



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS  
EXPERIMENTALES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
ANIMAL, BIOLOGÍA VEGETAL Y  
ECOLOGÍA**

**TESIS DOCTORAL  
GESTIÓN Y PARTICIPACIÓN LOCAL PARA  
EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE  
DESECHOS ORGÁNICOS DEL PALO SANTO  
(*Bursera graveolens*), EN EL BOSQUE SECO  
SEMIDECIDUO DEL SUR OCCIDENTE DE LA  
PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR**

**PRESENTADA POR:  
HUMBERTO VINICIO CARRIÓN PALADINES**

**DIRIGIDA POR:  
DR. D. ROBERTO GARCÍA RUIZ**

**JAÉN, 29 DE ENERO DE 2016**

**ISBN 978-84-16819-63-8**

## DIRECTOR

**Esta Tesis Doctoral ha sido dirigida por D. Roberto García Ruiz, Catedrático de Ecología y Coordinador de Ecología del Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Jaén**

## FINANCIACIÓN

**Este trabajo ha sido realizado a través de la financiación de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de Ecuador y del apoyo del Plan Propio de la Universidad de Jaén grupo de Investigación Biogeoquímica de los Agrosistemas**

## AGRADECIMIENTOS

A Roberto García, director de esta tesis doctoral, gran amigo y compañero, gracias por haberme ayudado en todo este largo camino.

A mi esposa Liliana del Cisne, siempre presente en mi vida y a quien he robado tiempo y paciencia durante largos ratos para realizar esta tesis doctoral.

A mis hijos Víctor Emmanuel y Valentina, por su cariño, comprensión y compañía, son el motivo de felicidad y lucha constante.

A mis padres Víctor† y Wilma, por haberme inculcado desde pequeño a esforzarme en mi trabajo, ser constante y conseguir mis metas.

A mis hermanos María Augusta, Rommel, Sandra, Lorena, Vitocho† y Rory, que tanto me han ayudado y animado a seguir adelante, sé que también se sienten orgullosos de este trabajo.

A Meike Piepenbring, Rosa Elena Caballero y Darío Cruz por sus consejos que han sido de mucha ayuda para la realización de una parte de esta tesis doctoral.

A mis compañeros del Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Jaén, por haberme permitido realizar las estancias en su laboratorio y haberme enriquecido tanto. También agradezco a mis compañeros Beatriz Gómez Muñoz y Vicky por el tiempo pasado con ustedes.

Un agradecimiento muy especial a las compañeras y compañeros de las comunidades campesinas de Malvas, Chaquiro y Totumos por su colaboración y entrega en las diferentes fases de esta tesis doctoral. Gracias por ser mis maestros y haber compartido sus conocimientos conmigo. Especialmente a Don Marlon Panamito y familia, gracias por su hospedaje y su entereza en buscar días mejores para las comunidades campesinas. Dios los bendiga por tanta generosidad mostrada.

## ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Distribución, relevancia y principales amenazas del bosque seco tropical	6
1.2. El árbol de Palo Santo	13
1.2.1. Clasificación botánica y distribución geográfica	13
1.2.2. Características morfológicas	15
1.2.3. Importancia de <i>B. graveolens</i> como recurso	16
1.2.4. Problemas en el manejo de <i>B. graveolens</i>	18
1.3. Perspectivas de investigación de la agroecología y sus niveles de análisis para la zona de estudio	18
1.3.1. La perspectiva distributiva	19
1.3.2. La perspectiva estructural	20
1.3.3. La perspectiva dialéctica	21
1.4. Los residuos agrícolas; principales residuos que se obtienen del Palo Santo y vías de valorización	24
1.4.1. Importancia de los residuos agrícolas	24
1.4.2. Minimización de la problemática	25
1.4.3. Proceso de extracción de aceite esencial de frutos de palo santo y generación de residuos	26
1.5. El vermicompostaje, un sistema de tratamiento y adecuación de los residuos orgánicos con fines agrícolas	28
1.5.1. Organismos implicados en el proceso de vermicompostaje	29
1.5.2. Factores que regulan el proceso de vermicompostaje	29
1.6. Características generales de los hongos saprófitos	31
1.6.1. Hongos saprófitos de la madera	32
1.7. Características taxonómicas de hongos biodegradadores del orden Xylariales	34
1.7.1. Orden Xylariales	34
1.7.2. Familia Xylariaceae	35
1.7.3. Género <i>Xylaria</i>	35
1.8. Técnicas de biología molecular en taxonomía de hongos <i>Xylaria</i> spp.	36
1.8.1. Filogenia molecular	37
1.9. Biotransformación de materiales lignocelulósicos	39
1.9.1. Celulosa y enzima celulasa	39
1.9.2. Lignina y enzima lacasa	40
1.9.3. Hemicelulosa y enzima xilanasas	41
1.9.4. Enzimas de hongos <i>Xylaria</i> implicados en la degradación de la lignina, hemicelulosa y celulosa	42
1.10. Objetivos	42
2. IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN SOCIO-PRODUCTIVA DE COMUNIDADES CAMPESINAS RECOLECTORAS DE FRUTOS DE <i>B. graveolens</i>	44
2.1. Introducción	45

2.2.	Materiales y métodos	47
2.2.1.	Identificación de las comunidades campesinas	47
2.2.2.	Localización geográfica	47
2.2.3.	Análisis histórico	54
2.2.4.	Caracterización socioeconómica	55
2.3.	Resultados	55
2.3.1.	Identificación de los principales actores	56
2.3.2.	Uso histórico de los recursos naturales	58
2.3.3.	Caracterización socio-productiva de las comunidades	67
2.3.4.	Principales problemas ambientales	77
2.4.	Discusión	79
2.4.1.	Uso histórico de los recursos naturales	79
2.4.2.	Uso actual del suelo	82
2.4.3.	Características socioeconómicas	83
2.4.4.	Principales problemas ambientales	84
2.5.	Conclusiones	86
3.	COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA DE UN BOSQUE SECO TROPICAL DEL SUR OCCIDENTE DE LOJA, ECUADOR	90
3.1.	Introducción	91
3.2.	Materiales y métodos	93
3.2.1.	Muestreo	93
3.2.2.	Datos dasométricos	95
3.2.3.	Estimación de biomasa y carbono forestal	99
3.2.4.	Índices ecológicos	100
3.2.5.	Perfiles estructurales	101
3.3.	Resultados	102
3.3.1.	Composición florística y estructura	103
3.3.2.	Estimación de biomasa y carbono forestal	106
3.3.3.	Índices ecológicos	108
3.3.4.	Perfil estructural	109
3.4.	Discusión	110
3.5.	Conclusiones	114
4.	EVALUACIÓN DASOMÉTRICA Y DENDROLÓGICA DE <i>Bursera graveolens</i> , ESPECIE FORESTAL NO MADERABLE DEL BOSQUE SECO TROPICAL	116
4.1.	Introducción	117
4.2.	Materiales y métodos	118
4.2.1.	Evaluación dasométrica de <i>B. graveolens</i>	118
4.2.2.	Evaluación dendrológica de <i>B. graveolens</i>	122
4.3.	Resultados	131
4.3.1.	Evaluación dasométrica	131
4.3.2.	Evaluación dendrológica	141
4.4.	Discusión	164
4.4.1.	Evaluación dasométrica de <i>B. graveolens</i>	164
4.4.2.	Evaluación dendrológica de <i>B. graveolens</i>	168
4.5.	Conclusiones	170

5.	CONOCIMIENTO LOCAL SOBRE EL USO Y MANEJO DE ÁRBOLES DE <i>Bursera graveolens</i>	172
5.1.	Introducción	173
5.2.	Materiales y métodos	175
5.2.1.	Importancia, valoración y aprovechamiento de <i>B. graveolens</i>	175
5.2.2.	Análisis de la información	176
5.3.	Resultados	177
5.3.1.	Importancia y valoración campesina sobre <i>B. graveolens</i> y el BST	177
5.3.2.	Trabajo del hombre y la mujer en la recogida de PFNM de <i>B. graveolens</i>	182
5.3.3.	Economía campesina	191
5.4.	Discusión	193
5.5.	Conclusiones	55
6.	CARACTERIZACIÓN AGROQUÍMICA DE VERMICOMPOST PRODUCIDOS A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE FRUTOS DE <i>Bursera graveolens</i>	210
6.1.	Introducción	211
6.2.	Material y métodos	213
6.2.1.	Preparación y recogida de vermicompost	213
6.2.2.	Métodos analíticos	214
6.2.3.	Carbono y mineralización del nitrógeno	216
6.2.4.	Análisis estadístico	217
6.3.	Resultados	217
6.3.1.	Caracterización agroquímica de vermicompost producidos a partir de subproductos de la extracción de aceite esencial de <i>Bursera graveolens</i>	217
6.3.2.	Descomposición del carbono contenido en los vermicompost producidos a partir de los subproductos provenientes de la extracción de aceite esencial de <i>Bursera graveolens</i>	220
6.3.3.	Mineralización de nitrógeno en los vermicompost producidos a partir de los subproductos provenientes de la extracción de aceite esencial de <i>Bursera graveolens</i>	225
6.4.	Discusión	229
6.4.1.	Caracterización agroquímica de los vermicompost producidos a partir de los subproductos provenientes de la extracción de aceite esencial de <i>Bursera graveolens</i>	229
6.4.2.	Descomposición del carbono contenido en los RFBG y vermicompost	231
6.4.3.	Mineralización del nitrógeno	232
6.5.	Conclusiones	233
7.	IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE HONGOS NATIVOS XYLARIALES POTENCIALES DESCOMPONEDORES DE RESIDUOS DE LOS FRUTOS DE <i>B. graveolens</i>	234
7.1.	Introducción	235
7.2.	Materiales y métodos	237
7.2.1.	Muestreo	237
7.2.2.	Identificación morfológica	237
7.2.3.	Obtención de cultivos	238

7.2.4.	Extracción de ADN, PCR y secuenciación	238
7.2.5.	Análisis filogenético	239
7.3.	Resultados	240
7.3.1.	Identificación morfológica	240
7.3.2.	Análisis molecular	248
7.4.	Discusión	256
7.5.	Conclusiones	259
8.	DEGRADACIÓN DE RESIDUOS DE FRUTOS DE <i>B. GRAVEOLENS</i> INOCULADOS CON HONGOS NATIVOS <i>Xylaria feejeensis</i> y <i>Xylaria</i> cf. <i>microceras</i> : PRODUCCIÓN ENZIMÁTICA Y CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA	261
8.1.	Introducción	262
8.2.	Material y métodos	264
8.2.1.	Diseño experimental	264
8.2.2.	Hongos ensayados	265
8.2.3.	Sustrato (RFBG)	265
8.2.4.	Condiciones de cultivo	265
8.2.5.	Inoculación de los RFBG	266
8.2.6.	Liofilización de los RFBG	266
8.2.7.	Obtención de extractos enzimáticos crudos	266
8.2.8.	Determinación de contenidos de celulosa y lignina	269
8.2.9.	Determinación de los contenidos de carbono y nitrógeno total	270
8.2.10.	Fósforo total y contenido de potasio	270
8.2.11.	Análisis estadístico	270
8.3.	Resultados	270
8.3.1.	Relación C/N y pH de los RFBG	270
8.3.2.	Desarrollo visual de los hongos sobre RFBG	271
8.3.3.	Capacidad degradativa de variables bioquímicas	277
8.3.4.	Efectos de los hongos ensayados en la mineralización del carbono, nitrógeno, fósforo y potasio del RFBG	282
8.4.	Discusión	289
8.4.1.	Relación C/N y pH	289
8.4.2.	Contenido de celulosa y lignina en los RFBG antes del tratamiento con hongos	290
8.4.3.	Descomposición de la celulosa y lignina en los RFBG	291
8.4.4.	Composición bioquímica del RFBG antes del tratamiento con hongos	293
8.4.5.	Cambios en los contenidos de CT, NT, fósforo y potasio durante la descomposición de RFBG	294
8.5.	Conclusiones	297
9.	PLAN DE MANEJO PARTICIPATIVO DEL BOSQUE SECO CON ÉNFASIS EN EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE FRUTOS DE PALO SANTO ( <i>B. graveolens</i> )	300
9.1.	Introducción	301
9.2.	Materiales y métodos	302
9.2.1.	Elaboración del plan de manejo participativo	302
9.2.2.	Zonificación ecológica	303
9.2.3.	Proyectos del plan de manejo	303

9.3.	Resultados	303
9.3.1.	Objetivo general	304
9.3.2.	Objetivos específicos	304
9.3.3.	Limitaciones	304
9.3.4.	Zonificación de manejo	304
9.3.5.	Descripción de las zonas de manejo	305
9.3.6.	Proyectos para el plan de manejo	310
9.4.	Discusión	343
9.4.1.	Formulación del plan de manejo	343
9.4.2.	La importancia de considerar o quitar los intereses campesinos en la gestión de los recursos naturales	344
9.4.3.	Impacto de la zonificación ecológica	344
9.4.4.	Impacto de los proyectos	346
9.5.	Conclusiones	347
10.	CONCLUSIONES	349
11.	BIBLIOGRAFÍA	358

## RESUMEN

En el bosque seco tropical (BST) del sur occidente de Loja - Ecuador habitan comunidades campesinas que se dedican a la recolección silvestre de frutos del árbol popularmente conocido como Palo Santo (*Bursera graveolens*) con la finalidad de obtener aceites esenciales de gran calidad con un claro mercado en la industria cosmética. Debido a la falta de información de base sobre el impacto de esta actividad sobre el árbol y el BST dónde se asienta y como optimizar el manejo para que el conjunto de actividades sean lo más sostenibles social, económica y ambientalmente, en esta tesis doctoral se plantearon los siguientes objetivos generales: i) adquirir conocimiento e información de base para la adecuada gestión sostenible y autosuficiente de la explotación del fruto de Palo Santo (*B. graveolens*); y ii) evaluar la posibilidad de valorización del principal residuo de la extracción de aceite esencial a partir del fruto de Palo Santo (*B. graveolens*) mediante procesos de biocompostaje e inoculación de hongos saprófitos nativos. Para tal fin, se desarrollaron estudios dirigidos a: i) Analizar las comunidades campesinas que aprovechan el BST y los frutos de Palo Santo, con especial hincapié en caracterizar las causas históricas del deterioro del ecosistema, el uso actual del suelo y la estructura y organización social, todo ello para identificar los principales problemas ambientales. ii) Caracterizar la composición y estructura de las especies forestales que conforman el BST y determinar los beneficios y potencialidades que tiene el Palo Santo, especialmente en la productividad de frutos. iii) Recoger el conocimiento local referente al uso de los productos forestales no maderables (PFNM), lográndose determinar, conforme al conocimiento endógeno, el uso agroforestal, las debilidades y problemas en la recogida de los subproductos del árbol. Con toda esta información, iv) se realizaron ensayos para la obtención de vermicompost utilizando como materia prima esencial los residuos de los frutos de *B. graveolens* mezclado con residuos abundantes de la zona (restos de cocina, restos de pasto king grass y estiércoles de cerdo y cabras). Las propiedades y características agroquímicas de los vermicomposts obtenidos fueron óptimas para su aplicación agrícola, lo que resulta de especial interés en un área con suelos pobres en materia orgánica y dónde existe poca posibilidad para reemplazar los nutrientes retirados con la cosecha. A fin de fortalecer la potencialidad biotecnológica del Palo Santo, v) se estudiaron las actividades enzimáticas (celulasa, lacasa y xilanasa) de dos hongos saprófitos del orden Xylariales identificados (a nivel morfológico y molecular) por primera vez en el BST. Finalmente, y en base a la información obtenida durante el desarrollo de esta tesis doctoral vi) se elaboró un plan de

manejo participativo, que servirá como herramienta para la toma de decisiones políticas, sociales y económicas por parte de los actores responsables del desarrollo de proyectos comunitarios en el Ecuador.

## ABSTRACT

In the tropical dry forest (BST) of the southwestern of Loja (Ecuador), a peasant community devoted to the harvest of fruits from the tree popularly known “Palo Santo” (*Bursera graveolens*) is set up. Fruits in order to are sell to the Institute of Natural Plant Products of Loja, which transforms them to obtain essential oils of high quality which are widely used in the cosmetics industry. Due to the lack of basic information in regards to the impact of these activities on the tree and BST ecosystem, and on how to optimize these activities to reach the highest social, economic and environmental sustainability, this doctoral thesis raised the following general objectives: i) To gain basic knowledge and information for the proper sustainable and self-sufficient management of Palo Santo (*B. graveolens*) fruit exploitation; and (ii) To assess for the valorization of the main byproduct of the Palo Santo (*B. graveolens*) fruit’s essential oil extraction, throughout the biocompost and saprophytic fungi inoculation. To this end, some specific studies were undertaken to: i) Analyse the social and economic structure of the rural communities which exploit the BST and Palo Santo fruits, highlighting the historical causes of the ecosystem’s deterioration, the current land use and social structure and organization. This will allow for the identification of major environmental problems. ii) Assess for the characterization of the structure and composition of the forest species of the BST, which will allow to identify the benefits and potentiality of Palo Santo, particularly regarding fruit productivity. iii) Identify local knowledge concerning the use of non-timber forest products (NTFPs) according to the endogenous knowledge of the agro-forestry use. This is of importance because, allow to identify the weaknesses and the main problems related to the exploitation of tree resources., With this information, iv) Vermicomposts differing in the raw material composition were obtained, using always by product of the essential oil extraction from *B. graveolens* (RFBG) fruit as main raw material which was mixed with other residues abundant in the area (kitchen scraps, King grass cuttings plus manure from pigs and goats). The agrochemical properties of the obtained vermicomposts were analyzed, and these were optima for agriculture application, which is of particular interests in a region with relatively low organic matter content and with problems in replacing the harvested nutrient. To strengthen the biotechnological potentiality of activities related to Palo Santo, v) Enzyme activities related to degradation of recalcitrant sources of organic carbon (celulasa, lacasa and xylanase) were assayed in two-first time identify-native (at morphological and molecular levels) saprophytic fungi belonging to the genus *Xylaria*. Finally,

and based on the information, results and data obtained during the development of the different studies of this thesis, a strategic plan of participatory management was developed, and it is expected to be a tool for political, social and economic decision-making of the actors responsible for the development of community projects in the Ecuador.

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

### 1.1. Distribución, relevancia y principales amenazas del bosque seco tropical

Cerca del 40% de las regiones tropicales y subtropicales están cubiertos por bosques (Marulanda *et al.* 2003); de éstos el 42% corresponde a bosques secos tropicales (BST) (Murphy & Lugo, 1995; Marulanda *et al.* 2003). La mayor proporción de los BST está en África y en las islas tropicales (Marulanda *et al.* 2003). En el Neotrópico, aparecen de forma discontinua, en áreas de diferentes tamaños y con diferentes niveles de aislamiento, extendiéndose desde el noroeste de México hasta el norte de Argentina y sureste de Brasil (García-Villacorta, 2009; Dirzo *et al.* 2011) (Figura 1.1). Los BST del neotrópico pueden clasificarse en tres grandes grupos: i) bosque seco con dosel continuo, ii) sabanas (Furley *et al.* 1988) y iii) el Chaco (Prado & Gibbs, 1993). Las sabanas normalmente se presentan en hábitats con suelos poco profundos donde el fuego es un factor de perturbación frecuente (Pérez-García *et al.* 2010; Pausas & Bradstock, 2007). Finalmente los BST ligados al Chaco aparecen a mayores latitudes, la vegetación de estos ecosistemas se encuentra sometida a una baja humedad del suelo e incluso a congelación en la estación seca que ocurre durante el invierno, mientras que en la estación húmeda sufre anegamiento y temperaturas que llegan hasta 49°C (Pennington *et al.* 2004, López *et al.* 2006).

Pennington *et al.* (2000) afina algo más esta clasificación inicial y plantea una subdivisión geográfica de estos sistemas en tres tipos básicos de BST. El BST se encontraría según este autor representado por 9 núcleos biogeográficos distintos (Figura 1.1): 1) la Catinga brasileña, 2) Misiones en Paraguay y Brasil, 3) el Piedemonte andino desde Argentina hasta el norte de los BST Bolivianos, 4) valles interandinos del norte de Perú, Bolivia y Ecuador, 5) costa del Pacífico de Ecuador y Perú, 6) valles interandinos de Colombia y Venezuela, 7) costa del Caribe de Colombia y Venezuela, 8) México y América Central, 9) islas del Caribe. Por otro lado las sabanas se encontrarían representadas por dos núcleos; 1) el Cerrado brasileño y 2) los Llanos venezolanos. Por último para el Chaco mantiene sólo un gran núcleo.

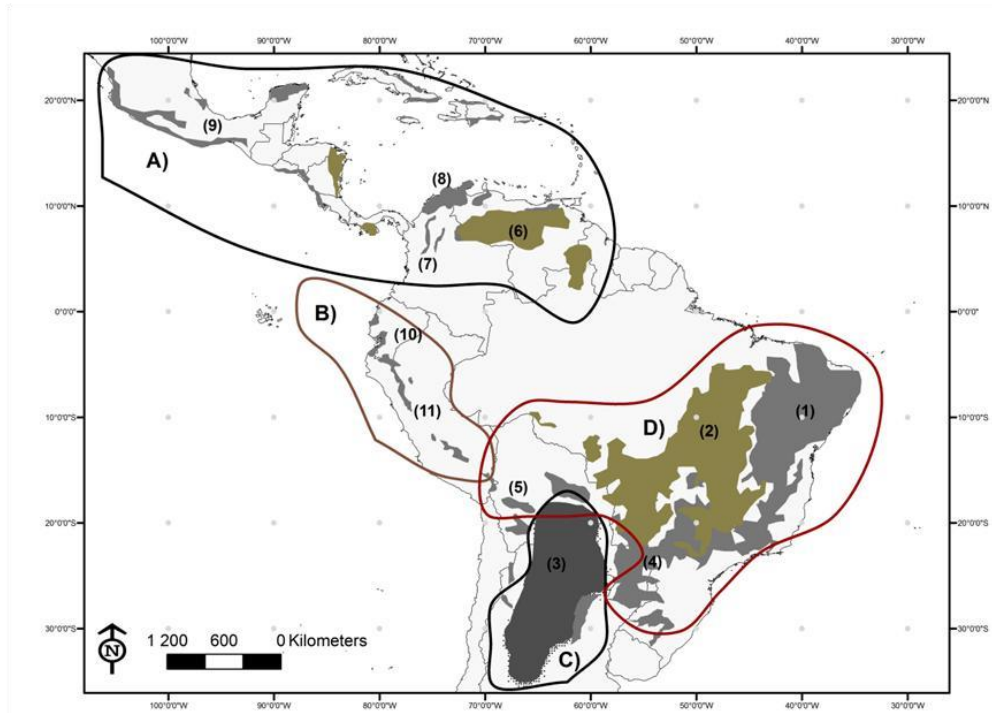


Figura 1.1. Distribución de núcleos de Bosque Seco Tropical (BST) en el Neotrópico. Los colores de los núcleos representan los tres tipos de vegetación de los BST; gris oscuro representa el Chaco, gris los bosques secos; y, color oliva representa las sabanas. Los polígonos muestran los grupos florísticos biogeográficos; A) Mesoamérica y el Caribe, B) Costa del Pacífico, C) el Chaco, D) la Catinga. Los principales núcleos de BST; 1) la Catinga, 2) Cerrado, 3) el Chaco, 4) Misiones, 5) Pie de Monte, 6) los Llanos venezolanos, 7) valles interandinos de Colombia y Venezuela, 8) Costa del Caribe y Venezuela, 9) México, 10) Costa del Pacífico de Ecuador y Perú, 11) valles interandinos del norte de Perú, Bolivia y Ecuador. Basado en Linarez-Palomino *et al.* 2010. Tomado de Espinosa (2012).

En el oeste de América del Sur, se encuentran áreas representativas desde Manabí y el Golfo de Guayaquil en Ecuador, hasta el norte del Perú (Lamprecht, 1990). En Ecuador las zonas recubiertas de BST se incluyen en las formaciones naturales de la costa, que abarcan las subregiones centro y sur. En la subregión centro, se encuentran en forma representativa desde el sur de la provincia de Manabí, principalmente en el Parque Nacional Machalilla y el cerro Montecristi hasta la provincia del Guayas en cerro Blanco y en la Reserva Ecológica Manglares-Churute. En la subregión sur incluye las provincias de Loja y El Oro en la frontera con Perú (Sierra, 1999). Éstos BST son una continuación de las formaciones áridas y semiáridas del norte peruano (Figura 1.2).



Figura 1.2. Mapa de las zonas de BST en el Ecuador y parte del Perú; y, definición del área de Endemismo Tumbesiano. Tomado de Best & Kessler (1995).

En la franja del Océano Atlántico los BST abundan en Colombia, Venezuela y Brasil. En el cono sur, la zona del Chaco constituye la mayor región continua de BST (Lamprecht, 1990). Sin embargo, diversos estudios han permitido establecer que los BST durante las etapas glaciales más frías y secas, conformaron un bioma más extendido de lo que en la actualidad se observa en el Neotrópico, de manera que la distribución actual de los BST solo sería un remanente de este extenso bioma (Prado & Gibbs 1993, Pennington *et al.* 2000).

Los BST se presentan en áreas donde la temperatura anual promedio oscila entre 24 a 28°C, la precipitación media a lo largo de todo el año es inferior a 1600 mm/m<sup>2</sup> (Gentry, 1995) y la proporción precipitación/evapotranspiración menor que 1 (Dirzo *et al.* 2011). La principal característica climática que define y contrala buena parte de los procesos ecológicos en los BST es la incidencia de un marcado período de sequía anual (Murphy & Lugo, 1995). Esto determina una de las características más conspicuas de esta formación: la fenología distintiva de las plantas ligada a la pérdida estacional de las hojas y del bosque en general con una época sin hojas durante la estación seca y una fisionomía de bosque siempre verde a lo largo de la estación lluviosa (Espinosa, 2012).

El BST es considerado un bioma en retroceso y uno de los más amenazados del Neotrópico (Janzen, 1986). Por ejemplo, en el sector Santa Rosa, área de conservación en la provincia de Guanacaste en Costa Rica, las haciendas ganaderas y la extracción maderera han sido las principales causas de la pérdida de este tipo de bosque (Maass, 1995; Murphy & Lugo, 1995). A pesar de la baja productividad maderera de los BST, la presencia de éstos es de vital importancia para la subsistencia de los habitantes de las zonas adyacentes, ya que de los mismos se utilizan la madera y leña, se extraen productos útiles no maderables, y frecuentemente se utilizan como áreas de pastoreo extensivo (Lamprecht, 1990). La conservación y la restauración de estos ecosistemas dependerá en última instancia de la actuación humana. El grado de perturbación de los BST es relativamente elevado, principalmente porque en ellos el número de asentamientos humanos es superior (Quesada & Stoner, 2004). A pesar de que el grado de perturbación es importante, existe una clara escasez de información acerca de la regeneración de este ecosistema (Bertoncini & Rodríguez, 2008). Según Murphy & Lugo (1995) será difícil y complejo conocer el verdadero potencial del BST porque muchos de los ecosistemas representativos del bosque tropical seco se encuentran perturbados.

El 31% del territorio de la provincia de Loja (Ecuador) está constituida por BST, lo que equivale aproximadamente a 3400 km<sup>2</sup> (Predesur, 1975). Estas formaciones vegetales se ubican al oeste y corren paralelos al monte espinoso tropical en su extremo sur, comprenden la confluencia de los ríos Catamayo, Macará y Puyango-Tumbes en la provincia de Loja (Cañadas, 1983) (Figura 1.3). Por lo general, en estos remanentes de BST se diferencian tres estratos de vegetación: uno está representado por árboles dominantes, un segundo con los arbustos o sotobosque, y un tercero constituido por plantas pequeñas y herbáceas que se desarrollan con fuerza en época de lluvia (Predesur, 1975). Su característica principal es la presencia de árboles aislados o en pequeños grupos o a veces en rodales más extensos casi en la mayoría de la superficie, debido especialmente a la intervención humana y por efecto del pastoreo. Los suelos son de tipo arenoso y arcilloso que en temporada lluviosa forman lodazales mientras que en temporada seca se presentan grandes grietas (Proyecto Bosque Seco, 2001).

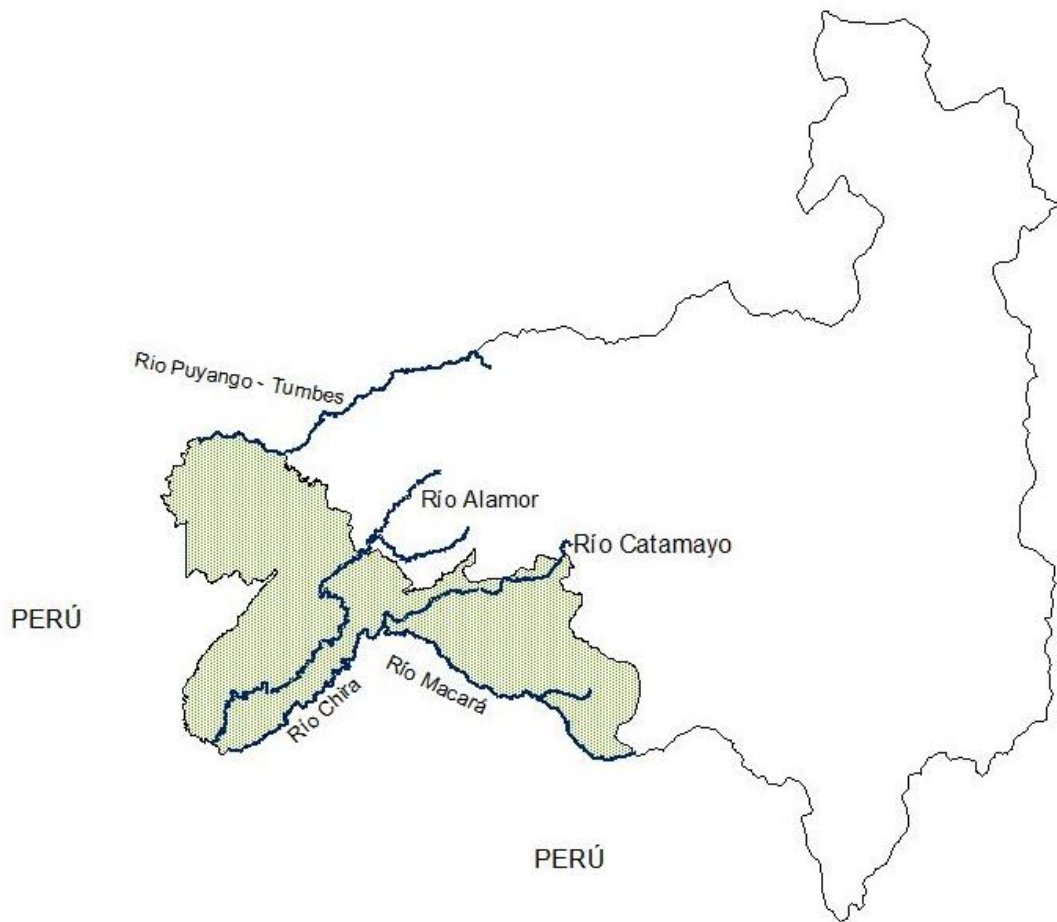


Figura 1.3. Mapa de ubicación del BST en la provincia de Loja. Elaborado a base de los shapes del proyecto bosque seco (1998).

Los BST de Loja tienen una alta importancia económica. Ofrecen productos forestales maderables como *Tabebuia chrysantha*, *Loxopterigium huasango* y no maderables (PFNM) como duramen de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch., corteza de *Myroxylon peruiferum* L. f, *Piscidia carthagenensis* Jacq., *Cordia lutea* Lam., *Erythrina smithiana* Krukoff; frutos de *Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., *Guazuma ulmifolia* Pers.; fibras de *Ceiba trichistandra*, *Furcraea andina* Trel.; forraje *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Acacia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Guazuma ulmifolia*, *Caesalpinia glabrata* Kunth, *Albizia multiflora* (Kunth) Barneby & J.W. Grime; tintes *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud., *Acacia macracantha* y bejucos que se encuentran formando los chaparros muy importantes en la vida silvestre, especialmente para la anidación de aves (Proyecto Bosque Seco, 2001).

Las comunidades campesinas que habitan en los BST han influido mucho en el estado actual del bosque. Con acciones como la deforestación, para ampliar la frontera agrícola, la explotación selectiva de maderas valiosas, el sobrepastoreo, que de una u otra forma perturba la sucesión ecológica e impide el establecimiento de especies herbáceas, se provocan problemas tales como: i) desaparición de la flora, ii) el asentamiento o compactación de los suelos todo ello intensifica la pérdida de suelo por erosión y iii) la desaparición de la herpetofauna y pedofauna (Sánchez *et al.* 2006). Otra forma de intervención humana que ha coadyuvado a la destrucción de los bosques es el mal uso del fuego como una herramienta típica de trabajo en esta región; en este proceso se destruyen los hábitats de especies de fauna y flora a veces muy especiales y valiosas para el equilibrio ecológico y por ende para la conservación (Proyecto Bosque Seco, 2001).

La dedicación, vocación y costumbres socioeconómicas basadas en la crianza de animales introducidos como cabras (*Capra hircus* Linnaeus)<sup>1</sup> y bovinos (*Bos taurus* Linnaeus; *Bos primigenius*)<sup>2</sup> constituyen uno de los renglones importantes de las economías campesinas de Loja. Según Aguirre & Kvist (2005), la actividad ganadera es un problema crítico para el estado actual de la conservación de los BST. La producción de ganado caprino y bovino no se sustenta en un manejo técnico, sino en la capacidad rústica de alimentación de estos animales, que es el pastoreo extensivo, donde consumen gran cantidad de plántulas de regeneración natural como por ejemplo *Tabebuia* sp. Gomes ex DC., *Albizia multiflora*, *Caesalpinia glabrata* entre otros. Además, se produce el pisoteo que es una acción de destrucción y alteración de la dinámica de los bosques.

Pese a todos estos inconvenientes, el estado actual de conservación de los bosques de la provincia de Loja, es considerado como bueno en relación a otros de lugares cercanos; florística y estructuralmente presentan mejores características que los BST, por ejemplo del norte peruano y de las provincias del Guayas, El Oro y Manabí (Madsen, 1988; Josse, 1995; Núñez, 1997; Proyecto Bosque Seco, 1998). El BST ha sido considerado por mucho tiempo como productor de

---

<sup>1</sup> *Capra hircus* (Linnaeus, 1758) es una especie introducida originaria de África según Badenhorst (2006) quien cita a Ramzay *et al.* (2000). Estas cabras fueron domesticadas originalmente en el sureste de Turquía y el norte de Siria, y luego trasladadas a los pastizales de montaña de Zagros y llanuras de tierras bajas áridas de Irak e Irán (Zeder & Hesse, 2000). *C. hircus* ha sido introducido en las Islas Galápagos (Campbell *et al.* 2004) y se lo encuentra en los ecosistemas de Ecuador continental.

<sup>2</sup> *Bos taurus* Linnaeus es una especie originaria de Asia (Nowak, 1991). Históricamente se distribuía a lo largo de toda Europa y fue introducida en Ecuador en tiempo de la colonia. *Bos primigenius* descende directamente de los animales que llegaron en el segundo viaje de Colón en 1493 (Rouse, 1977; Primo, 1992).

madera y ha sido explotado para obtener el máximo rendimiento de especies que tuvieran un valor comercial. Actualmente este punto de vista está cambiando, el bosque ya es considerado como un ecosistema que tiene funciones múltiples que conviene conservar y restaurar (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2003).

Los avances realizados durante estos últimos años han permitido entender algunos de los procesos que participan en la estructura y composición de las comunidades vegetales en estos ecosistemas. Según Ruthenberg (1980) la disponibilidad de agua sin lugar a dudas es uno de los factores limitantes más importantes en los BST, siendo crítica para el establecimiento, supervivencia y desarrollo de las plantas. La disponibilidad de agua condiciona tanto los gradientes espaciales (Balvanera *et al.* 2011), los procesos ecológicos básicos y las interacciones bióticas que se establecen en cada bosque (Mooney *et al.* 1993). Además de la disponibilidad absoluta, la estacionalidad y la variación interanual de la precipitación marcan la dinámica de las comunidades vegetales y la estructura florística en los BST (Blain & Kellman, 1991; Murphy & Lugo 1995; Sampaio, 1995).

Los BST reciben alrededor del 80% de la precipitación durante 5 meses. A lo largo de estos meses la media de precipitación puede sobrepasar con creces los 100 mm por mes (Maass & Burgos, 2011). En el otro extremo, durante los meses secos la precipitación raramente supera los 10 mm mensuales (Maass & Burgos, 2011), creando un déficit hídrico que causa la pérdida de hojas de la mayoría de especies (Gotsch *et al.* 2010, Lima & Rodal, 2010). Esta variación de meses lluviosos *versus* meses secos es una constante en los BST, sin embargo, superpuesta a esta fuerte variación estacional existe una elevada variación interanual ocasionada entre otros por la acción de los fenómenos ENSO (El-Niño Southern Oscillation) y la corriente de California en mesoamérica (Best & Kessler, 1995).

En Ecuador, los BST del noroccidente muestran diferencias con respecto a la zona sur (provincia de Loja), sobre todo en cuanto se refiere a la diversidad florística (Aguirre *et al.* 2000). En una hectárea en Pechiche en la provincia de Manabí se han encontrado 37 especies (Josse, 1997) y en la Isla Puná en el Golfo de Guayaquil en una hectárea se encontraron 422 árboles pertenecientes a 29 especies (Madsen, 1987). Algunos estudios en Macará y Zapotillo, en la provincia de Loja, determinaron resultados interesantes. Podemos citar el trabajo de Velázquez (1998) que en la

zona de Guápulas (Zapotillo), encontró 46 especies de árboles y arbustos, incluidas en 42 géneros de 25 familias, siendo las familias más representativas Fabaceae y Mimosaceae. En otro estudio en Jujal, entre Macará y Zapotillo, se encontró 24 especies con una densidad de 680 a 880 árboles ha<sup>-1</sup>. En Tambo Negro, cantón Macará, se registraron 43 especies de árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5 cm, con una densidad de 893 a 1 160 árboles ha<sup>-1</sup> (Jiggins *et al.* 1999). En el bosque de Romeros, Aguirre *et al.* (2000) reportó 494 árboles ha<sup>-1</sup>, mayores o igual a 10 cm de DAP. En la misma zona en los bosques de La Ceiba se reporta 494 árboles mayores o igual a 10 cm de DAP por hectárea; manifestándose que estos bosques se encuentran en buen estado de conservación. En el bosque petrificado de Puyango, en la zona protegida alrededor de los senderos, Klitgaard *et al.* (1999) realizó un estudio en el que se obtuvo un promedio de 670 árboles ha<sup>-1</sup>, siendo dominantes *Ceiba trichistandra* y *Cavanillesia platanifolia*, especies típicas de los BST. Por lo general en los remanentes de BST se diferencian tres estratos de vegetación, el uno está representado por árboles dominantes, un segundo con los arbustos o sotobosque y un tercero constituido por plantas pequeñas y herbáceas que se desarrollan con fuerza en época de lluvia (Predesur, 1975). Sin embargo, todos los remanentes de BST de la provincia de Loja no han sido estudiados en su estructura y composición florística; por ejemplo, en el cantón Zapotillo existe una carencia de información referente a la estructura y composición florística del BST del sector conocido como Valle de Palo Santo en donde habita el árbol *Bursera graveolens*, del cual campesinos agroforestales colectan los frutos con fines comerciales para la obtención de aceite esencial.

