en etapa de desarrollo está rodeado de vellosidad y en la etapa maduro espinoso de color café.

La semilla se encuentra dentro de la capsula, de color café de forma elipsoide y mide un promedio de 3 a 5 milímetros de longitud y 2 milímetro de diámetro.

De las observaciones realizadas en el campo se puede pudo detectar que en promedio la planta tienen 11 ramas primarias, 291 ramas secundarias, el número promedio de inflorescencias por rama secundaria es de 6 y en promedio cada inflorescencia tiene 12 frutos.

Figura 37. Dibujo de la planta, presentando en detalle inflorescencias y frutos.



Acaena elongata L. A. parte superior de la planta mostrando flores y frutos; B. vista externa de una flor acompañada de un par de brácteas; C. flor desprovista de un lóbulo del cáliz, mostrando el hipantio, tres estambres y el estilo que remata en un estigma peltado; D. aspecto del fruto envuelto por el hipantio equinado. Ilustrado por Rogelio Cárdenas.

Fuente: Rendozki, 2005

Descripción de las condiciones naturales donde crece

Acaena elongata crece en suelos bastante degradados, muchas veces junto a rocas, los frutos de esta especie son fácilmente transportados por los animales y el ser humano, de tal forma que hay una amplia dispersión de la especie.

Proceso de obtención de semilla

Aunque se puede encontrar frutos maduros todo el año, la mayor abundancia se produce en los meses de marzo a mayo. Los frutos se colectan cuando tienen color café, que es cuando más fácil se adhiere a la ropa o pelo de animales. Es difícil separar las semillas de la capsula, por lo que lo más práctico es dejarla de esta forma para colocarla a germinar.

Se recolectan de forma manual obteniendo los frutos de una forma directa y se puede obtener pasando una manta donde se adhiere de una forma más fácil.

Se colocan los frutos en bolsas plásticas o sobre papel periódico estas deben ponerse directamente al sol para que el secado sea de una forma natural.

Tratamiento o escarificación. No se necesita hacerla ya que se realiza de una forma natural y cuando se siembra.

La limpieza se realiza sacudiéndolas con soplador y que estén metidas en recipientes como bolsas.

Figura 38. Frutos de mozote, tienen adheridos los frutos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Propagación sexual

Se puede colocar a germinar en recipientes plásticos con arena y broza o bien en peat moss, el tiempo de emergencia de la plántula va de 5 a 15 días con un porcentaje de 80-85%.

Notas acerca de su valor como planta nodriza

Esta es una planta que se considera como maleza, y por la forma de sus frutos, cuando están secos, fácilmente es dispersada tanto por animales como por el ser humano. Su fisonomía como una planta arbustiva achaparrada, da la facilidad para que debajo de ella se establezcan fácilmente plantas de otros arbustos y de árboles de regeneración natural. Por su tamaño también tiene la ventaja de que la planta de árbol que se establece debajo de ella, rápidamente la supera en altura, lo que hace que se desarrolle fácilmente, sin competir por luz y espacio.

Figura 39. Plántulas de mozote en vivero.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Calendario fenológico

Cuadro 82. Calendario fenológico de mozote.

Característica	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caida de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Usos

Para el ser humano. Se utiliza en mujeres en periodo de menstrual con una dosis de 38 gr de hojas y semillas, una vez a cada dos días, en forma de cataplasma. Antitusígeno; Tratar bronquitis (Carbonó-Delahoz y Dib-Diazgranados, 2013). En animales se utiliza como forraje para ganado ovino y caballar.

Referencias

Carbonó-Delahoz, E. y Juan Carlos Dib-Diazgranados, J.C. 2013. Plantas medicinales usadas por los Cogui en el río palomino, sierra nevada de santa marta (Colombia). *Caldasia* 35 (2): 333-350.

Standley y Steyermark. 1946. *Flora of Guatemala*. Fieldiana: Botany 24(4): 434-435.

Rzedowski, J y Rzedowski, G.C. de. 2005. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes: Rosaceae, Fascículo 135*. Universidad de Pátzcuaro, Michoacán, México. 163 p.

Mora

Rubus trilobus Ser.

Familia: Lamiaceae

Figura 40. Planta de mora con hojas y flor.



Figura 41. Planta de mora con frutos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Descripción botánica

Planta esbelta erecta arqueada de 1 a 5 metros de altura tallos sin espinas, tallos dispersos a veces apoyados en otros arbustos, de hojas largo pecioladas, triangular-cordado, delgadas, la mayoría 3-lobada, profundamente verdes arriba, más pálida por debajo, pilosa en ambas superficies, finamente serrada, tamaño de 6 a 12 cm de largo; flores principalmente solitarias; sépalos ovados, caudado-acuminado, 1.5 cm de largo, pilosas por fuera, tomentosas por dentro, usualmente apresadas al fruto que las encierra; pétalos blanco, 2cm de largo; frutos hemisféricos, purpura-negro, 1.5 cm de ancho, las drupelas largas y distintivas. La información de campo indica que la planta tiene en promedio 20 ramas primarias, de las cuales en promedio hay 14 ramas secundarias y de estas en promedio hay 11 ramas terciarias de tal forma que puede comprenderse que se trata de un arbusto ramificado en forma de parra. En promedio por rama hay tres frutos.

Descripción de las condiciones naturales donde crece

Crece en lugares húmedos en montañas frecuentemente a orillas de bosques de encino ciprés o *Abies*, algunas veces en peñascos de área blanca, en alturas de 2000 a 4200 m de altitud, en Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Quiché, Huehuetenango, Totonicapán, Quezaltenango y San Marcos hasta el sureste de México.

En la parte alta de San Marcos se le encontrará a la orillas de los bosques de pinabete, formando parras, que producen bastante follaje en los meses lluviosos, pero defolian en la época seca.

Calendario fenológico

Cuadro 83. Calendario fenológico de mora.

Característica	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Inicio de hojas												
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Frutos secos en planta												
Caída de hojas total												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Proceso de obtención de semilla

Se cosechan los frutos cuando están maduros y tienen un color morado, generalmente ocurre de agosto a noviembre. Se colocan en un recipiente con agua y se estrujan y se pueden dejar un día para que suelte la pulpa. Posteriormente se pueden pasar por canastas plásticas caladas, y procurando que esté pasando agua, y se les presiona para que se separe la pulpa. Después de varios lavados se puede obtener la semilla, hay aproximadamente 12 a 16 semillas por infrutescencia. Tratamiento de secado Para el secado se debe de poner en recipientes platicos o sobre papel periódico en superficie planas directamente al sol.

Figura 42. Semilla de mora.



Fuente: Proyecto FOCEYT 046-2012.

Propagación sexual

A pesar de que la semilla tiene una consistencia dura, no se realizó escarificación. La germinación inicio a los 15 días después de la siembra y se extendió por 54 días, después de lo cual se obtuvo porcentajes de germinación de 45-55%. Tiene una germinación epigea, cuando la planta emerge lleva consigo la testa de la semilla, las hojas están dispuestas en pares opuestos (filotaxis dística). A los 35 días después de la germinación ya tienen dos pares de hojas verdaderas, con un tallo rojizo

Figura 43. Plántulas de mora de 35 días después de germinación.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Usos: Se utiliza para aliviar dolores gastrointestinales, disentería, 60 g en un litro de agua de la planta, para endurecer dientes de niños 15g de hoja en un litro de agua, solo enjuague. Como alimento fabrican jaleas. Refrescos y como forraje para ganado. Se ha reportado también como planta tintórea por el color púrpura de sus frutos.

Notas acerca de su valor como planta nodriza

Es una planta que crece en forma de parra, por lo que en la época lluviosa, puede generar mucha sombra, debido a esto es necesario al utilizarla como nodriza, darle manejo, consistente en eliminar ramas que se entrecrucen, de tal forma de permitir la penetración de luz hacia el suelo. Tiene la desventaja que en la época seca defolia completamente, lo cual puede ser que no proporcione una cobertura adecuada en la época de heladas.

Referencias

Instituto de Biología. "*Rubus trilobus* Moc. & Sess. - IBUNAM:MEXU:PV56204". UNIBIO: Colecciones Biológicas. (2010). Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2015-6-1. Disponible en: <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PV56204>>

Malacate (*Symphoricarpos microphyllus* Kunth)

Familia Caprifoliaceae

Figura 44. Planta de malacate con frutos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Figura 45. Planta de malacate con flores.