## **1.2. El árbol de Palo Santo**

### **1.2.1. Clasificación botánica y distribución geográfica**

La clasificación botánica del árbol de Palo Santo se describe a continuación:

Reino: Plantae  
Filo: MAGNOLIOPHYTA  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Sapindales  
Familia: Burseraceae

Género: *Bursera*

Especie: *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch.

El Palo Santo (*Bursera graveolens* Kunth Triana & Planch. Burseraceae) es un árbol deciduo de madera aromática originario de América; crece en los BST desde el este de México hasta el noroccidente de Perú (Rzedowski *et al.* 2004) (Figura 1.4). También está presente en las Islas Galápagos cohabitando con la especie endémica *Bursera malacophylla* B.L.Rob., (Weeks & Tie, 2009). En Perú se ubica en los departamentos de Cajamarca, Lambayeque, Piura, Tumbes, Húanuco y Huancavelica. En Ecuador se encuentran especímenes distribuidos en los BST de la costa, especialmente en las provincias de Manabí, Guayas, El Oro y Loja. En la provincia de Loja se encuentra en la región sur occidental especialmente en Zapotillo, Macará, Puyango y Paltas (Borja & Lasso, 1990).



Figura 1.4. Distribución de *B. graveolens* en los BST de América.

Cumbicus (comunicación personal, 2011), quien propuso un modelo predictivo de distribución de *B. graveolens* en la provincia de Loja, manifestó que el árbol se desarrolla de forma natural en un amplio rango altitudinal (entre los 200 y 1600 m s.n.m). Se encuentra distribuida con prioridad en las partes bajas de 14 de los 16 cantones que conforman la provincia de Loja, exceptuando

únicamente los cantones de Loja y Sararaguro. La mayor presencia del árbol abarca casi la totalidad de los cantones Zapotillo y Macará, pero se lo encuentra también en los cantones Paltas, Puyango, Calvas y Espíndola y en menor cantidad se encuentra entre Celica, Sozoranga, Chaguarpamba y Olmedo (Figura 1.5). Las condiciones ambientales tales como la temperatura, precipitación y aspectos geomorfológicos como pendiente, son las que influyen más en el nicho potencial para la especie.

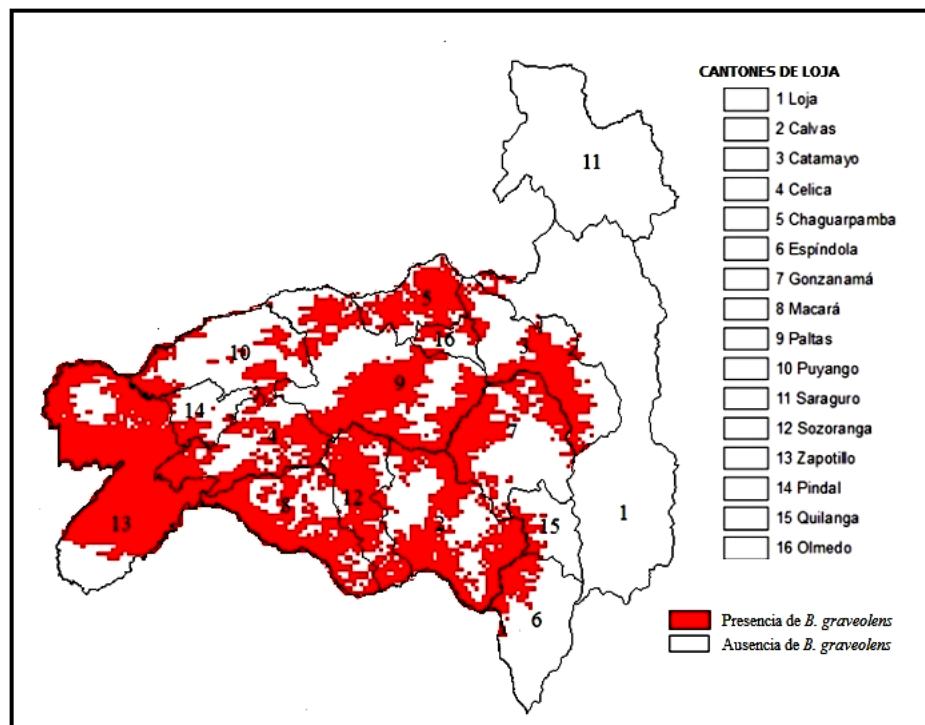


Figura 1.5. Distribución de *B. graveolens* en la provincia de Loja. Tomado de Cumbicus (comunicación personal, 2011).

### 1.2.2. Características morfológicas

*B. graveolens* es una especie caducifolia, puede alcanzar alturas de hasta 15 m, posee corteza lisa de color morado grisáceo, fuste cilíndrico y copa globosa (Medina-Lemos, 2008). Morfológicamente posee hojas imparipinnadas o parcialmente bipinnadas, inflorescencia en panículas laxas de flores blanquecinas y frutos bivalvados, subsféricos a obovoides (Rzedowski *et al.* 2004; Medina-Lemos, 2008). La corteza y las ramas exudan una resina amarilla con olor alcanforado o incienso. Posee hojas alternas con borde crenado y flores en panícula. Su

crecimiento es lento y se desarrolla en terrenos regulares y se encuentra preferentemente en bosque semideciduo entre los 120 y 1100 m s.n.m. en un estrecho rango térmico que oscila entre los 22 y 26°C (Motto, 2005). El fruto es una drupa de 1 cm de largo con una semilla aovada, el peso promedio de cada fruto es de 0.57 gr, de los cuales la semilla presenta 19.2% y la pulpa más la corteza 80.8% (Rzedowski *et al.* 2004; González *et al.* 2005). El árbol se encuentra constantemente amenazado, puesto que en los BST donde se desarrolla, hay una mayor cantidad de asentamientos humanos (Bertoncini & Rodríguez, 2008; López-Barrera *et al.* 2014).

### 1.2.3. Importancia de *B. graveolens* como recurso

*B. graveolens* es una especie no maderable muy utilizada por los campesinos que habitan en los BST. Los productos forestales no maderables (PFNM) corresponden a las astillas y aserrín del duramen, hojas, resina y frutos (Nakanishi *et al.* 2005; Young *et al.* 2011; Luján *et al.* 2012; Muñoz, 2013) (Imagen 1.1). A partir del fruto se obtiene aceite esencial (Leyva *et al.* 2007). Del duramen además, se elaboran extractos naturales como bioinsecticida para el control de insectos plaga como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Yukawa *et al.* 2003; Yukawa *et al.* 2004; Llanos *et al.* 2010).

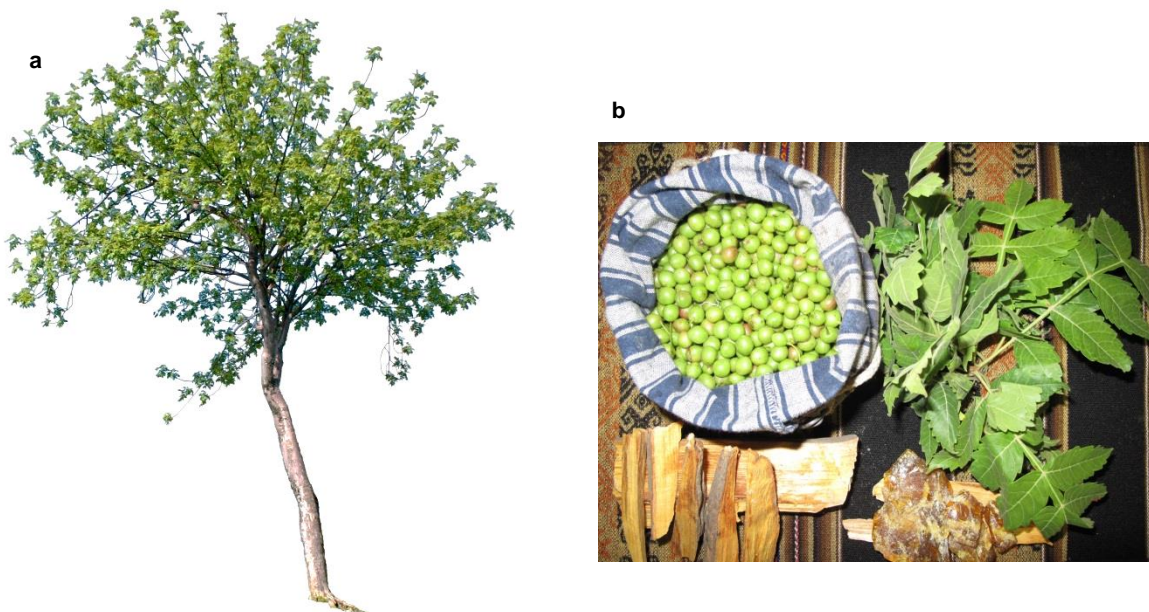


Imagen 1.1. Árbol de *B. graveolens*. **a.** Aspecto general del árbol, **b.** Partes del árbol (frutos, hojas, astillas y resina) con un uso.

### **1.2.3.1. Aprovechamiento del duramen**

Tradicionalmente el duramen seco ha sido explotado por su olor dulce y balsámico (Sánchez *et al.* 2006; Yukawa *et al.* 2006). Esta característica ha permitido que la especie sea utilizada como incienso en las iglesias y en la medicina popular (Yukawa *et al.* 2006). Comunidades campesinas utilizan las astillas del duramen con el fin de alejar insectos vectores de la malaria (*Anopheles gambiae* Giles) y dengue (*Aedes aegypti* Linnaeus). De los leños se obtienen fitofármacos empleados en el tratamiento de enfermedades degenerativas como el fibrosarcoma, arteriosclerosis y artritis (Nakanishi *et al.* 2005; Manzano, 2009). El comercio de este producto es ilegal y se lleva a cabo a pequeña escala en algunos mercados de las ciudades de Guayaquil, Quito, Cuenca y Loja (Cornejo, 2004).

### **1.2.3.2. Aprovechamiento de la resina y frutos**

La resina se utiliza como sahumero o frotaciones en dolores articulares, musculares y en el tratamiento de la miasis en el ganado (Sánchez *et al.* 2006). En los BST de Ecuador, en la región sur occidente de la provincia de Loja, los frutos son materia prima para la obtención de aceite esencial y alcohol (Salas & Zaragocín, 2006) (Imagen 1.2). La extracción de aceite esencial se realiza de frutos que son comprados a familias campesinas del sector denominado “Valle del Palo Santo” ubicado en la parroquia Limones, cantón Zapotillo en la provincia de Loja. La recolección silvestre de los frutos se realiza en base a la propuesta de aprovechamiento doméstico de *B. graveolens* y se realiza entre los meses de marzo y abril, conforme al calendario fenológico de la zona (Panamito & Vera, 2007; UTPL, 2007). Los frutos verdes contienen una humedad de 50.72% y los frutos maduros 58.24%; por otro lado los contenidos en cenizas para los frutos verdes es de 2.56% y los frutos maduros 3.14% (Salas & Zaragocín, 2006).

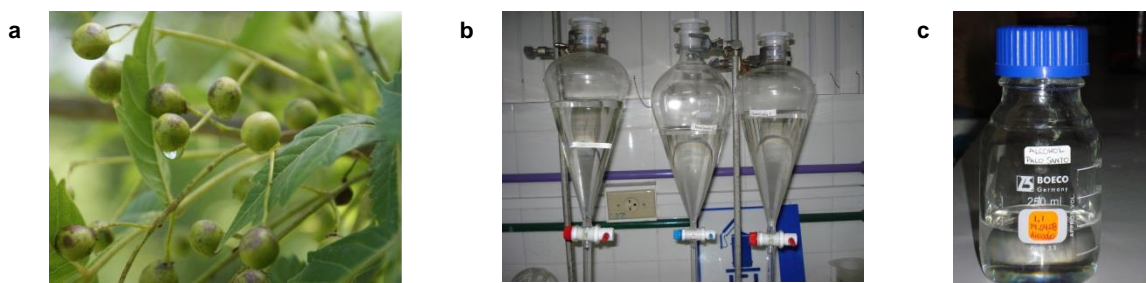


Imagen 1.2. Materia prima de *B. graveolens* para la obtención de aceite esencial y alcohol.  
**a.** Frutos. **b.** Aceite esencial. **c.** Alcohol.

#### 1.2.4. Problemas en el manejo de *B. graveolens*

La óptima regeneración natural de la especie en la zona se ve truncada especialmente porque las plántulas jóvenes son alimento del ganado; especialmente cabras, vacas y de otros animales silvestres como el venado (*Odocoileus virginianus* Zimmermann) y conejo silvestre (*Sylvilagus floridanus* J. A. Allen) (Motto, 2005).

#### 1.3. Perspectivas de investigación de la agroecología y sus niveles de análisis para la zona de estudio

Según Sevilla Guzmán, (2009) la perspectiva sociológica juega un papel central en la agroecología y en los proyectos de desarrollo rural. Varios investigadores han demostrado que el conocimiento local y las prácticas ancestrales eran tales que podían convivir con el desarrollo normal de los ecosistemas y su biodiversidad (Amjad *et al.* 2015; Malla *et al.* 2015) e incluso en algunos casos éstas reforzaban la sostenibilidad de los ecosistemas. Por ello cuando se necesita analizar un ecosistema es necesario profundizar aún más en la dimensión humana y los impactos que puede provocar (Gadgil *et al.* 1993). Con el fin de entender la relación naturaleza – humanidad, la Escuela Cualitativista de Madrid, aportó con la conceptualización de las perspectivas de investigación en ciencias sociales haciéndolo extensible a la agroecología, en donde aparecen tres perspectivas de investigación (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Perspectivas de investigación en agroecología según Sevilla Guzmán (2001).

<b>PERSPECTIVAS</b> <b>NIVEL DE ANÁLISIS</b>	<b>DISTRIBUTIVA (PRODUCTIVA)</b>	<b>ESTRUCTURAL (SOCIOECONÓMICA)</b>	<b>DIALÉCTICA (MOVIMIENTOS SOCIALES)</b>
Explotación o predio	Estación experimental/Diagnóstico clínico predial	Historia predial	Desarrollo participativo de tecnologías en finca
Estilo de manejo	Observación antropológica clásica	Grupo de discusión (manejo técnico-agronómico de un recurso)	Estrategias participativas de diseminación
Comunidad local	Diagnóstico Rural Rápido	Observación participante hacia la dinámica de IAP	Diagnóstico participativo
Sociedad local	Transecto	Grupo de Discusión (caracterizador de discurso)	Estrategias participativas de articulación
Sociedad mayor	Planificación rural convencional	Diseños participativos de desarrollo endógeno	Socioanálisis de grupos Asamblearios
Nivel de análisis Genérico	Encuesta	Entrevista	Asamblea en dinámicas de IAP

### 1.3.1. La perspectiva distributiva

La perspectiva distributiva puede ser definida como aquella forma de indagación-intervención en la que el papel central lo juega la caracterización sistemática del conjunto de datos obtenidos de la realidad para describirla en forma que pueda ser posible entender la situación de los hechos, sean estos sociales o naturales. Se trata de medir, con toda la sofisticación que las herramientas de que disponemos nos permitan, los fenómenos y las relaciones entre fenómenos, para expresarlos cuantitativamente, con el mayor apoyo estadístico posible. Se sitúan aquí los conocimientos de las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales en sus aspectos técnicos respecto al funcionamiento de los recursos naturales.

El método distributivo por excelencia lo constituye la reproducción de la “realidad físico-biológica” que la ciencia agronómica convencional pretende realizar en las estaciones experimentales. Allí se desarrolla el diseño de proyectos agronómicos experimentales; así como el conjunto de “simplificaciones” que realizan los ‘especialistas’ para detectar las interrelaciones existentes entre las variables seleccionadas. Se pretende obtener las características deseables en los procesos biológicos analizados mediante sus ‘selecciones técnicas’, y alcanzar los resultados cuantitativos deseados (generalmente buscando una mayor producción o un mayor ingreso). Normalmente son éstas las variables relacionadas con el clima, los factores biológicos, las

condiciones del suelo y demás componentes de la naturaleza que ‘son controlados’ en una estación experimental para, desde ella, aportar a los problemas una solución que será entregada más tarde por los extensionistas a los agricultores, que no tendrán que hacer sino aplicar tales soluciones técnicas generadas en los laboratorios.

De esta manera, las ciencias agronómicas ignoran la existencia de “un agricultor específico en un terreno específico, en un año específico” (Richards, 1985); es decir, se mueven en un discurso puramente tecnológico donde las tareas de la ciencia-descripción sistemática, explicación y predicción tienen un nivel distributivo; donde se articula un importante acervo de conocimientos cuantitativos sobre el funcionamiento de los recursos naturales. Tal proceso de producción de información es necesario aunque no suficiente para la agroecología. La planificación rural convencional, obtenida de la recolección de cuanto material secundario exista (con la utilización de “encuestas” y cuantas técnicas hemos caracterizado hasta aquí) completan la batería tecnológica más usual de esta perspectiva, que puede resultar de gran utilidad (situándola a nivel de sociedad mayor) cuando es recogida adecuadamente.

### **1.3.2. La perspectiva estructural**

La perspectiva estructural consiste en el intento de explicar las relaciones existentes entre los fenómenos analizados, en términos de la percepción de los sujetos intervinientes en los mismos, a través de los discursos elaborados por éstos. Se genera así una información cualitativa que dota de sentido sociocultural a los procesos generados en la realidad, sean naturales o sociales (Sevilla Guzmán, 2001). La perspectiva estructural constituye un elemento central para la agroecología, surgida como crítica a la agricultura convencional que ignora los sujetos sociales vinculados al manejo de los recursos naturales. Dicha ignorancia es consecuencia del proceso de cientifización a que se ha visto sometido dicho manejo en las últimas centurias y que ha desembocado en la construcción de un “modo industrial de uso de los recursos naturales”.

En efecto, el discurso de los actores vinculados al manejo de los recursos naturales es incorporado por la agroecología a través del “grupo de discusión”, la “entrevista” y demás técnicas dentro de las metodologías cualitativas, para, más tarde, articular éstas con “técnicas participativas”; y al hacerlo, comienza a construir una alternativa al fracasado modelo de

agricultura industrializada. El conocimiento de los sistemas de cultivo desarrollado en el pasado; y con ello, de las soluciones prácticas incorporadas por los “agricultores aún no industrializados”, a través de técnicas de historia oral en cada finca, es el primer paso para alcanzar, en las mismas, una agricultura participativa.

Los 8 niveles de análisis de estilo de manejo y de comunidad local son una posición ideal para preparar el terreno de los diagnósticos grupales. En el primer caso, mediante la caracterización del manejo local a través del “grupo de discusión técnico-agronómico”; y, en el segundo, mediante la incorporación de las soluciones de los propios agentes implicados en cada comunidad, a través de los “diagnósticos rurales participativos” (como veremos después, al considerar la perspectiva dialéctica). Tales técnicas participativas pueden alcanzarse mediante una “observación participante” previa para iniciar las formas de interacción propias de la investigación acción-participativa.

En el nivel de análisis de sociedad local, proponemos el “grupo de discusión” para captar el discurso de los sectores sociales significativos de dicho ámbito espacial. Y, finalmente, el nivel de Sociedad Mayor, permite, con los métodos participativos, superar la “planificación rural convencional” (que proponíamos, en este mismo nivel, para la perspectiva distributiva) para obtener *soluciones desde dentro* mediante “diseños participativos de desarrollo endógeno”.

Todas estas técnicas, dentro de las metodologías participativas, surgen de la necesidad de romper el discurso agronómico convencional, cuya información es obtenida en las estaciones experimentales y cuyas soluciones generales suelen ser aportadas en base a principios “homegeneizadores” que pretenden poseer el rango de “ley científica”.

### **1.3.3. La perspectiva dialéctica**

La perspectiva dialéctica hace referencia a la relación que se establece en todo proceso de indagación entre los investigadores y la parcela de la realidad investigada. No se trata aquí tan solo de conocer (como sucedía en la perspectiva distributiva), explicar (como sucedía en la perspectiva estructural), sino de intervenir y articularse con el objeto investigado, para incidir, en

forma crítica, en el curso de su transformación. Ello supone una clara desviación del proceder científico convencional.

En el nivel de análisis predial, el conocimiento sistémico de los procesos biológicos intervinientes, aportados desde la perspectiva distributiva, se une con el conocimiento local rescatado (en la medida posible de la tradición productiva aportada por el ecosistema local) desde la “historia predial” obtenida en la perspectiva estructural. Se llega así, después de una prolongada interacción de intercambios entre los productores y los técnicos, a una reestructuración del diálogo surgido entre ellos que finalizará en la lógica construcción de un “desarrollo participativo de tecnologías en finca”. Un proceso análogo de acumulación de las técnicas desarrolladas en las perspectivas distributiva (productiva) y estructural (desarrollo) desembocará, en cada uno de los restantes niveles de análisis agroecológicos, en distintas estrategias.

En efecto, una vez situados en la dinámica de la investigación acción-participativa obtenida en la perspectiva dialéctica, será posible conseguir el salto de la acción social colectiva a la del movimiento social. Ello será posible gracias a la cristalización de las “metodologías participativas” en la elaboración, de cada nivel de análisis, de las siguientes estrategias:

(a) “Participativas de disseminación” de experiencias agroecológicas, desarrolladas por los integrantes del grupo establecido, como estilo de manejo, tras la “observación antropológica” que permitió la posterior realización del “grupo de discusión técnico-agronómico” a través del cual se obtuvo el conocimiento local sobre el manejo, por ejemplo, de una determinada planta.

(b) “Diagnósticos participativos” que permitan la comprensión real de los mecanismos que generan las formas de dependencia de la “localidad”, tras la obtención de información básica por el “diagnóstico rural rápido” y la integración de los técnicos en las dinámicas de la comunidad local, mediante la “observación participante”.

(c) “Participativas de articulación” que permitan generar redes dentro de un proceso de fortalecimiento de las dinámicas de cambio. La comprensión de la percepción local de los ecosistemas mediante los “transectos” es el primer paso hacia la obtención del discurso colectivo

de las distintas comunidades locales (obtenido a través del “grupo de discusión”) integrantes de la sociedad local.

(d) “Socioanálisis de grupos asamblearios” donde la articulación en redes generada en diversas sociedades locales permita estrategias de acción más amplias en “foros de acción” de la sociedad mayor. La “planificación rural convencional” aportó una información distributiva que en la dinámica de posteriores “diseños participativos de desarrollo endógeno” permitió a través de la investigación acción-participativa en formas de acción social colectiva, alcanzar tal fin.

#### **1.3.3.1. La investigación acción participativa (IAP)**

La investigación acción participativa es el proceso de integración entre investigadores y comunidades (objeto de estudio) en lo cual el conocimiento local y el científico se combinan y se desarrollan en igualdad de condiciones para encontrar soluciones y estrategias a los problemas locales. En el caso de la IAP a nivel de paisaje y con el enfoque agroecológico, supone una articulación entre diferentes niveles jerárquicos, es decir, entre la finca, la sociedad local y la sociedad mayor, permitiendo una comprensión más holística de la problemática, así como un mejor aprovechamiento de los diferentes conocimientos. Implica la relación y colaboración en las tres escalas, la finca, la sociedad local y sociedad mayor, donde los agricultores y los investigadores analizan el agroecosistema, ecosistema y paisaje, definen los problemas y prioridades locales, experimentan con las posibles soluciones, evalúan los resultados y comunican los hallazgos a otros agricultores (Guzmán & Alonzo, 2007).

#### **1.3.3.2. La observación participante**

La observación participante es una técnica sociológica-antropológica incluida en el marco metodológico de la IAP, que consiste en la involucración del investigador en los procesos que definen la realidad estudiada, produciéndose una interacción con los actores sociales (Guzman *et al.* 2000). La técnica de la observación participante se caracteriza por aportar una gran riqueza y profundidad en la información que se va recabando, así como por la posición que los/as investigadores/as ocupan ante la realidad en la que pretenden sumergirse. A través de esta técnica participan personal y directamente en las acciones que promueven las personas implicadas en el

proceso. No se trata de una observación pasiva e invisible, sino participante, es decir, que entra en juego con el contexto de observación (Rosa & Encina, 2003). Como apuntan García Ferrando y San Marín (1989), la persona de los investigadores, en su integridad, es la herramienta para la observación; su mayor o menor memoria visual, sus biorritmos, sus capacidades y carácter son lo que les permitirá, a pesar de sesgar el trabajo, llevarlo a cabo.

Dada la importancia de todo lo descrito y a fin de conseguir una óptima relación entre el ecosistema dónde se desarrolla el árbol de palo santo y los campesinos que lo usan como recurso, esta tesis doctoral incluye el análisis participativo referente a la identificación, localización geográfica y socioeconomía de campesinos agroforestales de Loja. Además, incluye el levantamiento participativo en la determinación de la estructura y composición florística del BST y las potencialidades del palo santo en base al conocimiento endógena de las comunidades campesinas.

#### **1.4. Los residuos agrícolas; principales residuos que se obtienen del Palo Santo y vías de valorización**

El término residuo incluye a todo aquel material generado por las actividades de producción y consumo que no alcanza, en el contexto en que es producido, ningún valor económico, siendo necesario por tanto su recogida y tratamiento por razones de salud y de contaminación ambiental (Seoánez, 2000). Existen tres grandes sectores productores de residuos orgánicos (Abad & Puchades, 2002; Bernal & Gondar, 2008; Costa *et al.* 1991):

- Primario: Residuos agrícolas, ganaderos y forestales
- Secundario: Residuos industriales (agroalimentarios, textiles, etc.)
- Terciario: Residuos urbanos (RSU, lodos de EDAR, etc.)

##### **1.4.1. Importancia de los residuos agrícolas**

Anualmente se producen en el mundo 2 962 millones de toneladas de residuos agrícolas. La cantidad de los principales nutrientes (N, P, K) que podrían ser recuperados de estos residuos se estima en 74 millones de toneladas por año en todo el mundo (Goh & Kumar, 2000). En términos

cuantitativos, el sector agrario constituye la principal fuente de residuos orgánicos por su actual intensificación y se incluyen restos de cosechas, poda, estiércoles, purines, entre otros (EEA-European Environmental Agency, 1995).

Sin embargo, el potencial efecto perjudicial que estos residuos causan sobre el medio ambiente viene ocasionado fundamentalmente por la acumulación de los mismos en las zonas de cultivo y cercanías de los invernaderos, convirtiéndose, debido a su depósito y abandono, en fuente de lixiviados y gases, focos de plagas y vectores de enfermedades, así como fuente de malos olores (causados por procesos fermentativos), lo que hace necesaria la gestión adecuada de éstos con el fin de minimizar el impacto asociado a su producción (Carrión *et al.* 2006).

#### **1.4.2. Minimización de la problemática**

Los efectos negativos de la producción de residuos orgánicos pueden disminuir notablemente si se desarrolla un plan de gestión de los mismos cuyo objetivo sea convertir los residuos en recursos. Los residuos orgánicos de calidad aceptable son una fuente interesante de materia orgánica y elementos fertilizantes. Por ello, el reciclado y la valorización de dichos residuos en agricultura constituye una manera eficaz de evitar la degradación y contaminación del medio, a la vez que se aprovechan los recursos contenidos en los mismos, completándose de esta manera los ciclos de la materia –alterados por la actividad agrícola intensiva– y reduciéndose el consumo de fertilizantes, enmiendas y sustratos (Abad & Puchades, 2002; Carrión *et al.* 2006). Para hacer esto posible, se requieren sistemas eficaces de recogida selectiva, acopio y transformación de estos residuos.

En el caso de los residuos orgánicos de origen hortícola, la valorización en agricultura es uno de los destinos inmediatos, siendo ésta la alternativa que aporta mayores ventajas ambientales y económicas, siempre que se realicen los tratamientos necesarios –como compostaje y vermicompostaje– que permitan obtener productos maduros, estables y de calidad, y se programen y controlen los planes de aplicación a suelos, sustratos y cultivos (Aalok *et al.* 2008; Martínez, 2002, Mazuela *et al.* 2005; Solé-Mauri *et al.* 2007).

### 1.4.3. Proceso de extracción de aceite esencial de frutos de palo santo y generación de residuos

Tradicionalmente se ha extraído aceite esencial del duramen y las ramas de *B. graveolens* en donde se incluyen varios compuestos aromáticos, tales como cyclotene, lignanos 4a-aryltetralin y vainillina (Yukawa & Iwabuchi, 2004). Sin embargo, actualmente también se extrae aceite esencial de los frutos, el cual es utilizado en la fabricación de perfumes y obtención de alcohol (Salas & Zaragocín, 2006). El proceso de extracción de aceites esenciales se realiza por arrastre de vapor en equipos de destilación de acero inoxidable. El producto obtenido es un líquido viscoso que va de incoloro a amarillo traslúcido, presenta un aroma característico con tono cítrico, espaciado y amenerado; el aceite esencial obtenido de los destiladores es decantado y envasado en frascos Boeco (Salas & Zaragocín, 2006). El porcentaje en peso de aceite esencial extraído es del 2,8% con respecto al peso del fruto. Este porcentaje se extrae con el método de extracción a intervalos y grado de madurez verde (Salas & Zaragocín, 2006). Los compuestos mayoritarios en el aceite esencial de frutos para estado verde son: limoneno (45,02%),  $\alpha$ -felandreno (29,84%), mentofurano (4,42%), mirceno (1,96%),  $\alpha$ -pineno (2,04%) y germacreno D (1,46%). El segundo grupo de compuestos volátiles es el de los hidrocarburos monoterpénicos oxigenados (alcoholes, aldehídos y cetonas). Entre estos destacan para el estado verde: mentofurano con 4,42%, la pulegona con 0,93% y tras piperitol con 0,45%, y para el estado maduro: mentofurano con 4,96%, pulegona con 0,45%, y el tras piperitol con 0,16 % (Salas & Zaragocín, 2006). Además, los aceites esenciales contienen tres hidrocarburos sesquiterpénicos oxigenados (alcoholes). Éstos constituyen el cuarto grupo de volátiles, entre los cuales tenemos para el estado verde: viridiflorol con 0,19% y  $\alpha$ -bisabolool con 0,12%. Finalmente para este aceite esencial se ha identificado un compuesto aromático, el carvacrol con un 0,14% para el estado verde y 0,24% para el estado maduro (Salas & Zaragocín, 2006). Los aceites esenciales obtenidos de los frutos de *B. graveolens*, son utilizados en la industria cosmética para la elaboración de perfumes (Imagen 1.3)



Imagen 1.3. Perfumes elaborados a base de aceite esencial obtenidos de frutos de *B. graveolens*.

El flujograma de la planta de productos naturales de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), indica los pasos desde la recolección de los frutos hasta la obtención del aceite esencial de *B. graveolens* (Figura 1.6). Tras la destilación y obtención del aceite esencial, se generan residuos sólidos orgánicos que simplemente son desechados, no son valorados y no están siendo utilizados en ninguna forma. La torta contiene una humedad del 3,64%, fibra 62,18 %, grasas 3,01 %, cenizas 4,14%, pH 5, AGL 3.12 mg de NaOH/gr aceite y no se registraron sólidos solubles (Brix) (Andrade *et al.* 2010). En este contexto, este subproducto es estudiado y valorado en la presente tesis doctoral, en la que se ha incluido el estudio de producción de abono orgánico a través del vermicompostaje y la determinación de la calidad agronómica y descomposición de estos residuos.

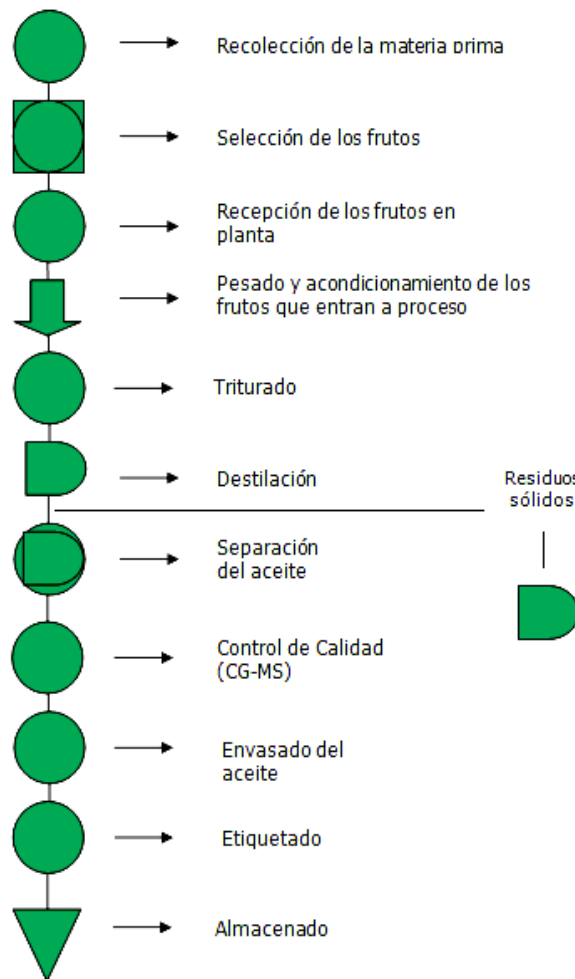


Figura 1.6. Flujograma para la obtención de aceite esencial de frutos de *B. graveolens*. Tomado de la Planta de productos naturales (UTPL).

### 1.5. El vermicompostaje, un sistema de tratamiento y adecuación de los residuos orgánicos con fines agrícolas

La problemática asociada a la eliminación y gestión –respetuosas con el ambiente– de las grandes cantidades de residuos orgánicos generados, se ha convertido en un asunto de importancia mundial. Algunas medidas que se han adoptado para solucionar este problema pueden ofrecer dificultades aún más graves. La quema a cielo abierto o el mal diseño de incineradoras, así como el vertido incontrolado o el diseño deficiente de vertederos pueden ocasionar riesgos graves de contaminación (Ndegwa & Thompson, 2001). Por ello, en los últimos años se ha generado una creciente necesidad de desarrollar tecnologías ecológicamente racionales, económicamente viables y socialmente aceptables (Suthar, 2007) para el tratamiento de los residuos orgánicos.

Uno de los métodos más utilizados para la adecuación y aprovechamiento en el ámbito agrícola de este tipo de residuos es el vermicompostaje (Benítez, 2005; Elvira *et al.* 1997, 1998; Garg *et al.* 2006; Suthar, 2007). Se ha demostrado que éste es un proceso rápido, técnicamente viable y económicamente rentable, que permite el manejo eficiente de los residuos orgánicos (Garg *et al.* 2006; Jeyabal & Kuppaswamy, 2001; Loh *et al.* 2005). En los últimos años se han desarrollado gran número de investigaciones y proyectos basados en la utilización de residuos orgánicos para la producción de vermicompost (Edwards & Arancon, 2004). En países como Cuba, India o Australia, la tecnología del vermicompostaje se ha desarrollado ampliamente, incorporándola en su mayor parte dentro de los procesos de los diferentes sistemas de producción agrícola (Allison *et al.* 2006).

#### **1.5.1. Organismos implicados en el proceso de vermicompostaje**

El vermicompostaje es el resultado de la actividad de una serie de organismos cuyas interacciones afectan las características del medio en donde éstos se desarrollan. Taxonómicamente, las especies de mayor interés para los procesos de vermicompostaje pertenecen al Orden Haploxytricha y la Familia Lumbricidae. Dentro de esta familia, la especie *Eisenia foetida* ha demostrado ser la más eficiente para la biodegradación y estabilización de residuos orgánicos, por lo que es utilizada más frecuentemente (Schuldt, 2006; Nogales *et al.* 2008). *E. foetida* es de color marrón con bandas intersegmentarias pálidas y/o amarillentas (Pérez-Losada *et al.* 2005).

#### **1.5.2. Factores que regulan el proceso de vermicompostaje**

Los residuos orgánicos necesitan tener una adecuada mezcla con materiales estructurantes para obtener un sustrato poroso y aireado, evitándose así problemas de anaerobiosis, además de eliminarse posibles compuestos tóxicos (como el amonio), y regulándose además, parámetros como pH, conductividad eléctrica, relación C/N y concentración de metales pesados, adecuándolos de esta manera para su uso como alimento de las lombrices. En la condición artificial donde se desarrolla el vermicompost se puede observar que un gran aporte de alimento y el control de las condiciones ambientales favorecen a corto plazo, la rápida colonización del sustrato y una posterior superpoblación de lombrices. A partir de aquí disminuye la tasa

reproductiva, apreciándose además una disminución del tamaño de las lombrices, a pesar de la abundancia de alimento (Nogales *et al.* 2008). La exigencia de un medio húmedo para las lombrices está directamente relacionada con el mecanismo respiratorio de las mismas, ya que el intercambio gaseoso ocurre a través de la epidermis húmeda (Nogales *et al.* 2008); además, este factor afecta notablemente la reproducción de los individuos, por lo que la humedad del sustrato alimenticio debe controlarse mediante riegos periódicos, intentando mantener los niveles recomendados, que oscilan entre 50% y 90%, siendo 85% el valor óptimo para dicho proceso (Domínguez & Edwards, 1997).