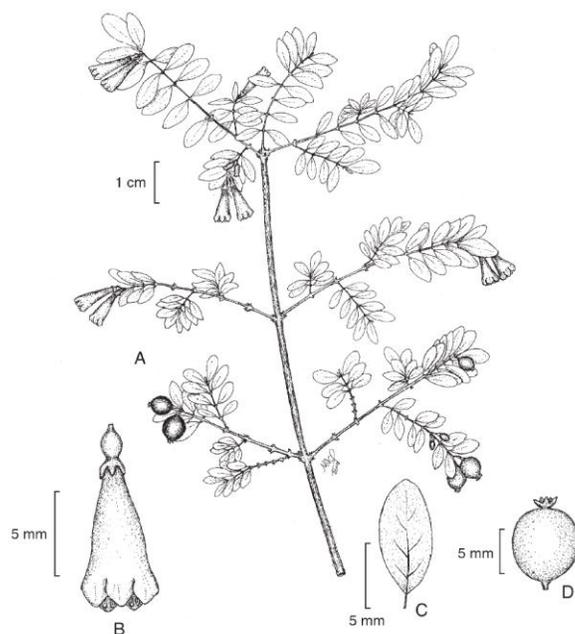


Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Descripción botánica

Arbusto erecto, muy ramificado, de 1 a 3 m de alto, ramillas café-rojizas, tomentulosas, a puberulentas; hojas con peciolo de 1 a 3 mm de largo, láminas ovadas a elípticas, de 20-25 mm de largo y de 8 a 16 mm de ancho, ápice agudo a redondeado, algunas veces apiculada, base cuneada a redondeada, margen entero, de color verde claro, glabras a puberulentas, ligeramente pilosas en las nervaduras del envés; flores solitarias o en pares, colgantes, pedicelos de 1 a 4 mm de largo, con 2 brácteas foliáceas de 2 a 6 mm de largo y 1 a 4 mm de ancho; cáliz con 5 lóbulos triangulares, ápice obtuso, tan largos o ligeramente más largos que el tubo, de 1 a 3 mm de largo, glabros a ciliados; corola blanco rosada, angostamente campanulada, de 8 a 10 mm de largo, lóbulos ovados, de 2 a 4 mm de largo, interior del tubo y garganta pubescentes; estambres 5, ligeramente exentos, anteras de 1.5 mm de largo; pistilo con estilo de 4 a 6 mm de largo, incluso, glabro, estigma capitado; fruto baya blanca a rosada, traslúcida, subglobosa, de 6 a 9 mm de diámetro, con el cáliz persistente; semillas cortamente oblongas, de unos 3 mm de largo y 2 mm de ancho, ligeramente comprimidas; semilla de color café de forma elipsoide y mide un promedio de 2 a 3 milímetros de longitud y 0.5 milímetro de diámetro.

Figura 46. Dibujo de planta de malacate, presentando flores y frutos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Descripción de las condiciones naturales donde crece

Usualmente a orillas de bosques mixtos, de encino, pino o *Juniperus*, o sobre áreas abiertas entre rocas, pendientes con matorrales, 2100 a 3800 m de altitud; Chimaltenango, Huehuetenango, El Progreso, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos, Totonicapán. Desde Nuevo México, México hasta Honduras.

En la parte alta de San Marcos crece formando matorrales, que se encuentran por lo general en áreas abiertas cerca de bosques de pinabete.

Descripción de observaciones de campo

Se determinó que la planta presenta ramas 7 primarias en un promedio derivadas del tallo principal. La mayoría de ramas primarias presenta 4 ramas secundarias, que a su vez poseen 6 ramas terciarias y 5 terminales en posición opuesta y de cada una de estas producen 3 frutos. De cada fruto se obtienen 2 a 3 semillas. De esto se puede inferir que el número estimado de semillas por planta es de 5,040 a 7,560.

Tipo de reproducción

Puede reproducirse sexualmente por semilla y asexualmente por medio de estacas necesitando un sustrato para el periodo de enraizamiento.

Obtención de semilla

Los frutos son de color blanco-amarillento con apariencia de perlas, se recolectan de forma manual entre octubre a noviembre, si no se colectan en este punto, se pondrán de color café cayendo al suelo, donde es difícil su ubicación. Los frutos se colocan en agua, se estrujan, se dejan 1 o dos días y luego se separa la pulpa, por medio de lavados, luego se deja secar y se puede almacenar.

Figura 47. Secuencia de obtención de semilla malacate.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

A: Frutos; B: Estrujado de frutos en agua; C: semilla con mucilago; D: Semilla limpia y seca.

Propagación sexual

La propagación se puede realizar en recipientes plásticos calados, utilizando como sustrato al peat most o una mezcla de arena blanca con suelo. Las semillas se colocan sobre surcos separados de 15 a 20 cm. No se ha probado la escarificación de semilla. La germinación empieza a los 19 días después de la siembra y se prolonga por 12 más, obteniendo al final un 70% de emergencia.

Fenología

Cuadro 84. Calendario fenológico de malacate.

Característica	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas total												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Usos

En Guatemala se conoce poco de los usos, en México se usan sus ramas para hacer escobas rústicas, muy usadas en jardinería. En artesanía se fabrican, canastas y figuras navideñas (SEMARNAT, s.a.). En medicina popular se utiliza, para infecciones bucales se recomiendan las hojas masticadas, o tallar la boca con los frutos y bicarbonato; aunque no existen trabajos clínicos que corroboren su efectividad.

Notas acerca de su valor como planta nodriza

Es una especie que por su forma de crecimiento ayuda a albergar muy bien plántulas en su parte inferior. Sin embargo por su estructura a veces complica el poder establecer árboles en su cercanía. Aunque tiende a defoliar en la época seca, debido a que sus ramas se mantienen muy unidas puede proporcionar una protección en la época de heladas. Para hacer un mejor aprovechamiento como planta nodrizas es necesario darle manejo, por ejemplo podas.

Referencias

Monroy, R., G. Castillo y H. Colín. 2007. La perlita o perilla, *Symphoricarpus microphyllus* HBK. (Caprifoliaceae), Especie no maderable utilizada en una comunidad del Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. *Polibotánica* 23: 23-36.

SEMARNAT. s.a. Manual que establece los Criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Templado-Frío. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 127 p.

Arrayán (*Baccharis vaccinioides* Kunth)

Familia Asteraceae

Figura 48. Planta de arrayan en estado silvestre.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

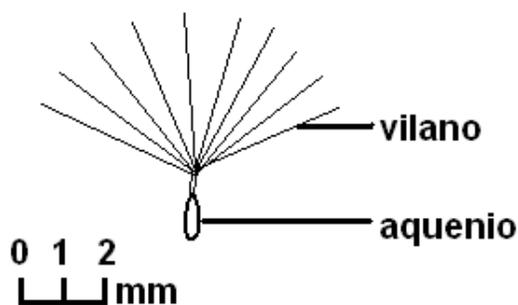
Descripción botánica

Arbusto entre 1.5 a 6 metros de altura, distribuido ampliamente por el área que rodea el bosque. Posee un tronco leñoso con corteza rugosa color café claro; hojas pequeñas entre 1 a 2.5 cm de longitud, lustrosas en el haz y escamosas de color grisáceo en el envés, cambia de hojas todo el año, manteniéndose en un alto porcentaje en todo el transcurso de las épocas, ovalada o elíptica, margen enteros excepto en las ramas vigorosas, rara vez con dientes grueso cerca del ápice, ápice obtuso o subagudo, Base: Algunas veces apiculada o aguda; inflorescencia en cabezuelas subsesiles, dispuestos en pequeños y densos racimos al final de la rama, de color beige, el capullo tiene forma de algodón; fruto muy pequeño (2 mm de largo por 1 de ancho, aquenios con vilano, blanco o amarillento, se esparcen fácilmente con el viento.

Dentro del receptáculo floral se hallan alrededor de 20 frutos tipo aquenio. Cuando los embriones aún no están maduros, el receptáculo se encuentra cerrado y el vilano es corto y compacto. Al madurar el fruto, el receptáculo se abre, el vilano crece, se separa y se desprende fácilmente el aquenio.

El fruto es indehiscente. Cada uno de los frutos cuenta con una semilla y el vilano, que permite que la esta se disperse con la ayuda del viento.

Figura 49. Aquenio de arrayan con vilano.



Fuente: Proyecto FODECY 046.2012.

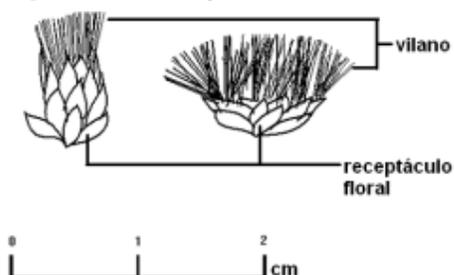
Se propaga por medio de semillas que se esparcen fácilmente con el viento, florece entre enero a marzo.

Usos: Es un arbusto que proporciona sombra, la leña es de buena calidad, sirve como forraje para el ganado. Se usa para curar el dolor de muela o de dientes. Útil para evitar que se enfríe el cuerpo de las mujeres al bañarse después del parto y así producen la leche.