La temperatura junto con la humedad, son los factores más influyentes en la actividad, crecimiento y reproducción de las lombrices. Los procesos de vermicompostaje deben llevarse a cabo en temperaturas comprendidas entre 10 y 35°C (Nogales *et al.* 2008), siendo la temperatura óptima 25°C. Generalmente, por debajo de 10°C se reduce la capacidad para alimentarse de los individuos y por debajo de 4°C, la producción de cápsulas y el desarrollo de las lombrices jóvenes cesa completamente. Por otra parte, temperaturas superiores a 30°C afectan indirectamente a las lombrices, ya que estas temperaturas templadas estimulan la actividad química y microbiana en el sustrato (residuos o mezcla de residuos), provocando así un incremento en el consumo de oxígeno, con efectos negativos sobre la supervivencia de las lombrices (Domínguez, 2004). El sustrato orgánico debe reunir unas condiciones de aireación óptimas para el desarrollo de las lombrices y el buen funcionamiento del proceso de vermicompostaje, ya que estos individuos no poseen órganos respiratorios especializados y realizan el intercambio oxígeno-dióxido de carbono mediante difusión, a través de la pared de su cuerpo (Domínguez, 2004). La aireación depende de las características físicas del propio medio, aunque las lombrices, con su propio desplazamiento, contribuyen al aumento de este parámetro. Concentraciones de oxígeno entre 55% y 65% se consideran normales (Edwards & Bohlen, 1996; Nogales *et al.* 2008), aunque éstas pueden verse reducidas por un exceso de agua o por la compactación del material, debido a una estructura “maciza” o bien por un exceso de peso en la litera. Cualquiera de estas circunstancias puede provocar la desaparición del volumen poroso destinado a contener aire, desarrollándose condiciones de hipoxia o anoxia (Melgar, 2003).

## 1.6. Características generales de los hongos saprófitos

Los hongos saprófitos se nutren de sustancias que se producen como resultado de la descomposición de la materia orgánica muerta (Muller, 1976). Para ello estos hongos están dotados de efectivos complejos enzimáticos, capaces de degradar fuentes de carbono complejas como la celulosa, la lignina o el almidón, en moléculas más sencillas y nutritivas como azúcares y aminoácidos. Estas enzimas presentan distintos grados de efectividad en la degradación de los sustratos, condicionando la mayor o menor especialización de los hongos saprófitos. Mientras algunos hongos aprovechan indistintamente materia orgánica de origen diverso, otros prefieren sustratos más específicos, como aquellos lignocelulolíticos capaces de degradar madera (France, 2002).

La descomposición o pudrición de la madera se traduce en una serie de cambios en sus propiedades físico-mecánicas como pérdidas de resistencia, peso, volumen o cambios de color. Las distintas especies de maderas presentan diferente susceptibilidad a las micosis en función de su densidad, permeabilidad, textura, contenido en fenoles, resinas, taninos, entre otros compuestos. En todos los niveles de explotación maderera se deben observar medidas preventivas. Las pudriciones de los árboles en pie se reducen evitando herir dichos árboles, para lo cual se debe controlar la operación de las máquinas durante las labores silvícolas (Vignote, 1996). En cuanto a la madera ya cortada, puede evitarse la entrada de hongos saprófitos con una serie de medidas como realizar los cortes en épocas frías, aserrando de inmediato al proceso de corte, almacenamiento aireado, secado controlado, impregnaciones especiales, etc. Los hongos saprófitos son capaces de degradar otros sustratos además de la madera. Así, son de especial interés ecológico aquellos descomponedores de los productos presentes en los horizontes del suelo. Algunos ejemplos de este tipo de saprófitos son los champiñones como *Agaricus macrosporus*, *Marasmius procera*. La diversidad y composición específica de este grupo de saprófitos en un determinado lugar dependerá de múltiples factores derivados de la naturaleza del sustrato, como el pH, fertilidad, textura (Lucas *et al*, 2001).

Hay autores que describen una sucesión de especies fúngicas saprófitas asociada a cambios en la composición química de dicho sustrato durante el proceso de descomposición. También señalan ciertas relaciones interespecíficas. Por ejemplo, algunos hongos lignícolas producen

carbohidratos solubles como subproductos de la descomposición de la lignina, que parecen favorecer la colonización posterior de otros saprófitos (Moorhead & Reynolds, 1992).

### **1.6.1. Hongos saprófitos de la madera**

Según Hunt & Garrat (1962) citado por Sampedro (2005), manifiestan que los hongos lignícolas pueden clasificarse en tres grupos de acuerdo a la naturaleza de su desarrollo en la madera y al tipo de deterioro que ocasionan. Los hongos lignívoros son los más importantes y son capaces de desintegrar las paredes de la célula y, por lo tanto, cambiar las características físicas y químicas de la madera; tal desorganización de la materia da lugar al estado llamado pudrición. En cambio, los hongos de mancha y los mohos suelen alimentarse de los compuestos orgánicos fácilmente digeribles almacenados en la madera y con frecuencia ejercen escasa o nula influencia sobre las propiedades de ésta. Los primeros causan coloraciones que pueden clasificarse como defectos, mientras que los mohos colorean pocas veces la madera, excepto en la superficie.

Los hongos lignívoros o de pudrición que pertenecen a los Basidiomycetes y Ascomycetes, degradan preferentemente uno o más componentes de la madera causando tres tipos de producción, conocidas como pudrición blanda, pudrición parda y pudrición blanca (Lucas *et al.* 2001).

#### **1.6.1.1. Hongos de la podredumbre blanca**

La degradación de la lignina, incluye una serie de cambios oxidativos, que conducen a la progresiva despolimerización y liberación de compuestos de bajo peso molecular, que son metabolizados hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (Reid & Seiferet, 1982; Chen & Chang, 1985). La degradación preferente de la lignina conlleva la acumulación de celulosa y hemicelulosa dando lugar a un color blanco al que se debe su nombre. Algunos hongos de pudrición blanca, como *Phanerochaete chrysosporium* y *Trametes versicolor* tienen un modo de degradación de la madera no selectivo, es decir, ellos degradan celulosa, hemicelulosa y lignina simultáneamente, mientras otros como *Cerioporiopsis subvermispora* o *Phlebia tremellosa*, degradan preferentemente la lignina. Sin embargo, estos hongos no están directamente relacionados solo con la degradación de la lignina en sustratos lignocelulósicos naturales (Becker & Sinitsyn, 1993;

Ataca, 1994) sino también en la degradación de varios compuestos xenobióticos (Pointing, 2001; Scheibner *et al.* 1997) incluidos tintes (Pasti-Grigsby *et al.* 1992; Paszczynski *et al.* 1992; Spadaro *et al.* 1992) así como dibenzodioxina policlorado, DDT (Bumpus *et al.* 1985), clorofenoles (Joshi & Gold, 1993) y carbonos aromáticos policíclicos (Bezalel *et al.* 1996; Collins *et al.* 1996). Los primeros estudios de degradación de xenobióticos por hongos de la podredumbre blanca, se llevaron a cabo con el hongo *Phanerochaete chrysosporium*. Está demostrado que este Basidiomicete es capaz de degradar DDT [1, 1-bis (4clorofenil) 2,2,2-tricloroetano], lindano ( $\gamma$ -hexaclorociclohexano), hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH) y dioxinas (Aust & Benson, 1993; Bumpus *et al.*, 1985; Cameron *et al.* 2000). Especies de *Pleurotus* pueden también degradar PAH y bifenoles clorados en cultivos con fermentación en estado líquido y sólido (Bezalel *et al.* 1996; Sedle *et al.* 1993).

También se ha descrito la capacidad de estos hongos como *P. Chrysosporium* (Sayadi & Ellous. 1991; Martirani *et al.* 2000; Kisis *et al.* 2001), *Pleurotus ostreatus* (Tomati *et al.* 1991; Martirani *et al.* 1996; Fountoulakis *et al.* 2002) y *Lentinus edodes* (D'Annibale *et al.* 1998) de llevar a cabo detoxificación del alpechín. Asimismo, se ha demostrado la detoxificación de mezclas de alpeorajo con astillas de madera por *Phanerochaete chrysosporium* (Linares *et al.* 2003).

#### **1.6.1.2. Hongos de la podredumbre blanda**

La pudrición blanda es la de menor importancia ya que se produce a nivel superficial. Se produce un reblandecimiento de los tejidos de la madera acompañado de una pérdida significativa de peso. Los hongos más característicos de este grupo son *Aspergillus* (Betts & King, 1991) o *Fusarium* (Anselmo & Novais, 1992; Carnicero *et al.* 1992). Estos hongos atraviesan las paredes secundarias de las células ya lignificadas, dando lugar a cavidades cilíndricas, a través de las cuales se introduce la hifa provocando la degradación preferente de los polisacáridos y en menor extensión de la lignina (Blanchette, 1991; Buswell & Odier, 1987).

### **1.6.1.3. Hongos de la podredumbre parda**

Estos hongos exhiben preferencia por celulosas y hemicelulosas, provocando una gran depolimerización de estos polisacáridos de la pared celular y una mínima degradación de la lignina (Buswell & Odier, 1987; Kir & Farell, 1987), con lo que se produce una acumulación de lignina que da lugar a un color pardo al que debe su nombre. Los hongos que producen este tipo de pudrición, pertenece a la clase Basidiomicetes, como por ejemplo los géneros *Lentinus*, *Polyporus* (Sampedro, 2005).

A fin de conseguir una óptima relación entre el árbol de palo santo y la presencia de hongos saprófitos que descomponen su madera, en esta tesis doctoral se incluye el análisis taxonómico a nivel morfológico y molecular de hongos saprófitos y se estudia el potencial biotecnológico, inoculando los hongos identificados en los residuos de los frutos, con el objeto de determinar su capacidad ligninolítica, celulolítica y hemicelulolítica.

## **1.7. Características taxonómicas de hongos biodegradadores del orden Xylariales**

### **1.7.1. Orden Xylariales**

El orden Xylariales Nannf. (Sordariomycetes- Ascomycota) contiene más de 92 géneros y 795 especies (Smith *et al.* 2003); forman parte de la diversidad de hongos ascomicetes donde se reporta 64 000 especies según Kirk *et al.* (2008). Estos hongos cumplen un papel importante en la descomposición de la materia orgánica como por ejemplo descomponen hojarasca ricas en lignina y celulosa y actúan en el ciclo de nutrientes (Newell, 2001; Lyons *et al.* 2003, 2010; Pin Ruan *et al.*, 2007; Márquez Sánchez *et al.*, 2007, 2008; Kodsueb *et al.*, 2008a, b; Osés *et al.*, 2008; Day & Currah, 2009). Además algunos de estos hongos pueden formar asociaciones benéficas como endo y ectomicorrizas (Gómez, *et al.* 2011; Medel *et al.* 2011), otros pueden ser parásitos en animales, plantas y en otros hongos (Berbee, 2001; Schoch *et al.*, 2009). Según Rogers, (1979, 2000) los hongos del orden Xylariales tienen un ascocarpo peritecial dentro de un estroma o cuerpo fructífero de color oscuro que puede estar más o menos bien desarrollado, estroma unipartido o bipartido, ascas cilíndricas con anillo apical amiloide que puede ser muy visible o muy reducido, ascosporas elipsoides a ovoides de color oscuro y lisas o de color claro y ornamentadas, con o sin apéndices, unicelulares o bicelulares, con o sin una línea germinal,

algunas pueden presentar una capa hialina o perisporio, la cual se desprende al contacto con hidróxido de potasio (KOH) al 10%.

### **1.7.2. Familia Xylariaceae**

Xylariaceae contiene 85 géneros y más de 1.300 especies (Kirk *et al.* 2008). Según Rogers (2000), es una de las familias de Ascomycota que tiene una alta diversidad en los países tropicales. En estas zonas quedan muchas especies por estudiar y descubrir (Kirk *et al.* 2008; Lodge *et al.* 2008; Hastrup & Læssøe, 2009). Muchas hongos de esta familia han sido encontrados exclusivamente en climas cálidos (Kirk *et al.* 2008) son endófitos, descomponedores de angiospermas y gimnospermas, patógenos de plantas y viven en asociación con las termitas (Petrini & Petrini, 1985; Rogers *et al.* 2005). Para Fournier *et al.* (2010), la familia Xylariaceae cumple un importante papel ecológico esencialmente en la descomposición de la materia orgánica. Esta función probablemente ha ocurrido durante su larga coevolución con las plantas de semilla. La aparición del estado teleomorfo sobre madera, está ligado al grado de descomposición de la misma, algunas especies se desarrollan sobre ramas y tallos que están muriendo o que acaban de morir, en donde la madera no se encuentra descompuesta, otros en contraste se desarrollan sobre madera que está altamente descompuesta (Chesters, 1950 citado por Whalley, 1996; Chapela & Boddy, 1988). Varios géneros de estos hongos tienen además gran capacidad para degradar celulosa y lignina, esta última que produce una podredumbre blanca (Nilsson *et al.* 1989 citado por Rogers 2000; Liers *et al.* 2006). Se ha informado que las especies de *Xylaria* son capaces de causar la podredumbre blanca, como la desintegración y pérdida sustancial de la lignina (Pointing *et al.* 2003). Morfológicamente los hongos de este género se caracterizan principalmente por contener ascocarpos periteciales (Rogers 1979, Rogers & Samuels, 1986).

### **1.7.3. Género *Xylaria***

El género *Xylaria* es uno de los 85 géneros reportados para la familia Xylariaceae (Xylariales, Sordariomycetes, Ascomycota). Existen más de 300 especies de *Xylaria*, las cuales se distribuyen de forma cosmopolita, en su mayoría preferentemente en los trópicos (Whalley, 1996; Trierveiler-Pereira *et al.* 2008; Medel *et al.* 2010). El género *Xylaria* se caracteriza por generar ascomas ramificados, cilíndricos o aplanados, generalmente de color oscuro, usualmente pueden

generar conidias en la parte apical y en la parte más basal forman los peritecios (Webster & Weber, 2007; Smith *et al.* 2003). Microscópicamente *Xylaria* presenta ascos unitunicados con anillo apical amiloide, ascosporas generalmente pigmentadas y en número de ocho, con probables variaciones en número menores a cuatro y superiores a treinta y dos (Webster & Weber, 2007; Barr, 1990; Hawksworth *et al.* 1995; Smith *et al.* 2003). Según Hladki & Romero (2010) en América del Sur se han desarrollado muy pocas investigaciones sobre el género *Xylaria*. Los principales estudios han sido desarrollados por Spegazzini (1902; 1909; 1919) y Dennis (1956, 1957, 1958a, 1970) quienes han añadido las especies de Argentina, Bolivia y Venezuela. Rogers *et al.* (1988) ha concluido un estudio sobre el género en Venezuela.

### **1.8. Técnicas de biología molecular en taxonomía de hongos *Xylaria* spp.**

La limitación de los caracteres morfológicos para diferenciar hongos estrechamente relacionados así como la laboriosidad requerida en su estudio y en algunos casos, la insuficiente resolución que proporcionan a nivel taxonómico, ha propiciado el uso de las técnicas moleculares (Guarro *et al.* 1999). El ADN ribosómico ha sido una de las regiones del ADN más utilizadas para realizar análisis filogenéticos de hongos (Hillis & Dixon, 1991; Bruns *et al.* 1992). La región del ADNr (Figura 1.7) incluye el gen 18S (esta región también se denomina SSU), el espaciador intergénico ITS1, el gen 5.8S, el espaciador ITS2 y el gen 28S (también denominado LSU). Las regiones 18S, 5.8S, 28S están relativamente conservadas entre los hongos, facilitando una base molecular para buscar relaciones filogenéticas a diferentes niveles (Iwen *et al.* 2002; Sugiyama *et al.* 2002; Untereiner *et al.* 2002). En los últimos años las técnicas moleculares más utilizadas en la taxonomía de hongos *Xylaria* spp. es el uso de la región ITS considerada como barcoding universal (Schoch *et al.* 2012) o la región LSU de ADNrn (Stadler *et al.* 2008; Mugambi & Huhndorf, 2009; Hsieh *et al.* 2010; Fournier *et al.* 2011; Suetrong *et al.* 2011; Ho *et al.* 2012; Ramesh *et al.* 2012).

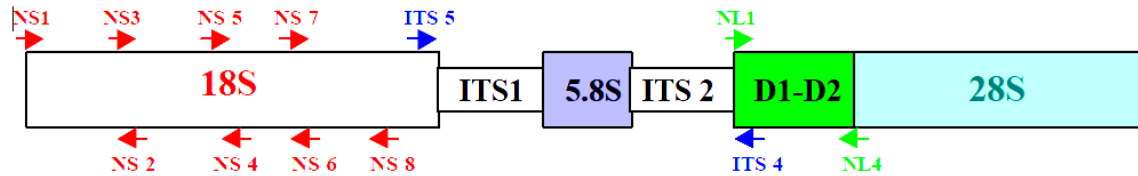


Figura 1.7. Representación esquemática de las regiones estudiadas del ADN ribosómico y los diferentes cebadores.

NS1:GTA,GTC,ATA,TGC,TTG,TCT,C; NS2:GGC,TGC,TGG,CAC,CAG,ACT,TGC;  
 NS3:GCA,AGT,CTG,GTG,CCA,GCA,GCC; NS4:CTT,CCG,TCA,ATT,CCT,TTA,AG;  
 NS5:AAC,TTA,AAG,GGA,ATT,GAC,GGA,AG; NS6:GCA,TCA,CAG,ACC,TGT,TAT,TGC,CTC;  
 NS7:GAG,GCA,ATA,ACA,GGT,CTG,TGA,TGC; NS8:TCC,GCA,GGT,TCA,CCT,ACG,GA;  
 ITS5:GGA,AGT,AAA,AGT,CGT,AAC,AAG,G; ITS4: C,TCC,GCT,TAT,TGA,TAT,GC. (White *et al.* 1990).  
 NL1:GCA,TAT,CAA,TAA,GCG,GAG,GAA,AA; NL4: GGT, CCG, TGT, TTC, AAG, ACG, G. (O'Donnell, 1993).

### 1.8.1. Filogenia molecular

La filogenia molecular establece las relaciones evolutivas entre organismos basándose en la comparación de caracteres moleculares, fundamentalmente entre las secuencias de ADN. Los diferentes métodos de filogenia molecular asumen que las diferencias observadas entre secuencias homólogas de diferentes seres vivos son el resultado de procesos evolutivos específicos. Así pues, los diferentes métodos pretenden ser modelos de estos procesos evolutivos, y poder así reconstruir las relaciones existentes entre esos organismos. Los métodos de filogenia molecular basados en secuencias de ADN se pueden diferenciar en dos grupos: los métodos basados en distancias genéticas y los métodos basados en caracteres conservados (Bruns *et al.* 1991; Hillis & Bull, 1993; Felsenstein, 1996; Berbee & Taylor, 1999).

#### 1.8.1.1. Métodos basados en las distancias genéticas

Uno de los métodos basados en distancias genéticas es el método de "*neighbour-joining*", o del vecino más próximo (Saitou y Nei, 1987) (Figura 1.8), que agrupa entre sí a las secuencias con menor distancia genética entre ellas, siguiendo el principio de mínima evolución propuesto por Saitou y Imanishi (1989). Así, el árbol obtenido es aquel en el que la suma total de las longitudes de las ramas es la menor.

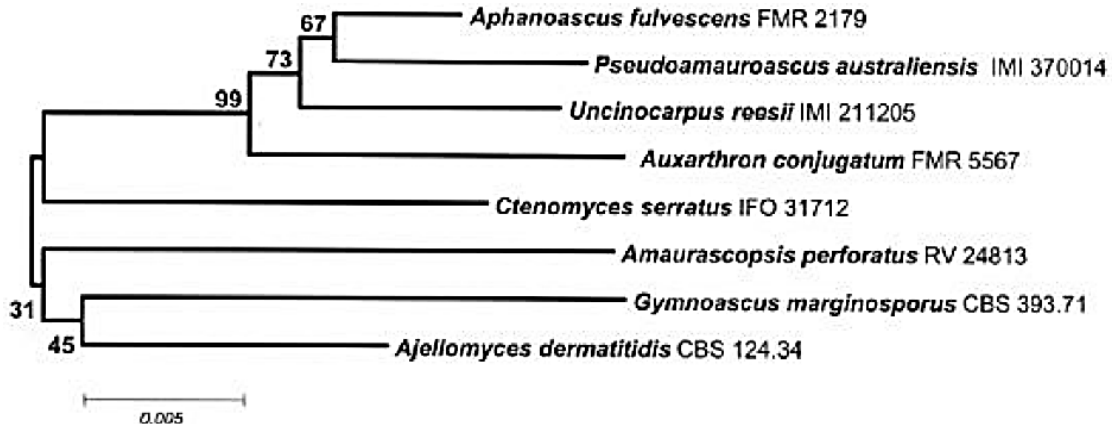


Figura 1.8. Tipo de árbol obtenido con el método de “*neighbour-joining*” (NJ).

### 1.8.1.2. Métodos basados en caracteres conservados

El método basado en caracteres conservados más utilizado es el de máxima parsimonia (Czelusmiak *et al.* 1990; Swofford (Olsen, 1990) (Figura 1.9). En él se calcula el número de cambios evolutivos que requiere cada uno de los árboles posibles. A dicho número se le considera como la longitud del árbol. De todos los árboles posibles se selecciona el que requiere un menor número de cambios (el árbol de menor longitud). Una vez obtenido el árbol, es necesario determinar el grado de fiabilidad del mismo. Existen diferentes métodos para determinarla, de entre ellos uno de los más utilizados es el análisis de “*bootstrap*” (Felsenstein, 1985; Hillis & Bull, 1993). Este método se basa en una reordenación al azar de los datos originales que genera una serie de árboles-réplica, y calcula el porcentaje de conservación de cada una de las ramas del árbol original a lo largo de los diferentes árboles-réplica. De esta forma establece el índice de “*bootstrap*” para cada rama del árbol original.

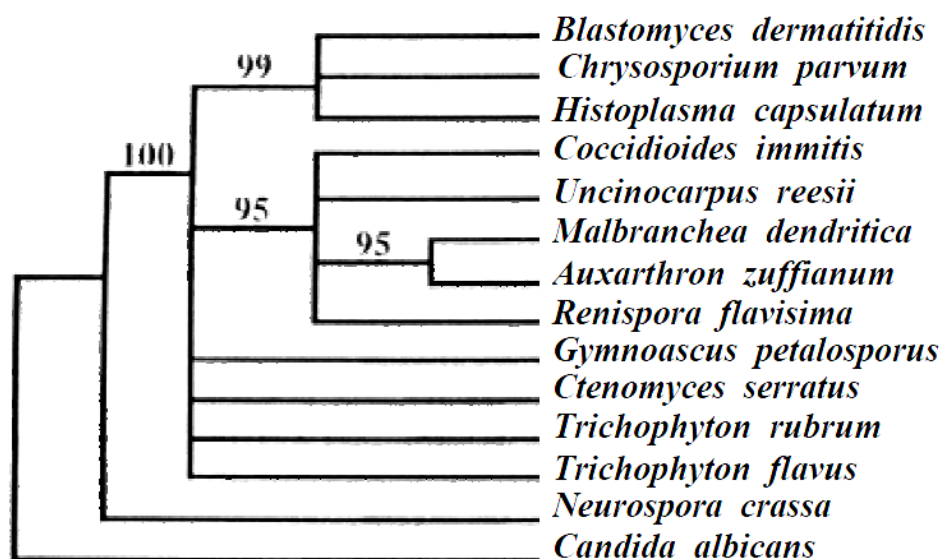


Figura 1.9. Ejemplo de árbol obtenido mediante el método de parsimonia.

## 1.9. Biotransformación de materiales lignocelulósicos

La biodegradación de residuos de origen vegetal para su empleo como fuente energética renovable así como para la obtención de productos químicos, adquiere cada vez un mayor interés en un mundo donde los recursos naturales se convierten en un claro factor limitante del desarrollo. Los materiales lignocelulósicos constituyen por encima del 90% del peso seco de las células vegetales. Por su abundancia, los residuos lignocelulósicos han atraído desde décadas la atención de los investigadores de cara a su aprovechamiento. Este tipo de residuos se pueden considerar como complejos macromoleculares de polisacáridos (celulosa, hemicelulosa) y lignina. Los polisacáridos constituyen entre el 50 y el 70% de la biomasa de las plantas vasculares y la lignina constituye entre un 15 y un 30% (Reid, 1995). La proporción de los distintos polímeros varía dependiendo de la especie, así como de la edad y de la parte de la planta. Como media los materiales lignocelulósicos contienen alrededor de un 45% de celulosa, un 30% de hemicelulosa y un 25% de lignina (Lucas *et al.* 2001).

### 1.9.1. Celulosa y enzima celulasa

La celulosa es un homopolímero de cadena lineal formado por moléculas de glucosa unidas a enlaces 1,4-beta-glucósidos. Es probablemente el compuesto biológico de naturaleza polimérica más abundante en la naturaleza (Ramírez & Cocha, 2003). Es un compuesto fundamental de la

pared de las células vegetales, donde se encuentra íntimamente asociada con otros polisacáridos (tales como hemicelulosas y pectinas) y con la lignina (Lucas *et al.* 2001). La celulosa es un componente abundante en los residuos agrícolas y de la manufactura de productos madereros; representa entre un 40 y 60% del total de residuos sólidos municipales, residuos que corrientemente se queman, entierran o abandonan y raramente se incorporan al ciclo industrial (Mandels *et al.* 1974).

Las celulasas son una mezcla de enzimas que degradan la celulosa a su componente monomérico más sencillo, la glucosa (Quintero *et al.* 1981). Su origen puede ser vegetal o pueden ser producidas por microorganismos. Se ha reportado la participación de al menos tres enzimas involucradas en la hidrólisis de celulosa: la endo- $\beta$ -1,4-glucanasa, rompe la molécula de celulosa para producir cadenas libres; la exo- $\beta$ -1,4-glucanasa, produce unidades de celobiosa a partir de cadenas no reductoras y la beta-1,4-glucosidasa, hidroliza la celobiosa a glucosa (Duff & Murray, 1996).

### **1.9.2. Lignina y enzima lacasa**

La lignina es el componente más destacado de los tejidos leñosos en los órganos de conducción y sostén. Este polímero se encuentra en la pared celular de la mayoría de las plantas (gimnospermas y angiospermas), helechos y algunos hongos, predominando en los tejidos vasculares. En la pared celular, está asociada íntimamente con hemicelulosas, formando una matriz que rodea a las fibrillas de celulosa altamente ordenadas (Lucas *et al.* 2001). En los tejidos conductores, la lignina desempeña importantes funciones como la de proporcionar la dureza e impermeabilidad necesarias para la conducción de agua y sales minerales y proteger a los polisacáridos celulosa y hemicelulosa del ataque enzimático microbiano (Higuchi, 1990). En definitiva, su presencia en las paredes celulares proporciona a los tejidos una vida más larga por ser un elemento difícilmente degradable (Lucas *et al.* 2001).

La enzima lacasa se encuentra ampliamente distribuida en plantas y hongos degradadores de la lignina, lo que permite suponer que esta enzima cumple un papel importante en la deslignificación de la madera y de la pulpa (Ramírez *et al.* 2003). Está presente en un número elevado de especies de hongos, sobre todo los hongos de la podredumbre blanca y parda

(Kantelinen *et al.* 1989). Bajas concentraciones de varias lacasas se producen en la madera y en cultivos de hongos sumergidos, mientras que altas concentraciones son inducidas por la adición de compuestos aromáticos como la xilidina y el ácido ferúlico (Bourdbonais & Paice, 1992). Gianfreda *et al.* (1999) reportan las lacasas (*p*-difenol:oxígeno oxidorreductasas) como glicoproteínas extracelulares que contienen cobre y un peso molecular en el rango de 60.000 y 80.000. Tienen la capacidad de reducir el oxígeno molecular a dos moléculas de agua y simultáneamente trabajan en la oxidación de un electrón de muchos sustratos aromáticos (Thurston, 1994). El rango de sustratos oxidables es amplio, e incluye polifenoles, fenoles sustituidos, aminas aromáticas y diaminas (Bezalel & Cemiglla, 1996). Las lacasas conservan su actividad en un rango de pH de 3 a 10 y en un rango de temperatura de 5 a 55°C (Ramírez *et al.* 2003).

### **1.9.3. Hemicelulosa y enzima xilanasa**

Las hemicelulosas son heteropolisacáridos altamente ramificados y generalmente no cristalinos (Glazer & Nikaido, 1995). Contienen azúcares tales como pentosas, hexosas y ácidos urónicos y muestran un grado de polimerización mucho menor, inferior a 200 restos de azúcar (Lucas *et al.* 2001). Las hemicelulosas engloban a un grupo de polisacáridos solubles en soluciones básicas, capaces de unirse a la celulosa a través de puentes de hidrógeno. En las gramíneas, la mayoría de la hemicelulosa son xylanos (con ramificaciones de arabinosa y ácidos glucurónicos) (Bach & Calsamiglia, 2006).

Las xilanasas constituyen un complejo enzimático responsable de la hidrólisis de xilano, siendo las principales enzimas involucradas la endo-1,4  $\beta$  xilanasa, que rompe los enlaces glucosídicos de la cadena principal de xilano produciendo oligómeros de  $\beta$ -D xilopiranosil, y la  $\beta$ -xilosidasa que hidrolizan xilobiosa y xilanoooligosacáridos (Polizeti *et al.* 2005). Las xilanasas son producidas por una gran variedad de microorganismos, entre los cuales se encuentran bacterias, levaduras y hongos. Los hongos filamentosos son la fuente principal de hidrolasas, incluyendo celulasas y xilanasas (Izarra *et al.* 2010).

#### **1.9.4. Enzimas de hongos *Xylaria* implicados en la degradación de la lignina, hemicelulosa y celulosa**

Los hongos del género *Xylaria* tienen la capacidad de producir enzimas hidrolíticas extracelulares. *Xylaria spp.* han sido utilizados en experimentos de degradación fúngica, en donde se ha demostrado que producen enzimas como celulasa (Bezerra *et al.* 2012), lacasa (Chaparro, *et al.* 2009; Bezerra *et al.* 2012; Rodrigues *et al.* 2014) y xilanasas (Rodrigues *et al.* 2014).

#### **1.10. Objetivos**

Los objetivos generales planteados en esta tesis son dos: (I) adquirir conocimiento e información de base para la adecuada gestión sostenible y autosuficiente de la explotación del fruto de palo santo (*B. graveolens*); y (II) evaluar la posibilidad de valorización del principal residuo de la extracción de aceite esencial a partir del fruto de palo santo, mediante procesos de biocompostaje e inoculación de hongos saprófitos nativos.

Estos objetivos centrales se vertebran a través de los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y caracterizar socioeconómicamente las comunidades campesinas que aprovechan el bosque seco y los frutos de *B. graveolens*.
- Caracterizar la estructura y composición florística del bosque seco, con el fin de conocer la diversidad de especies que habitan en la zona que puedan servir además para futuros estudios.
- Evaluar las variables dasométricas y dendrológicas del árbol *B. graveolens* con el propósito de conocer las potencialidades de la especie.
- Determinar el conocimiento local sobre el uso y manejo de los árboles *B. graveolens*, a fin de identificar fortalezas y debilidades en el aprovechamiento de la especie.

- Evaluar la posibilidad de utilización de los residuos de los frutos de *B. graveolens* biodegradados con *Eisenia foetida* como potenciales enmiendas orgánicas del suelo.
- Caracterizar morfológicamente y molecularmente hongos saprobios Xylariales (Ascomycota) que se desarrollan en madera descompuesta de *B. graveolens*, con el fin de estimar su diversidad genética.
- Determinar las actividades enzimáticas de los hongos inoculados sobre los residuos de los frutos de *B. graveolens* y explorar su uso biotecnológico.
- Caracterizar bioquímicamente los residuos biodegradados del fruto de *B. graveolens* antes, durante y después del crecimiento de los hongos estudiados.
- Elaborar un plan de manejo para el bosque seco tropical con especial énfasis en el manejo sostenible de *B. graveolens*.

## **CAPÍTULO II**

### **IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN SOCIO-PRODUCTIVA DE COMUNIDADES CAMPESINAS RECOLECTORAS DE FRUTOS DE *B. graveolens***

## 2.1. Introducción

El manejo comunitario de bosques y la implementación de la agroforestería surgieron como consecuencia de las necesidades de supervivencia humana (Willians & Baines, 1993). La transmisión de las prácticas ancestrales de generación en generación, han servido de base para el desarrollo del conocimiento ecológico tradicional (CET) (Fedele *et al.* 2011). En las últimas décadas, este tipo de conocimiento se ha convertido en un importante tema de discusión y constituye una alternativa viable para el conocimiento científico (Salmón, 1996; Richards, 1997); en especial ha sido reconocido por tener una importancia fundamental en la gestión de los recursos locales (Turner *et al.* 2000). La conservación de este tipo de sabiduría ha permitido a muchas comunidades campesinas atesorar los servicios ambientales, económicos y de aportación de materias primas que los sistemas agroforestales (SAF) ofrecen en su vida cotidiana (Jose, 2009); por ejemplo, estos sistemas aportan en la conservación de la biodiversidad y mejoran la fertilidad de los suelos (Schroth & Sinclair, 2003; Schroth *et al.* 2004), contribuyen significativamente en la mitigación del cambio climático, aportan con un número mayor de árboles de uso múltiple en las explotaciones agrícolas y almacenan carbono en sus múltiples especies de plantas y en el suelo (Montagnini, 2004; Soto-Pinto *et al.* 2010; Mbow *et al.* 2014).

Sin embargo, cuando las comunidades campesinas abandonaron el CET y eligieron nuevas tecnologías, se produjo impactos ambientales (Guadagnin & Gravato, 2013; Menegassi & Capelotto, 2013). El mal uso de la motosierra, del fuego, la tala de bosques, el cambio de uso del suelo, la introducción de especies exóticas, la sobre explotación de plantas nativas y del agua dulce, están llevando al límite la sostenibilidad de los ecosistemas (Vitousek *et al.* 1997; Foley *et al.* 2005; Espinosa *et al.* 2012). Por ello Ghimire *et al.* (2004) y Baldauf & Maes Dos Santos (2013) manifiestan que es de suma importancia estudiar a las poblaciones rurales, ya que son los usuarios directos de los recursos naturales, mucho más si en algunas ocasiones lo realizan bajo el enfoque de la revolución verde. El entender cómo las actividades humanas han llevado a convertir vastas áreas de bosques en zonas perturbadas, sólo se logra con un estudio minucioso de las poblaciones locales (Bush & Colinvaux, 1994; Chazdon, 2003).

En los bosques americanos, Gómez-Pompa & Kaus (1990) manifiestan que los impactos humanos no se remontan directamente a la época de la colonia Española donde hubo una gran

explotación de recursos, sino que este problema aparece desde hace mucho tiempo atrás, desde la ocupación temprana de los seres humanos en las regiones tropicales. En las Américas, no solamente las actividades humanas han provocado impactos ambientales. Algunos eventos naturales también son responsables de los cambios de los bosques; por ejemplo, en Sur América han existido varios periodos de sequía extrema o periodos de congelamiento que han impactado los ecosistemas y que produjeron transformaciones en los bosques y afectaciones en las poblaciones humanas (Hinojosa & Villagrán, 1997; Bush *et al.* 2007; Whitney *et al.* 2014). Acuna-Soto *et al.* (2005) en su investigación determinaron que la sequía extrema impactaron en los ecosistemas y que las epidemias y la falta de agua, llevaron al colapso de culturas como los Zapotecas, Mixtecas y Cholula en Mesoamérica; en Ecuador desapareció la cultura Zapallal víctima de este suceso (Moncayo, 2012). Por ello, el entender las transformaciones en los bosques no solamente debe considerarse en el contexto actual, sino que se debe realizar un análisis histórico que incluya el impacto de los eventos naturales, las políticas implementadas y las actividades humanas. Con esta información y con datos actuales que permitan identificar las características, fortalezas y debilidades de las comunidades rurales, se logra entender la dinámica de transformación de los bosques (Rubino & Haenlein, 1996; Castel *et al.* 2003) y la adecuada gestión del mismo.

En este contexto, el propósito de este capítulo fue identificar las comunidades campesinas que aprovechan los recursos de *B. graveolens* y determinar su ubicación geográfica en base al uso de tecnologías como los sistemas de información geográfica (SIG). La transformación del BST en el tiempo se determinó realizando un análisis fundamentado en el juicio endógeno campesino y a través de la revisión de documentos históricos de la zona. El estatus socio-productivo fue determinado por medio de un censo poblacional, aplicación de encuestas y entrevistas semiestructuradas a personas claves de las comunidades que aprovechan los recursos de *B. graveolens*. Los resultados obtenidos de este estudio permitieron entender la dinámica de transformación de los recursos de la zona y determinar la situación actual del ecosistema; estos datos servirán como información de base para la gestión adecuada de los recursos del BST del sur occidente de Ecuador.

## 2.2. Materiales y métodos

### 2.2.1. Identificación de las comunidades campesinas

Los primeros acercamientos con las comunidades campesinas que aprovechan los recursos de *B. graveolens* se lo hizo mediante los métodos propuestos por Kenny *et al.* (1999) y Geilfus (2002). Se realizó un análisis del entorno externo e interno de las comunidades y se aplicó entrevistas semi-estructuradas siguiendo el método de Midgley (2007) (Figura 2.1). Esto permitió identificar las personas claves y líderes comunitarios.

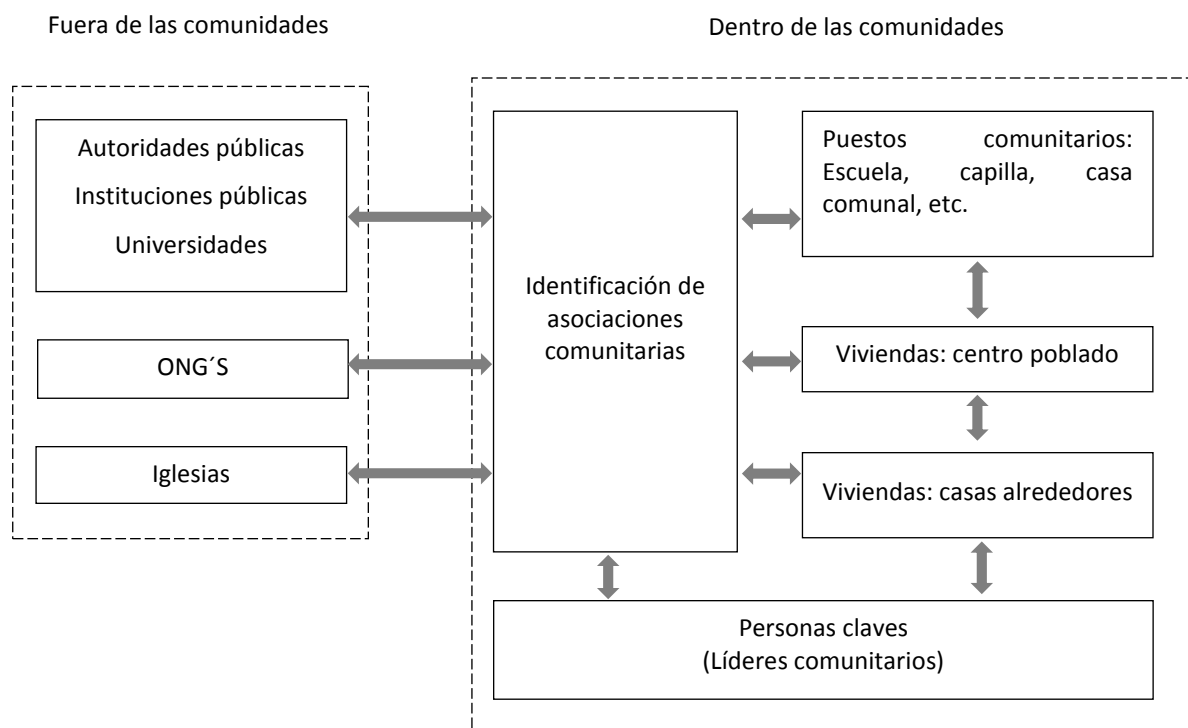


Figura 2.1. Esquema de la estrategia adoptada para el acercamiento a las comunidades objeto de estudio para identificar las personas claves y grupos comunitarios.

### 2.2.2. Localización geográfica

La zonificación se realizó a través del mapeo participativo adaptado de los métodos de McCall & Minang (2005) y Gilmore & Young (2012). Los pasos metodológicos de este método se detalla a continuación:

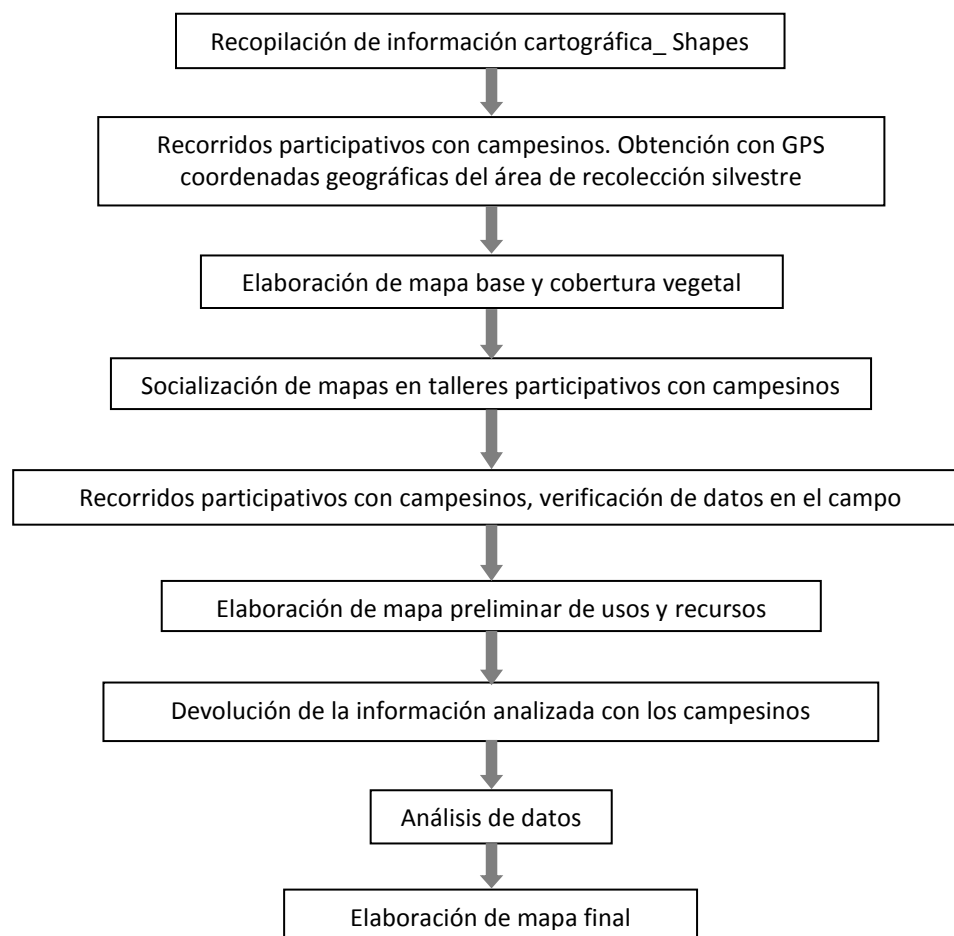


Figura 3.2. Diagrama sobre las tareas concatenadas que se llevó a cabo para el levantamiento de mapeo participativo.

### 2.2.2.1. Recopilación de información cartográfica base

La información georreferenciada (shapes) corresponde a la provincia de Loja y al cantón Zapotillo. Los shapes fueron examinados con el programa ArcGis 9.3 (ESRI, Redlands, CA). La información consta de:

- Shapes del proyecto Manejo comunitario de bosques secos y microcuencas de la parte suroccidental de la provincia de Loja (2001). Se obtuvo el mapa de cobertura vegetal sobre los tipos de bosque seco.
- Shapes del Programa forestal de la provincia de Loja (GPL, 2004). Se obtuvo los mapas base, uso potencial del suelo, red hidrológica y vialidad.
- El departamento de SIG – UTPL facilitó la imagen satelital Landsat TM del año 2006.

### **2.2.2.2. Recorridos participativos con campesinos**

Con los líderes campesinos identificados en el grupo de tareas anterior, se realizaron recorridos participativos alrededor de la zona dónde se desarrolla *B. graveolens*. Identificada la zona fueron tomadas las coordenadas UTM que posteriormente sirvieron para delimitar el perímetro, la superficie y elaborar el mapa base.

### **2.2.2.3. Elaboración del mapa base**

Con la información obtenida (shapes), las coordenadas UTM y análisis de la imagen satelital Landsat TM-2006, con el programa ArcGis 9.3 (ESRI, Redlands, CA) se elaboró el mapa base a escala 1:70000. Esta actividad tuvo el objetivo de determinar el perímetro, el área del valle de recolección de frutos de *B. graveolens* y comprobar la toponimia con los nombres propios del lugar referente a quebradas, ríos y senderos (Gelling, 1991).

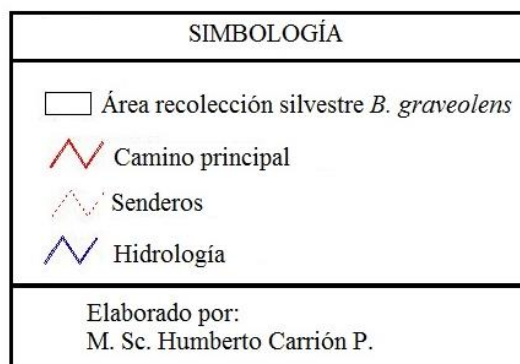
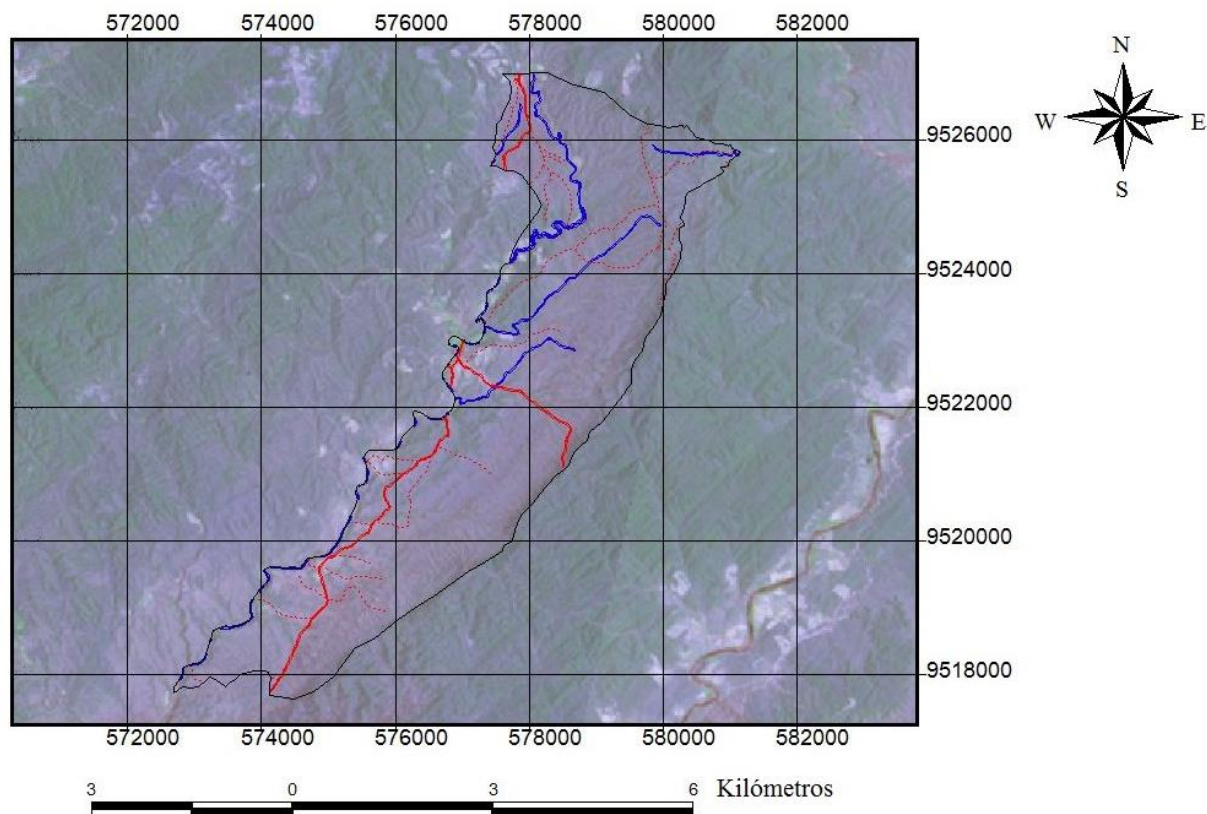


Imagen 2.1. Mapa base del área de recolección silvestre de *B. graveolens*.

#### 2.2.2.4. Elaboración del mapa de cobertura vegetal

La información georreferenciada sobre los tipos de bosque seco del cantón Zapotillo a escala 1:70000 fue revisada del estudio desarrollado por el proyecto Manejo comunitario de bosques secos y microcuencas de la parte suroccidental de la provincia de Loja (2001). Se elaboró el mapa de cobertura vegetal de la zona de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens* utilizando la extensión GeoProcessing Wizard (Vatalis & Monaliadis, 2002) (Figura 2.3).

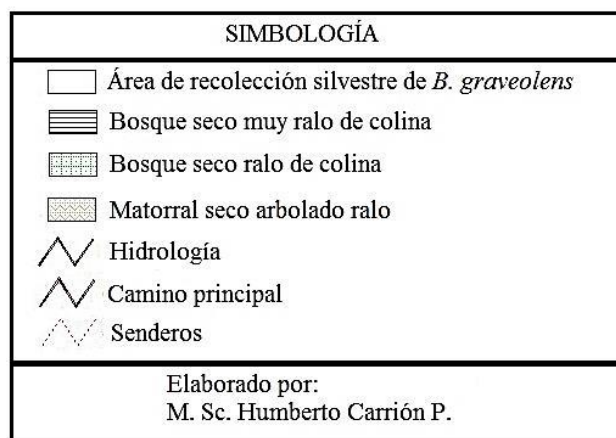
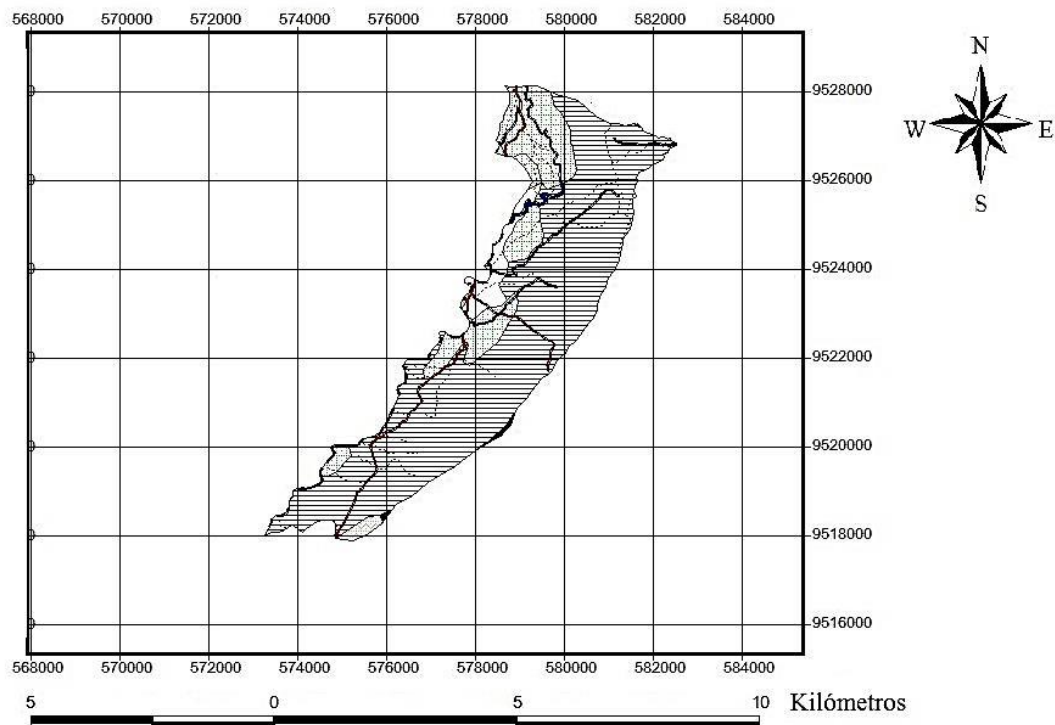


Figura 2.3. Mapa de cobertura vegetal proyecto Bosque Seco. Área de recolección silvestre de *B. graveolens*.

#### 2.2.2.5. Talleres participativos

Elaborados el mapa base y el mapa de cobertura vegetal se ejecutaron talleres en las comunidades para determinar el conocimiento endógeno (Brown & Fraehlich, 2012; Freeman *et al.* 2014). Fueron empleadas herramientas de diagnóstico rápido conforme los métodos de Geilfus (2002) y Takasaki & Barham (2000). Los objetivos de los talleres fueron:

- Conocer el uso actual de los recursos forestales.
- Comprender el proceso histórico de uso o desuso del bosque.
- Analizar los principales problemas relacionados con la conservación de este ecosistema.

Socializamos los mapas en formato A2 con personas representantes de las comunidades de Malvas y Chaquiro (Imagen 3.2). Con los criterios de los participantes se identificaron los usos históricos de los recursos naturales; para ello se elaboraron histogramas y mapas parlantes. Los mapas parlantes corresponden: 1. mapa del pasado; 2. mapa del presente y 3. mapa del futuro (Reyes-García *et al.* 2012).



Imagen 3.2. Taller participativo para el levantamiento de información en el BST del sur de Ecuador; **a.** y **b.** Comunidad de Malvas. **c.** Matriz presentando el uso histórico de los recursos naturales.

### 2.2.2.6. Recorridos de verificación

Con la información recabada en los talleres, se realizaron recorridos de verificación con moradores de las comunidades (Imagen 2.3) a fin de comprobar los límites del área de aprovechamiento, actualizar la toponimia y obtener datos georreferenciados con el uso del GPS, conforme lo planteado por Reyes-García *et al* (2012). El mapa de cobertura vegetal corregido conforme al conocimiento local también fue utilizado para las misiones de verificación.



Imagen 2.3. Recorridos participativos para el levantamiento de información en el BST del sur de Ecuador; **a.** Recorridos con moradores de Chaquiro para obtención de datos georreferenciados; **b** y **c.** Recorridos con moradores de Malvas.

### 2.2.2.7. Elaboración del mapa de usos y recursos naturales

El trabajo de gabinete consistió en rectificar el mapa base y el mapa de cobertura vegetal con la información dada por los campesinos. Esta actividad se realizó utilizando el programa ArcGis 9.3 (ESRI, Redlands, CA). Posteriormente se ejecutó el traslape de información (Neukermans *et al.* 2010) como se indica en la Figura 2.4. Esto permitió identificar las áreas de conflicto de uso, zonas con requerimientos de conservación, recuperación o protección; así mismo permitió el análisis y elaboración final de la zonificación del territorio.

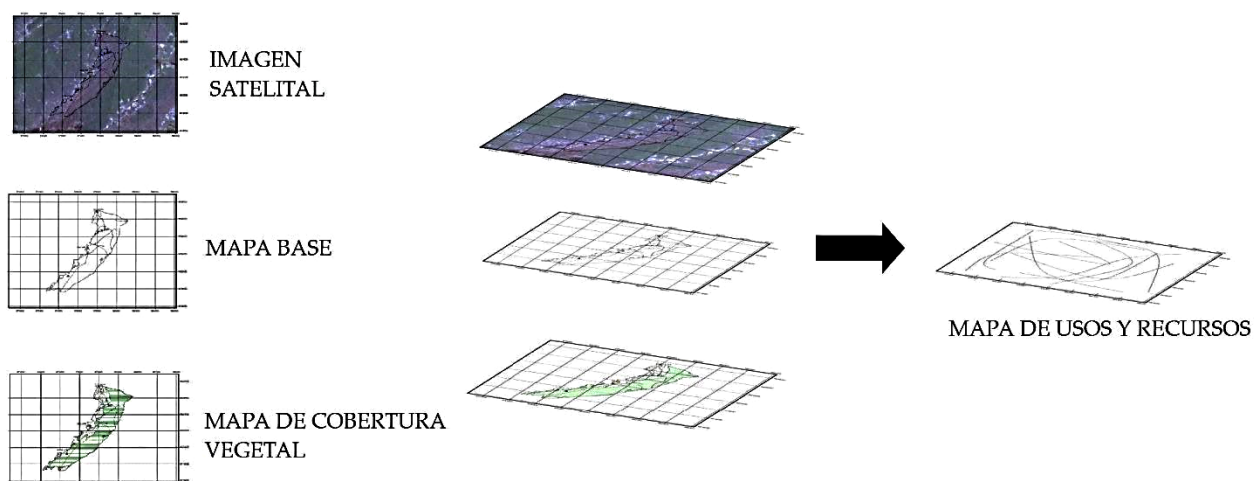


Figura 2.4. Proceso de traslape de mapas temáticos. ArcGis 9.3.

Además se utilizó la información de la visión comunitaria en base a los mapas parlantes, la información en las encuestas y entrevistas (datos facilitados por los informantes claves) y las observaciones realizadas en los recorridos de campo.

#### 2.2.2.8. Devolución de la información

Los resultados obtenidos fueron nuevamente analizados con los campesinos y se recibieron resoluciones sobre la información cartografiada en el mapa de usos y recursos naturales. Esta actividad se la realizó a través de reuniones participativas conforme lo plantean Brown & Fraehlich (2012) y Freeman *et al.* (2014).

#### 2.2.3. Análisis histórico

Se revisó información secundaria siguiendo las recomendaciones de López (1998) en relación a artículos científicos, libros históricos y tesis de grado que tratan sobre la cultura ancestral, uso de los recursos naturales y políticas implementadas en la provincia de Loja.

## 2.2.4. Caracterización socioeconómica

### 2.2.4.1. Censo comunitario

En vista que en el censo nacional (INEC, 2010) los datos de la población objeto de estudio corresponden a los totales a nivel de parroquia, se vio la necesidad de determinar la poblacional de las comunidades que aprovechan los frutos de *B. graveolens* a través de un censo comunitario (Phélan, 2009; Marcano *et al.* 2010). Se analizó la Image DigitalGlobe de Google earth, en la cual se hizo una exploración preliminar del número de casas que se encuentran por cada comunidad campesina (Imagen 3.4). Con los líderes comunitarios se recorrieron las casas y se aplicó el censo que se presenta en el Anexo 2.1. Para evitar errores se empleó el método propuesto por Phelán (2009), que consiste en ir por varias ocasiones al domicilio de la persona seleccionada para el levantamiento de información (cuando ésta no fue encontrada en una primera visita), realizándose otros intentos en días u horas distintos.

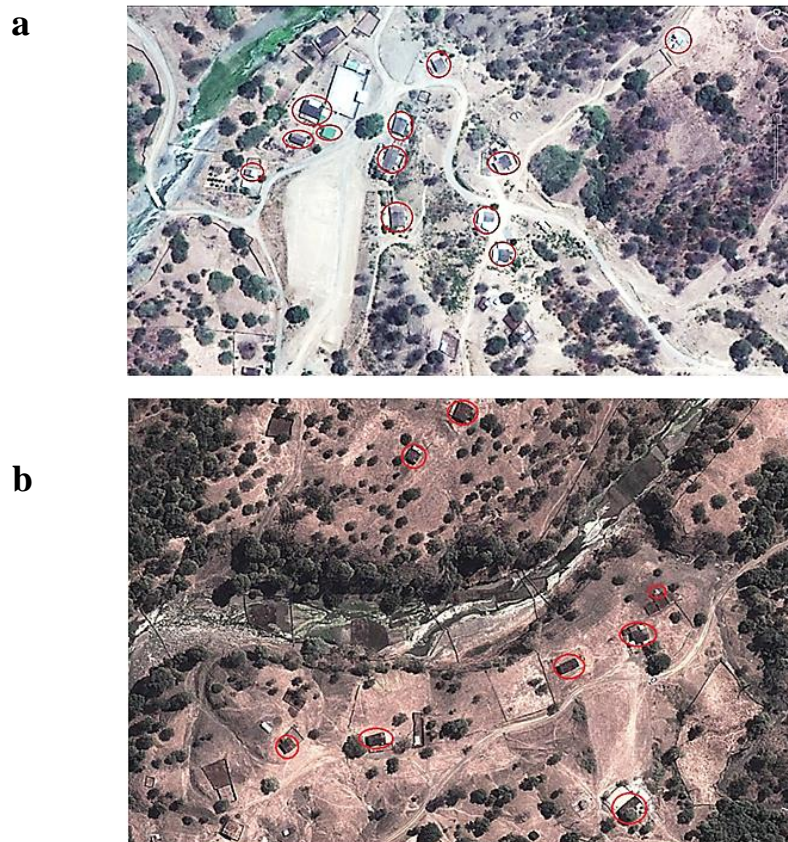


Imagen 3.4. ○ Exploración preliminar del número de casas por cada comunidad campesina; **a.** Comunidad de Malvas; **b.** Comunidad de Chaquiro.

#### **2.2.4.2. Socioeconomía campesina**

Con la población determinada del censo comunitario consideramos el total de la población adulta comprendida entre edades mayores a 26 años; estas personas adultas y ancianos fueron consideradas como los mejores informantes (Monroy-Ortiz *et al.* 2009). La encuesta y la guía para las entrevistas se realizaron conforme las metodologías de Kenny *et al.*, (1999) y Monroy-Ortiz *et al.*, (2009). En la encuesta se agruparon preguntas y respuestas por temáticas como demografía (sexo y edad), nivel de escolaridad (básico, bachillerato y profesional), población en edad económica, distribución de la población según el tipo de vivienda, principales actividades en las comunidades (PEA), problemas comunitarios y tenencia de la tierra.

#### **2.2.4.3. Análisis de datos**

El procesamiento de los datos se realizó con el programa SPSS Statical Software Versión 15.0 (SPSS Inc, Chicago) que incluyó un análisis de estadística descriptiva. También se determinó por cada aspecto socio-productivo la frecuencia y el porcentaje. En la determinación de los principales problemas ambientales, con los criterios de los campesinos y campesinas se desarrolló el árbol de problemas causa y efecto (Silva, 2003).

### **2.3. Resultados**

#### **2.3.1. Identificación de los principales actores**

La identificación de los actores involucrados en el aprovechamiento de frutos de *B. graveolens* se presenta en la Figura 2.5. Los campesinos son considerados responsables directos de las decisiones y actividades que se realizan en el ecosistema. Ellos hacen el uso directo de los recursos del bosque y en consecuencia sus actividades productivas determinan el destino de este ecosistema (Grau *et al.* 2008). Los campesinos son mestizos como la mayoría de ecuatorianos y latinoamericanos (Wade, 2005; Bauer, 2012), por lo que no se puede afirmar que estas personas pertenezcan a pueblo o nacionalidad indígena, que por lo general conservan prácticas ancestrales acordes al manejo sostenible de los recursos naturales.

Sus interacciones con el bosque seco corresponden a actividades como recolección de leña, madera y productos forestales no maderables, siembra de cultivos y pastoreo intensivo de ganado caprino (*Capra hircus* L.). A partir del año 2000, y gracias a la intervención de la ONG Naturaleza y Cultura Internacional (NCI), los campesinos han ido dando importancia a la conservación del bosque; actualmente están organizados en la asociación comunitaria denominada Bolívar Tello. En ella se encuentran los principales cosechadores de frutos de *B. graveolens* quienes son actores directos del plan de aprovechamiento de recolección. Este plan viene ejecutándose anualmente, bajo el apoyo de NCI y la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). El plan es un requisito legal para que el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) otorgue el respectivo permiso de explotación de este recurso.

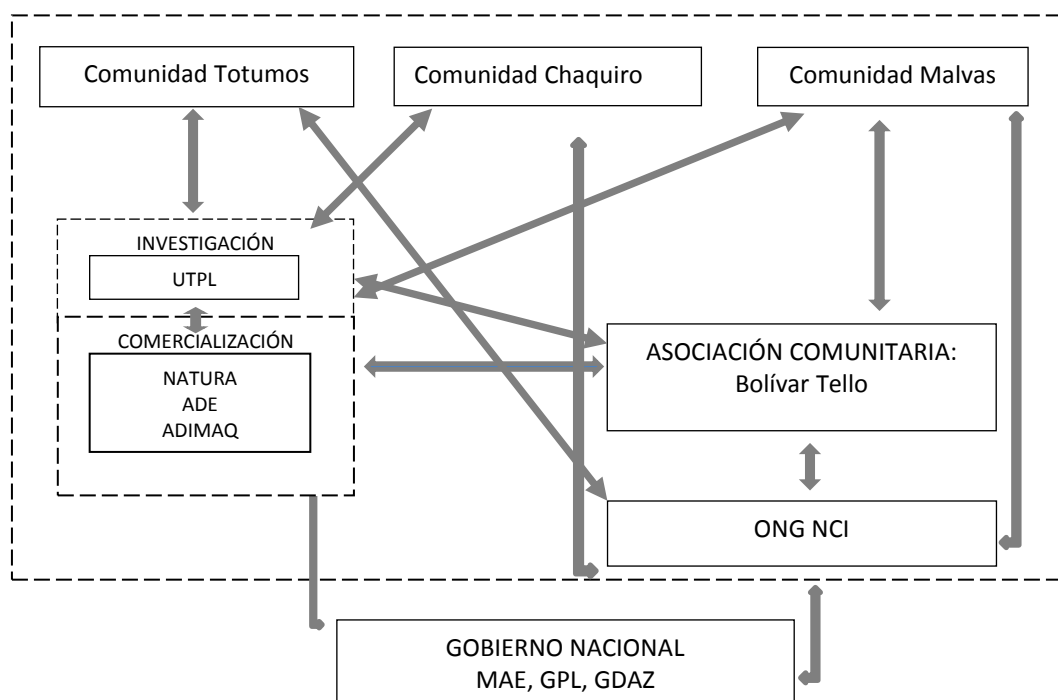


Figura 3.5. Identificación de los principales actores involucrados en el aprovechamiento de frutos de *B. graveolens*. Las cajas representan los grupos de interés identificados como implicados en la gestión del ecosistema. Cajones con línea entrecortada representan a las entidades externas que aportan en la gestión; y, las flechas indican las interacciones entre ellos.

En el campo investigativo la UTPL viene desarrollando estudios referentes a determinar el banco de semillas en el suelo, biodiversidad de insectos saprófilos que conforman el bosque seco y

apoya la gestión y participación local para el aprovechamiento sostenible de los desechos orgánicos de *B. graveolens*. Cabe señalar que la UTPL en el año 2006 gracias a una investigación de pregrado reveló los porcentajes de aceites esenciales contenidos en los frutos de *B. graveolens* (Salas & Saragozín, 2006), determinándose que éstos son mayores a los contenidos en la madera (Noge & Becerra, 2009). Paralelamente, se desarrolló una técnica de extracción (patentado por la UTPL) que permitió avanzar significativamente en la posibilidad de hacer un uso sostenible de esta especie, pues hasta esa fecha, las experiencias conocidas solamente habían considerado la extracción de aceite a partir de la madera, lo que implica cortar y destruir el árbol.

Otros actores primordiales son las empresas importadoras de aceite esencial de *B. graveolens*. La empresa NATURA de Brasil, al ser informada por el MAE sobre el innovador proceso de extracción visitó la UTPL para constatar esta realidad, así como la calidad química y organoléptica del aceite esencial. De esta manera se inicia un proceso de investigación y extensión entre la UTPL y las familias campesinas donde se colecta el fruto bajo la coordinación de Naturaleza y Cultura Internacional (NCI) y la empresa brasileña NATURA. En este contexto los campesinos han sido capacitados para realizar la colecta y manejo post-cosecha de los frutos, con el fin de que se garantice la calidad del aceite y cause los menores daños al ecosistema.

Los diferentes niveles de gobierno también fueron reconocidos como actores trascendentales: el Gobierno Provincial de Loja (GPL), el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo (GADZ) y el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), no sólo por su responsabilidad de hacer cumplir las políticas nacionales sino también por su influencia en las ideas para el desarrollo en las comunidades.

### **2.3.2. Uso histórico de los recursos naturales**

En la Figura 2.6 se logró diseñar una línea de tiempo ambiental de la zona de aprovechamiento de los frutos de *B. graveolens*, donde se describe los periodos y los hitos más importantes en la transformación del BST.

### 2.3.2.1. Primeros habitantes

En el período 900 a 1470 (Figura 2.6), los primeros pobladores de lo que hoy se conoce como cantón Zapotillo pertenecieron a las extintas etnias Zapallal y Chimú que habitaron el sur de Ecuador y norte de Perú (Covey, 2008; Lima *et al.* 2011; Moncayo, 2012). La cultura Zapallal se radicó en el valle del Río Chico conocido actualmente como río Alamor, desapareció debido a la gran sequía que se produjo en el año 1120 hasta el año 1150 y en donde también se vio afectado el ecosistema (Moncayo, 2012). Las familias abandonaron el lugar y se establecieron en las quebradas y vertientes como las de Malvas, Totumos, Bejucal y Pilares (Moncayo, 2012); estos sitios en la actualidad forman parte de la zona objeto de estudio. Las características del segundo grupo humano que habitó la zona de estudio se refiere a los indígenas Chimús. Esta etnia se distinguió por sus desarrolladas técnicas de riego y por ser hábiles alfareros (Lima *et al.* 2011; Cueva & Bustamante, 2012; Moncayo, 2012). Según Covey (2008) se dedicaron a la agricultura con cierto grado de intensidad y algunos grupos fueron excelentes pescadores de los recursos marinos.

Restos arqueológicos de los Chimús se han encontrado en el cantón Zapotillo de una manera informal. En la zona se han realizado numerosas excavaciones clandestinas y saqueos indiscriminados por parte de los denominados huaqueros<sup>3</sup>; estas personas aprovechan esqueletos y utensilios de los cementerios Chimú y los venden en un comercio ilícito a precios baratos dentro y fuera del país. En Zapotillo no existe ningún museo debido a la falta de normativas y el escaso control del gobierno nacional. Tal es el caso que existen mini museos acondicionados en las casas de los habitantes de la ciudad de Zapotillo donde poseen objetos arqueológicos. Un ejemplo es el mini museo del Sr. Estuardo Álvarez conocido con el seudónimo de Talo (Cueva & Bustamante, 2012).

---

<sup>3</sup>Personas inescrupulosas dedicadas a saquear el contenido de los restos arqueológicos. Se dedican al comercio ilícito de bienes culturales.

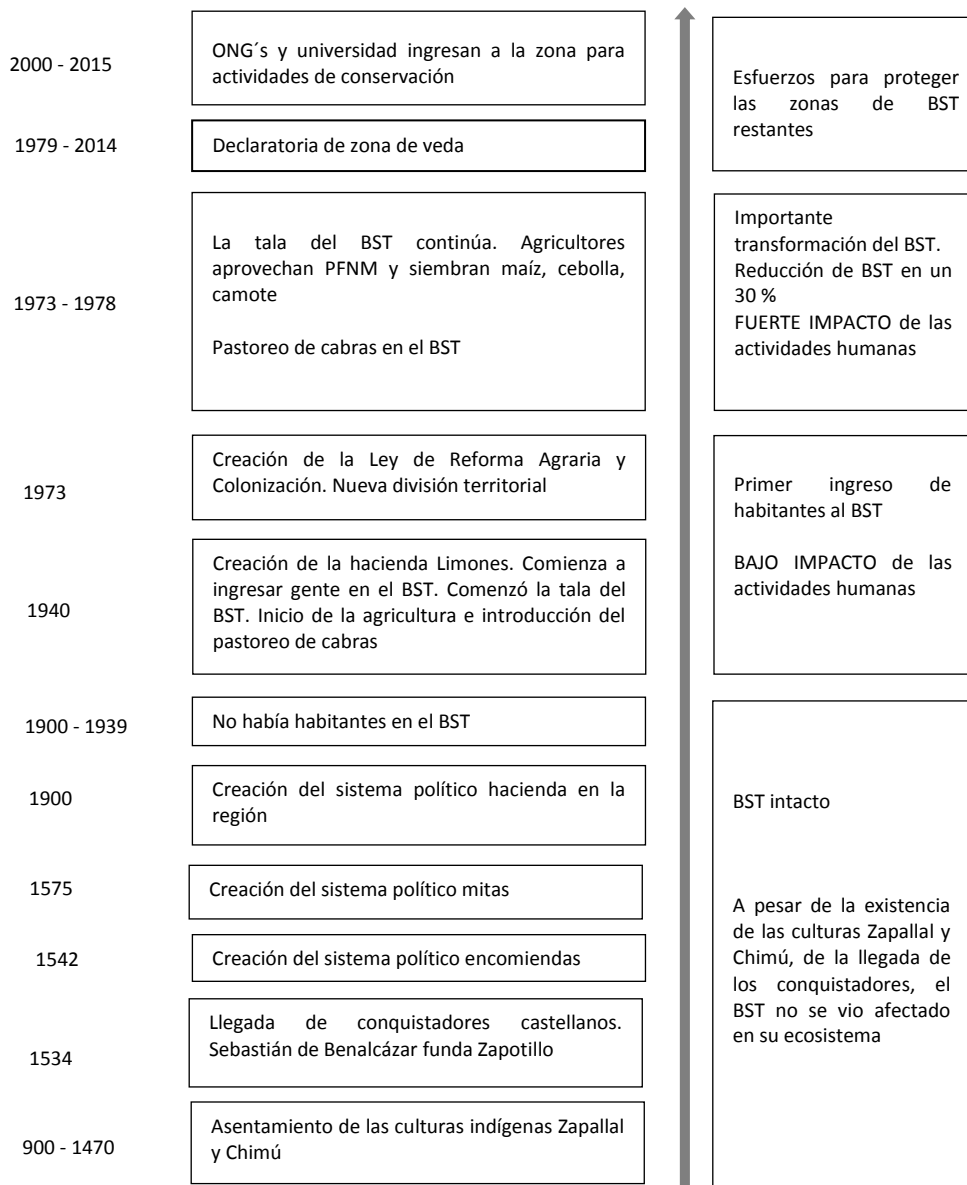


Figura 2.6. Línea de tiempo ambiental del BST. El período corresponde desde el año 900 hasta la actualidad.

En los cementerios indígenas denominados Zahinos y Limones cercanos a la zona objeto de estudio, se encontraron restos de arcilla y piedra labrada. Según Cueva & Bustamante (2012) los difuntos se hallaron acompañados de estatuillas de barro de color negro con enseres y utensilios de su uso y muchos de ellos de metales preciosos como oro y plata (Imagen 2.5).



Imagen 2.5. Restos arqueológicos encontrados de la cultura Chimú en el BST (Cueva & Bustamante, 2012); **a y b.** Figuras de barro; **c.** Vasijas de barro; **d.** Armas de piedra y metal.

### 2.3.2.2. Transformación del BST

Desde la llegada del conquistador castellano Sebastián de Benalcázar quien en 1534 funda Zapotillo, se establecen las bases para la explotación de los recursos naturales. Los conquistadores establecen los sistemas políticos de control y explotación de los indígenas como la encomienda (Flores, 2012), las mitas (Ayala, 2008) y la hacienda (Dávalos, 2002). Sin embargo, según la memoria de los ancianos entrevistados, quienes manifiestan que hasta el año 1940 la zona de estudio mantuvo intacta la estructura y composición florística, suponemos que los indígenas Chimús fueron trasladados a otras regiones de Ecuador o Perú para suplir los intereses de los conquistadores.

Desde el período 1940 hasta 1973 inicia la transformación antrópica de lo que hoy se conoce como comunidades Malvas, Totumos y Chaquiro. Estas comunidades pertenecieron a la hacienda Limones, la cual, según los campesinos, fue la causante de la primera transformación del ecosistema. Limones perteneció a la familia Requena y como terratenientes, permitieron el

ingreso al BST de los abuelos de los habitantes actuales de Malvas y Chaquiro, con el fin de trabajar en forma de arrimados y cultivar maíz (*Zea mays*), camote (*Ipomoea batatas*) y cebolla (*Allium cepa*) en las riberas de los ríos, y se introduce las cabras (*C. hircus*) con el objeto de realizar actividades de pastoreo intensivo.

Otra causa de transformación del BST fue la implementación de la Ley de Reforma Agraria aprobada en el año 1973. Esta ley permitió la explotación eficiente de más del 80% del predio, propugnó un proceso de movilidad social que brindó iguales oportunidades a todos los ecuatorianos en dirección de construir una sociedad más democrática (Jordán, 2003). Los efectos inmediatos de esta ley agilizaron e incrementaron notablemente los procesos de distribución de tierra y aunque esta norma no establecía límites máximos para los predios, introdujo el concepto de acaparamiento de tierras de toda persona de nacionalidad ecuatoriana (Maldonado-Lince, 1979). Con la implementación de esta ley se incrementó la tala indiscriminada del bosque, explotándose especies maderables como *Tabebuia chrysantha* y *Loxopterigium huasango* para la venta al Perú y como materia prima para la extinta parquetera instalada en Zapotillo. La parquetera desapareció en 1979 gracias a la declaratoria de zona de veda del BST (Aguirre *et al.* 2006). A pesar de existir esta declaratoria, actualmente en la zona y por falta de un eficiente control forestal continúa la extracción de especies forestales en forma clandestina con fines comerciales.