Observaciones de campo

Se determinó que la planta presenta ramificaciones en múltiplos de 5, ya que se encontraron plantas con 5, 10 o 15 ramas primarias derivadas del tallo principal. De igual forma, la mayoría de ramas primarias presenta 10 ramas secundarias, que a su vez poseen 10 inflorescencias. Cada inflorescencia consta de 5 grupos de a 10 flores. Cada flor posee 10 frutos con una semilla cada uno. Se puede inferir que el número estimado de semillas por planta de esta especie es de 500,000.

Figura 50. Dibujo de infrutescencia de arrayán.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Obtención de la semilla

Los frutos son aquenios pequeños (2 mm de largo x 1 mm de ancho) que se encuentran en cabezuelas con aspecto de algodón. Su recolección es entre marzo y abril, que es cuando los frutos se desprenden fácilmente, por medio del viento. Para facilitar la colecta y evitar que los frutos sean llevados por el viento, es recomendable colocar una bolsa grande, donde se introducen las ramas y se aporrea suavemente. Se colocan las semillas en recipientes plásticos calados, sobre una manta o saco plástico, en un lugar seco, a la sombra para que se terminen de secar las infrutescencias y deje caer la semilla. Cuando la infrutescencia está completamente seca, se hace pasar todos los frutos por la canasta calada finas o cedazo, frotándolas para que se suelte el vilano y quede únicamente el aquenio que es el que contiene la semilla, después de esto se puede almacenar.

Figura 51. Secuencia de obtención de semilla de arrayan.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Propagación sexual

Para la germinación se utilizan recipientes plásticos calados con sustrato de peat most o bien de arena blanca y suelo. Se reparte la semilla al azar de manera uniforme y luego se le aplica una capa fina del mismo sustrato para tapar. La emergencia inicia a los 22 días y continúa por seis, con lo que se obtiene un 75% de emergencia.

Fenología

Cuadro 85. Calendario fenológico de arrayán.

Característica	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	Julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caída de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Usos

Esta es una de las especies que más ha sido reportada por su función como planta nodriza, por ejemplo Cornejo-Tenorio *et al.* (2003) en un estudio florístico de la reserva de la Mariposa Monarca en Michoacan, México encontraron que el matorral de *Baccharis heterophylla* sirve como un estadio sucesional previo al desarrollo de *Abies religiosa* ya que se ha encontrado regeneración natural de esta última especie en áreas contiguas a relictos de bosque de *Abies*. De igual manera Ramirez-Marcial *et al.* (1996) estudiaron el establecimiento natural de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. bajo matorrales de *Baccharis vacinioides* en los altos de Chiapas, México, encontrando que la mayor parte de plantas que sobrevivieron se habían establecido a menos de un metro del tronco del arbusto, así mismo un factor importante para la sobrevivencia de las plantas arbóreas fue la exclusión del pastoreo.

Se utilizan las hojas en cocimiento para aliviar el dolor de estómago; además, se menciona útil para curar otros padecimientos digestivos como la diarrea, la disentería y en algunos respiratorios como tuberculosis y tos. Por otro lado, las hojas calentadas se utilizan como emplasto en reuma, torceduras y dolores articulares (Atlas de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Notas acerca de su valor como planta nodriza

Esta es la planta nodriza por excelencia para las partes altas. Crece bien en terrenos degradados. En los ensayos que se han llevado a cabo en el establecimiento de plantas nodrizas, esta planta es la que ha dado los mejores resultados. Por lo que debe fomentarse en áreas abiertas como una fase de arbustos en la sucesión ecológica. Tiene una estructura que hace que sea fácil para establecer arboles debajo de su dosel. Proporciona suficiente cobertura para protegerlas en la época de heladas.

Referencias

Atlas de la Medicina Tradicional Mexicana. 2009. *Vaccharis vaccinioides* Kunt. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, México. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/>

Cornejo-Tenorio, G. *et al.* 2003. Flora y vegetación de la zonas núcleo de la reserva Biosfera Mariposa Monarca, México. Bol. Soc. Bot. Méx. 73:43-62.

Ramírez-Marcial, N; González-Espinoza, M y García-Moya, E. 1996. Establecimiento de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. en matorrales y pastizales de los altos de Chiapas, México. Agrociencia 30(2): 177-186.

Chicajol (*Stevia polycephala* Bertol.)

Familia Asteraceae

Figura 52. Planta de chicajol con flores y frutos.



Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Descripción botánica

Arbusto de 0.80 a 2 metros de altura, ramas opuestas y puberulentas; hojas de 7 a 18 cm de largo y de 1.7 a 5.3 cm de ancho, opuestas, lanceoladas, con la superficie inferior subglabrosa o tomentosa, margen completamente dentada, ápice acuminado, base aguda o aguda acuminada, indumento subglabrosa o puberulentas oscura, tomentoso, en medio de las venas aracnoideos lanosos; inflorescencia en carimbo redondo o en forma de cruz de 6-20 cm de diámetro; corola blanca, rosada o lavanda, fruto en aquenios más o menos de 5.5 mm de largo; semilla con corona pequeña, diminutamente dentada.

Observaciones de campo

Se determinó que la planta presenta ramas primarias en un promedio de 15 derivadas del tallo principal. De igual forma, la mayoría de ramas primarias llegan a la parte alta de floración y presenta ramillas secundarias florales con un promedio de 12, que a su vez poseen 11 ramitas terciarias o cruces y estas producen un promedio de 17 frutos. Podemos inferir que el número estimado de semillas por planta de esta especie es de 33,660. Floración y fructificación: se puede observar de agosto a marzo, con una etapa muy bien marcada en febrero y marzo.

Propagación sexual

Para la germinación se utilizan recipientes plásticos calados con sustrato de peat most o una mezcla de arena blanca y suelo. La semilla se esparce al azar y luego se cubre con una capa fina del sustrato. La emergencia inicia a los 9 días después de la siembra y se prolonga por cinco más: Hay un porcentaje de germinación del 90%.

Fenología de la planta

Cuadro 86. Calendario fenológico de chicajol.

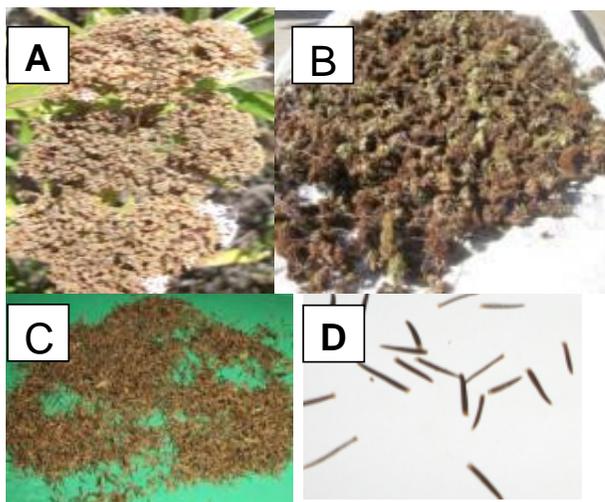
Característica	ene.	feb.	mar.	abril	mayo	junio	Julio	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Fase vegetativa												
Inicio nuevos brotes												
Inicio floración												
Plena floración												
Inicio fructificación												
Plena fructificación												
Dispersión de semilla												
Caida de hojas parcial												

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Proceso de recolección de semillas

Presenta infrutescencias en corimbos redondeados, los frutos se recolectan entre agosto-septiembre y en marzo-abril, cuando las infrutescencias tienen un color café verdoso, que es cuando aún no han botado sus frutos. Se colocan en bolsas y luego para terminar su secado se ponen en canasta calada, sobre una manta o saco plástico, en un lugar seco y a la sombra. Una vez estén secas las infrutescencias se sacuden para que los aquenios queden sueltos. Se limpia los aquenios, que son los que contienen las semillas. Esto se hace hasta que queden individualizados, tienen un tamaño de 4 a 6 mm y un color negro.

Figura 53. Descripción del proceso de obtención de semilla de chicajol.



A: Infrutescencias maduras; B: Material obtenido de la recolección de frutos; C: Separación de aquenios; D: Aquenios completamente limpios.

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Usos

En el área de estudio las hojas de la planta se utilizan para afecciones respiratorias, también en para los baños en temascal.

Notas acerca de su valor como planta nodriza

Esta planta es una de las más utilizadas como planta nodriza, la estructura de la planta permite fácilmente albergar en su parte inferior a plántulas de árboles, y en el proceso de establecimiento de árboles también se hace sencillo. Debido a que no se defolia completamente, protege muy bien a las plantas forestales en la época de heladas.

Referencias

Martínez A. J.V. (2011). *Evaluación y caracterización de la sucesión vegetal secundaria y propuestas para la restauración ecológica alrededor de áreas con pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en San Marcos*. Informe final proyecto FODECYT 055-2009. Guatemala, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), Guatemala. 143 p.

3. Plan de seguimiento y monitoreo

Plan para Ixchiguan

Objetivo del monitoreo

Contar con un plan que sirva de guía para monitorear los trabajos establecidos por el proyecto FODECYT 46-2012 durante 2013 y con un plan de establecimiento y seguimiento de nuevas áreas de restauración ecológica en áreas alrededor del bosque Los Cuervos y en áreas abiertas del cerro Cotzic.

Descripción de las áreas intervenidas con restauración

1. Bosque los Cuervos, tiene un área total de 87.86 ha, de las cuales 41.9 son las que tiene bosque y 45.96 no tienen cobertura forestal. Alrededor del área hay al menos tres fases claras de sucesión vegetal: A) una primera fase abierta en la que predomina gramíneas y plantas herbáceas anuales, por lo que el viento sopla a mayor velocidad, especialmente después del mediodía. B) la otra con plantas nodrizas de estas las principales son arrayan, malacate, chicajol, mozote y mora; y C) la más cercana al bosque compuesta por árboles de otras especies forestales como pino y ciprés mezclado con pinabete,

2. Cerro Cotzic, tiene un área de 243.47 ha, no tiene cubierta forestal original, pero si 29.71 ha de reforestación de pino. El aspecto es de un área totalmente deforestada producto del sobrepastoreo, donde se han realizado intentos de reforestaciones de pino pero han fracasado o su porcentaje de prendimiento ha sido menor al 10%, de estos intentos se pueden ver arboles achaparrados dispersos que son vestigios de esos eventos.

Experimentos establecidos por el proyecto

Bosque Los Cuervos

Se estableció tres lotes, dos con plantas nodrizas y otro más a la orilla del bosque donde ya hay árboles de pino, ciprés y pinabete. En las dos primeras parcelas se incluyó plantas de *Pinus ayacahuite*, *P. rudis*, *Quercus acatenaguensis*, *Neocupressus lucitanica* y *Alnus jorullensis*. El lote que se estableció a la orilla del bosque se ubicó en áreas donde hay esparcidos árboles de pinabete, pino y ciprés, los arbolitos de pinabete se establecieron siempre utilizando plantas nodrizas del sotobosque.

Las principales especies de plantas nodrizas que están presentes son chicajol, malacate, mora y mozote.

En el Cuadro 87 se muestra la cantidad de plantas establecidas en el 2013 y la información obtenida de establecimiento en 2014.

Cuadro 87. Resumen de parcelas de restauración ecológica establecidas en el bosque Los Cuervos, 2013.

PARCELA	NOMBRE	ÁREA m ²	NÚMERO PINABETE	OTRAS ESPECIES ESTABLECIDAS	PINABETES MUERTOS	% ESTABLE- CIMIENTO
I	LA LOMA	2016	218	2 cipreses (1 muerto), 3 alisos (1 muerto) y 1 pino.	74	67
II	ORILLA BOSQUE	702	78		17	78
III	EL ZANJON	864	96	1 ciprés, 1 pino muerto.	22	78
TOTAL		3582	392	8	113	74

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cerro Cotzic

En esta área se está experimentando con la elaboración de parcelas de nucleación, que es una técnica que consiste que en áreas abiertas extensas se coloca al azar, parcelas de un tamaño determinado, en este caso de 441 (una cuerda de 25 v²). Estas parcelas se enriquecen con vegetación de estadios iniciales, para este caso se está sembró estacas de diferentes plantas nodrizas.

Cuadro 88. Parcelas de nucleación establecidas en 2011.

No.	Coordenadas		Especies establecidas				
	X	Y	Arrayán	Mozote	Salvia	Chicajol	Malacate
1	613381	1677831	2	0	0	0	0
2	613545	1677636	0	0	0	0	0
3	613530	1677502	8	0	0	0	0
4	613733	167757	5	0	0	0	0
5	613769	1677540	298	0	3	0	3
6	613912	1677444	174	4	0	0	0
7	613840	1677489	147	0	1	5	0
8	614017	1677292	132	4	1	0	0
9	613932	1677264	0	0	0	0	0
10	613515	1677360	31	0	0	0	0
11	613902	1677304	111	1	0	0	0
12	613857	1677572	136	1	0	0	0
13	613927	1677687	31	0	0	0	0
14	613991	1677512	161	0	0	0	0
15	613980	1677620	342	62	0	0	0

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

La teoría indica que esto lo que va a propiciar es que alrededor de las parcelas se va a favorecer la regeneración natural y con esto los parches se van creciendo y con el tiempo pueden llegar a unirse unos con otros.

En el Cuadro 2 se muestra la ubicación de las parcelas elaboradas en el año 2011 y el recuento de pegue de las estacas de plantas nodrizas realizado en 2013.

Con base a lo que presenta el Cuadro 88, se decidió para el 2013 establecer pinabete y otras especies de árboles en aquellas parcelas donde hubo mayor porcentaje de pegue de las plantas nodrizas. Por lo que se seleccionaron 7 parcelas donde hay arrayán establecido.

En el Cuadro 89 se muestra la cantidad de árboles establecidos en 2013 y en el Cuadro 90 la cantidad de árboles que sobrevivieron.

Cuadro 89. Parcelas donde se estableció pinabete en 2013.

No de Parcela	No de Arrayan	No. plantas establecidas en 2013				
		Pinabete	pino	aliso	ciprés	total
1	298	99	4	3	5	111
2	147	35	8	8	4	55
3	174	36	2	2	3	43
4	132	29	2	1	3	35
5	136	42	1	2	2	47
6	161	80	15	2	1	98
7	342	40	3	1	2	46
Totales	1390	361	35	19	20	435

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 90. Número de plantas sobrevivientes a mayo 2014.

No de Parcela	No de Arrayan	Pinabete	pino	aliso	ciprés	total	%
1	298	99	3	3	4	109	98
2	147	26	7	6	3	42	76
3	174	35	2	1	3	41	95
4	132	29	2	1	1	33	94
5	136	35	1	1	1	38	81
6	161	8	4	2	1	15	15
7	342	39	3	1	2	45	98
Totales	1390	280	22	14	15	323	74

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el año 2013 se establecieron 11 parcelas más de nucleación, con la cantidad de plantas nodrizas que se muestra en el Cuadro 91.

Cuadro 91. Parcelas de nucleación establecidas en 2013.

Datos del establecimiento en agosto 2013

No. Parcela	Ubicación	Especies de plantas nodrizas establecidas			
		Arrayan	Mozote	Chicajol	Salvia
1	Orilla carretera tacana	304	28	22	20
2	Abajo poste	110	32	27	33
3	Lado copante	189	33	31	21
4	Lado del zanjon	137	105	134	55
5	Sobre el zanjon	Parcela solo con estructura de conservación			
6	Pegado a parcela copante	60	35	17	7
7	Frente al basurero	296	13	118	23
8	Pegado a postes cerca del bosque	166	55	20	8
9	Arriba del rio	205	37	39	28
10	Orilla carretera San José Ojetenam abajo	143	55	48	39
11	Orilla carretera San José Ojetenam arriba	185	43	36	27
12	Cumbre del cerro	175	83	192	45

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 92. Recuento de sobrevivencia de plantas nodrizas en parcelas de nucleación un año después.

Datos de lectura de prendimiento mayo 2014

No. Parcela	Ubicación	Especies de plantas nodrizas establecidas			
		Arrayan	Mozote	Chicajol	Salvia
1	Orilla carretera tacana	248	15	10	7
2	Abajo poste	60	10	6	5
3	Lado copante	150	28	18	3
4	Lado del zanjon	91	89	114	38
5	Sobre el zanjon	Parcela solo con estructura de conservación			
6	Pegado a parcela copante	55	20	8	3
7	Frente al basurero	280	11	80	13
8	Pegado a los postes cerca del bosque de pino	100	20	5	3

9	Arriba del rio	152	20	11	7
10	Orilla carretera san jose ojetenam abajo	120	25	15	10
11	Orilla carretera san jose ojetenam arriba	120	15	12	5
12	Cumbre del cerro	155	63	166	20

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Seguimiento que se deberá dar a los experimentos establecidos

1. Bosque los Cuervos

a) En las parcelas donde se estableció pinabete y otras especies forestales con plantas nodrizas. Realizar podas en los arbustos de mora ya que en la época lluviosa tienden a cerrar y por lo tanto a cubrir totalmente a los árboles establecidos.

b) Realizar un recuento anual de las plantas de pinabete y de las otras especies que sobreviven de un año a otro y llevar un cuadro de registro para que en cualquier momento se pueda conocer los resultados

c) Re establecimientos, hay que establecer nuevamente plantas de árboles donde se han muerto, para que se puedan tener áreas que estén adecuadamente reforestadas. Cuando se haga esto se debe llevar un registro de cuantos árboles se establecieron, que especies y en qué año se realizó la labor.