### **2.3.2.3. Ubicación geográfica de las comunidades**

El área de estudio incluye las comunidades campesinas Malvas y Chaquiro pertenecientes a la parroquia Limones y a la comunidad Totumos perteneciente a la parroquia Garza Real, del cantón Zapotillo (Figura 2.7). La altitud varía de 230 a 328 m s.n.m. La temperatura media es de 25°C y precipitación media anual que varía de 400 a 600 mm/año (Sánchez *et al.* 2006). La formación ecológica corresponde al bosque seco tropical (BST) (Holdridge, 1967; Cañadas, 1983); forma parte de la región de endemismo Tumbesina que contiene una gran diversidad de especies endémicas de diferentes grupos taxonómicos que están en constante amenaza por actividades humanas (Sánchez *et al.* 2006; Linares-Palomino *et al.* 2010).

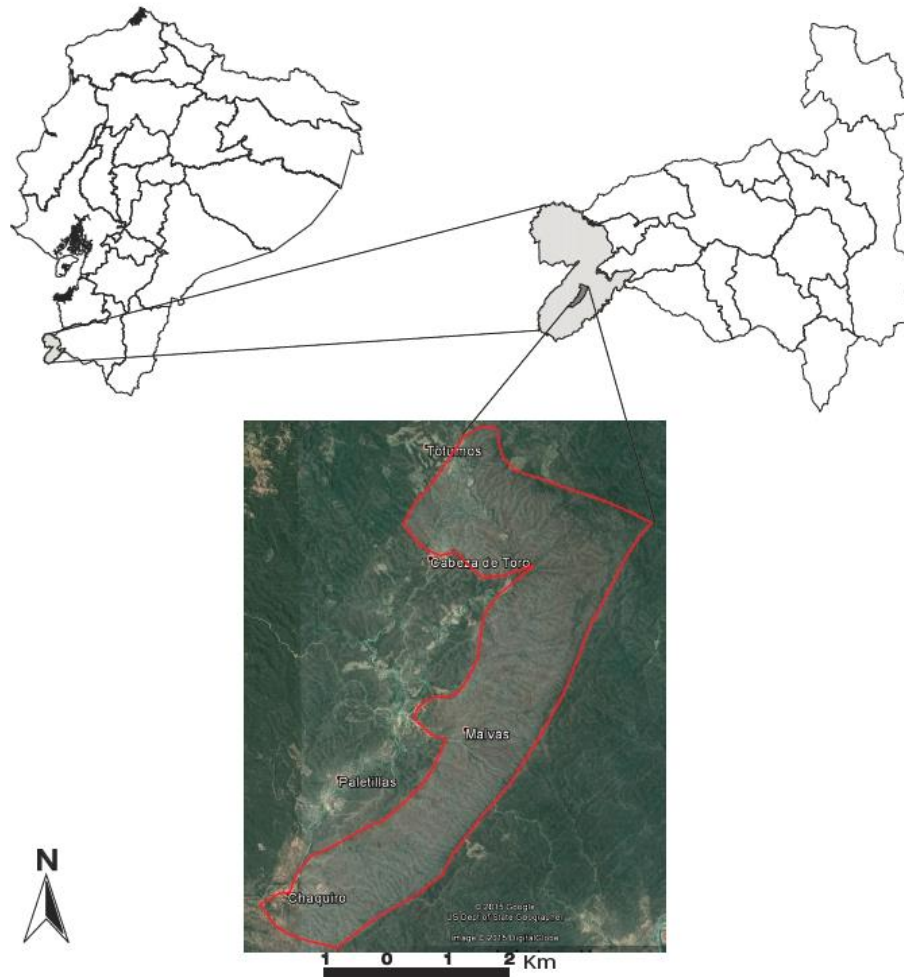


Figura 2.7. Ubicación geográfica del área de aprovechamiento de frutos de *B. graveolens*. Provincia de Loja, Ecuador.

#### 2.3.2.4. Zonificación participativa del área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens*

El mapa de usos de los recursos naturales se expone en la Figura 2.8. La zonificación participativa representa los intereses de los campesinos y campesinas quienes hacen uso directo del BST.

La tabla 2.1 describe el mapa de usos y recursos naturales. El área total utilizada para el aprovechamiento de frutos de *B. graveolens* corresponde a 3 011,6 Has. La dedicación de los terrenos en su mayoría es para actividades silvopastoriles y de aprovechamiento de productos maderables y no maderables.

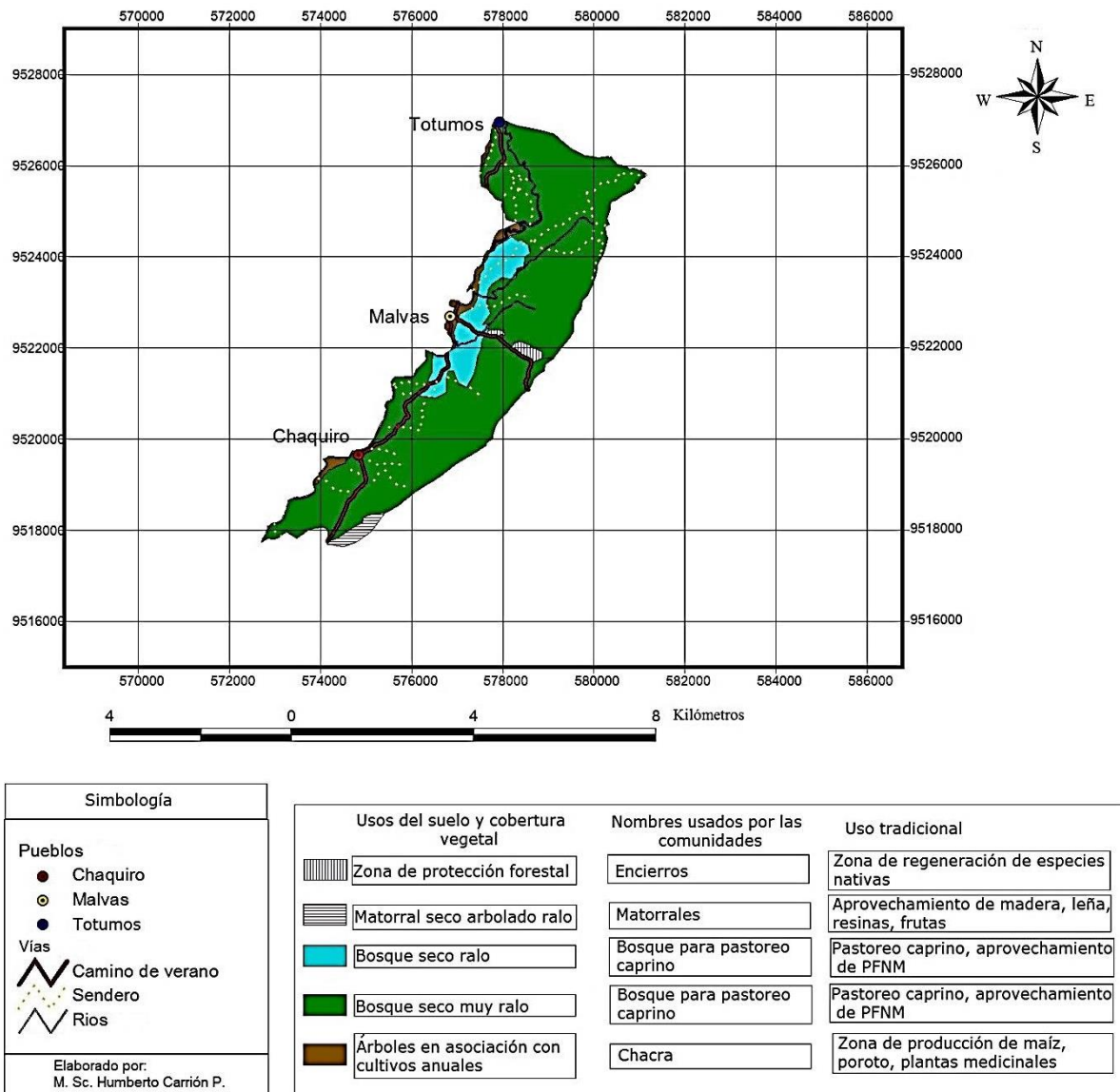


Figura 2.8. Mapa de usos y recursos naturales del BST.

Pocas áreas son utilizadas para la producción de alimentos. En este contexto, el 88% de terrenos corresponden a un bosque seco muy ralo o bosque para pastoreo caprino (*C. hircus*) según la definición de los campesinos. Así mismo, el 7,2% de los terrenos corresponden a bosque seco ralo y el 1,1% a matorrales que son dedicados también para el aprovechamiento de los productos forestales no maderable (PFNM) y pastoreo de cabras. Por otro lado, solamente en el 2,2% están establecidos cultivos en sistemas agroforestales, en los cuales los campesinos asocian árboles con cultivos anuales y monocultivos en las riberas del río Malvas. Por último están las zonas de protección forestal con un 0,7% de la superficie.

Tabla 2.1. Usos del suelo en el área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens*.

USOS DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL	CÓDIGO	NOMBRES USADOS POR LAS COMUNIDADES	USO TRADICIONAL	ÁREA (Ha)	ÁREA %
Bosque seco ralo	Bs- r	Bosque para pastoreo caprino	Pastoreo caprino y aprovechamiento de PFNM	216,3	7,2
Bosque seco muy ralo	Bs-mr	Bosque para pastoreo caprino	Pastoreo caprino y aprovechamiento de PFNM	2 675,6	88,8
Árboles en asociación con cultivos anuales	A-c	Chacra	Zona para sembrar cultivos: maíz, poroto, plantas medicinales entre otros	66,4	2,2
Matorral seco arbolado ralo	Ms-ar	Matorrales	Aprovechamiento de madera, leña, resinas, frutas, pastoreo caprino	32,2	1,1
Zonas de protección forestal	Zp-f	Encierros	Zona de regeneración natural de especies nativas	21,1	0,7
TOTAL				3011,6	100

Existe una constante en los criterios de los campesinos en el uso del suelo. La mayoría confía en el pastoreo, producción y comercialización caprina pues esta actividad les da mayores ingresos económicos. Obtienen además carne, quesos y natilla; por ello actualmente en el bosque seco muy ralo (88,8% del territorio) los campesinos están realizando esta actividad. En sus casas tienen corrales para que los animales en la noche descansen y en las mañanas y durante todo el día son enviados para que realicen libremente el ramoneo, viéndose afectada la regeneración natural de las especies (Imagen 2.6).

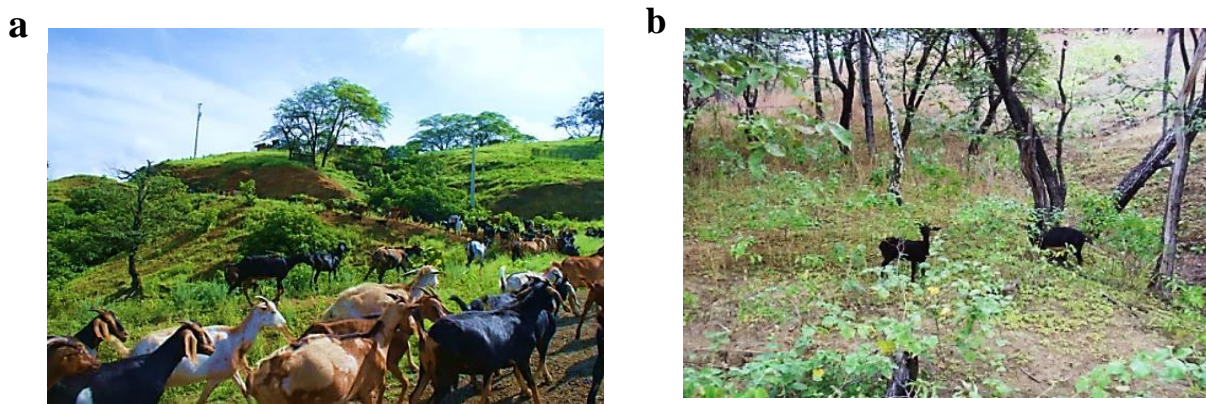


Imagen 2.6. Pastoreo caprino en el BST. **a.** Cabras del Sr. Marlon Panamito; **b.** pastoreo libre en el bosque seco muy ralo.

En estas zonas los campesinos aprovechan también productos forestales no maderables como *Simira ecuadorensis*, *Piscidia carthagenensis*, usados en el establecimiento de cercos, obtienen tintes de *Eriotheca ruizii*, y de *B. graveolens* usan las hojas, tallos y resina empleadas en la medicina tradicional (Sánchez *et al.* 2006; Tene *et al.* 2007). Otro uso importante del suelo es el establecimiento de cultivos o chacras en sistemas agroforestales y/o monocultivos (Tabla 2.1).

Estas chacras están establecidas en las zonas inundables de las riberas y en el lecho del río Malvas (Imagen 2.7).



Imagen 2.7. Cultivos establecidos en el BST en sistema agroforestal y monocultivos.

Ésta actividad la realizan con el fin de aprovechar el caudal del río que en época de sequía disminuye considerablemente. Las chacras corresponden tan sólo al 2,2% del territorio, pero cumplen la función de autoconsumo y los excedentes son utilizados para la venta. En algunas zonas, los campesinos siembran monocultivos como el maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*) (Imagen 2.8); y en otras han establecido sistemas agroforestales usando especies como camote (*Ipomoea batatas*), yuca (*Manihot esculenta*), cebolla (*Allium cepa*), ajo (*Allium sativum*), porotos (*Phaseolus vulgaris*), plátano (*Musa paradisiaca*), mango (*Mangifera indica*), coco (*Cocos nucifera*) y frutales como naranja (*Citrus sp.*) y limón (*Citrus sp.*) (Imagen 2.8).

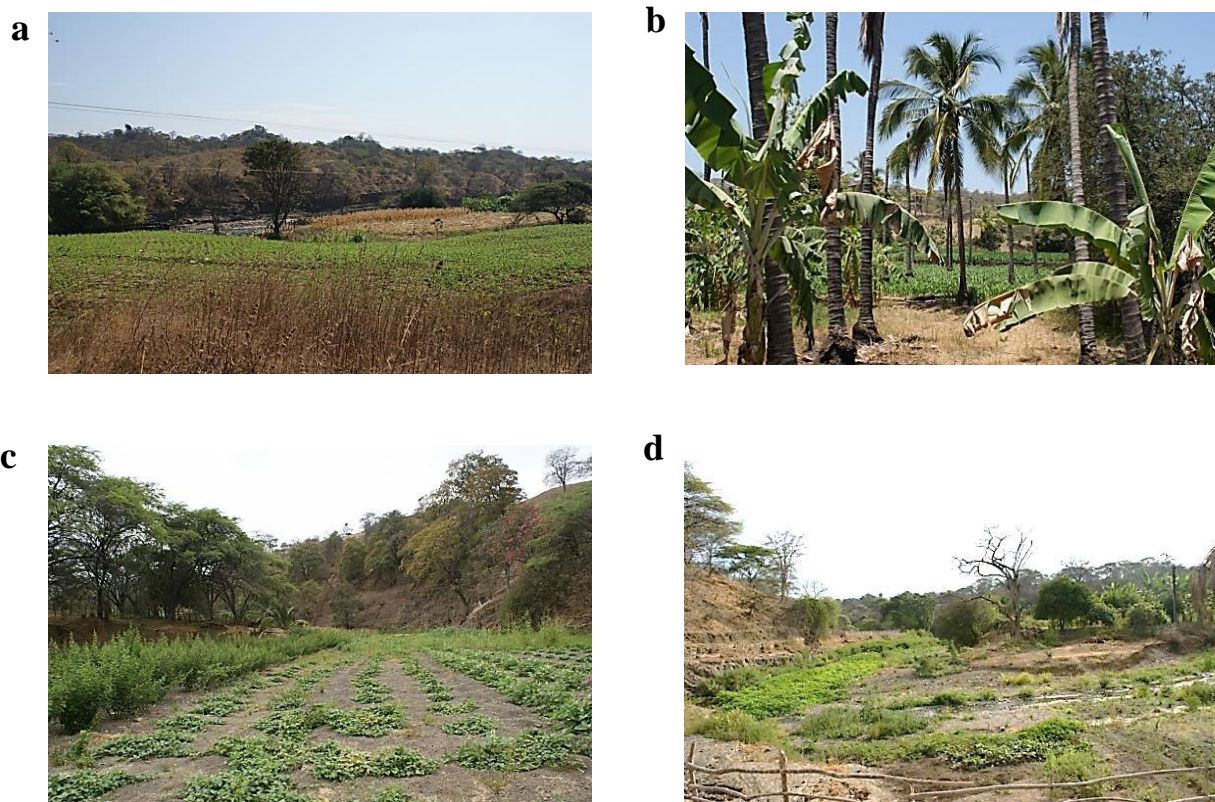


Imagen 3.8. Ejemplos de cultivos establecidos en el BST; **a.** Monocultivo de maíz; **b.** Sistema agroforestal; **c** y **d.** Cultivos en el lecho del río.

Por otro lado en relación a la conservación de las especies forestales, los campesinos realizan encierros con alambres de púas con el fin de evitar el ingreso de animales especialmente el ganado caprino. Estas zonas de protección forestal constituyen una pequeña porción de territorio correspondiendo un área de tan solo 21,1 ha (0,7%).

### 2.3.3. Caracterización socio-productiva de las comunidades

En la Tabla 2.2 se presentan los resultados del censo comunitario. Se pudo constatar que en las comunidades estudiadas existe un total de 45 familias, representadas en un 51,7% por hombres y el 48,3% son mujeres. La mayor cantidad de habitantes se centra en la comunidad Malvas.

Tabla 2.2. Población por sexo que habitan en Malvas, Chaquiro y Totumos.

PARROQUIA	COMUNIDAD	# DE FAMILIAS	# DE PERSONAS		TOTAL
			Hombres	Mujeres	
Limones	Malvas	18	48	48	96
Limones	Chaquiro	16	23	19	42
Garza Real	Totumos	11	21	19	40
TOTAL	3	45	92	86	178

### 2.3.3.1. Características de la familia campesina

La Tabla 2.3 muestra las características en valores promedios de la encuesta aplicada a las familias campesinas de Malvas, Chaquiro y Totumos. El tamaño de la familia mostró una amplia variación que oscila entre 1 y 10 personas. El tamaño medio de la familia corresponde a 3,95 personas con una desviación relativamente elevada de 2,53. Alrededor del 37,6% de los hogares tienen un tamaño familiar menor a la media aritmética mientras que el 62,4% de los hogares es superior. El tiempo promedio de los jefes de hogar en los que se han dedicado a estudiar, es de 10 años con un máximo de 24 años de capacitación. La edad promedio del jefe de hogar es de 43,9 años con un mínimo de 29 años y un máximo de 71 años.

Tabla 2.3. Características de familias del área de recolección silvestre de *B. graveolens*, correspondientes a las comunidades Malvas, Chaquiro y Totumos.

CARACTERÍSTICAS	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	MÍNIMO	MÁXIMO
Tamaño de la familia	3,95	2,531	1,00	10,00
Educación del jefe del hogar (años)	10,12	8,013	0,00	24,00
Edad del jefe de hogar (años)	43,97	11,953	29,00	71,00
Menores de 5 años	0,26	0,653	0,00	3,00
Personas 6 - 13 años	0,51	0,920	0,00	4,00
Personas 14 - 17 años	0,46	0,814	0,00	3,00
Personas 18 - 25 años	0,60	0,863	0,00	4,00
Personas de 26 - 40 años	0,84	0,851	0,00	3,00
Personas 41 - 60 años	0,57	0,621	0,00	2,00
Personas 61 a más	0,68	0,820	0,00	3,00

### 2.3.3.2. Población según edad

La Figura 2.9 presenta la pirámide de población humana considerando como rango cada 5 años de edad y clasificadas por mayores (61 años o más), adultos (16 a 60 años) y jóvenes (0 a 15 años). Los habitantes son adultos en edad para trabajar (74,2%), seguido por los jóvenes (18,5%) que es la población dependiente y mayores (7,3%) que corresponden a los jubilados.

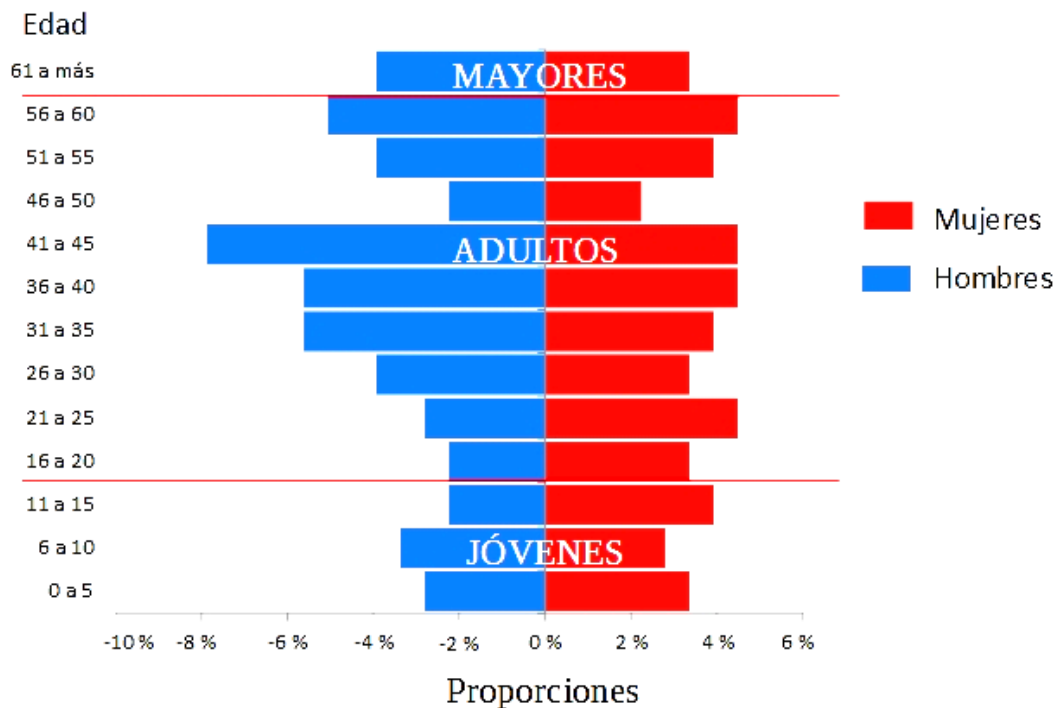


Figura 2.9. Pirámide de población humana en las comunidades Malvas, Chaquiro y Totumos 2011.

La Figura 2.9 tiene una forma regresiva o envejecida, debido al descenso en la natalidad (uso de métodos anticonceptivos) y al envejecimiento continuo de su población; por tanto, su perspectiva de futuro es de descenso. En las edades 16-20, 21-25, 26-30 y 46-50 es notable que falta población y hay más varones que mujeres. Esta pérdida de población se debe a la emigración. La emigración por falta de trabajo también fue reportada por las comunidades estudiadas como muy alta (Tabla 2.8).

### 2.3.3.3. Nivel de escolaridad

Se evidencia que la mayor cantidad de pobladores han cursado o están cursando el nivel básico o escolar (52,2%) y el nivel de bachillerato (42,1%). En la zona de estudio existen pocos profesionales (5,6%) (Tabla 2.4). Los profesionales han tenido que ir a estudiar a la ciudad de Loja, con el fin de obtener principalmente el título de licenciado en pedagogía y de esta manera trabajar como profesores en las escuelas rurales, satisfaciendo de esta manera sus aspiraciones personales y familiares. Un dato importante es que en la zona no existe analfabetismo.

Tabla 2.4. Nivel de educación segregado por comunidad en la zona de estudio

NIVEL DE EDUCACIÓN	MALVAS	CHAQUIRO	TOTUMOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Básico	36	28	29	93	52,2
Bachillerato	52	12	11	75	42,1
Profesional	8	2	0	10	5,6
TOTAL				178	100,0

#### 2.3.3.4. Población en edad económica por comunidades

Para realizar el análisis de la población económicamente activa, se tomó en cuenta a los habitantes que están en edades comprendidas entre 18 y 60 años, asumiendo que ellos son los que reciben un pago remunerado por su trabajo. En la comunidad Malvas hay un mayor porcentaje (54,2%) que comprenden a la población entre las edades de 18 – 60 años. Al compararlo con las otras comunidades es palpable que Malvas es la comunidad que tiene mayor porcentaje con dicha edad. Por ejemplo, en Chaquiro la población que tiene edades entre los 18 - 60 años corresponde al 38,1% y en Totumos al 50% (Tabla 2.5). Esto no quiere decir que los habitantes que se encuentran en edades comprendidas entre los 0 – 17 años y 61 años o más no trabajen, estas personas realizan trabajos pero no reciben un sueldo por él.

Tabla 2.5. Población en edad económicamente activa por comunidades.

COMUNIDAD	POBLACIÓN EN EDAD ECONÓMICAMENTE ACTIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Malvas	0 - 17 años	31	32,3
	18 - 60 años	52	54,2
	61 y más	13	13,5
	Total	96	100,0
Chaquiro	0 - 17 años	12	28,6
	18 - 60 años	16	38,1
	61 y más	14	33,3
	Total	42	100,0
Totumos	0 - 17 años	13	32,5
	18 - 60 años	20	50,0
	61 y más	7	17,5
	Total	40	100,0

#### 2.3.3.5. Distribución de la población según el tipo de la vivienda

En la Tabla 2.6 se observa los tipos de casas construidas en el valle donde se establece el bosque de *B. graveolens*. Las casas han sido construidas de diversos materiales que son típicos de los bosques secos del sur de Ecuador. Los materiales son esencialmente barro, desechos de madera y teja. En este sentido existen casas de abobe, madera y bareque y muy pocas familias las han

construido con ladrillo. El porcentaje de tipo de casa por los materiales utilizados en las comunidades difiere de una a otra. El 44,4% de casas en la comunidad de Malvas están construidas a base de adobe, el 18,2% en Totumos y solamente el 6,3% en Chaquiro en donde predomina en cambio la construcción de casas de madera (43,8%). La mayoría cuentan con pocos servicios básicos como la luz y agua.

Tabla 2.6. Distribución de la población según tipo de vivienda

COMUNIDAD	TIPO DE VIVIENDA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Malvas	Adobe	8	44,4
	Madera	4	22,2
	Ladrillo	3	16,7
	Bareque	3	16,7
	Total	18	100,0
Chaquiro	Adobe	1	6,3
	Madera	7	43,8
	Ladrillo	2	12,5
	Bareque	6	37,5
	Total	16	100,0
Totumos	Adobe	2	18,2
	Madera	3	27,3
	Ladrillo	2	18,2
	Bareque	4	36,3
	Total	11	100,0

Según Sánchez *et al.* (2006) la mayoría de las personas de estas comunidades todavía conocen y usan árboles nativos para la construcción de casas y cercos. Las casas están protegidas con cercos de madera hechos con *Loxopterygium huasango* y *Simira ecuadorensis* y el uso de postes de *Tabebuia chrysantha* para la colocación de alambre de púas (Imagen 3.9). Algunos usos destinados para construcción han desaparecido. Concordando con Sánchez *et al.* (2006), antiguamente en la zona de estudio se usaba las cortezas partidas de *Cochlospermum vitifolium* para techos de las casas, pero ahora sólo se observa esa aplicación para chozas de caprinos y porcinos, aunque en el sector se ha podido constatar que en algunas chozas de estos animales, están constituidos con techos de teja y zinc.

**a**



Cerco de  
madera de  
guápala

**b**



Postes de  
guayacán

Imagen 2.9. Tipos de vivienda en el BST del sur de Ecuador; **a**. Casa de adobe con cerco de protección a base de madera; **b**. Casa de adobe con cerco de protección con alambre de púas.

### 2.3.3.6. Tenencia de la tierra y migración

Como se observa en la Tabla 2.7 existen todavía fincas sin el título de propiedad. En Malvas el 27,8% de los habitantes cuentan con título de propiedad (TP) y el 33,3% no cuentan con este documento legal. En Chaquiro y en Totumos el 31,3% y el 27, 2% de la población cuentan con TP, respectivamente, mientras que el 25% y 36,4 % no poseen del mismo. Es también interesante resaltar que para el conjunto de las tres comunidades entre el 36,4 – 38,9 % no saben si sus tierras están escrituradas.

Tabla 2.7. Tenencia de la tierra en las comunidades encuestadas

COMUNIDAD	TENENCIA DE LA TIERRA/FAMILIA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Malvas	Tienen escrituras	5	27,8
	No tienen escrituras	6	33,3
	No saben	7	38,9
Chaquiro	Tienen escrituras	5	31,3
	No tienen escrituras	4	25,0
	No saben	7	43,7
Totumos	Tienen escrituras	3	27,2
	No tienen escrituras	4	36,4
	No saben	4	36,4

En la Tabla 2.8 se revela un alto porcentaje de migración de la zona; así, en Malvas el 83,3%, en Chaquiro el 87,5% y Totumos el 72,7% por lo menos un integrante de familia ha migrado a otras regiones del Ecuador y, en especial, a países como Estados Unidos, España e Italia.

Tabla 2.8. Migración en las comunidades encuestadas.

COMUNIDAD	MIGRACIÓN/FAMILIA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Malvas	Si hay migración	15	83,3
	No hay migración	3	16,7
	No saben	0	00,0
Chaquiro	Si hay migración	14	87,5
	No hay migración	2	12,5
	No saben	0	00,0
Totumos	Si hay migración	8	72,7
	No hay migración	3	27,3
	No saben	0	00,00

La razón fundamental para esta decisión es que en la zona no existen las suficientes fuentes de trabajo. En Malvas el 88,9% informan que no existe trabajo, en Chaquiro incluso ese porcentaje es superior (93,6%) y Totumos es del 81,8% (Tabla 2.9).

Tabla 3.9. Causas para la migración en las comunidades encuestadas.

Comunidad	Causas para la migración	Frecuencia	Porcentaje (%)
Malvas	Falta de trabajo	16	88,9
	Vivir en otros lugares	2	11,1
	Otros motivos	0	00,0
Chaquiro	Falta de trabajo	15	93,6
	Vivir en otros lugares	1	6,4
	Otros motivos	0	00,0
Totumos	Falta de trabajo	9	81,8
	Vivir en otros lugares	2	18,2
	Otros motivos	0	00,00

### 2.3.3.7. Seguridad alimentaria

Con el fin de conocer si existe alguna alternativa para la seguridad alimentaria referente al establecimiento y manejo de huertas familiares en las casas de los campesinos, se evidencia que este aspecto falta ser consolidado en la zona. En Malvas hay pocas huertas familiares establecidas (33,3%); sin embargo en Chaquiro (62,5%) y Totumos (45,5%) existe mayor evidencia de establecimiento de esta alternativa productiva (Tabla 2.10).

Tabla 2.10. Huertos familiares instalados y manejados por las comunidades campesinas.

COMUNIDAD	PRESENCIA DE HUERTOS FAMILIARES	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Malvas	Si hay huertos	6	33,3
	No hay huertos	8	44,5
	No saben	4	22,2
Chaquiro	Si hay huertos	10	62,5
	No hay huertos	4	25,0
	No saben	2	12,5
Totumos	Si hay huertos	5	45,5
	No hay huertos	4	36,4
	No saben	2	18,1

### 2.3.3.8. Uso de agroquímicos

A pesar de la intervención de ONG's en la zona de estudio conforme a lo revelado por los campesinos, en las huertas familiares y en las chacras, algunas familias utilizan agroquímicos para el control de malezas, plagas y enfermedades. En Malvas el 44,4% de los encuestados utilizan agroquímicos, en Chaquiro el 50% y en Totumos el 45,5% (Tabla 2.11).

Tabla 2.11. Porcentajes de uso de agroquímicos en las comunidades campesinas.

COMUNIDAD	USO DE AGROQUÍMICOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Malvas	Si usan agroquímicos	8	44,4
	No usan agroquímicos	2	11,2
	Usan otros productos alternativos orgánicos	8	44,4
Chaquiro	Si usan agroquímicos	8	50,0
	No usan agroquímicos	3	18,6
	Usan otros productos alternativos orgánicos	5	31,4
Totumos	Si usan agroquímicos	5	45,5
	No usan agroquímicos	4	36,4
	Usan otros productos alternativos orgánicos	2	18,1

### 2.3.3.9. Principal actividad económica en las comunidades

Al analizar la variable que corresponde a la actividad principal que realizan los miembros de las familias encuestadas, se observa que en la comunidad Malvas el 54,2% de habitantes realizan como actividad principal la agricultura y ganadería, considerándose un porcentaje similar a la comunidad Chaquiro (54,8%) y mayor que en Totumos (47,5%). En las comunidades campesinas la actividad agropecuaria que comprende el pastoreo extensivo de cabras en el bosque seco y la siembra de cultivos de ciclo corto asociados con árboles en las playas de las quebradas, son las actividades de mayor importancia (Tabla 2.12).

Tabla 2.12. Principal actividad económica que realizan los habitantes en la zona de estudio.

COMUNIDAD	ACTIVIDAD PRINCIPAL	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Malvas	Agricultura y ganadería	52	54,2
	Ama de casa	25	26,0
	Estudiante	9	9,4
	Albañil	3	3,1
	Mecánico	1	1,0
	Empleado	4	4,2
	Ninguna	2	2,1
	Total	96	100,0
Chaquiro	Agricultura y ganadería	23	54,8
	Ama de casa	9	21,4
	Estudiante	6	14,3
	Albañil	1	2,4
	Mecánico	1	2,4
	Empleado	2	4,8
	Ninguna	0	0,0
	Total	42	100,0
Totumos	Agricultura y ganadería	19	47,5
	Ama de casa	14	35,0
	Estudiante	4	10,0
	Albañil	1	2,5
	Mecánico	0	0,0
	Empleado	2	5,0
	Ninguna	0	0,0
	Total	40	100,0

Sin embargo los encuestados han manifestado que dedican también tiempo a trabajos específicos como: albañilería, estudios, mecánica entre otros, pero la actividad agropecuaria es, sin duda la preponderante.

### 2.3.3.10. Producto agropecuario que genera mayor beneficio económico

Para los campesinos la producción caprina constituye la actividad económica que reporta mejores beneficios económicos. Tanto es así que en la comunidad Malvas el 88,9%, en Chaquiro el 81,2%

y en Totumos el 72,7% indican que esta actividad es la que les brinda mayores réditos económicos, por lo que no están dispuestos en cambiar esta actividad.

Tabla 2.13. Producto agropecuario que reporta mejores beneficios económicos en las comunidades campesinas.

COMUNIDAD	PRODUCCIÓN AGROPECUARIA QUE CONSTITUYE MAYOR BENEFICIO ECONÓMICO EN LAS COMUNIDADES	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Malvas	Producción caprina	16	88,9
	Agricultura	2	11,1
	Otro	0	0,0
Chaquiro	Producción caprina	13	81,2
	Agricultura	3	18,8
	Otro	0	0,0
Totumos	Producción caprina	8	72,7
	Agricultura	3	27,3
	Otro	0	0,0

### 2.3.3.11. Población de cabras en la zona de estudio

La Tabla 2.14 presenta la cantidad de cabras que se encuentran en la zona de estudio. Los resultados son presentados en base al censo comunitario y a la información dada por los campesinos de cada comunidad.

Tabla 2.14. Cantidad de cabras que habitan en el BST.

COMUNIDAD	Nº DE CABRAS	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
Malvas	724	25	61	40,2	10,1	25,1
Chaquiro	617	23	56	38,6	10,4	26,9
Totumos	430	26	49	39,1	9,5	24,3
Total	1771	24,4	55,3	39,3	10,0	25,4

Existen 1771 cabras que pastorean libremente en el BST, con una media de 39 cabras por familia. El coeficiente de variación en Malvas es de 25,1%, Chaquiro 26,9% y Totumos 24,3%. Según la calculadora del balance de ración y requisitos de nutrientes de la Langston University (<http://www2.luresext.edu/goats/research/nutritionmodule1.htm>) una cabra madura necesitaría 1,15 kg día<sup>-1</sup> de forraje para alimentarse adecuadamente. Como existen 1771 cabras, se necesitaría 2036,6 Kg día<sup>-1</sup> de forraje. Esta cantidad podría estar disponible en los meses de lluvia y en donde existe mayor cantidad de biomasa que está conformada especialmente por hierbas y regeneración natural de las especies arbóreas; sin embargo, para los meses secos las cabras no contarían con la suficiente cantidad de alimento, lo que potenciaría el problema de la desnutrición en la producción de éste ganado. Esto concuerda con el criterio de los campesinos, quienes han

manifestado que es imperioso el desarrollo de un programa de mejora en el manejo de este tipo de ganado, ya que ésta actividad les genera mayores beneficios económicos (Tabla 2.14).

#### **2.3.4. Principales problemas ambientales**

El árbol de problemas presenta la situación actual del BST (Figura 2.10). El principal problema identificado por los encuestados es la reducción de la cobertura boscosa y escasez de agua. La reducción boscosa por un lado se debe a que en ciertas zonas en las riberas del río Malvas se están ampliando áreas para cultivos, tanto en sistemas agroforestales como monocultivos. La zona de monocultivos está caracterizada por la tala y quema que los campesinos han realizado para eliminar los rastrojos; ésta costumbre de cultivar en las playas de los ríos y quebradas y de abandonarlos tan pronto como el sistema deja de ser productivo por pérdida en la fertilidad del suelo, está llevando al crecimiento de la frontera agrícola y a afectaciones para el normal reciclaje de nutrientes y degradación de suelos. Otra causa que se ha logrado identificar es la continua fragmentación del BS, y eso a pesar que el área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens* fue declarada zona de veda (Aguirre *et al.* 2006).

Todavía subsiste un ineficiente control forestal por lo que continúa la tala de especies forestales como *Tabebuia chrysantha*, *Loxopterigium huasango*, *Triplaris cumingiana*, *Caesalpinia glabrata* y de aprovechamiento no maderable como *Cordia lutea* (Leal-Pinedo & Linares-Palomino, 2005; Sánchez *et al.* 2006; Aguirre-Mendoza, *et al.* 2013). Se aprovechan estos recursos forestales sin ningún plan de manejo como consecuencia de falta de capacitación, seguimiento y evaluación por parte del Ministerio del Ambiente del Ecuador. Los campesinos a pesar de expresar que la producción caprina es la fuente de mayor ingreso económico, son conscientes de que esta actividad está afectando al óptimo desarrollo de la sucesión natural de especies valiosas. Así mismo, la escasez y mala distribución del agua son factores que de alguna manera alteran el equilibrio de los recursos naturales boscosos y por ende contribuyen al paulatino deterioro de las condiciones de vida de la población asentada en esta región.