2) Cerro Cotzic

a) Llevar un registro de porcentaje de establecimiento anualmente, tanto de plantas nodrizas como de los árboles que se han establecido en las parcelas de nucleación, para lo cual se debe tener un cuadro donde se consignen los datos y tenerlos a disposición.

b) Hacer re establecimientos en los lugares donde se han muerto plantas de árboles y también con plantas nodrizas en las áreas de las parcelas donde no hayan. Se debe llevar un registro de esto para saber lo que está sucediendo cada año.

c) En 2013, se estableció una parcela donde se hizo control de cárcavas. A la que se debe dar seguimiento, anotando el funcionamiento de las barreras muertas. En caso de daños anotar las causas y volver a establecer las barretas. Estimar cuanto suelo se está reteniendo y en los próximos años empezar a establecer plantas nodrizas y luego árboles.

Trabajos de implementación a partir de 2014

a) Cada año cumplir con una meta de al menos 2000 plantas de pinabete y al menos 200 de cada una de las siguientes especies: pino blanco, pino colorado, encino y aliso. En el taller de consulta se indicó que ciprés no es conveniente porque tiene a resecar las áreas.

Estos arbolitos se deben establecer en áreas donde hay plantas nodrizas que se han establecidas de forma natural en el bosque Los Cuervos.

b) Las plantas de pinabete deben tener al menos 2-3 años de vivero, por lo que para los años 2015 y 2016 se deben hacer las provisiones para adquirir esa la cantidad y calidad de plantas, a través de donaciones. A partir del año 2017, el vivero municipal ya debe estar en la capacidad de proveer esas plantas.

c) Cada año establecer al menos 3000 plantas de especies nodrizas: 600 de cada una de las siguientes especies: arrayan, mozote, malacate, mora y chicajol. Para esto en el vivero se debe contar con plantas de estas especies. **Para su propagación se adjunta ficha técnica de cada especie.**

d) En un mapa se debe ir señalando las áreas que se han intervenido por año y darles seguimiento en cuanto a porcentaje de establecimiento y re establecimientos cada año.

e) Cada año se deberá establecer al menos 20 parcelas nuevas de nucleación en el cerro Cotzic. Se recomienda para su establecimiento: colocar proporciones similares de las especies nodrizas, salvia, arrayan, mora, mozote, malacate y chicajol. Se recomienda hacer barbecho para que el porcentaje de pegue sea mejor. En el año 2013 algunas parcelas, se sembraron con la mitad se barbecho y en la otra no, y se notó un mejor pegue en las partes barbechadas.

f) En el bosque Los Cuervos en las áreas abiertas, iniciar el establecimiento de parcelas de nucleación con plantas nodrizas, provenientes de vivero. En el caso de estacas se pudo notar por las parcelas que se establecieron en 2013 que no funciona.

g) Continuar con el programa de control de taltuzas para asegurar que tanto las plantas de árboles como los de las plantas nodrizas no sean dañadas. Para esto el guarda recursos ya está capacitado.

h) Control de cárcavas en cerro Cotzic. En la parte alta del cerro que colinda con la carretera y otras áreas más, el deterioro es mayor. Aquí se recomienda iniciar con el control de cárcavas, utilizando la piedra del área para hacer barreras muertas. Llevar control de su efectividad a través de cuantificar cada año la cantidad de suelo retenido. En años posteriores establecer nodrizas y luego árboles.

El Vivero municipal

En el taller de consulta se estableció que el cuello de botella para poder establecer el programa de restauración continuado para todos los años, es el vivero. Por lo que se recomienda que para el 2015 se cuente con un programa de propagación, proyectado de acuerdo con este plan de restauración, de tal forma que cuente con plántulas de pinabete, pino blanco, pino colorado, encino y aliso, además de otras especies forestales que se consideren aptas para el área. También debe contar con un plan para la propagación de las plantas nodrizas en especial de las especies arrayan, chicajol, mora, malacate y salvia (para ayudar a esto se adjunta fichas técnicas de cada especie).

Responsables

En el taller de consulta se notó, que las comunidades aun no asumen una responsabilidad real sobre las actividades que hay que hacer. Por lo que habrá que trabajar más sobre la apropiación que deben de tener sobre los bienes y servicios que el Bosque Los Cuervos y el Cerro Cotzic les prestan y la responsabilidad directa que tienen.

Se sugiere que el COMUDE conozca y analice esta propuesta de monitoreo y seguimiento y que pida al Consejo Municipal emitir un acuerdo de ordenanza donde quede claro la responsabilidad sobre el tema de la restauración ecológica para la oficina forestal, las comunidades y el Instituto del Altiplano Marquense sobre Recursos Naturales (ITAMAR)

Algunas sugerencias para esto son:

La oficina forestal municipal debe contar con un mapa del bosque los Cuervos y el cerro Cotzic, en una escala adecuada, donde se señalen las áreas que se han intervenido y las áreas que se proyecta intervenir. Debe contar con los cuadros de control de seguimiento de establecimiento de los árboles de cada año, y coordinar las actividades con las comunidades y el ITAMAR.

El ITAMAR será el encargado de realizar los trabajos de investigación, que sean necesarios, para lo cual deberá elaborar un plan de las investigaciones principales que se deben de llevar y como se pueden realizar. Para esto buscar el acompañamiento de la Facultad de Agronomía de la USAC.

Las comunidades, con base en las áreas que les han concesionado en el cerro Cotzic, deben establecer un plan de cuantas plantas de nodrizas necesitan anualmente, tanto de estacas como de vivero. Además de cuantas plantas de árboles de pinabete, pino blanco, pino colorado, encino y aliso se necesitan. También que realicen trabajo voluntario programado para dar atención al vivero durante todo el año.

Productos esperados

Hay un 80% de prendimiento de plantas pinabete y otras especies forestales, al término de 5 años, que se han establecido en el bosque Los Cuervos a partir de 2013.

Se tiene 3000 plantas de pinabete y otros árboles forestales establecidos en áreas abiertas con nodrizas en el bosque los Cuervos, producto de cada año de intervención.

Se tienen establecidas cada año 3000 plantas de árboles en el cerro Cotzic, en parcelas de nucleación y en áreas donde ya hay plantas nodrizas ubicadas a la orilla del bosque de pino.

Se tiene la recuperación de 15 cárcavas por año en el cerro Cotzic.

Se cuenta con un vivero municipal fortalecido donde además de los trabajadores municipales hay trabajo voluntario de las comunidades y por lo tanto esta diversificado con plantas de pinabete, pino blanco, pino colorado, encino, aliso, plantas nodrizas (arrayan, mozote, chicajol, malacate y salvia) en las cantidades y calidades necesarias para la restauración en el bosque Los Cuervos y el cerro Cotzic.

Principales indicadores

-Cantidad de plantas sembradas en el vivero de árboles y de nodrizas, proyectadas por año para su establecimiento en campo.

-Número de árboles y de plantas nodrizas establecidos anualmente en el bosque Los Cuervos y Cerro Cotzic.

-Porcentaje anual de establecimiento de árboles y de plantas nodrizas en las áreas intervenidas a partir de 2013.

-Altura de los árboles establecidos en parcelas del bosque Los Cuervos y Cerro Cotzic.

-Cuantificación de suelo retenido en áreas con barreras muertas establecidas en cárcavas del cerro Cotzic.

Programación

En el Cuadro 93 se presenta la proyección de áreas establecidas con pinabete con el criterio de restauración ecológica.

Cuadro 93. Proyección establecimiento de árboles y plantas nodrizas

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total plantas	Área ha
Los Cuervos										
Pinabete	400	340	2000	2000	2000	2000	2000	2000	12740	11.47
P. ayacahuite	5	4	20	20	20	20	20	20	129	0.12
P. rudis	5	4	20	20	20	20	20	20	129	0.12
Ciprés	5	4	20	20	20	20	20	20	129	0.12
Quercus	5	2	20	20	20	20	20	20	127	0.12
Aliso	5	2	20	20	20	20	20	20	127	0.12
Plantas Nodrizas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	16,000	
Cerro Cotzic										
Pinabete	200	180	3000	3000	3000	3000	3000	3000	18380	16.54
P. ayacahuite	5	2	25	25	25	25	25	25	157	0.14
P. rudis	5	2	25	25	25	25	25	25	157	0.14
Ciprés	5	2	25	25	25	25	25	25	157	0.14
Quercus	5	0	25	25	25	25	25	25	155	0.14
Aliso	5	0	25	25	25	25	25	25	155	0.14
Plantas Nodrizas	2090	682	1300	2000	2000	2000	2000	2000	14072	5.63

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Plan de seguimiento para Canatzaj

Objetivo del monitoreo

Contar con un plan que sirva de guía para monitorear los trabajos establecidos por el proyecto FODECYT 46-2012 durante 2013 y un plan de establecimiento y seguimiento de nuevas áreas de restauración ecológica en áreas alrededor del bosque Canatzaj.

Descripción de las áreas intervenidas con restauración

El bosque Canatzaj y el cantón del mismo nombre se encuentra ubicado a 16 km hacia el sur de la cabecera de Tacaná. Sobre la carretera asfaltada en el km 304 se cruza hacia izquierda. Está ubicado en la microcuenca del río Esquicha de la Cuenca del río Coatán.

La microcuenca del río Esquichá, se ubica entre los municipios de Tacaná y San José Ojetenám con una extensión territorial de 38 km². Perteneció a la cuenca del río Coatán que drena hacia la vertiente del Pacífico, con latitud 15° 11' 39" Norte y longitud 92° 00' 16" Oeste; temperatura promedio anual de 12°C, máximas y mínimas de 15°C y 1°C respectivamente y precipitación media anual 1800 a 2000 mm.

El territorio de la microcuenca se distribuye desde altitudes de 3600 m en el cerro del Cotzic y las Ventanas o cerro de San Pedrito a 2500 m en la comunidad de los Cerritos. En esta microcuenca existen 20 comunidades, de las cuales 18 pertenecen a la jurisdicción del Municipio de Tacaná, y dos son de la jurisdicción administrativa de San José Ojetenám, ambos Municipios del Departamento de San Marcos.

Experimentos establecidos

En las áreas alrededor de bosque, en la porción ubicada por arriba del camino de terracería, se establecieron cuatro parcelas, la ubicación geográfica, el número de plantas establecidas en junio 2013 y las que estaban vivas al junio de 2014 se presentan en el Cuadro 94.

Las tres primeras parcelas están establecidas en áreas donde hay plantas nodrizas creciendo en forma natural, en estas se colocó pinabete, pino, ciprés, encino y arrayán. La cuarta es la parcela ubicada en el borde del bosque donde en forma abierta ya hay árboles de ciprés, pino y algunos encinos.

Cuadro 94. Parcelas de establecimiento árboles.

PARCELA	UBICACIÓN GPS	TRATAMIENTO	No. PLANTAS ESTABLECIDAS JUNIO 2013	PLANTAS SOBREVIVENTES AL 20/6/2014	%
1	0612128-1678829	MORA y SALVIA	280	261	93
2	0612163-1678887	ARRAYAN y MOZOTE	220	198	90
3	0612220-1678892	MOZOTE y CHICAJOL	205	187	91
4	0612426-1678891	CIPRES, PINO ENCINO	189	172	91
TOTAL			894	818	

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Cuadro 95. Parcelas de establecimiento de plantas nodrizas.

TIPO DE SIEMBRA	ARRAYAN			MOZOTE			CHICAJOL			SALVIA			UBICACIÓN
	2013	2014	%	2013	2014	%	2013	2014	%	2013	2014	%	
En Escoba	286	224	78	163	125	77	146	120	82	22	15	68	Arriba del camino
En Escoba	116	93	80	38	35	92	62	40	64	21	12	57	cerca parche de ciprés
En Estacas	25	15	60	30	15	50	15	10	67	18	10	56	Arriba vereda

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Seguimiento que se deberá dar a los experimentos establecidos

Para el mejor cumplimiento del plan propuesto la comunidad trabajará con base en los beneficiarios de los nacimientos de agua que corresponde a 250. Para esto se elaborará un reglamento de cumplimiento.

- a) En las parcelas donde se estableció pinabete y otras especies forestales con plantas nodrizas. Realizar podas en los arbustos de mora ya que en la época lluviosa tienden a cerrar y por lo tanto a cubrir totalmente a los árboles establecidos. Para el caso de las otras plantas nodrizas, se debe de observar cuando ya las plantas forestales tengan tres o cuatro años empezar a podar y/o eliminar algunas para evitar la competencia.
- b) Realizar un recuento anual de las plantas de pinabete y de las otras especies que sobreviven de un año a otro y llevar un cuadro de registro para que en cualquier momento se pueda conocer los resultados. Se adjunta cuadro.
- c) Re plantaciones, hay que establecer nuevamente plantas de árboles donde se han muerto, para que se puedan tener áreas que estén adecuadamente reforestadas. Cuando se haga esto se debe llevar un registro de cuantos árboles se sembraron, que especies y en qué año se realizó la labor.

Trabajos de implementación a partir de 2014

- a) Cada año cumplir con una meta de al menos 2500 plantas de pinabete y al menos 500 de cada una de las siguientes especies: pino blanco, pino colorado, encino y aliso. En el taller de consulta se indicó que ciprés no es conveniente porque tiene a reseca las áreas. Para alcanzar esta meta se acordó que en el reglamento de cumplimiento cada persona usuaria del agua debe comprometerse a establecer de 10 a 15 arbolitos.

Estos arbolitos se deben establecer en áreas donde hay plantas nodrizas establecidas.

b) Las plantas de pinabete deben tener al menos 2-3 años de vivero, por lo que para los años 2015 y 2016 se deben hacer las previsiones para adquirir esa calidad de plantas, a través de donaciones. A partir del año 2017, el vivero comunal ya debe estar en la capacidad de proveer esas plantas.

c) Cada año establecer al menos 5000 plantas de especies nodrizas: 1000 de cada una de las siguientes especies: arrayan, mozote, malacate, mora y chicajol. Para esto en el vivero se debe contar con plantas de estas especies. Para su propagación se adjunta ficha técnica de cada especie.

d) En un mapa se debe ir señalando las áreas que se han intervenido por año y darles seguimiento en cuanto a porcentaje de establecimiento y re establecimientos cada año.

El vivero comunal

Se recomienda que para el 2015 se cuente con un programa de propagación, proyectado de acuerdo con este plan de restauración, de tal forma que cuente con plántulas de pinabete, pino blanco, pino colorado, encino y aliso, además de otras especies forestales que se consideren aptas para el área. También debe contar con un plan para la propagación de las plantas nodrizas en especial de las especies arrayan, chicajol, mora, malacate y salvia.

Para lograr esto cada beneficiario del agua para riego y potable se va a responsabilizar de 10 a 15 plantas, por lo que deberá hacerse programaciones, para la realización de trabajos en conjunto en el vivero comunal. En el caso de las plantas nodrizas la meta por persona será de 20 plantas de las especies mencionadas. Para el caso de los otros árboles forestales dos plantas por persona.

Responsables

Los responsables son las comunidades que tienen beneficio directo del bosque, en especial los 250 usuarios del agua.

Productos esperados

Hay un 80% de prendimiento de plantas pinabete y otras especies forestales, al término de 5 años, que se han establecido en el bosque Canatzaj a partir de 2013.

Se tiene 2500 plantas de pinabete y otros árboles forestales establecidos en áreas abiertas con nodrizas en el bosque Canatzaj cada año. Lo que al final de 2020 será 12,500 plantas establecidas de pinabete, producto de cada año de intervención.

Se cuenta con un vivero comunal fortalecido donde hay trabajos comunitarios programados, está diversificado con plantas de pinabete, pino blanco, pino colorado, encino, aliso, plantas nodrizas (arrayan, mozote, chicajol, malacate y salvia) en las cantidades y calidades necesarias para la restauración en el bosque Canatzaj.

Principales indicadores

Cantidad de plantas sembradas en el vivero de árboles y de nodrizas, proyectadas por año para su establecimiento en campo.

Número de árboles y de plantas nodrizas establecidos anualmente en el bosque Canatzaj.

Porcentaje anual de establecimiento de árboles y de plantas nodrizas en las áreas intervenidas a partir de 2013.

Altura de los árboles establecidos en parcelas del bosque Canatzaj.

Programación

En el Cuadro 96 se presenta la proyección de áreas establecidas con pinabete con el criterio de restauración ecológica.