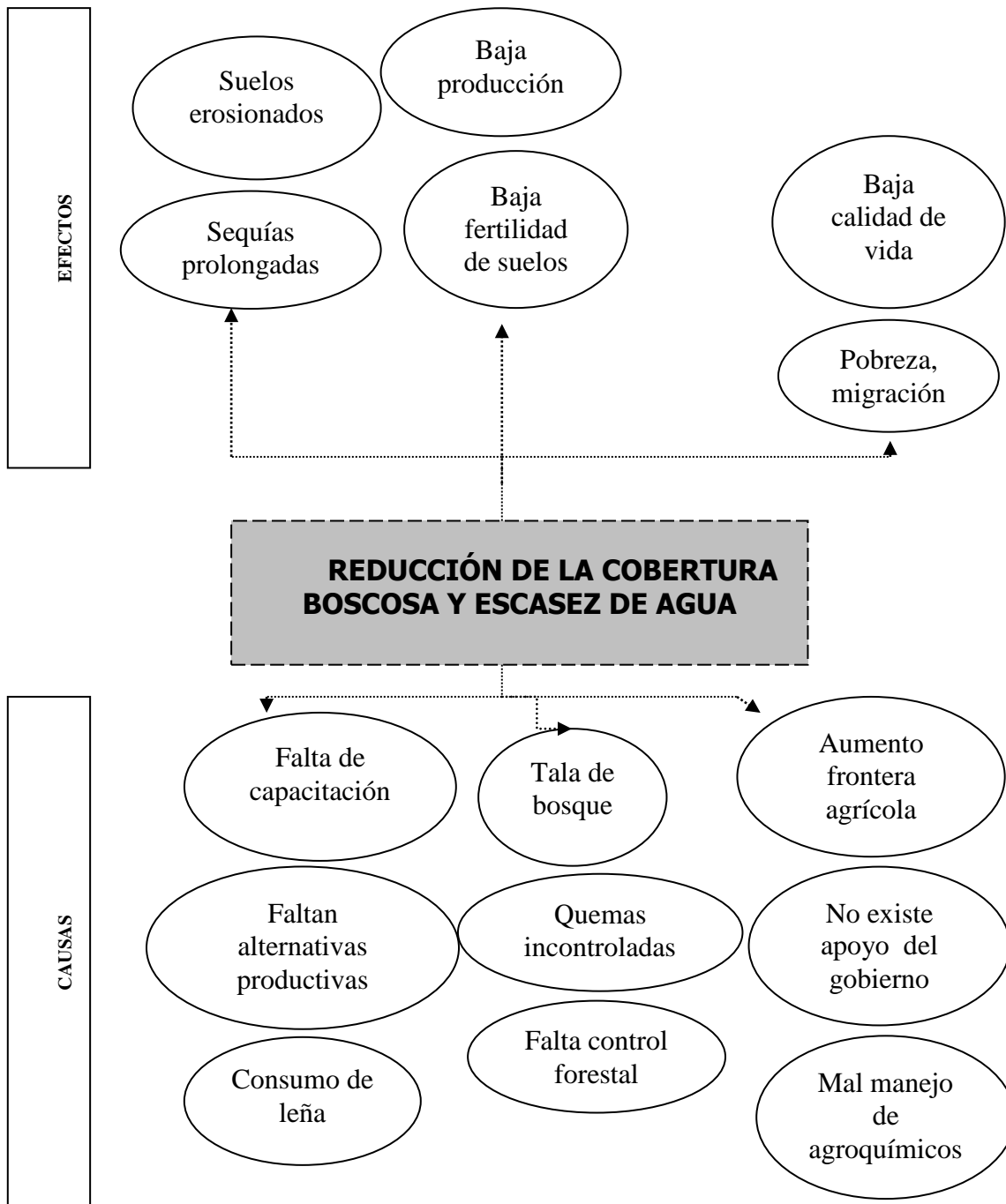


Figura 2.10. Identificación del problema central que afecta al BST según los campesinos.

La interpretación campesina se dirige a percibir que en la zona existen sequías prolongadas y suelos erosionados. Con esta situación y debido principalmente al escaso flujo de agua hay una baja producción de los cultivos y por ende la calidad de vida se ve desmejorada. Estas consecuencias se reflejan en el alto nivel migratorio de estas personas.

## **2.4. Discusión**

### **2.4.1. Uso histórico de los recursos naturales**

Nuestra investigación ha permitido reconocer y entender las interacciones existentes entre las comunidades campesinas y los recursos naturales a través de una línea de tiempo. Según ésta, entre los años 1120 a 1150 se registró la desaparición de la cultura Zapallal como consecuencia de la gran sequía que imperó en la zona (Moncayo, 2012). En este contexto, es conocido que en sur América han existido varios períodos con cambios climáticos extremos caracterizados por la presencia de grandes sequías o a su vez períodos de congelamiento. Estos eventos han ocurrido en la época del Eoceno (Hinojosa & Villagrán, 1997) y en los períodos glacial, interglacial y holoceno, produciéndose transformaciones en los bosques y afectaciones en las poblaciones humanas (Bush *et al.* 2007; Whitney *et al.* 2014).

Estos cambios climáticos no son los únicos en afectar a las poblaciones humanas y a los ecosistemas; además, debe considerarse la relación existente entre la sociedad-naturaleza que los antropólogos durante décadas han venido advirtiendo a la comunidad científica (Baldauf & Maes Dos Santos, 2013). La necesidad de incluir la dimensión humana en el análisis de los ecosistemas ha sido reconocido como un elemento esencial para comprender la complejidad de los problemas ambientales (Castillo *et al.* 2005). Las actividades humanas causan perturbaciones generalizadas y son de suma importancia para entender cómo, a qué ritmo y en qué medida tales perturbaciones afectan la integridad del ecosistema y su capacidad de proporcionar servicios esenciales para la sociedad (Chazdon, 2003, Ghimire *et al.* 2004).

Las culturas Zapallal y Chimú, quienes fueron los primeros pobladores en la zona no impactaron notablemente a este ecosistema, a pesar de ser eminentemente agrarios. Cobos, (2012) y Moncayo, (2012) manifestaron que los Chimús desarrollaron principalmente la agricultura, a través del trabajo y técnicas hidráulicas, aprovechando a lo máximo el agua subterránea. Las técnicas que utilizaban estas culturas, como por ejemplo los huachaques, consistía en sacar agua del subsuelo mediante el filtrado (Mazadiego, 2009), puquios en una zanja abierta y/o una galería subterránea que se nutre de la capa freática (Clarkson & Dorn, 1995) y los embalses para la contención de agua de los ríos, fueron utilizados para abastecerse de agua y así cultivar los

principales productos para la seguridad alimentaria y calidad de vida (Cobos, 2012). Los Chimús, tenían como base principal de su alimentación al maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihot esculenta*) y el plátano (*Musa paradisiaca*). Estos cultivos permitieron a estos pueblos evitar hambrunas y crisis alimentaria, pues ya en ese entonces manejaban diferentes pisos ecológicos y dos tipos de agricultura; la de secano o temporal o rosas de monte y la de las vegas de los ríos que poseen tierras con riego con un buen manejo del agua, así como un cálculo preciso del tiempo para sembrar con la debida oportunidad cuando se aproximan las lluvias. Estos principios ancestrales hasta hoy lo mantienen y siguen aplicando algunos de nuestros agricultores y ganaderos (Cobos, 2012).

Otro hito importante constituye la llegada de los conquistadores a Zapotillo en el año 1534. Existieron cambios que afectaron a las poblaciones rurales y a la estabilidad del ecosistema. Junto a las enfermedades infecciosas que afectaron a las poblaciones locales, algunos investigadores están convencidos de que los principales impactos en las poblaciones humanas y en los recursos naturales se debió a una serie de factores, tales como la servidumbre, la confiscación de la mano de obra, el trabajo excesivo, las guerras y los conflictos (Livi-Bacci, 2006). El aprovechamiento de los recursos naturales en especial las maderas valiosas y carbón vegetal iniciaron el deterioro del ecosistema. Según Torrejón *et al.* (2004), en la época de la colonia se quemaba más leña en casa de un español que la utilizada mensualmente en la casa de un indio. Desde el inicio de la conquista los castellanos mostraron interés por los bosques para dos propósitos: obtener combustible y madera para la construcción y apuntalamiento de minas (Kenny *et al.* 1999).

En la actualidad y según la percepción y el criterio de los campesinos, la transformación del BST fue debido a las políticas instauradas por el gobierno ecuatoriano. Para los campesinos el gobierno fue el principal promotor de la transformación del BST al establecerse en la zona en el año 1940 la hacienda Limones<sup>4</sup>. Con el nacimiento de esta hacienda comienza la tala indiscriminada del bosque, se introduce el ganado caprino e inicia la agricultura con un enfoque convencional y modernista. Según Cosme (1951) la introducción de animales foráneos en especial la cabra, impactó severamente el equilibrio de los ecosistemas de Ecuador; este

---

<sup>4</sup> La hacienda es un sistema de propiedad de origen Español, cuyo modelo fue exportado a América durante la época colonial y que subsistió hasta la Ley de Reforma Agraria, aprobada en Ecuador en 1973. En el sistema hacienda se produjo una concentración de las tierras en pocas manos (hacendados), siendo la mayoría herederos de los encomenderos y miembros de la iglesia (Jesuitas).

investigador manifestó que los animales introducidos hacían uso incesante de frutos de árboles nativos para su alimentación y afectaron a la regeneración natural con lo cual la sucesión natural de las especies se vio fuertemente afectada. Pero esta devastación no termina ahí, sino que se incrementa tras la implementación de la Ley de Reforma Agraria y Colonización aprobada en Ecuador en 1973 (Jordán, 2003), con la cual se explotaron inmisericordemente y sin control especies forestales como *Tabebuia chrysantha*, *Loxopterigium huasango*, *Triplaris cumingian* y *Caesalpinia glabrata* y se realizó nuevamente el acaparamiento de tierras. Según esta ley se consideraban deficientemente explotadas aquellas tierras en las que no se cumplía con cualquiera de estos tres requisitos: i) tener al 1 de enero de 1976 una explotación económica eficiente de acuerdo con las condiciones geográficas, ecológicas y de infraestructura de la zona, no menos del 80% de la superficie agropecuaria aprovechable del predio; ii) haber obtenido niveles de productividad por lo menos iguales a los niveles medios fijados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería para el área; y, iii) haber construido una infraestructura física que posibilite la explotación económica del predio (Kenny *et al.* 1999). Con esta ley se entendía que el 80% del terreno tenía que estar trabajado, con ello se potenció la tumba de árboles para la implantación de sistemas productivos agrícolas. Con la implementación de esta ley se produjo la división del territorio en la zona de estudio; actualmente existe una mayor presión del bosque encontrándose remanentes de bosque impactados por las actividades humanas, denominadas aquí por los campesinos como bosque seco ralo y bosque seco muy ralo (Tabla 2.1). Lo acontecido en el BST estudiado, coincide con otras zonas de BST como la región de Chamela-Cuixmala en México, cuyas políticas agrarias impactaron en estos ecosistemas (Castillo *et al.* 2005).

En la zona de estudio existen dos tipos de visiones de desarrollo; la visión científica y la visión comunitaria. Según la visión científica a pesar de existir bosques impactados, la zona de estudio es considerada valiosa por la alta diversidad biológica que aún se encuentra, los niveles de especies endémicas y la fragilidad del ecosistema (Best & Kessler, 2005; Aguirre *et al.* 2006; Espinosa *et al.* 2012). Desde el punto de vista de los campesinos, las tierras (y su propia en particular) son importantes por la producción caprina, producción agrícola y aprovechamiento de productos forestales no maderables que son las principales actividades que les generan beneficios económicos (Tabla 3.14). Esta realidad acontece en otros ecosistemas que son valorados por las poblaciones rurales, desde un punto de vista productivo (Devendra, 2012; Mancilla-Leytón *et al.* 2012). Para los campesinos, la forma en que la investigación científica se ha llevado a cabo en el

lugar (en su mayoría estudios biológicos y ecológicos) también ha sido cuestionada, lo que refuerza la necesidad de un análisis más vinculado e integrado entre los sistemas sociales y ecológicos (Castillo *et al.* 2005). Los campesinos identifican los servicios que le ofrece el BST como por ejemplo el aprovechamiento de los PFNM, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el alimento que ofrece este bosque a la fauna nativa y exótica, entre otros.

Los pobladores locales han sido campesinos durante generaciones y aunque en la actualidad existe una tendencia a dedicar el tiempo a otras actividades (Tabla 2.15) (trabajo como empleado en granjas privadas y como albañiles) la mayor parte de sus ingresos provienen de la agricultura; su identidad campesina está profundamente arraigada, tal es el caso que la gente prefiere tener un poco de ganado caprino en sus parcelas en lugar de cambiar esta actividad o de abandonarlas por completo.

#### **2.4.2. Uso actual del suelo**

El mapa elaborado con los campesinos (Figura 2.8) permitió entender los cambios continuos de la estructura de la vegetación y composición del BST en el tiempo. Según el proyecto Bosque Seco (1998) la cobertura boscosa del área estuvo conformada por cinco tipologías: bosque seco muy ralo de colina, bosque seco ralo de colina, bosque seco semidenso de colina y matorral seco arbolado ralo. En la actualidad esta situación ha cambiado. Conforme los criterios de los campesinos que ayudaron a elaborar el mapa de usos y recursos, existe en la zona el bosque seco ralo, bosque seco muy ralo, matorral seco arbolado ralo, áreas de cultivos (chacras) en asociación con cultivos anuales y pequeños remanentes de áreas de conservación.

Relacionado con este tema de cambio del uso del suelo, algunos estudios han demostrado que en las últimas décadas la causa del cambio en la cobertura a nivel global es la deforestación (Gasparri & Grau, 2009). La deforestación va generando la pérdida de especies forestales, principalmente por la degradación del suelo, la invasión de especies exóticas y el aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones humanas locales (Daye & Healey, 2015). Fulé *et al.* (2011), manifestaron que las actividades humanas en el BST ocasionan cambios en la composición y estructura; aún más si se utiliza el fuego como técnica para establecer cultivos. Las principales consecuencias de la fragmentación son la pérdida de hábitat y los cambios en la configuración del

hábitat que aumentan la extinción de las especies y, por tanto, la pérdida de biodiversidad (Etter *et al.* 2008; Espinosa *et al.* 2012).

### **2.4.3. Características socioeconómicas**

En los países tropicales y en vías de desarrollo se ha determinado que la pérdida de la cobertura vegetal está aumentando a un ritmo muy acelerado (Grau *et al.* 2005). Estas pérdidas se correlacionan por el rápido aumento de las poblaciones humanas, por factores socioeconómicos y en especial por la aplicación de políticas económicas basadas en la agricultura (Grau *et al.* 2003). Es evidente que en los bosques donde la densidad poblacional humana aumenta, disminuye el nivel económico familiar y constituye un factor de empuje para la siembra de cultivos extensivos (Xie *et al.* 2005). En la zona de estudio se encuentran 45 familias repartidas en Malvas 18, Chaquiro 16 y Totumos 11, con un total de 178 personas que usan los recursos del bosque para la subsistencia y comercialización. Con un promedio de 4 miembros por familia, esta realidad se diferencia de la de otras zonas rurales donde existe como promedio familiar 7 miembros (Shiferaw *et al.* 2002). Esta singularidad se deba quizá a la migración que han tenido que sufrir los campesinos (87,5%), con lo cual se ha visto afectada la estabilidad y unión familiar. Según Gupta *et al.* (2006), en otras regiones del planeta las personas han decidido emigrar por falta del recurso agua hacia otros lugares donde las precipitaciones fueran suficientes para sostener la carga de la nueva afluencia de población humana; esto ocurre en el BST estudiado, donde existe una baja precipitación anual (entre 400 a 700 mm) con período de lluvias muy cortos de cinco meses (Sánchez *et al.* 2006). Por ejemplo, los cambios en la disponibilidad de agua son considerados por algunos investigadores como el principal causante de la migración dentro y fuera de cualquier zona ecoclimática y biogeográfica (Gupta *et al.* 2006).

Por otro lado, la población se concentra según la edad entre el rango 0 a 25 años con 48,4% del total. Esto demuestra que la población que vive en este BST es joven (Tabla 2.4). Este dato se acerca al promedio registrado a nivel nacional que es de 51,7% para habitantes de Ecuador que se encuentran en edades comprendidas entre 0 y 25 años (INEC, 2010). El 32,6% corresponde a habitantes que se encuentran entre los 26 y 60 años, datos muy parecidos al registrado a nivel del Ecuador que es de 39,7% (INEC, 2010). El 19,1% de habitantes se encuentran en edades

comprendidas entre los 61 años a más, diferenciándose a otras regiones rurales donde la población de ancianos es mayor alrededor del 22,2% (Borges-Yáñez & Gómez-Dantéz, 1998).

Las principales actividades agropecuarias corresponden al pastoreo de ganado caprino (*Capra hircus*), aprovechamiento de los recursos del bosque y la agricultura de subsistencia. Aunque existen pocos pobladores todavía subsiste cierta presión al BST. Sin embargo, la permanencia de la poca población local ha sido de vital importancia para la revalorización relativa de árboles, que anteriormente fueron considerados de baja importancia y que ahora son valiosas por los PFNM que ofrecen; entre ellos *Simira ecuadorensis*, *Piscidia carthagenensis*, *Eriotheca ruizii* y *Bursera graveolens* (Sánchez *et al.*, 2006). Por lo tanto, la gente seguirá asentada a largo plazo en el lugar en pleno control de su propia base de recursos que satisfacen en cierta medida el bienestar familiar. Según Berkes *et al.* (2000), los grupos indígenas y campesinos muestran una serie de prácticas culturales que promueven el uso sostenible de los recursos biológicos y la conservación de la biodiversidad. En este contexto, en el Capítulo IV de esta tesis doctoral se explica el conocimiento local y las prácticas culturales que realizan los pobladores de la zona de estudio.

#### **2.4.4. Principales problemas ambientales**

Actividades humanas como tala, cacería ilegal, construcción de carreteras y la expansión de la agricultura y la ganadería, han llevado a fragmentar ecosistemas y a obtener paisajes desalentadores en todo el mundo (Galicia *et al.* 2008; Djamali *et al.* 2013). Para los campesinos, existe como principal causa para la pérdida de la cobertura vegetal la tala del bosque seco. Según Aguirre *et al.* (2006) y Espinosa *et al.* (2011) desde hace mucho tiempo el BST ha sufrido cambios en sus composiciones florísticas, como consecuencia de la extracción de maderas, fibras, látex, forrajes y frutos de manera ilegal. Estas prácticas forman parte de la idiosincrasia de las poblaciones que viven en los BST del Ecuador (Cerón, 1993; Hernández & Josse, 1997) y en la cual no existe un óptimo control del Ministerio del Ambiente. Galicia *et al.* (2008) y Calderón-Aguilera *et al.* (2012) han demostrado que la tala indiscriminada afecta la estructura, dinámica, productividad y la biodiversidad de los bosques secos. Así mismo, en otros ecosistemas como los bosques húmedos tropicales, esta actividad produce los mismos efectos negativos (Pimm & Lawton, 1998; Bhuyan *et al.*, 2003).

Otro problema identificado es la expansión de la frontera agrícola al sembrar cultivos en sistemas como monocultivos y muy pocos agroforestales. Esta actividad está aunando efectos negativos. Según la FAO (2006) la expansión agrícola es la causa principal de la deforestación en los bosques tropicales. Sumado a esto, la mayoría de campesinos en los cultivos están aplicando pesticidas y aplican formulaciones químicas para la fertilidad (Tabla 2.13). Estos productos han sido muy estudiados por los impactos negativos que producen (Berny, 2007; Devine & Furlong, 2007) en especial en la salud y economía familiar (Pimentel, 2005). Por otro lado el uso del fuego o quemas, también constituyen un problema en la zona. Arianoutsou & Vilá (2012) comprobaron que los incendios frecuentes traen consecuencias graves en los ecosistemas; sustituyen la vegetación secundaria por especies de plantas invasoras, lo que provoca que haya una constante transformación en la composición y estructura del bosque. El fuego juega un papel potencialmente importante en el cambio de la vegetación y disminuye por otro lado la disponibilidad y calidad de PFNM (Fedele *et al.* 2011).

La producción caprina (*C. hircus*) es considerada por los campesinos como la actividad más importante en la zona; los campesinos son conscientes de que esta actividad produce impactos en el ecosistema esencialmente en la regeneración natural de las especies. Existen 1771 cabras que pastorean libremente en la zona de estudio, es una población elevada y su impacto es notable ya que una cabra madura necesita  $1,15 \text{ kg día}^{-1}$  para alimentarse bien (según la calculadora del balance de ración y requisitos de nutrientes de la Langston University <http://www2.luresext.edu/goats/research/nutritionmodule1.htm>), lo que corresponde a una cantidad de  $2036,6 \text{ Kg día}^{-1}$  de forraje. Esta cantidad que es alta podría estar disponible en los meses de lluvia y en donde existe mayor cantidad de biomasa y nacimiento de plántulas de regeneración natural de las especies arbóreas; que se ven directamente afectadas y afectan a la regeneración natural del BST. En este contexto, lo que manifiestan los campesinos es la necesidad de que se incrementen programas de manejo sostenible y de capacitación en este tema. Las cabras introducidas y su pastoreo han demostrado tener un impacto en la estructura y composición de especies, especialmente de las endémicas (Hester *et al.* 2006; Chynoweth *et al.* 2013), tal es el caso del cactus (*Opuntia ficus-indica*) (Carrión *et al.* 2007; Gibbs *et al.* 2010) y la extinción de especies endémicas como *Blutaparon rigidum* (Tye, 2003). Por ello el manejo de este tipo de producción debe ser considerada en la zona ya que en algunos casos las cabras

eliminaron el 100 % de plántulas de árboles de gran tamaño en el Archipiélago de Galápagos, afectando con ello la regeneración natural de las especies (Clark & Clark, 1981).

## 2.5. Conclusiones

En el bosque seco, lo que ahora es el área de aprovechamiento de frutos de *B. graveolens*, habitan campesinos mestizos como la mayoría de ecuatorianos y latinoamericanos (Wade, 2005; Bauer, 2012) por lo que no se puede afirmar que estas personas pertenezcan a alguna nacionalidad indígena que por lo general conservan prácticas ancestrales acordes al manejo sostenible de los recursos naturales. Los campesinos son considerados responsables directos de las decisiones y actividades que se realizan en el ecosistema. Ellos utilizan los recursos del bosque y en consecuencia sus actividades productivas determinan el destino de este ecosistema (Grau *et al.* 2008). Sin embargo, históricamente el BST ha sufrido transformaciones en la composición y estructura durante largos periodos de tiempo, donde se presentaron varios cambios climáticos extremos. Actualmente las actividades antropogénicas que impactaron y produjeron mayor gravedad se inicia desde el año 1940. Actividades como la tala indiscriminada, cambio del uso del suelo, quemas para el establecimiento de cultivos y el pastoreo extensivo de cabras (*Capra hircus*) son las principales causas de la perturbación de este ecosistema. El área actualmente está perturbada encontrándose en mayor porcentaje el bosque seco muy ralo (88,8%) usado para el pastoreo extensivo de cabras y pequeños remanentes de conservación (0,7%). Para los campesinos la principal actividad que reporta beneficios económicos es el pastoreo extensivo de cabras; sin embargo, esta actividad limita la regeneración natural de especies forestales. En la zona se ha identificado que existe una población de 1771 cabras, las cuales necesitarían 2036,6 Kg día<sup>-1</sup> para estar debidamente alimentadas; sin embargo, esta cantidad podría estar disponible solamente en los meses lluviosos, lo que acarrea problemas en la productividad de estas especies. La seguridad alimentaria se ve truncada ya que solamente existe el 2,2% de chacras establecidas en la zona, las mismas que cumplen la función de autoconsumo y los excedentes son utilizados para la venta.

La población de pequeños productores agroforestales según la edad se concentra entre el rango 0 a 25 años. Las familias tienen como promedio 4 miembros; se diferencia a otras zonas rurales donde existe como promedio familiar 7 miembros. Esta diferencia se debe, muy probablemente, a

la migración que han tenido que sufrir algunos miembros de familia con lo cual se ha visto afectada la estabilidad y unión familiar.

Según los campesinos la principal causa para la pérdida de la cobertura es la tala de especies como *Tabebuia chrysantha*, *Loxopterigium huasango*, *Triplaris cumingian* y *Caesalpinia glabrata*. Esta actividad afecta la estructura, dinámica, productividad y la biodiversidad de este ecosistema. La expansión de la frontera agrícola en monocultivos con uso de pesticidas y con muy pocos agroforestales sumado al uso del fuego traen como consecuencia la sustitución de la vegetación primaria por secundaria llevando consigo la transformación en la composición y estructura del bosque. La información generada en este Capítulo sirve como insumo para la elaboración de un plan de manejo sostenido de la zona de estudio, la cual se presenta en el Capítulo IX de esta tesis doctoral.

Anexo 2.1. Matriz para el censo comunitario en Malvas, Chaquiro y Totumos.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
CENSO COMUNITARIO**

---

Comunidad

Barrio

Localidad

---

Nombres y apellidos del inscrito

Cédula de identidad personal

---

Profesión/oficio

Telf:

Email:

**PERSONAS Y VIVIENDA**

Cuántas personas  
viven aquí  
¿Cuántos de 16 a  
25 años?  
¿Cuántas  
mujeres?


¿Cuántos de 1 a 5  
años?  
¿Cuántos de 26 a 40  
años?  
¿Cuántos hombres?


¿Cuántos de 6 a 15 años?  
¿Cuántos de 41 a 60 años?  
¿Cuántos trabajan?


**DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA**

Nombres	Apellidos

**EDUCACIÓN**

¿Cuántos  
estudiantes  
inicial/básica?

--

¿Cuántos  
bachilleres?

--

¿Cuántos  
profesionales?

--

## DE LA RESIDENCIA O VIVIENDA

La casa es de:						¿Es propietario?	
	Bloque	Madera	Ladrillo	Tapia	Otro	Si	No

Ubicación donde vive Ud. en la casa

--	--	--	--	--

Adelante    Atrás    1er nivel    2do nivel    Otro

## PERSONAS MINUSVÁLIDAS PERMAMENTES

¿Cuántas personas minusválidas permanentes?

¿Cuántas personas enfermas permanentes?

## DE LA CANTIDAD DE CABRAS

¿Cuántas cabras femeninas tiene?

¿Cuántas cabras machos tiene?

¿Cuántas cabras recién nacidas?

Total

Firma del encuestador:

Firma del encuestado:

## **CAPÍTULO III**

# **COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA DE UN BOSQUE SECO TROPICAL DEL SUR OCCIDENTE DE LOJA, ECUADOR**

### 3.1. Introducción

Los BST son los ecosistemas más utilizados, perturbados, fragmentados y peor conservados del planeta (Murphy & Lugo, 1986; Quesada & Stoner, 2004; Quesada *et al.* 2009). Los BST se caracterizan por estar sometidos a un período de sequía que condiciona la mayoría de sus procesos ecológicos (Murphy & Lugo, 1995; Maass & Burgos, 2011). La precipitación anual es menor a 1.600 mm, presentan una temporada seca que dura de cinco a seis meses y en la que existe una precipitación inferior a 100 mm (Pennington *et al.* 2000). Los procesos ecológicos tienen un marcado carácter estacional; por ejemplo, la productividad primaria neta es menor que en los bosques tropicales húmedos (BTH), porque sólo se da de forma significativa durante el período de lluvias (Aguirre *et al.* 2006). Estos bosques se caracterizan porque las especies arbóreas y arbustivas poseen menor altura y área basal que aquellos de los BTH (Linares-Palomino 2004; Aguirre *et al.* 2006).

En comparación con otros biomas, los BST han experimentado la mayor pérdida de hábitat y transformación de la tierra, como consecuencia del asentamiento y aumento de la población humana, acrecentamiento de la pobreza, sobreexplotación forestal y la expansión agrícola y ganadera (Novick *et al.* 2003; Miles *et al.* 2006; Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; Atkinson *et al.* 2015). La regeneración natural está afectada debido a la introducción y sobrepastoreo de especies exóticas como cabras (*Capra hircus*), vacas (*Bos taurus* Linnaeus) y al ramoneo de animales silvestres como *Melopsittacus undulatus* Shaw; *Odocoileus virginianus* Zimmermann y *Sylvilagus floridanus* J. A. Allen, que se alimentan de plántulas jóvenes y brinzales (Coblenza, 1978; Schofield, 1989; Campbell & Donlan, 2005; Peacock y Sherman, 2010; García *et al.* 2012). Kharkwal *et al.* (2005) consideran que este proceso acelera la pérdida de especies y por ende esta situación podría llevar al colapso de este ecosistema a medio-largo plazo.

Los BST son importantes para la protección del ambiente y para la economía rural. Así es, los pobladores del BST los ha integrado en su vida cotidiana y lo usan para el aprovechamiento de sus múltiples recursos. Especies forestales maderables económicamente importantes como *Tabebuia chrysantha* y *Loxopterigium huasango*, así como la extracción de leña benefician a las comunidades rurales. Plantas útiles como *Myroxylum peruiiferum*, *Piscidia carthagenensis*,

*Cordia lutea*, *Erythrina smithiana*, *Bursera graveolens* [Kunth] Triana & Planchon de los cuales se extraen cortezas, látex, resinas son ejemplo de beneficios a las comunidades campesinas (Leal-Pinedo & Linares-Palomino, 2005; Aguirre *et al.* 2006; Sánchez *et al.* 2006; Espinosa *et al.* 2012; Aguirre-Mendoza, *et al.* 2013); pero, en estos bosques hay indicios de que el ritmo de explotación sobrepasa las posibilidades de recuperación natural (Aguirre *et al.* 2006). En contraste con otros ecosistemas y a pesar de la alta presión antropogénica, en los BST se han declarado pocas áreas protegidas y de conservación (Miles *et al.*, 2006; Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010).

En la caracterización de los BST muchos investigadores han realizado inventarios florísticos cuantitativos, basados en el establecimiento de parcelas permanentes (PPM). En estas áreas de muestreo se han documentado la estructura, composición y la diversidad (Parthasarathy, 2001; Sagar *et al.* 2003, Krishnamurthy *et al.* 2010). Últimamente hay un creciente interés en la documentación de la dinámica a largo plazo de los BST mediante el establecimiento y monitoreo de PPM. Estos inventarios forestales constituyen una base imprescindible de investigación para diversos aspectos de la ecología tropical, mientras que proporciona información crucial para su conservación y gestión (Ayyappan & Parthasarathy, 1999).

Los principales procesos ecológicos, aspectos relacionados con la diversidad florística, estudios económicos y la determinación de los impactos de la deforestación (Murphy *et al.* 1986; Mendes *et al.* 2012; López-Barrera *et al.* 2014) de los BST de Sudamérica, han sido relativamente bien estudiados. En algunos BST de Ecuador se han caracterizado la estructura, composición, diversidad, endemismo, funcionamiento y los usos de las especies forestales que lo conforman (Cerón, 1996; Madsen *et al.* 2001, Aguirre *et al.* 2006; Espinosa *et al.* 2012). Otros estudios en los BST del sur occidente de Ecuador incluyen aquellos etnobotánicos relacionados al aprovechamiento de plantas de varias especies medicinales y comestibles (Béjar *et al.* 2001; Van den Eynden *et al.* 1999, 2003; Sánchez *et al.* 2006). Sin embargo, el BST donde se explota el fruto de *B. graveolens*<sup>5</sup> en el cual existe una alta probabilidad de que se incremente esta explotación, no se han realizado estudios que permitan conocer la diversidad de especies que lo conforman; por otro lado, no se conoce la cantidad de biomasa y carbono contenido en el bosque.

---

<sup>5</sup> Zona correspondiente a la presente investigación.

Ésta información puede servir para identificar las potencialidades en dirección al desarrollo de las comunidades campesinas y también como línea base para futuros estudios.

En este contexto, el objetivo de este capítulo fue describir la estructura de la vegetación, composición, diversidad, contenido de biomasa y carbono forestal de un BST ubicado al sur occidente de la provincia de Loja, Ecuador. En este BST hay grupos pequeños de campesinos agroforestales, que hacen uso directo de los recursos maderables y no maderables. El presente trabajo proporcionará información para entender la situación actual y la ecología del BST, así como la labor de conservación requeridas para este ecosistema.

## **3.2. Materiales y métodos**

### **3.2.1. Muestreo**

En el área de investigación definida en el Capítulo 2 (sección 2.3.2.3) se instalaron 20 PPM. La selección de éstas fue a través de un diseño aleatorio simple (De Souza & Ferreira, 2004; Tarrasón *et al.* 2010). La dimensión de cada PPM fue de 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m) (Bai *et al.* 2011; Aguirre-Mendoza *et al.* 2013), cubriéndose un área total de muestreo de 8000 m<sup>2</sup> (Imagen 3.1).

Cada PPM fue numerada, se registró la altitud, coordenadas UTM y se procedió a cuantificar, identificar y describir el número de individuos de todas las especies con DAP  $\geq$  5 cm (Imaña & Encino, 2008). Para aquellas especies que no pudieron ser identificadas en el campo, se recolectaron muestras botánicas y se depositaron y analizaron en el herbario de la universidad.

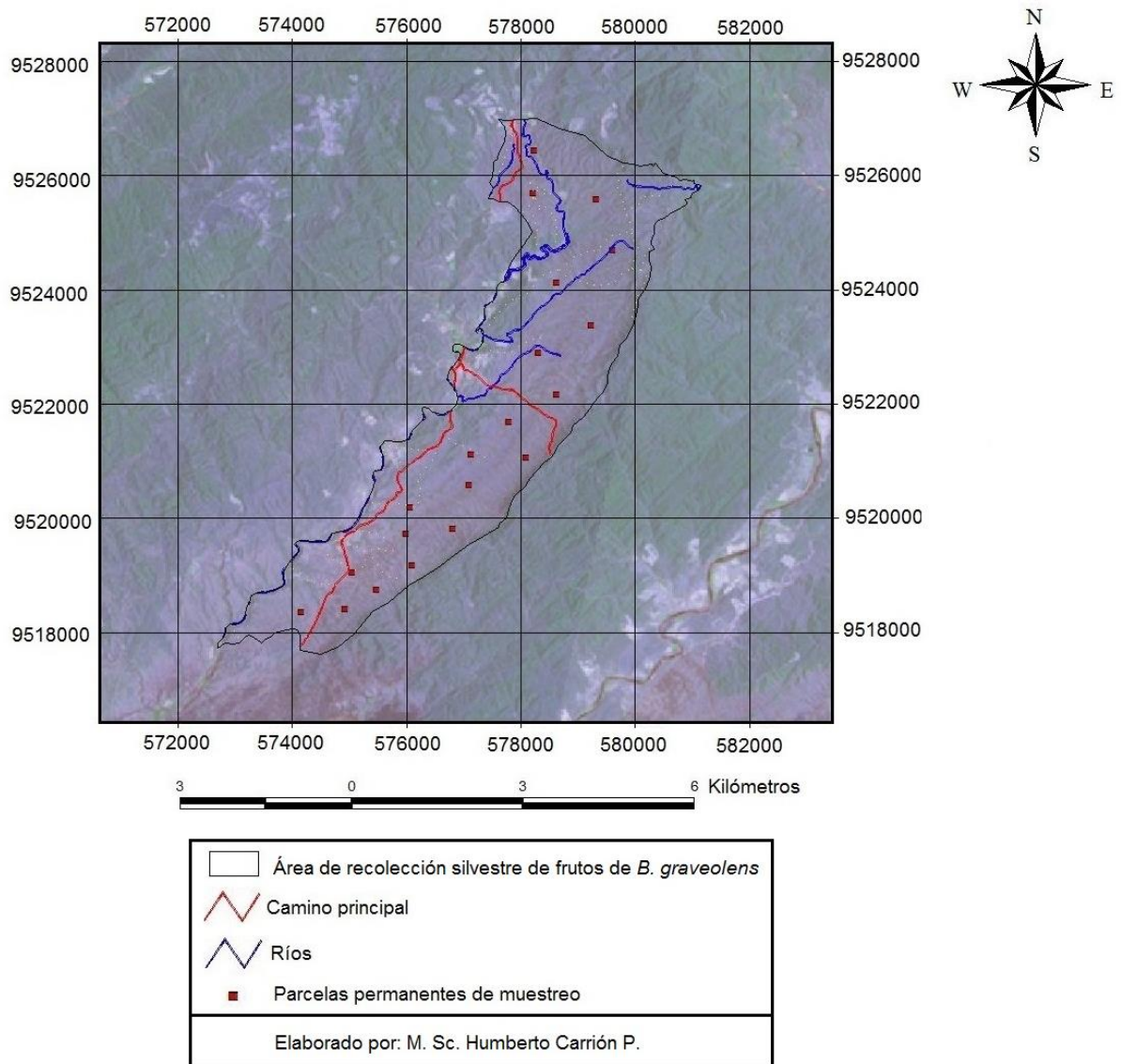


Imagen 3.1. Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo (PPM). Los puntos rojos representan cada una de las PPM.

En el muestreo se involucraron personas del lugar quienes previamente fueron capacitados para la toma de datos como diámetro, altura de fuste y altura total de las especies presentes en el bosque (Imagen 3.2).



Imagen 3.2. Levantamiento de datos con campesinos que aprovechan el BST del sur de Ecuador; **a.** Joven Vladimir Panamito realizando el marcado de un árbol de *B. graveolens*; **b.** Don Víctor Vera midiendo el CAP en un árbol de *T. chrysantha*.

### 3.2.2. Datos dasométricos

Se determinó la circunferencia a la altura del pecho (CAP), la altura del fuste hasta la primera rama y la altura total de los árboles. Con estos datos se realizaron las respectivas mediciones dasométricas (Imagen 3.3).