Cuadro 96. Proyección establecimiento de árboles y plantas nodrizas

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total plantas	Área ha
Canatzaj										
Pinabete	400	400	2500	2500	2500	2500	2500	2500	15800	14.22
<i>P. ayacahuite</i>	5	4	125	125	125	125	125	125	759	0.68
<i>P. rudis</i>	5	4	125	125	125	125	125	125	759	0.68
Encino	5	2	125	125	125	125	125	125	757	0.68
Aliso	5	2	125	125	125	125	125	125	757	0.68
Plantas Nodrizas	500	0	5000	5000	5000	5000	5000	5000	30,500	16.94

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

Presupuesto

Para cada año de ejecución a partir del 2015 se requiere de un presupuesto para compra de semilla, atención a los comunitarios que realizarán el trabajo (alimentos por trabajo), herramientas para trabajo de vivero y establecimiento de árboles. La contrapartida corresponde a la mano de obra proporcionada por la comunidad y consiste en al menos 6 personas diarias en el vivero (tomando en cuenta que son 250 usuarios directos del agua). 50 personas por año para el establecimiento de los árboles y plantas nodrizas. Además para el seguimiento de los trabajos (podas de plantas nodrizas, restablecimientos y cuidados de las plantas) 3 personas por semana. Si el jornal se calcula a un costo de Q60.00 el costo aproximado es de 150,000. Los fondos para cubrir los costos globales de ejecución estimados por año son de Q10,000.00.

Fuentes de financiamiento

Municipalidad, COMUDE, y organizaciones no gubernamentales.

Plan de seguimiento para Las Nubes

Objetivo del monitoreo

Contar con un plan que sirva de guía para monitorear los trabajos establecidos por el proyecto FODECYT 46-2012 durante 2013 y un plan de establecimiento y seguimiento de nuevas áreas de restauración ecológica en áreas alrededor del bosque La Nubes, San José Ojetenam.

Descripción de las áreas intervenidas con restauración

El bosque las Nubes tiene una extensión aproximada de 46.08 hectáreas, se puede diferenciar fácilmente al menos tres etapas sucesionales:

Áreas abiertas: la vegetación está compuesto por plantas herbáceas, dominada por especies como, el pajón, flor de mayo, pajón original, musgos, con aproximadamente 9.67 ha.

Área de arbustos: compuesta de plantas arbustivas como el arrayan, chicajol, mozote, salvia, mucan, mora, malacate, que en su mayoría sirven de plantas nodrizas, con aproximadamente 8.27 ha.

Áreas con árboles, con un área aproximada de 28.14 ha (59% de pino y 49% de pinabete). Este bosque corresponde a un hondonada que tiene dos caras una hacia noroccidente y la otra hacia suroriental. El rango de altitud va desde los 3000 a los 3460 m de altitud. De la carretera nueva hacia San José Ojetenam a la carretera antigua hay un porcentaje de pendiente 45%. La mayoría del área de bosque menos perturbado se encuentra en una hondonada, las partes más hacia la orilla del camino antiguo y lo que comunica con la carretera nueva están desprovistos de bosque. El pastoreo de ovejas casi se ha eliminado, sin embargo, las personas llegan a extraer pastos para sus animales, dañando el crecimiento de las fases arbustivas.

En general se notó poca preocupación de las comunidades por este bosque, a pesar de que hay guarda recursos, el deterioro es evidente, posiblemente a que no hay comunidades cercanas que se identifiquen mejor con el bosque.

Experimentos establecidos

Parcelas con pinabete y otras especies arbóreas en áreas con plantas nodrizas.

Cuadro 97. Recuento de pinabete establecido en áreas con nodrizas después de una año. Las Nubes, San José Ojetenam, San Marcos.

PARCELA	UBICACIÓN GPS		No. PLANTAS ESTABLECIDAS JUNIO 2013	OTRAS ESPECIES ESTABLECIDAS	PLANTAS SOBREVIVENTES A JUNIO 2014	% PRENDIMIENTO
	X	Y				
1	611975	1682310	238	16 encinos, 1 pino, 9 cipreses, 1 aliso.	171	72
2	611979	1682324	43		34	79
3	612097	1682310	435		262	60
		TOTAL	716		467	70

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

En el establecimiento de parcelas de estudio en el campo, en comunidades de la parte alta de San Marcos, hay mucho conflicto, en este estudio se pudo notar, en mayor expresión en el bosque Las Nubes, a) porque las comunidades no están aún identificadas con la importancia que tiene la recuperación de bosques, para la actual y futuras generaciones de personas, b) la ingobernabilidad está presente en muchos aspectos de la vida diaria de esta parte del país y se refleja en actitudes de robos y saqueos.

El día del establecimiento, en la noche se robaron 95 plantas que fueron arrancadas y solo quedo el hoyo que se había preparado, sin embargo al hacer el recuento hacen falta otras 189 plantas que posiblemente fueron dejadas escondidas en el campo por los comunitarios que llegaron a sembrar. De lo primero fue informado la municipalidad de San José Ojetanam y los líderes del COCODE del lugar, ofreciendo dar seguimiento a lo sucedido. Esto muestra que hay comunidades que no están conscientes de la recuperación de sus bosques, causan daño irreparables, porque es casi seguro que las 95 plantas que fueron arrancadas ya no logren establecerse en otros lados y se espera que las otras plantas extraviadas al menos se hayan establecido en el área con lo cual ya se tendría una ganancia de reforestación.

Seguimiento que se deberá dar a los experimentos establecidos

a) En las parcelas donde se estableció pinabete y otras especies forestales con plantas nodrizas. Realizar podas en los arbustos de mora y de malacate ya que en la época lluviosa tienden a cerrar y por lo tanto a cubrir totalmente a los árboles establecidos. Para el caso de las otras plantas nodrizas, se debe de observar cuando ya las plantas forestales tengan tres o cuatro años empezar a podar y/o eliminar algunas para evitar la competencia.

b) Realizar un recuento anual de las plantas de pinabete y de las otras especies que sobreviven de un año a otro y llevar un cuadro de registro para que en cualquier momento se pueda conocer los resultados.

c) Re plantaciones, hay que establecer nuevamente plantas de árboles donde se han muerto, para que se puedan tener áreas que estén adecuadamente reforestadas. Cuando se haga esto se debe llevar un registro de cuantos árboles se sembraron, qué especies y en qué año se realizó la labor.

Trabajos de implementación a partir de 2014

De acuerdo al taller, las comunidades se pusieron como meta establecer 3000 plantas anualmente entre pinabete y otras especies, de tal manera que se podría tener 2500 plantas de pinabete y al menos 500 de cada una de las siguientes especies: pino blanco, pino colorado, encino y aliso. Estos arbolitos se deben establecer en áreas donde hay plantas nodrizas establecidas. Para llegar a estas metas las comunidades proponen pedir plantas a la municipalidad, FAO y HELVETAS.

b) A partir de 2015 establecer cada año 10,000 plantas de especies nodrizas entre arrayan, chicajol y salvia. Para esto se tiene planificado establecer un vivero. Para su propagación se adjunta ficha técnica de cada especie.

d) En un mapa se debe ir señalando las áreas que se han intervenido por año y darles seguimiento en cuanto a porcentaje de establecimiento y re establecimientos cada año.

El vivero comunal

Se tienen planificado establecer un vivero comunal, que podría establecerse en 2015, que cuente con un programa de propagación, proyectado de acuerdo con este plan de restauración, de tal forma que cuente con plántulas de pinabete, pino blanco, pino colorado, encino y aliso, además de otras especies forestales que se consideren aptas para el área. También debe contar con un plan para la propagación de las plantas nodrizas en especial de las especies arrayan, chicajol, mora, malacate y salvia.

Responsables

1. Aldea de San Fernando y todos sus caseríos y barrios (Canadá, Centro, Barrancas, Las Nubes. Municipalidad a través del encargado de medio ambiente y la Oficina, Forestal Municipal (OFM).

Productos esperados

Se tiene 3000 plantas de pinabete y otros árboles forestales establecidos en áreas abiertas con nodrizas cada año. Lo que al final de 2023 será 24,000 plantas establecidas de pinabete y otras especies forestales en 10.27 ha, producto de cada año de intervención.

Se cuenta con un vivero comunal fortalecido donde hay trabajo comunitarios programado, está diversificado con plantas de pinabete, pino blanco, pino colorado, encino, aliso, plantas nodrizas (arrayan, mozote, chicajol, malacate y salvia) en las cantidades y calidades necesarias para la restauración en el bosque Las Nubes.

Principales indicadores

Cantidad de plantas sembradas en el vivero de árboles y de nodrizas, proyectadas por año para su establecimiento en campo.

Número de árboles y de plantas nodrizas establecidos anualmente en el bosque las Nubes.

Porcentaje anual de establecimiento de árboles y de plantas nodrizas en las áreas intervenidas a partir de 2013.

Altura de los árboles establecidos en parcelas del bosque las Nubes.

Programación

En el Cuadro 2 se presenta la planificación desarrollada, que incluye presupuesto y fuentes de financiamiento.

Cuadro 98. Planificación para establecimiento de árboles en restauración para el bosque las Nubes, San José Ojetenam.