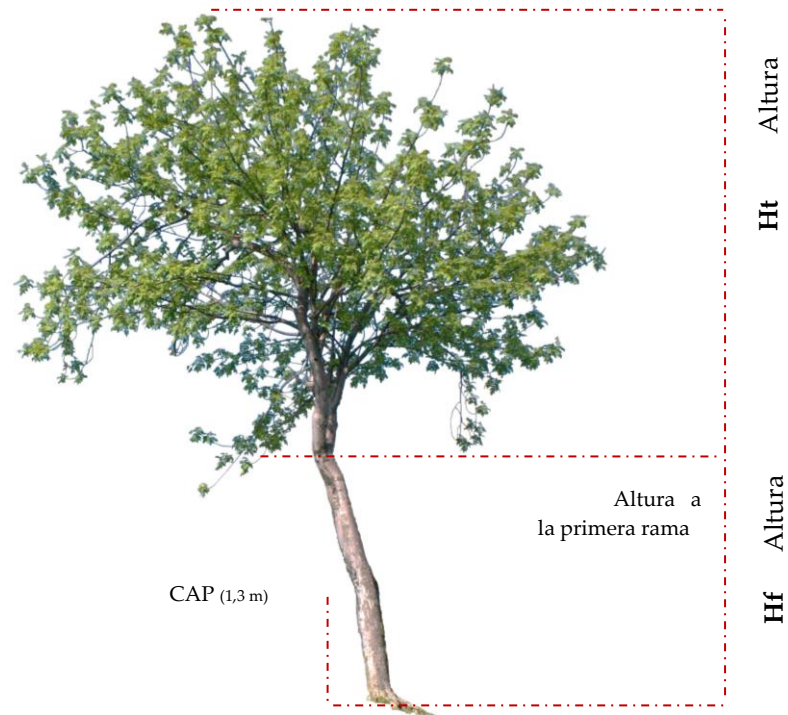


Imagen 3.3. Árbol de *B. graveolens*. Medidas consideradas para las mediciones dasométricas.

### 3.2.2.1. Diámetros

Con el flexómetro se midió la circunferencia a la altura del pecho (altura aproximada de 1,3 m; CAP) en centímetros de cada árbol (Imagen 3.4). Posteriormente se aplicó la fórmula de Prodan *et al.* (1997) para transformar los datos del CAP a diámetro a la altura del pecho (DAP):

$$DAP = CAP/\pi$$

Dónde:

DAP = Diámetro a la altura del pecho.

CAP = Circunferencia a la altura del pecho.

$$\pi = \text{pi } 3,1415$$



Imagen 3.4. Medición del diámetros a la altura del pecho (DAP) de *B. graveolens*.

Se ordenó de forma creciente los árboles encontrados con  $DAP \geq 5$  cm en cada PPM. Posteriormente se organizó los DAP en clases diamétricas con intervalos:  $< 0.1$  m;  $0.1 - 0.2$  m;  $0.21 - 0.3$  m;  $0.31 - 0.4$  m;  $0.41 - 0.5$  m y  $> 0.5$  m considerando todas las especies del área de muestreo ( $8\ 000\ m^2$ ). Por cada clase diamétrica se constató el diámetro promedio. Con este valor obtenido y en base a la metodología propuesta por Pardé & Bouchon (1994) y Prodan *et al.* (1997), se calculó el área basal con la siguiente fórmula:

$$\bar{G} = \left(\frac{\pi}{4}\right) * \bar{D}^2$$

Dónde:

$\bar{G}$  = Área basal promedio ( $m^2$ )

$\bar{D}$  = Diámetro promedio (m)

$\bar{D}$

### 3.2.2.2. Alturas de los árboles

La medida de la altura de los árboles y arbustos se realizó mediante el altímetro de Haga por ser un instrumento práctico en el momento de realizar este tipo de levantamiento de información.

### 3.2.2.3. Volumen

El volumen total y del fuste de cada clase diamétrica se calculó con la ecuación propuesta por Pardé & Bouchon (1994) y Orozco & Brumér (2002):

$$\bar{V} = \bar{G} \times \bar{H} \times f$$

Dónde:

$\bar{V}$  = Volumen promedio (m<sup>3</sup>)

$\bar{G}$  = Área basal promedio (m<sup>2</sup>)

$\bar{H}$  = Promedios de la altura total y del fuste (m)

$f$  = Factor de forma (0,7)

Posteriormente se calculó tanto el área basal como el volumen total y del fuste por clases diamétricas en cada hectárea, empleando las siguientes ecuaciones:

$$G/ha = NA/ha * \bar{G}$$

$$V/ha = NA/ha * \bar{V}$$

### 3.2.3. Estimación de biomasa y carbono forestal

#### 3.2.3.1. Biomasa

Con la información obtenida de volumen total promedio y volumen total ha<sup>-1</sup> de las especies arbóreas y arbustivas identificadas en el BST, se calculó la cantidad de biomasa y carbono forestal por clases diamétricas. Para tal fin se utilizó las ecuaciones propuestas por Brown (1997) y Dávalos *et al.* (2008):

$$B = VT * \pi * FEB$$

Dónde:

B	=	Biomasa (kg)
VT	=	Volumen (m <sup>3</sup> ) /ha
pi	=	Peso específico de la madera (g/cm <sup>3</sup> )
FEB	=	Factor de expansión de biomasa

El valor de FEB empleado corresponde a 1,6 conforme lo indicado por Dixon (1995) y Andrade & Ibrahim (2003). El cálculo del pi se realizó en base a los valores de densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>) de las especies forestales identificadas en el BST. Se utilizó una media ponderada por ecoregión tal y como lo recomiendan Brown & Lugo (1992) y Brown (1997). En nuestro caso se utilizó las densidades de la madera conforme los estudios de Zanne *et al.* (2009) para la ecoregión South America (tropical) cuyo valor es de 0,641 g/cm<sup>3</sup>.

#### 3.2.3.2. Estimación del carbono forestal

Con los datos obtenidos de biomasa según el apartado anterior se procedió a estimar el contenido de carbono con la siguiente fórmula (Brown, 1997; Dávalos *et al.* 2008).

$$C = B * fc$$

Dónde:

C = Carbono almacenado por los árboles (kg ha<sup>-1</sup>).

B = Biomasa (peso seco) de los árboles.

fc = Fracción de carbono en la biomasa (0,5% según IPCC, 1994).

Se realizó un análisis de correlación exponencial con los datos de volumen promedio por clase diamétrica y la biomasa calculada. Se utilizó el programa SPSS Statical Software Versión 15.0 (SPSS Inc, Chicago) considerando como variable independiente las clases de diámetro y como dependiente los kg de biomasa por árbol. El cálculo de la biomasa ha<sup>-1</sup> y el contenido en carbono por hectárea en cada clase diamétrica fue obtenido a partir del número de individuos por hectárea; se consideró únicamente la cantidad de carbono almacenado en la parte aérea de la biomasa de los árboles. La biomasa total se convirtió a valores de almacén de carbono C (kg ha<sup>-1</sup>) conforme los estudios realizados por Dávalos *et al.* (2008).

### 3.2.4. Índices ecológicos

Las ecuaciones utilizadas para estimar los valores de los índices ecológicos se indican en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Fórmulas aplicadas para determinar los índices ecológicos.

Indicador	Ecuación utilizada	Referencia
Abundancia relativa	$A = \frac{(N/ha \text{ de la especie})}{N \text{ total de individuos/ha}}$	Cerón, 1993
Dominancia relativa	$D = \frac{(G/ha \text{ de la especie})}{G/ha \text{ del bosque}} * 100$	Cerón, 1993
Índice de valor de importancia	$IVI = A + D$	Cerón, 1993
Índice de valor de familia	$IVF = A + D + Div$	Mori <i>et al.</i> 1983
Diversidad relativa	$Div.R. = \# \text{ spp.Fam} / \# \text{ Total spp.} * 100$	Cerón, 1993

### 3.2.5. Perfiles estructurales

Para describir la estructura de la vegetación se consideraron los estratos arbustivo, arbóreo inferior y arbóreo superior y las fases de claro, reconstrucción y fase madura o de estado de equilibrio (Bourgeron, 1983). Como en la zona de estudio la mayor cantidad de tipos de bosque corresponden al bosque seco muy ralo (88,8 %) (Tabla 2.1), en esta zona y en base a las PPM establecidos se eligió al azar una PPM. En esta parcela se procedió a delimitar un transecto en el centro de la misma con una dimensión de 8 m x 20 m tomando rumbo con la brújula de 86° NE (Figura 3.1).

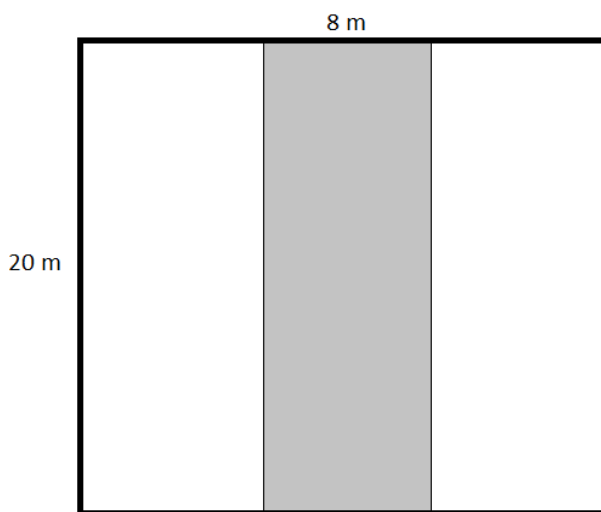


Figura 3.1. Esquema representativo del transecto (en gris) en una de las PPM que se utilizó para la determinación del perfil estructural.

Se midieron las especies que se encontraron en el transecto, usando una cinta métrica con el fin de medir la distancia que hay del árbol hasta límite del transecto y la distancia que recorre ésta hasta ubicar otro árbol. Con un papel milimetrado a escala se colocó los árboles que tienen diámetros  $\geq 5$  cm de DAP. Una vez ubicados los árboles se elaboraron los perfiles vertical y horizontal, tomando en cuenta los parámetros como altura total y de fuste y se estimó el diámetro de la copa de los árboles.

### 3.3. Resultados

#### 3.3.1. Composición florística y estructura

En el BST de esta parte del sur de Ecuador se encontraron 12 especies de porte arbóreo y arbustivo que correspondieron a 11 familias (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Especies forestales que conforman el BST del sur occidente de Ecuador.

Familia	Nombre Científico
ANACARDIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>
BIGNOCIACEAE	<i>Tabebuia chrysantha</i>
BIXACEAE	<i>Cochlospermum vitifolium</i>
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>
BURCERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>
CACTACEAE	<i>Cereus diffusus</i>
CAESALPINACEAE	<i>Caesalpinia glabrata</i>
FABACEAE	<i>Geoffroea spinosa</i>
FABACEAE	<i>Piscidia carthagenensis</i>
POLYGONACEAE	<i>Coccoloba ruiziana</i>
RHAMNACEAE	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>
RUBIACEAE	<i>Simira ecuadorensis</i>

#### 3.3.1.1. Densidad y dominancia de especies forestales

En la Tabla 3.3 se muestran la densidad, área basal, volumen de fuste y volumen total de cada clase diamétrica y por hectárea de las especies que se desarrollan en el BST. En promedio se identificaron 299 individuos ha<sup>-1</sup>, y el mayor número de ellos se encuadraron en las clases diamétricas de 0,1 - 0,2 y 0,21 - 0,3 m, con 161 y 64 individuos ha<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 3.2).

Tabla 3.3. Densidad, área basal, volumen de fuste y volumen total.

Clases diamétricas (m)	Número de individuos ha <sup>-1</sup>	Diámetro promedio (m)	$\bar{H}_f$	$\bar{H}_T$	Área basal m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Volumen de fuste m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Volumen total m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
< 0,1	26	0,08	1,59	4,70	0,130	0,130	0,390
0,1 - 0,2	161	0,14	2,31	6,61	2,576	3,867	11,270
0,21 - 0,3	64	0,24	2,60	8,17	3,008	5,120	16,000
0,31 - 0,4	35	0,35	3,99	10,65	3,395	8,820	23,590
0,41 - 0,5	9	0,42	3,09	10,57	1,269	2,547	8,721
0,51 - 0,6	4	0,57	1,00	9,57	1,028	0,668	6,388

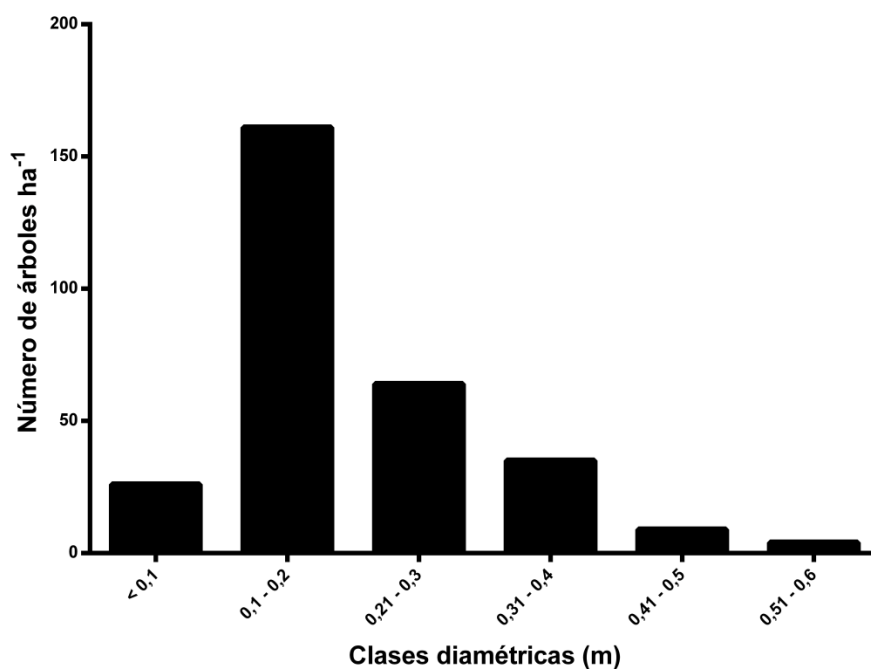


Figura 3.2. Número de individuos por hectárea.

Las densidades más altas correspondieron a *Tabebuia chrysantha* y *Caesalpinia glabrata* con 116 individuos ha<sup>-1</sup> y 69 individuos ha<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 3.3) seguidos de *Bursera graveolens* con 58 individuos ha<sup>-1</sup>.

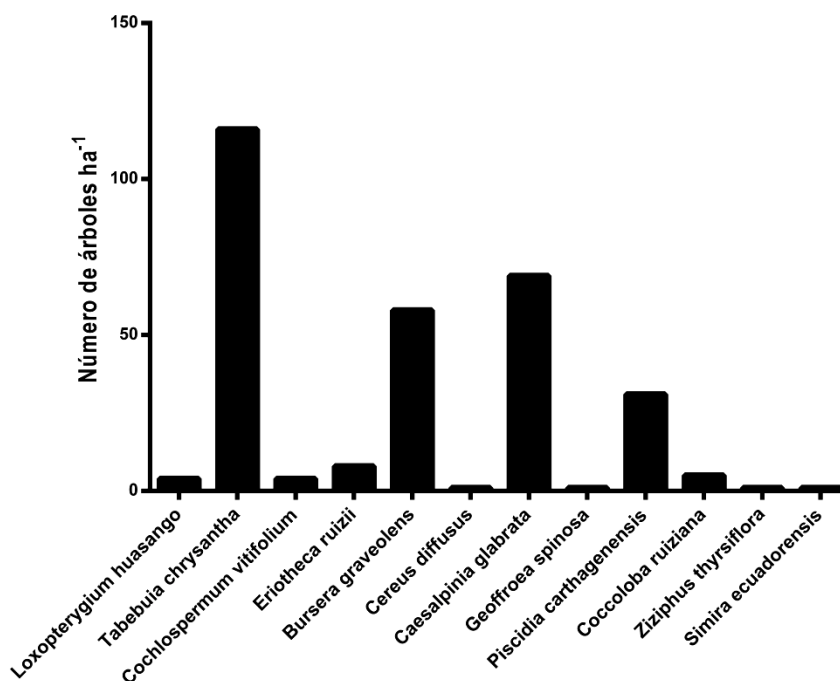


Figura 3.3. Número de individuos por hectárea y por especie.

### 3.3.1.2. Área basal y volumen

En la Figura 3.4 se presentan los valores de área basal para las distintas clases diamétricas. Los valores más elevados corresponden para aquellas clases diamétricas de 0,21 – 0,3 y 0,31 – 0,4 m. Los individuos que sobrepasan los 0,50 m de diámetro correspondieron generalmente a individuos de *B. graveolens* (0,54 m en promedio), *C. glabrata* (0,59 m) y *E. ruizii* (0,59 m) que alcanzan un área basal de 1,028 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

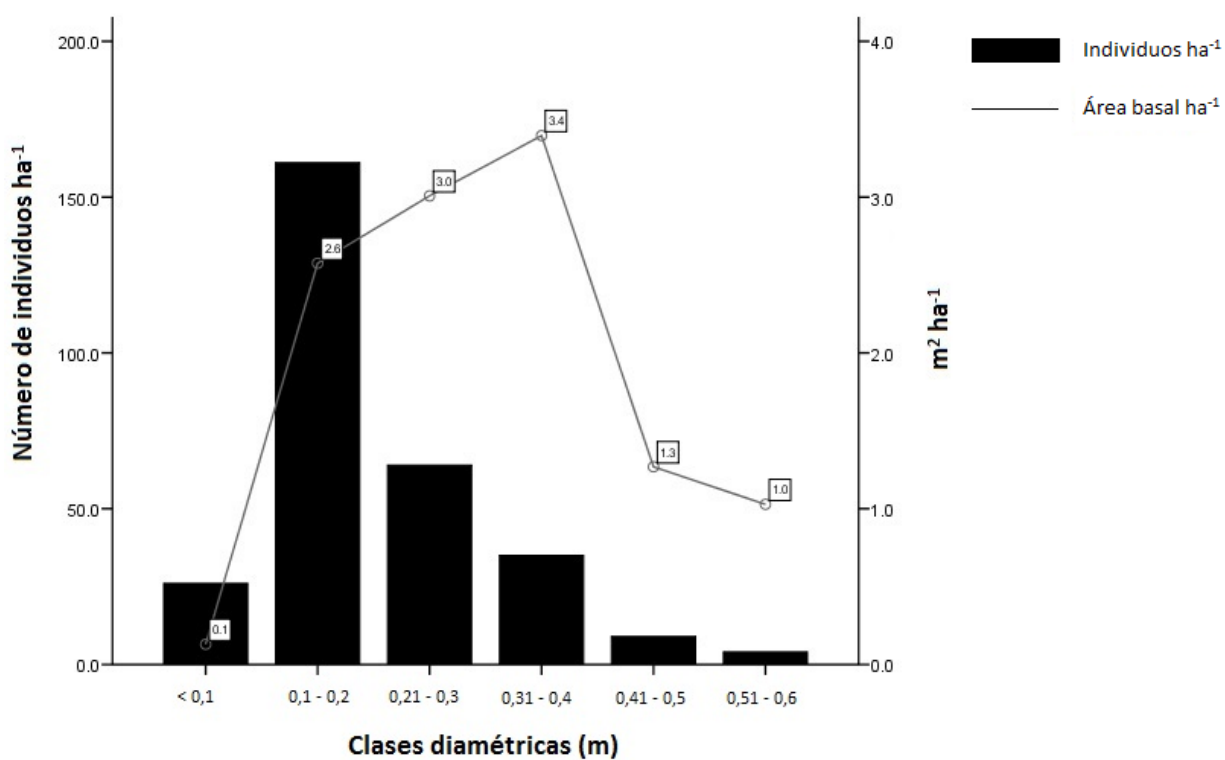


Figura 3.4. Número de individuos por hectárea y área basal en clases de DAP.

Los volúmenes más elevados se observaron también en las clases de 0,21- 0,3 y 0,31 - 0,4 m. con 16 y 23,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3.5).

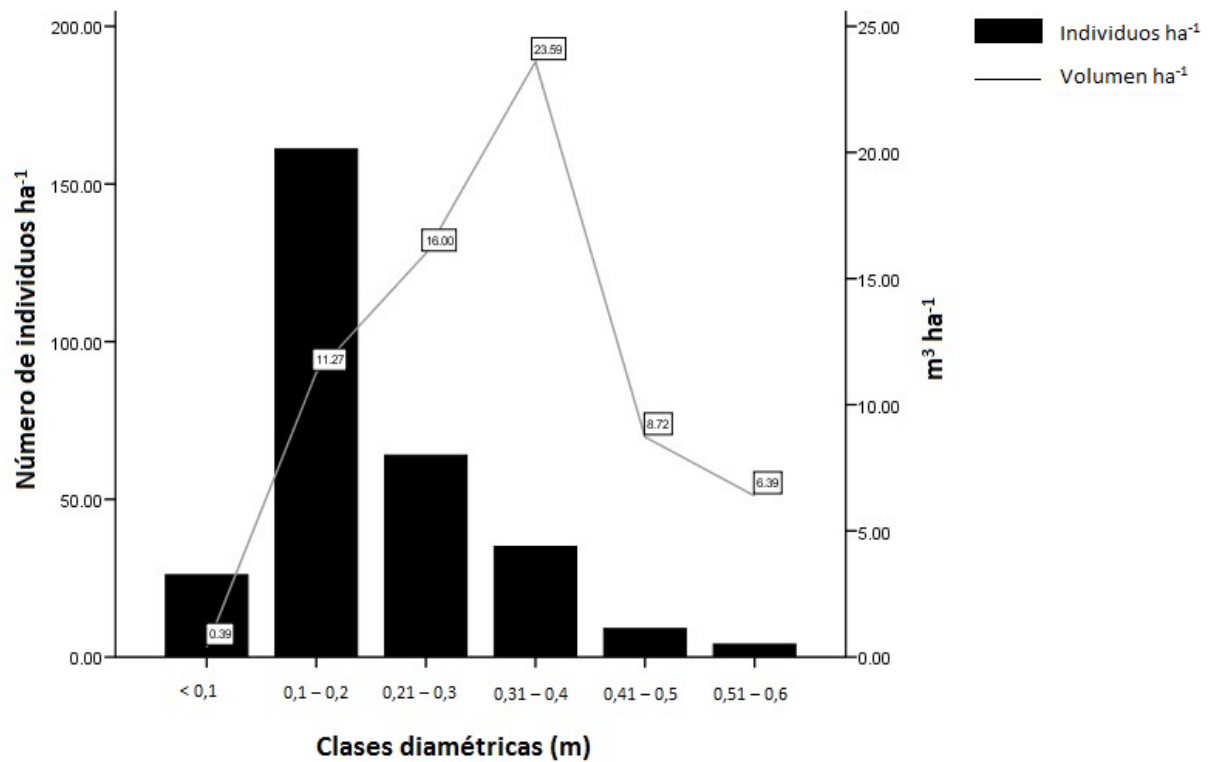


Figura 3.5. Número de individuos por hectárea y volumen según clases de DAP.

### 3.3.1.3. Altura de los árboles

En la Figura 3.6 se muestra que el 59,5 % de individuos registraron una altura de 5 – 10 m. En cambio menos del 15,7 % de los árboles tuvieron una altura superior a los 10 m. El árbol más alto (16 m) correspondió a un individuo de *B. graveolens*.

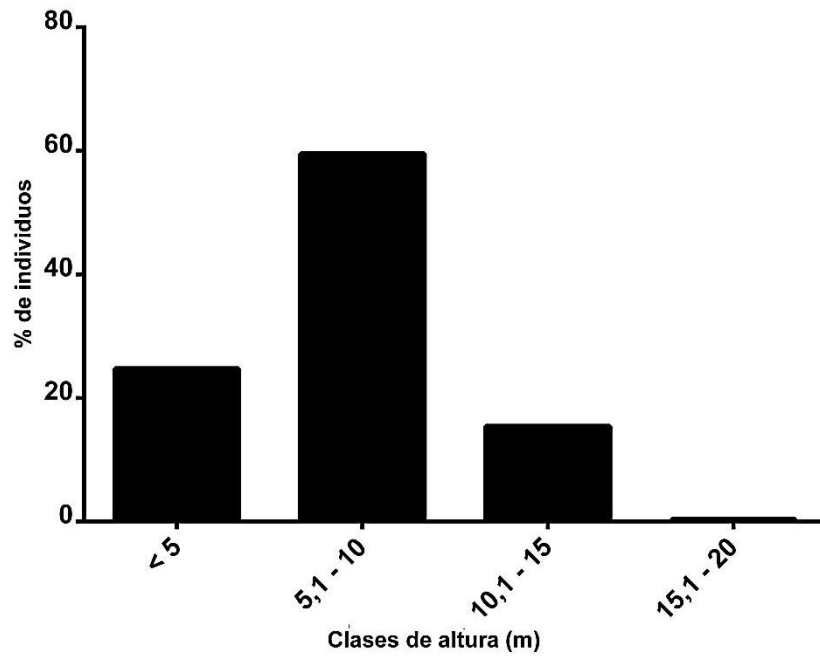


Figura 3.6. Distribución de individuos por clases de altura

### 3.3.2. Estimación de biomasa y carbono forestal

La relación exponencial ( $r^2 = 0,93$ ;  $P > 0,05$ ) existente entre la biomasa y el diámetro nominal se presenta en la Figura 3.7.

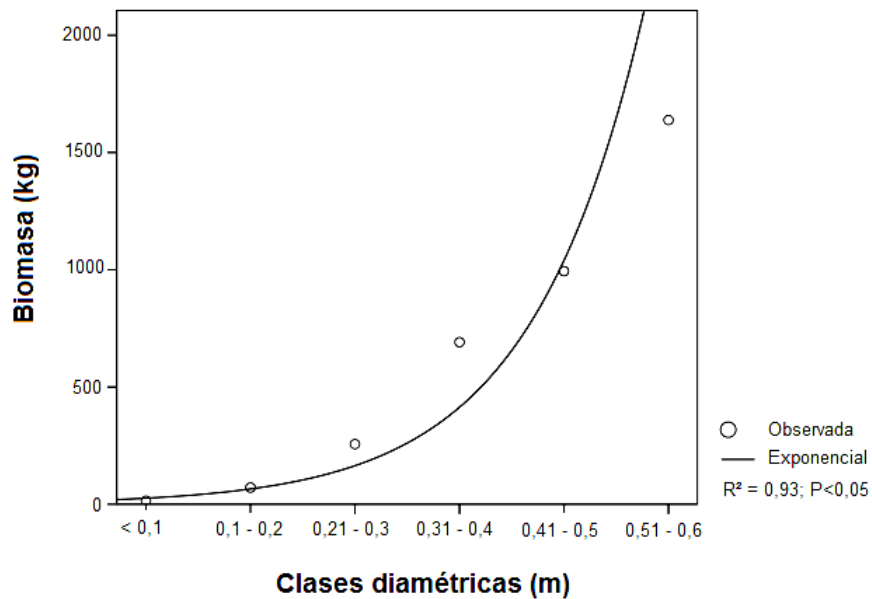


Figura 3.7. Dispersión de los valores observados y la línea de regresión generada con los datos de contenido de biomasa.

Claramente a medida que aumenta el diámetro (y por tanto la edad de la especie), mayor es la cantidad de biomasa que acumula, especialmente en las clases diamétricas más grandes.

Los valores obtenidos de biomasa y carbono por clases diamétricas y por hectárea se presentan en la Tabla 3.4 y Figura 3.8. En el BST, existe una cantidad aproximada de 68,06 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa acumulada y una cantidad aproximada de 33,04 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono. La clase diamétrica 0,31 – 0,4 m es la que presenta mayor cantidad de biomasa (24,2 Mg ha<sup>-1</sup>) y de carbono (12,1 Mg ha<sup>-1</sup>) seguida por la clase diamétrica 0,21 – 0,3 m (16,4 Mg ha<sup>-1</sup>, 8,0 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) en las especies que forman parte de este BST.

Tabla 3.4. Volumen total (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) biomasa (kg ha<sup>-1</sup>) y carbono (kg C ha<sup>-1</sup>).

Clases diamétricas (m)	Volumen total m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Biomasa kg ha <sup>-1</sup>	Carbono kg C ha <sup>-1</sup>
< 0,1	0,39	400,0	200,0
0,1 - 0,2	11,27	11558,5	5779,3
0,21 - 0,3	16	16409,6	8204,8
0,31 - 0,4	23,59	24193,9	12097,0
0,41 - 0,5	8,721	8944,3	4472,1
0,51 - 0,6	6,388	6551,5	3275,8
Suma general	66,359	68057,8	34028,8952

pi: peso específico de la madera; media ponderada por eco región (641 kg/m<sup>3</sup>) (Zanne *et al.* 2009)  
 FEB: Factor de expansión de biomasa de 1,6 (Dixon, 1995; Andrade & Ibrahim, 2003)

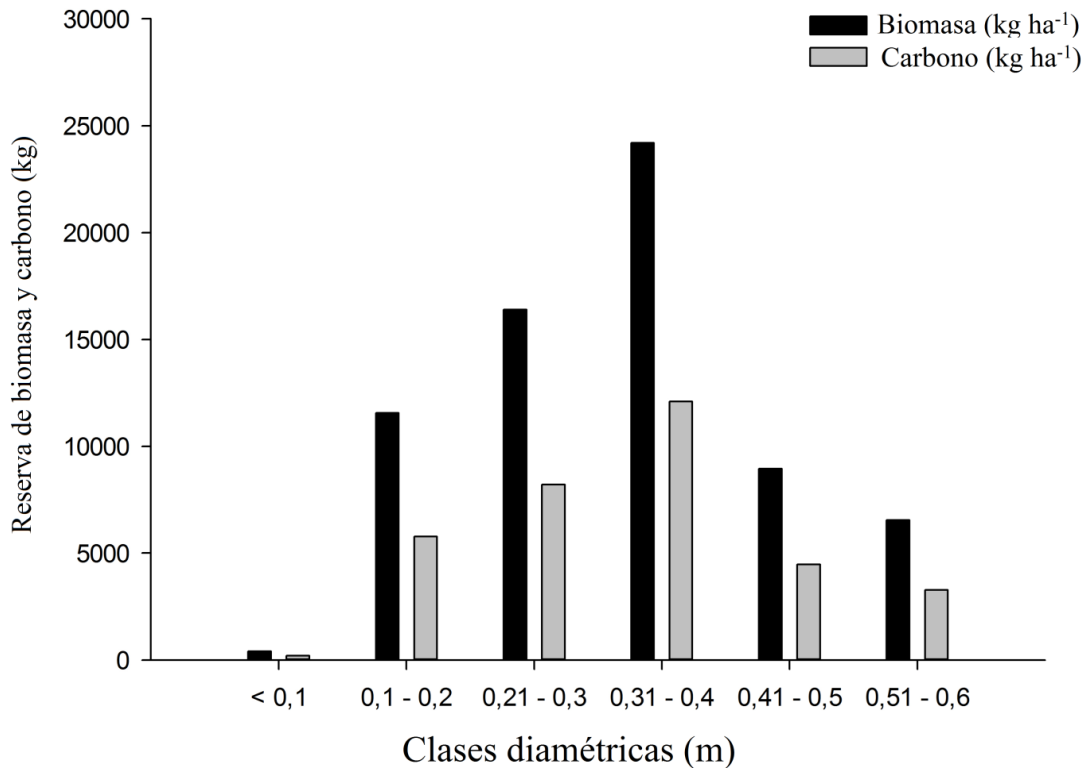


Figura 3.8. Biomasa ha<sup>-1</sup> y carbono ha<sup>-1</sup> contenido en BS según clases diamétricas.

### 3.3.3. Índices ecológicos

La especie más abundante es *T. chrysantha* (38,9% de los individuos) seguida de *C. glabrata* (23%), *B. graveolens* (19,2%) y *P. carthagenensis* (10,5 %); el resto de especies poseen valores menores a 8 individuos por hectárea y menores a 1,3% de abundancia relativa. Sin embargo, la dominancia está representada para *B. graveolens* (41,7%; porcentaje de área basal del bosque representado por individuos de *B. graveolens*) y *C. glabrata* con (21,7%), seguidos de *T. chrysantha* y *Piscidia carthagenensis*, con 9,9 % y 9,7 % respectivamente (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Indicadores de diversidad y del papel ecológico de la vegetación arbustiva del BST. Los números sombreados de la tabla representan los valores más altos del IVI.

Familia	Nombre Científico	Nº individuos ha <sup>-1</sup>	Abund. Relativa %	Dom. Relativa %	IVI
ANACARDIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>	4	1,3	2,9	4,2
BIGNOCIACEAE	<i>Tabebuia chrysantha</i>	116	38,9	9,9	48,8
BIXACEAE	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	4	1,3	2,9	4,2
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	8	2,5	10,1	13,0
BURCERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	58	19,2	41,7	60,9
CACTACEAE	<i>Cereus diffusus</i>	1	0,4	0,1	0,5
CAESALPINACEAE	<i>Caesalpinia glabrata</i>	69	23,0	21,7	44,7
FABACEAE	<i>Geoffroea spinosa</i>	1	0,4	0,7	1,1
FABACEAE	<i>Piscidia carthagenensis</i>	31	10,5	9,7	20,2
POLYGONACEAE	<i>Coccoloba ruiziana</i>	5	1,7	0,4	2,1
RHAMNACEAE	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>	1	0,4	0,3	0,7
RUBIACEAE	<i>Simira ecuadorensis</i>	1	0,4	0,1	0,5

### 3.3.3.1. Índice de valor de importancia (IVI)

*B. graveolens*, *T. chrysantha* y *C. glabrata* con 60,9; 48,8 y 44,7 respectivamente. *P. carthagenensis* presenta un rango intermedio (20,2), en tanto que *E. ruizii* presenta un valor de 13,0 de IVI. Las 7 especies restantes corresponden a datos menores de 4,2 del IVI. Así mismo, los valores del índice de valor de familia (IVF) se presentan en la Tabla 3.6. Los valores más altos son para la familia Burseraceae (69,3); Bignoniaceae (57,1) y Caesalpinaceae (53,0). Las otras familias tienen valores menores a 28,5 del IVF.

Tabla 3.6. Importancia de valor por familias (IVF)

Familia	IVF
Burceraceae	69,3
Bignoniaceae	57,1
Caesalpinaceae	53,0
Polygonaceae	28,5
Bombacaceae	20,9
Fabaceae	17,8
Anacardiaceae	12,5
Bixaceae	12,5
Rhamnaceae	10,4
Rubiaceae	9,1
Cactaceae	8,8

### 3.3.4. Perfil estructural

El bosque estudiado presenta tres estratos; arbustivo hasta los 5 m, arbóreo inferior de 6 a 10 m y arbóreo superior mayor a los 11 m (Figura 3.9). Según Bourgeron (1983) el BST se encuentra en

la fase de claro. En este estudio no se recogió información sobre vegetación herbácea ya que ésta está sólo presente en la época lluviosa.

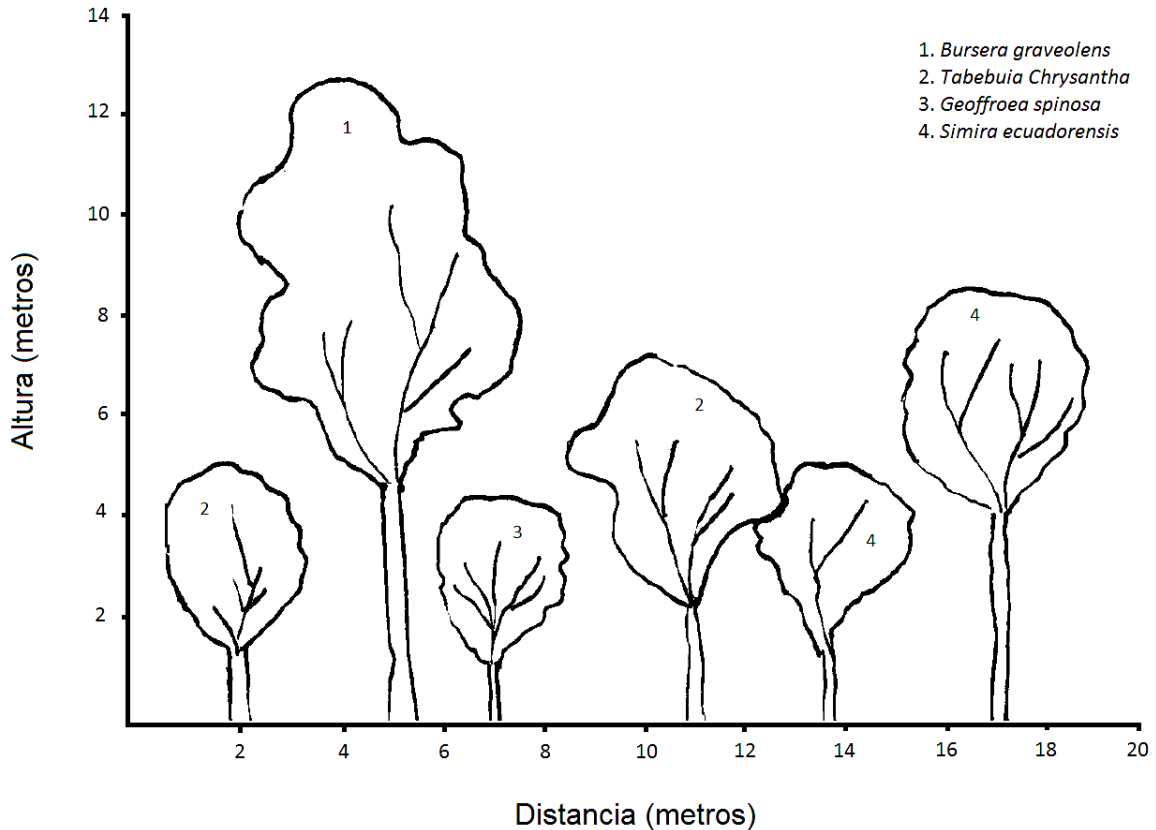


Figura 3.9. Perfil estructural del BST del sur occidente de Loja.

### 3.4. Discusión

Según Murphy & Lugo (1986) e Ibanez *et al.* (2013) entre los BST y los bosques húmedos tropicales (BHT) existe una diferencia en lo que respecta a la estructura y composición florística. En términos de estructura dasométrica, los BST presentan menor área basal y altura de los árboles en comparación con los BHT (Murphy & Lugo, 1986). Esto se debe a la caída de producción primaria neta que está asociada al mayor estrés hídrico al que están sometidos los BST (Espinosa *et al.* 2012). Según Aguirre *et al.* (2006) la mayor productividad neta en los BST sólo se da en el período de lluvias que dura entre cinco a seis meses cada año. Esta diferencia se acentúa aún más puesto que la zona de estudio se ubica en una región donde existe mayor presión antropogénica (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; Aguirre *et al.* 2013). Esta presión

antrópica también subyace en las diferencias en la estructura e indicadores de diversidad entre el BST de este estudio comparándolo con otros BST; especialmente con aquellos BST que están legalmente protegidos o incluso con aquellos BST que no están protegidos y son considerados como secundarios<sup>6</sup>. Según Leal-Pinedo & Linares-Palomino (2005) aseveran que a más de las condiciones anteriormente indicadas, las diferencias marcadas entre el número de especies e individuos presentes por parcela en los BST, se hallan condicionadas también por las características ecológicas de los ambientes en que se desarrollan y por consiguiente por la demanda de los recursos edáfico, hidrológico y de humedad que se presenta en cada zona ecológica.