ACTIVIDAD	ACCIONES A EMPRENDER	PRINCIPALES ACTIVIDADES DE CAMPO	RESPONSABLE (S)	METAS/ ANUAL	METAS/ TOTAL	COSTOS
Restauración en áreas donde ya hay plantas nodrizas (10.27 Has)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Concientización 2. Solicitar planta a la municipalidad 3. Solicitar apoyo a FAO. 4. Solicitar arboles a los viveros de la aldea. 5. Helvetas probosque. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ahoyado. 2. Trazado. 3. Realizar plateo. 4. Desombrar donde sea necesario. 5. Control de tuzas. 6. Capacitación 	1. Aldea de San Fernando y todos sus caseríos y Barrios. (Canadá, Centro, Barrancas, Las Nubes)	1. Establecer 3,000 árboles.	24,000 plantas	240,000 (30,000 anuales)
Seguimiento y Monitoreo	Efectuar un plan.	Caminamientos	Guardabosque COCODE Auxiliatura Municipalidad	17.77 Has	17.77 Has	500.00
Plan Silvicultural	Solicitar Herramienta municipalidad, a FAO, Helvetas probosque. Realizar un inventario forestal Y plan Silvicultural	Podas Raleos Plateos	Cocode. Auxiliatura Municipalidad	1 Plan		
Actividad	ACCIONES A	Principales actividades	Responsable (s)	Metas/	Metas/ Total	COSTOS

		EMPRENDER	de campo		Anual		
Implementación de Vivero		1. Capacitación 2. Buscar terreno con acceso y agua, comunal. 3. Organizar grupos de trabajo. 4. Gestionar herramientas, bolsas.	1. Capacitación para sustrato. 2. Acareo de materiales para sustrato. 3. Llenado de bolsas. 4. Manejo del Vivero. 5. Desmalezado 6. Riego en Verano 7. Trasplante 8. Control de plagas y enfermedades	Aldea de San Fernando y todos sus caseríos y Barrios. (Canadá, Centro, Barrancas, Las Nubes) Municipalidad: Encargado de Medio Ambiente, OFM Guardabosques.	10,000 arboles	67,500.00	7,500.00
Recolección de semilla de especies forestales	Recolección de semilla de Pino	Capacitación Solicitar Apoyo (herramienta) Municipalidad, FAO, Helvetas.	Recolección de semilla de noviembre a enero	Guardabosque, Auxiliatura, COCODE; Municipalidad	1 Libra	14 libras	1,400.00
	Recolección de semilla de Pinabete	Solicitar herramienta de recolección.	Recolección de semilla de noviembre a enero		1 Libra	14 libras	1,400.00
	Recolección de semilla de Encino		Recolección de semilla de marzo a abril		1 Libra	14 libras	1,400.00
	Recolección de semillas Aliso		Recolección de semilla de octubre a febrero		1 Libra	14 libras	1,400.00
Actividad	ACCIONES EMPRENDER	A	Principales actividades de campo	Responsable (s)	Metas/ Anual	Metas/ Total	COSTOS

Producción de planta Nodriza		<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación 2. Buscar terreno con acceso y agua, comunal. 3. Organizar grupos de trabajo. 4. Gestionar herramientas, bolsas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación 2. Acareo de materiales para sustrato. 3. Llenado de bolsas. 4. Manejo del Vivero. 5. Desmalezado 6. Riego en Verano 7. Trasplante 8. Control de plagas y enfermedades 	<p>Aldea de San Fernando y todos sus caseríos y Barrios. (Canadá, Barrancas; Las Nubes) Municipalidad: Encargado de Medio Ambiente, OFM Guardabosques.</p>	10, 000 plantas entre arrayan, Chicajol, Salvia,	40,000 plantas	Q 500.00
Recolección de semilla de plantas Nodrizas	Semilla de Salvia	<p>CAPACITACIÓN Solicitar Apoyo (herramienta) Municipalidad, FAO, Helvetas. Solicitar herramienta recolección. de</p>	Recolección de semilla en Noviembre, Enero	<p>Guardabosque, Auxiliatura, COCODE; Municipalidad</p>	1 libra	14 libras	1,400.00
	Semilla de Arrayan		Recolección de semilla en Noviembre, Enero		1 libra	14 libras	1,400.00
	Semilla de Chicajol		Recolección de semilla en Noviembre, Enero		1 libra	14 libras	1,400.00
	Semilla de		Recolección de semilla en Noviembre, Enero		1 libra	14 libras	1,400.00

Fuente: Proyecto FODECYT 046-2012.

PARTE V

V.1 INFORME FINANCIERO

Cuadro 99. Ficha financiera proyecto FODECYT 046-2012 a mayo 2015.

FICHA DE EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA							AD-R-0013
		LINEA: FODECYT					
Nombre del Proyecto:		Caracterización y evaluación de las condiciones ecológicas para un proceso de restauración de ecosistemas en bosques de Pinabete (<i>Abies guatemalensis rehder</i>) en el Departamento de San Marcos					
Numero del Proyecto:		046-2012					
Investigador Principal y/o Responsable del Proyecto:		ING. JOSÉ VICENTE MARTÍNEZ ARÉVALO					
Monto Autorizado:		Q303,900.00			Orden de Inicio (y/o Fecha primer pago):		
Plazo en meses		24 meses					
Fecha de Inicio y Finalización:		02/01/2013 al 31/12/2014					
Grupo	Renglón	Nombre del Gasto	Asignación Presupuestaria	TRANSFERENCIA		Ejecutado	Pendiente de Ejecutar
				Menos (-)	Mas (+)		
1		SERVICIOS NO PERSONALES					
	121	Divulgación e información	Q 5,000.00	Q 5,000.00			Q -
	122	Impresión, encuadernación y reproducción	Q 1,500.00				Q 1,500.00
	131	Viáticos en el exterior	Q 6,000.00			Q 5,862.14	Q 137.86
	133	Viáticos en el interior	Q 40,000.00	Q 39.16	Q 8,905.00	Q 48,844.00	Q 21.84
	141	Transporte de personas	Q 5,000.00	Q 5,705.00	Q 3,639.16	Q 2,934.16	Q -
	181	Estudios, investigaciones y proyectos de factibilidad	Q 138,500.00			Q 136,875.00	Q 1,625.00
	182	Servicios médico-sanitarios			Q 9,000.00	Q 9,000.00	Q -
	185	Servicios de capacitación	Q 10,000.00			Q 4,095.00	Q 5,905.00
	189	Otros estudios y/o servicio	Q 30,000.00	Q 9,000.00		Q 21,000.00	Q -
	189	Otros estudios y/o servicios: evaluación extena de impacto	Q 8,000.00				Q 8,000.00
	195	Impuestos, derechos y tasas	Q 1,200.00			Q 797.25	Q 402.75
	199	Otros servicios no personales			Q 3,500.00	Q 3,500.00	Q -
2		MATERIALES Y SUMINISTROS					
	214	Productos agroforestales, madera, corcho y sus manufacturas	Q 32,000.00	Q 32,000.00			Q -
	219	Otros alimentos y productos agropecuarios			Q 29,400.00	Q 29,400.00	Q -
	262	Combustibles y lubricantes	Q 13,000.00	Q 1,700.00		Q 7,748.55	Q 3,551.45
	264	Insecticidas, fumigantes y similares	Q 200.00			Q 118.00	Q 82.00
	267	Tintes, pinturas y colorantes	Q 1,000.00			Q 973.00	Q 27.00
	268	Productos plásticos, nylon, vinil y pvc	Q 7,000.00	Q 1,000.00		Q 5,778.54	Q 221.46
	281	Productos siderúrgicos	Q 500.00			Q 496.40	Q 3.60
3		PROPIEDAD, PLANTA, EQUIPO E INTANGIBLES					
	323	Equipo médico-sanitario y de laboratorio	Q 3,000.00			Q 2,709.00	Q 291.00
	351	Libros, revistas y otros elementos coleccionables	Q 2,000.00				Q 2,000.00
		GASTOS DE ADMÓN. (10%)					
			Q 303,900.00	Q 54,444.16	Q 54,444.16	Q 280,131.04	Q 23,768.96
		MONTO AUTORIZADO	Q 303,900.00			Disponibilidad	Q 25,393.96
	(-)	EJECUTADO	Q 278,506.04				
		SUBTOTAL	Q 25,393.96				
	(-)	CAJA CHICA	Q -				
		TOTAL POR EJECUTAR	Q 25,393.96				

Fuente: Departamento Financiero SENACYT, 2015.

El porcentaje de ejecución es de 82%, sin embargo hay que considerar que aún hace falta pago final de servicios, pago de honorarios final y no se ha descontado el gasto de impresión y encuadernación del informe final.

Hay gastos que no se pudieron ejecutarse, como el del renglón 351 destinado a compra de libros, ya que el trámite administrativo dentro de la SENACYT, no permitió realizarlo.