Con 11 familias y 12 especies arbustivas o arbóreas ( $\geq 5$  cm de DAP), nuestra área de estudio presenta menor riqueza que los BST protegidos de la costa pacífica de Sudamérica. Por ejemplo Aguirre *et al.* (2014) en la reserva La Ceiba, área protegida muy cercana a la zona de estudio, encontró 37 familias con 49 especies; estos resultados sugieren que cuando el BST no tiene una influencia antrópica, presenta mayor riqueza florística. El BST estudiado presenta 299 individuos  $\text{ha}^{-1}$ , este resultado es menor a los registrados en zonas secas protegidas de Ecuador. En el BST *El Pechiche* se identificaron en promedio 538 individuos  $\text{ha}^{-1}$  (Josse, 1997) y en la *isla Puná* 422 individuos  $\text{ha}^{-1}$  (Madsen & Balslev, 2001) valores superiores y que son cercanos a casi el doble de lo hallado en la zona de estudio. En la provincia de Loja también se evidencia esta diferencia; Klitgaard *et al.* (1999) encontraron 670 individuos  $\text{ha}^{-1}$  en el bosque protegido de *Puyango* y Aguirre *et al.* (2014) encontraron en promedio hasta 1057 individuos  $\text{ha}^{-1}$  en la reserva *La Ceiba*. Por tanto, los resultados expuestos en este trabajo ponen claramente de manifiesto que los BST que no han sido declarados zonas protegidas y que están propensas a verse afectadas por las actividades humanas, presentan menor riqueza y densidad florística (Aguirre *et al.* 2014).

En este contexto, las actividades humanas tales como la tala selectiva y el uso del fuego como técnica para establecer cultivos ocasionan cambios en la composición y estructura de los bosques (Anderson, 1999; Fulé *et al.* 2011). En Ecuador, y en especial la provincia de Loja, estas actividades se realizan en las riberas de los ríos y al interior de los bosques (Flanagan *et al.* 2005). Las consecuencias son la pérdida y cambios en la configuración del hábitat, aumento de la

---

<sup>6</sup> Vegetación leñosa de carácter sucesional que se desarrolla sobre tierras cuya vegetación original fue destruida por actividades humanas. El grado de recuperación dependerá mayormente de la duración e intensidad del uso anterior por cultivos agrícolas o pastos, así como de la proximidad de fuentes de semillas para recolonizar el área disturbada (Smith *et al.* 1997).

extinción de especies, pérdida de biodiversidad y aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones humanas locales (Jules & Shahani, 2003; Galicia *et al.* 2008; Calderón-Aguilera *et al.* 2012). Sumado a esto, el sobre pastoreo y el pisoteo del ganado caprino (*C. hircus*) en el sotobosque y la cosecha de PFNM, limitan los procesos de regeneración natural llevando con ello a la disminución de la diversidad de especies (Stern *et al.* 2002; Ticktin. 2004; Carrión *et al.* 2007; Chynoweth *et al.* 2013).

Éstas actividades antrópicas tienen una relación directa con la regeneración natural de las especies del BST estudiado, ya que la clase diamétrica  $< 0,1$  m es una de las menores (Figura 3.2) lo que significa que hay poca regeneración y/o las plántulas se ven afectadas en su desarrollo normal. Esto es debido al pastoreo de 1771 cabras que ramonean libremente en la zona de estudio (véase Capítulo 2, sección 2.3.3.11); es una población elevada y su impacto es notable ya que una cabra madura necesita  $1,15 \text{ kg día}^{-1}$  para alimentarse bien (según la calculadora del balance de ración y requisitos de nutrientes de la Langston University (<http://www2.luresext.edu/goats/research/nutritionmodule1.htm>), lo que corresponde a una cantidad de  $2036,6 \text{ Kg día}^{-1}$  de forraje. Esta cantidad de forraje que es alta y necesaria para alimentación de las cabras, está disponible solamente en los meses de lluvia y en donde existe mayor cantidad de biomasa y nacimiento de plántulas de regeneración natural de las especies arbóreas. Al haber la disposición de los campesinos de enviarlos libremente al BST las plántulas de regeneración natural se ven directamente afectadas. Por ello, sería conveniente implementar proyectos de desarrollo rural participativo en la zona, que permitan a los pobladores tomar decisiones correctas para el manejo sostenible de este bosque y en especial la gestión del ganado caprino (*C. hircus*), que a pesar de dar beneficios económicos a las comunidades campesinas, limitan la sucesión natural de este ecosistema.

El BST estudiado tiene mayor área basal ( $11,4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) y volumen ( $66,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) que los BST no protegidos de Ghana donde se encontraron valores de  $1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y  $13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Appiah, 2013). Sin embargo son menores con respecto a áreas protegidas. Krishnamurthy *et al.* (2010) estimaron un área basal de  $18,09 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  para el área protegida *Bhadra Wildlife Sanctuary* de la India. Así mismo en el continente americano, Gillespie *et al.* (2000) calcularon un área basal de  $22,03 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , White & Hood (2004) de  $20,7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y Castro *et al.* (2005) de  $15,62 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . En la reserva La Ceiba (Loja) los valores de área basal fueron casi del doble ( $26,7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) y el volumen de casi

el triple ( $169,41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) (Aguirre *et al.* 2014) a los encontrados en este estudio. Según Aguirre *et al.* (2013) la escasez de área basal se debe a que la estructura diamétrica de los BST de la provincia de Loja, están caracterizados por la concentración de individuos en las primeras clases, lo que determina una distribución diamétrica con la tendencia de “J” invertida (Figura 3.4). Esto evidencia que existen individuos delgados como consecuencia de prácticas de tala selectiva de especies con mayor DAP sin una debida planificación. Por ello nuestros resultados sugieren que el BST estudiado está perturbado, aseveración que coincide con los resultados obtenidos por el Proyecto Bosque Seco (2001), que lo catalogó como BST muy ralo. Con el fin de aumentar el área basal en la zona, urge implementar un plan de manejo en el cual se establezcan normas comunitarias para el aprovechamiento sostenible de recursos maderables y no maderables y en donde se implanten o dispongan zonas de conservación dinámicas.

El BST secundario estudiado tiene una escasa cantidad de biomasa acumulada ( $68,06 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y carbono almacenado ( $33,04 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Estas cantidades se encuentran dentro del rango normal descubierto por Becknell *et al.* (2012). Según esto, la cantidad de biomasa en los bosques tropicales estacionalmente secos varía entre 39 y  $334 \text{ Mg ha}^{-1}$  ( $19,5$  y  $167 \text{ Mg ha}^{-1}$  de carbono). No obstante, los valores encontrados en este estudio son bajos en relación a otros BST de América. En la reserva forestal *El Edén* en México y en bosques maduros se ha estimado una biomasa acumulada de  $143,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  ( $71,95 \text{ Mg ha}^{-1}$  de carbono) (Vargas *et al.* 2008). Según Becknell *et al.* (2012), estas diferencias en producción de biomasa y almacenamiento de carbono se deben a que en las zonas de alta pluviosidad existe una correlación alta entre la producción de biomasa y la precipitación media anual como a la capacidad para almacenar biomasa y carbono. Estas variaciones responden a la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos, la densidad de individuos de cada estrato y, principalmente, al grado de alteración provocada por las comunidades campesinas (Martel & Cairampoma, 2012).

En términos de abundancia, las especies más importantes son *Tabebuia chrysantha* ( $119 \text{ ind. ha}^{-1}$  en promedio), con un área basal promedio de  $1,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y *Caesalpinia glabrata* ( $70 \text{ ind. ha}^{-1}$ ) con área basal de  $2,4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . Sin embargo, en términos ecológicos, es *B. graveolens* la más importante pese a tener menor densidad de población ( $58 \text{ ind. ha}^{-1}$  en promedio) ya que es la responsable de un mayor área basal ( $4,4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ). Al comparar con los BST del norte de Perú y con los BST de la provincia de Loja, algunos investigadores identificaron a *Ceiba tichistandra*,

*Simira ecuadorensis*, *Tabebuia chrysantha*, *Eriotheca ruizii* y *Terminalia valverdeae* como las más importantes (Klitgaard *et al.* 1999; Linares-Palomino & Ponce, 2005; Linares *et al.* 2010; Aguirre *et al.* 2013). También, para bosques protegidos las especies con mayor IVI corresponden a *Simira ecuadorensis* (17,49%), *Tabebuia chrysantha* (14,21%), *Ceiba trichistandra* (11,54%) y *Cordia macrantha* (10,52%); solamente *Tabebuia chrysantha* concuerda con nuestros resultados. Esto quizá se deba a las condiciones ambientales, fisiografía y sobre todo al grado de alteración antrópica a la que está sometido el BST, lo que influye en que ciertas especies sean abundantes y dominantes para un lugar a otro (Aguirre *et al.* 2014).

El presente estudio presenta limitaciones. En primer lugar no se consideró la necromasa de las especies forestales lo que podría haber aumentado la cantidad de Mg ha<sup>-1</sup> cuantificada. En segundo lugar, algunos autores manifiestan que las parcelas más pequeñas como las utilizadas aquí, con un muestreo a pequeña escala, pueden arrojar información sesgada y puede no ser del todo adecuada para describir los patrones de distribución actuales de todas las especies, así como la diversidad beta de un área determinada (Krishnamurthy *et al.* 2010). No obstante, estas parcelas proporcionan datos útiles para entender la ecología de la zona, como lo han demostrado otros estudios (De Souza & Ferreira, 2004; Tarrasón *et al.* 2010) y especialmente cuando las actividades logísticas restringen los tamaños de las muestras a un mínimo.

### 3.5. Conclusiones

La riqueza florística del BST se caracteriza por 12 especies pertenecientes a 12 géneros y 11 familias. Las familias más diversas en este estudio son las de Burseraceae, Bignoniaceae y Caesalpiniaceae con 69,3; 57,1 y 53,0 de importancia de valor por familias (Mori *et al.* 1983); estas familias presentan mayor abundancia relativa, dominancia relativa y diversidad relativa. Sin embargo, las especies con mayor IVI fueron *B. graveolens*, *T. chrysantha* y *C. glabrata*. El área basal promedio de las especies estudiadas fue de 11,4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, mientras que el volumen total promedio fue de 66,35 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Las especies que aportaron con mayor volumen y producción de área basal fueron *B. graveolens*, *C. glabrata* y *Eriotheca ruizii*.

La mayoría de los árboles examinados en este estudio se agrupan en las tres primeras clases diamétricas. Estas clases diametrales están determinadas por una tendencia "J" invertida, lo que

indica que el bosque está perturbado. La cantidad acumulada de biomasa aérea y carbono promediaron  $68.06 \text{ Mg ha}^{-1}$  y  $33.04 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente. Estas cantidades se encuentran dentro de los rangos normales para los bosques tropicales estacionalmente secos. Sin embargo, el BST estudiado tiene una baja capacidad de regeneración; esto se debe a la condición ecológica referente a la caída de producción primaria neta que está asociada al mayor estrés hídrico al que están sometidos los BST (Espinosa *et al.* 2012) y en especial a la presión antrópica, explotación ilegal de maderas valiosas, incremento de zonas de cultivo y al pastoreo extensivo de cabras que están llevando a estos bosques, a sobrepasar las posibilidades de recuperación natural (Aguirre *et al.* 2006). Los resultados obtenidos indican que es necesario implementar un plan de manejo que considere el establecimiento de zonas de protección comunitaria, producción de plántulas en vivero y mejorar el manejo del ganado caprino (*C. hircus*) con el fin de precautelar la regeneración de éste ecosistema.

## **CAPÍTULO IV**

### **EVALUACIÓN DASOMÉTRICA Y DENDROLÓGICA DE *Bursera graveolens*, ESPECIE FORESTAL NO MADERABLE DEL BOSQUE SECO TROPICAL**

#### 4.1. Introducción

*Bursera graveolens* ([Kunth] Triana & Planchon) Burseraceae, es una especie nativa, decidua, dioica y de uso no maderable que se distribuye en los BST desde el oeste de México, hasta Perú (Borja & Lasso, 1990; Rzedowski *et al.* 2004). En las islas Galápagos cohabita con la especie endémica *Bursera malacophylla* B.L.Rob. (Weeks & Tie, 2009). Morfológicamente posee hojas imparipinnadas o parcialmente bipinnadas, inflorescencia en panículas laxas, flores blanquecinas y frutos bivalvados, subesféricos a obovoides (Rzedowski *et al.* 2004; Medina-Lemos, 2008). El árbol se encuentra constantemente amenazado, puesto que en los BST, es donde se desarrollan con cierta intensidad asentamientos humanos (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; López-Barrera *et al.* 2014).

En las últimas décadas el valor que tiene *B. graveolens* ha dado lugar a su sobre explotación, esencialmente por el aprovechamiento de la madera muerta y de los frutos (Sánchez *et al.* 2006; De la Torre *et al.* 2011). En América Latina, de la madera muerta se han realizado estudios bioquímicos (Nakanishi *et al.* 2005) y se han determinado sus usos tradicionales; esta información ha sido bien documentada en medicina humana y veterinaria (Sánchez *et al.* 2006; Tene *et al.* 2007; Alonso-Castro *et al.* 2011) y de los frutos se ha estudiado su potencial en la producción de aceites esenciales (Salas & Zaragocín, 2006). Sin embargo, no existen estudios ecológicos que permitan determinar por ejemplo, la capacidad productiva de la especie y la tolerancia para resistir la escasez de agua en el período seco (Morgan, 2009). Además hay escasas experiencias sobre la germinación de las semillas (Morgan & Shibu. 2013), sobre la dinámica fenológica (Martos *et al.* 2008) y hay pocos estudios filogeográficos (Weeks & Tye, 2009). En este contexto, actualmente en el BST estudiado en los Capítulos 3 y 4 de esta tesis doctoral, se ha determinado que *B. graveolens* y otros árboles de uso no maderable y maderable<sup>7</sup> están siendo afectados por el aprovechamiento de los PFNM, la tala indiscriminada y por la introducción de fauna exótica como el pastoreo extensivo de cabras (Aguirre *et al.* 2006; Espinosa *et al.* 2012; López-Barrera *et al.* 2014). Sumado a esto y a pesar que el aprovechamiento de los frutos de *B. graveolens* representa el principal sustento y trabajo de los campesinos, esta actividad podría provocar impactos ambientales en la especie y en

---

<sup>7</sup> Como *Tabebuia chrysantha*, *Loxopterigium huasango*, *Piscidia carthagenensis*, *Cordia lutea* y *Erythrina smithiana*.

otras que conforman el BST, como lo han determinado algunos investigadores para otras especies y ecosistemas (Fedele *et al.* 2011; Guadagnin & Gravato, 2013; Menegassi & Capelotto, 2013). Así mismo, hasta la fecha no se ha desarrollado ningún estudio en el que se haya determinado la densidad de la especie, área basal, volumen, productividad de biomasa, necromasa y reserva de carbono contenido en *B. graveolens*, en el hábitat del sur de Ecuador. En este contexto, y dada la amenaza que representa para la especie las prácticas no sostenibles de explotación de los frutos y la pérdida de su hábitat, hay una clara necesidad de evaluar a la especie que permita obtener datos y así determinar su potencialidad actual.

En el Capítulo 6 se expondrá cómo de esta especie se explotan una serie de recursos no maderables que son trascendentales para la subsistencia y economía de campesinos, y que incluyen diferentes partes del árbol que son empleados en medicina humana, veterinaria, fabricación de cajones de fruta, incienso y en obtención de aceites esenciales (Nakanishi *et al.* 2005; Sánchez *et al.* 2006; Tene *et al.* 2007; Alonso-Castro *et al.* 2011). En el presente capítulo se investiga la estructura, composición, fenología, y producción de frutos de *B. graveolens*. Se emplean métodos dasométricos y dendrológicos para determinar la densidad, volúmenes y biomasa por clases diamétricas y se realiza una caracterización de los principales caracteres morfológicos de flores, hojas, frutos y semillas. Estos datos permitirán conocer las potencialidades y situación actual de la especie, información básica para el inicio del proceso de revalorización de *B. graveolens*.

## **4.2. Materiales y métodos**

### **4.2.1. Evaluación dasométrica de *B. graveolens***

A partir de la información recogida para determinar la estructura, composición y algunos indicadores ecológicos del BST (véase Capítulo 4), se determinó la densidad de árboles (vivos y muertos) de *B. graveolens*. Se calculó el área basal, volumen de fuste y total de cada una de las clases diamétricas de la especie, así como la cantidad de biomasa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y carbono ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) conforme a las metodologías y ecuaciones presentadas en el Capítulo 4. Además se calculó la

necromasa<sup>8</sup> de *B. graveolens* en cada una de las 20 parcelas permanentes de muestreo (PPM). Se hizo el levantamiento de la cantidad de necromasa de madera caída y en pie de *B. graveolens* considerando árboles netamente muertos. La madera que quedó fuera del área de cada PPM no fue tomada en cuenta tal y como se indica en la Figura 4.1.

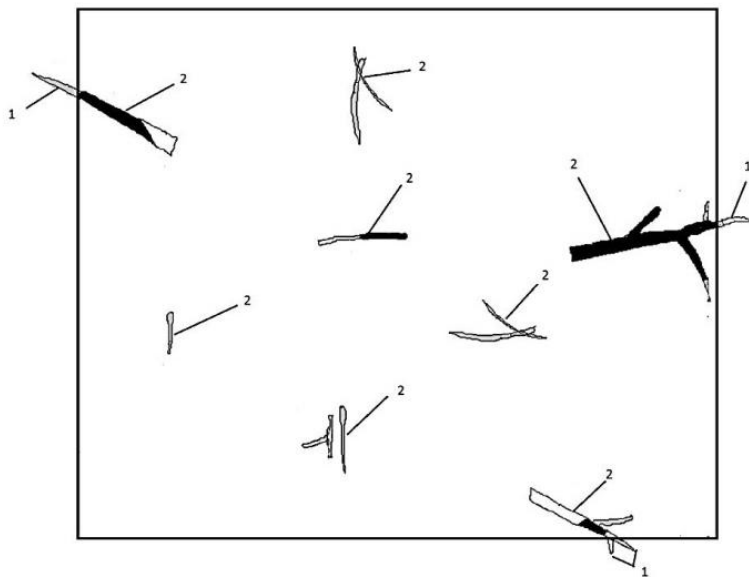


Figura 4.1. Mediciones sobre la madera muerta de *B. graveolens* en una PPM (400 m<sup>2</sup>). Las porciones de madera etiquetadas con el número 1 no fueron medidas ya que quedaron fuera del área de muestreo. Las porciones etiquetadas con el número 2 fueron medidas y se cuantificó su nivel de descomposición.

Los árboles de *B. graveolens* que se encontraron en estado senescente, es decir con síntomas claro de envejecimiento y/o en fase decadente no fueron considerados en la categoría de “muertos” ya que todavía cumplen funciones vitales, como la elaboración de catabolitos de clorofila (Scherl *et al.* 2012). La identificación de la madera en proceso de descomposición de la especie se realizó visualmente y olfativamente, ya que desprende un olor característico a incienso (Sánchez *et al.* 2006; Tene *et al.* 2007). Otro factor importante que se tuvo en cuenta fue el conocimiento de los campesinos que participaron en esta etapa del estudio, ya que son capaces de reconocer la madera muerta de la especie por su uso tradicional (Imagen 4.1).

<sup>8</sup>Necromasa: madera muerta (troncos y ramas sobre el suelo) de *B. graveolens*. En este estudio no se consideró a las hojas y flores muertas como necromasa.

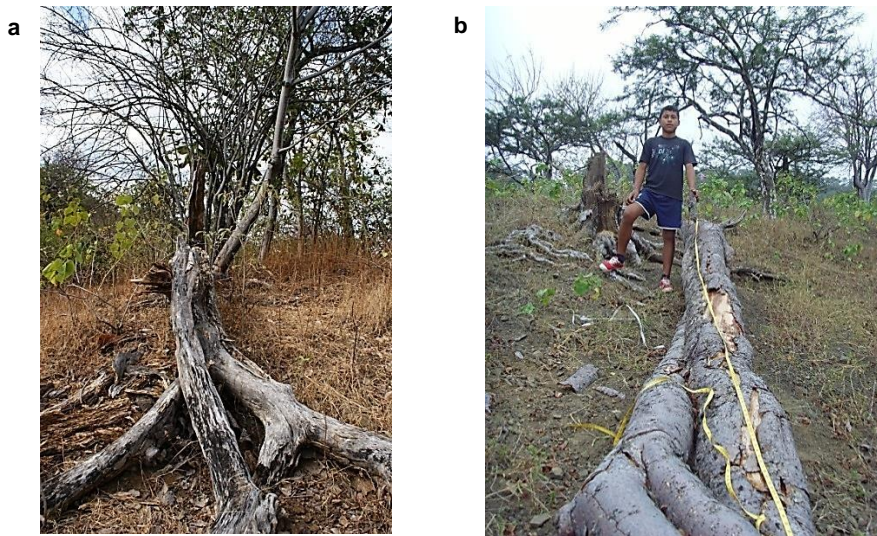


Imagen 4.1. Estimación de necromasa de *B. graveolens* en el BST; **a.** Madera en proceso de descomposición; **b.** Medición del largo de la troza.

En cada PPM se excluyó la hojarasca, flores y madera enterrada conforme los estudios de Aguilar-Arias *et al.* (2011). Las etapas de descomposición se determinaron introduciendo una varilla metálica de 25 cm de largo en los troncos y se utilizaron los criterios de clasificación descritos por Kruys *et al.* (1999) y Siitonen *et al.* (2005).

**ETAPA I:** la varilla penetra el tronco unos pocos milímetros y la madera permanece intacta.

**ETAPA II:** la varilla penetra 1 cm el tronco y menos del 50 % del tronco se presenta descompuesto.

**ETAPA III:** la varilla penetra de 1 a 4 cm el tronco y más del 50 % del tronco está descompuesto.

**ETAPA IV:** la varilla penetra de 5 a 10 cm. Madera con alto grado de descomposición y algunas partes del tronco se quiebran con facilidad.

**ETAPA V:** la varilla penetra más de 10 cm el tronco y la madera está totalmente descompuesta y en ocasiones se desintegra.

Las fórmulas que se utilizaron para determinar el volumen de cada troza de madera en proceso de descomposición, fueron aquellas propuestas por Smalian (Avery & Burkhart, 1994).

$$Dx = \frac{(da + db)}{2}$$

Dónde:

Dx = Diámetro promedio de la troza en metros.

da = Diámetro menor de la troza.

db = Diámetro mayor de la troza.

$$V = \frac{3,1415 (DX)^2 L}{4}$$

Dónde:

V = Volumen en m<sup>3</sup>.

Dx = Diámetro promedio de la troza en metros.

L = Largo de la troza en metros.

Varios estudios indican que las diferencias en la densidad de la madera muerta de una misma especie entre las distintas clases de descomposición son pequeñas (Chao *et al.* 2008) o no significativas (Palece *et al.* 2008). Por ello, se consideró que la densidad de la madera muerta de *B. graveolens* fue de 0,320 gr cm<sup>3</sup> (Zanne *et al.* 2009), con independencia del grado de descomposición. La necromasa se estimó con la siguiente fórmula:

$$Nm = V/ha * d$$

Dónde:

Nm = Cantidad de necromasa (kg ha<sup>-1</sup>).

V/Ha = Volumen (m<sup>3</sup>) por hectárea.

d = Densidad básica de la madera (kg m<sup>3</sup>).

Así mismo se determinó la regeneración natural estableciendo subparcelas de 20 m x 8 m (160 m<sup>2</sup>) en cada PPM. Esta actividad se realizó en el mes de abril del año 2011 cuando hubo la mayor precipitación en la zona y mayor presencia de frutos. En cada subparcela se cuantificó el número de plántulas y se midió el tamaño (cm) de cada plántula como se indica en la Imagen 4.2. c. con

la ayuda de un flexómetro. El reconocimiento de las plántulas en el campo se llevó a cabo con la asistencia de los campesinos.

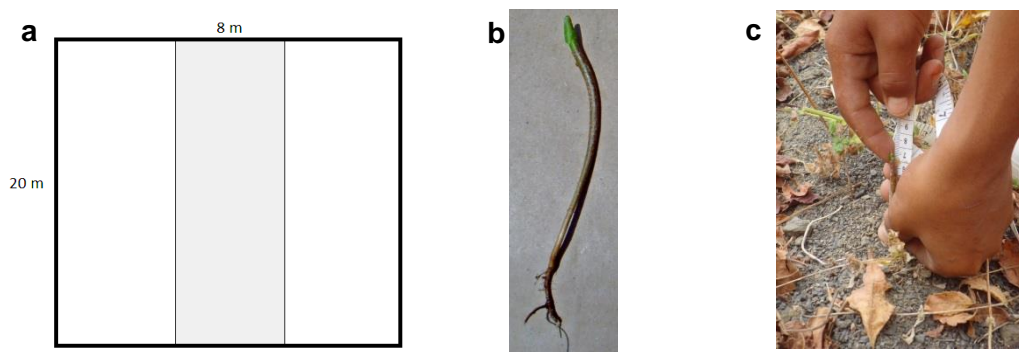


Imagen 4.2. Regeneración natural de *B. graveolens* en el BST; **a.** PPM donde se indica de color gris la subparcela de 120 m<sup>2</sup>; **b.** Plántula; **c.** Medición del largo de la plántula en el campo.

#### 4.2.2. Evaluación dendrológica de *B. graveolens*

Se determinaron aspectos fenológicos, sexuales-anatómicos y productivos de la especie. La determinación de árboles femeninos y masculinos fue concluyente, puesto que *B. graveolens* es una especie dioica (Rzedowski *et al.* 2004). Al mismo tiempo, se caracterizaron los frutos, las semillas y las hojas en sus principales características físicas.

##### 4.2.2.1. Fenología de *B. graveolens*

En las PPM se cuantificaron los árboles que fructificaron (árboles femeninos) de *B. graveolens* (Anexo 2). Aquellos árboles que no llegaron a este evento fisiológico también fueron cuantificados. Los árboles fructificados se marcaron con pintura spray color blanco y los que no fructificaron con coloración azul. La marcación se realizó a una altura aproximada de 0,8 m (Imagen 4.3).

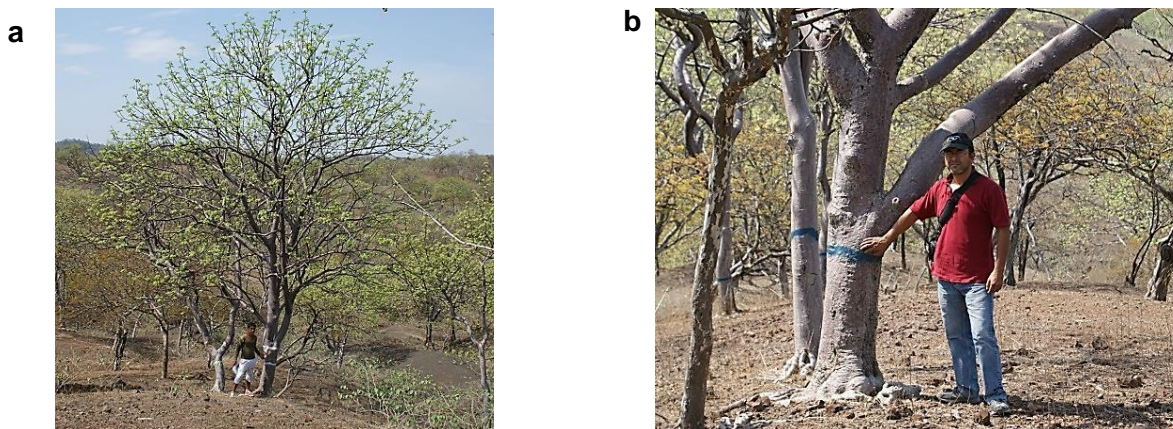


Imagen 4.3. Marcación de árboles femeninos y masculinos de *B. graveolens* en el BST; **a.** Árbol fructificado marcado con color blanco; **b.** Árbol sin fructificar marcado con color azul.

Con esta información se determinó la densidad por sexo de la especie y realizó el seguimiento fenológico de los árboles femeninos durante los años 2009, 2010 y 2011. Esta información se armonizó con los datos meteorológicos registrados en la zona y obtenidos de los anuarios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), estación Zapotillo (INAMHI, 2008; 2009; 2010; 2011). La determinación del estado fenológico se realizó con observaciones mensuales utilizando binoculares Armored Seawolf (10 x 50), conforme los estudios de Martos *et al.* (2009). En el levantamiento de información se consideró que en todo el proceso haya un único y siempre el mismo observador. Las fenofases registradas fueron: floración, fructificación y presencia de hojas; se hicieron las mediciones de cada fenofase tomando en cuenta la escala propuesta por Róland & Larrea (2003). Con el fin de presentar los datos fenológicos mensuales se calculó el promedio de los valores de los árboles femeninos en cada PPM.

#### 4.2.2.2. Recogida y medición del tamaño de flores femeninas y masculinas

Se seleccionaron al azar cinco árboles femeninos y cinco árboles masculinos. De cada uno de estos árboles se recogió al azar dos inflorescencias (veinte en total). Las inflorescencias fueron depositadas en fundas de papel con su respectiva codificación y transportadas al laboratorio el mismo día para ser mantenidas en refrigeración a 12°C hasta su posterior análisis. Tras aproximadamente 24 horas se cortó el pedúnculo con la ayuda de un bisturí y se tomaron 10 flores al azar de cada uno de los árboles seleccionados. Las flores fueron colocadas sobre papel milimetrado, se observaron con un estereoscopio Zeiss Stemi DV4, y se procedió a la toma de

fotografías con la cámara Canon PowerShot G10. Con estas imágenes y con el fin de determinar el tamaño en milímetros de cada flor, se procedió a analizarlas a través del programa Image Tool 2.0 (UTHSCSA, 2000) previamente calibrado. Las mediciones se realizaron considerando la longitud (mm) desde el receptáculo hasta el final del gineceo de la flor (Imagen 4.4). Se midieron 10 flores femeninas por árbol (cincuenta en total) y 10 flores masculinas de cada árbol (cincuenta en total). Con este valor se determinó el tamaño promedio.

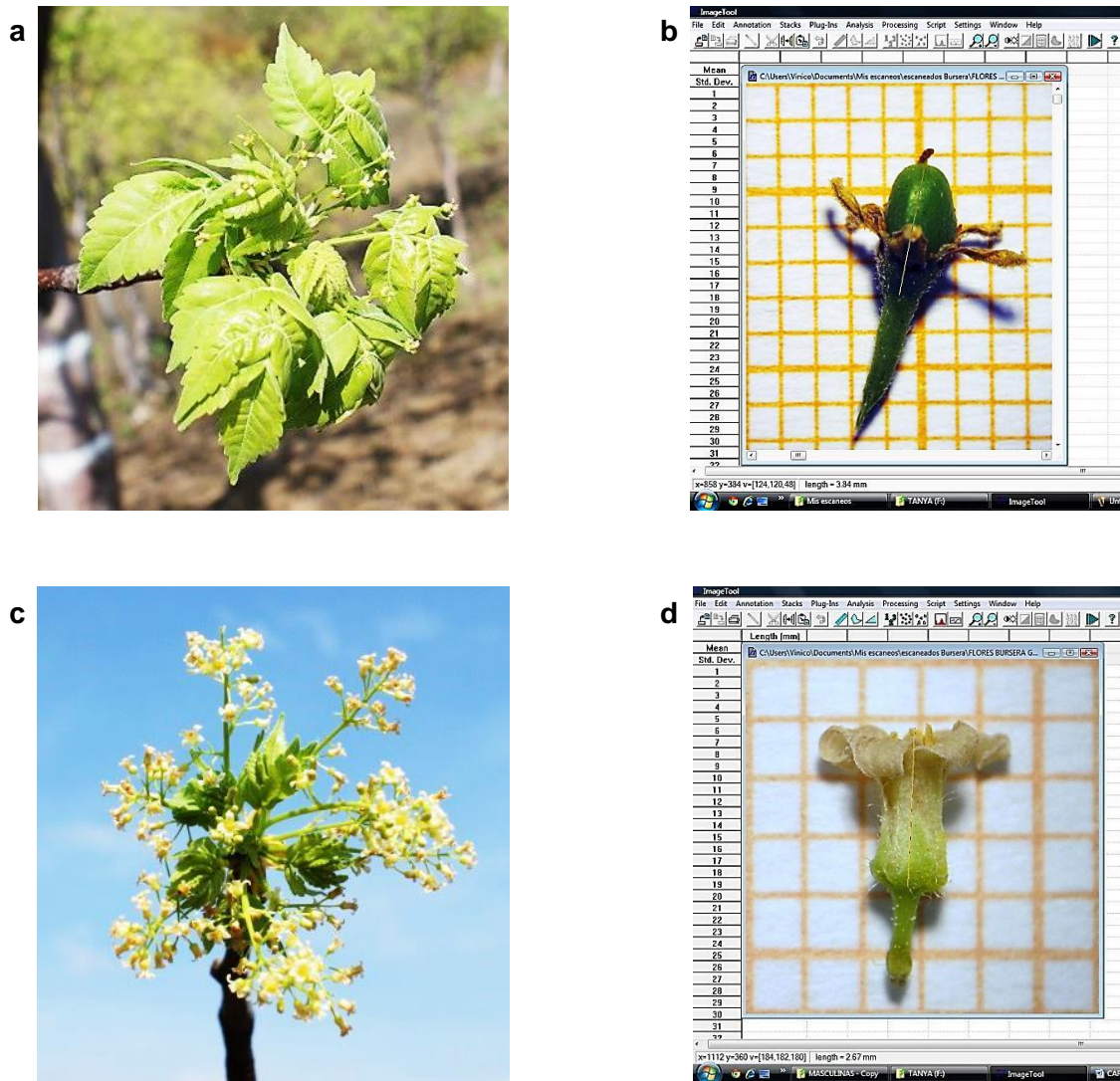


Imagen 4.4. Recogida y medición de la longitud de flores femeninas y masculinas de *B. graveolens*; **a.** Inflorescencia femenina; **b.** Medición de flor femenina; **c.** Inflorescencia masculina; **d.** Medición de flor masculina.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de estadística descriptiva utilizando el programa SPSS statistical software Versión 15.0 (SPSS Inc, Chicago). Además realizamos las pruebas de anova de un factor y las pruebas post hoc de subconjuntos homogéneos (HDS de Tukey) para comparar las medias.

#### **4.2.2.3. Potencial productivo de frutos**

A partir de los árboles femeninos y teniendo en cuenta que existe un aprovechamiento anual de los frutos por parte de las comunidades campesinas, se determinó la producción de frutos por clases diamétricas (DAP). Por otra parte se intentó establecer relaciones entre el principal factor limitante imperante en la zona; la precipitación anual y la producción de frutos. Los datos meteorológicos se obtuvieron de los anuarios del INAMHI, estación Zapotillo cercano a la zona de estudio (INAMHI, 2009; 2010; 2011). El potencial productivo de frutos se determinó durante tres años consecutivos (2009, 2010, 2011) considerando para ello las clases de diámetro 0,1 – 0,2 m; 0,21 – 0,3 m; 0,31 – 0,4 m y 0,41 – 0,5 m. El presente trabajo se fundamentó en los estudios de Doll *et al.* (2005) quienes reportaron la producción de frutos en otras especies. La determinación del potencial productivo se realizó considerando la densidad de individuos femeninos por hectárea, las clases diamétricas y la producción de frutos por clase diamétrica. Se marcaron 2 árboles por cada clase diamétrica que presentaban las mejores características fenotípicas. Se realizó el seguimiento a estos árboles durante los tres años de observación (2009 – 2011). En este estudio no se consideró el incremento en diámetro de cada árbol medido ya que éste parece ser insignificante en la escala temporal considerada en este estudio y en virtud que la especie es considerada de crecimiento lento (Motto, 2005; González, 2005). De cada árbol marcado y codificado en el campo se procedió a recolectar el 100% de los frutos en cada año de observación. El 100% de frutos cosechados fueron pesados con una balanza camry kitchen scale KSP en el mismo instante de ser colectados en el campo (Imagen 4.5). La ubicación específica de los árboles estudiados, los diámetros (m) y altura de fustes (m) se indica en la tabla 4.1.



Imagen 4.5. Recogida de frutos de *B. graveolens* en el BST; **a.** Campesino cosechando el 100% de frutos; **b.** Frutos de *B. graveolens*.

Los datos obtenidos durante los tres años consecutivos de producción de frutos (100% de frutos cosechados por cada árbol estudiado) fueron analizados con estadística descriptiva utilizando el programa SPSS stational software Versión 15.0 (SPSS Inc, Chicago). Además se usaron las pruebas de anova de un factor y las pruebas post hoc de subconjuntos homogéneos (HDS de Tukey) para comparar las medias. Así mismo, con el fin de determinar el potencial productivo de frutos por clases diamétricas y por año, se realizó una regresión lineal utilizando el paquete estadístico GraphPad 6.0 Software, Prism 6 para Windows.

Tabla 4.1. Datos de campo de los árboles de *B. graveolens* para determinar el potencial productivo de frutos.

Árbol	Altura de fuste (m)	Dap (m)	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud
P- 1	1,9	0,27	270	4° 19' 01''	80° 17' 34''
P- 2	2,0	0,31	284	4° 18' 37''	80° 17' 19''
P- 3	1,7	0,18	289	4° 18' 57''	80° 17' 19''
P- 4	2,1	0,21	281	4° 18' 18''	80° 17' 28''
P- 5	2,5	0,43	304	4° 17' 58''	80° 17' 13''
P- 6	1,8	0,19	236	4° 20' 39''	80° 18' 55''
P- 7	1,95	0,41	240	4° 20' 38''	80° 18' 49''
P- 8	2,10	0,35	229	4° 21' 09''	80° 19' 19''

#### 4.2.2.4. Caracterización morfométrica de frutos y semillas de *B. graveolens*

Con el fin de determinar las características morfométricas de frutos y semillas se separó de los 8 árboles femeninos de *B. graveolens* (Tabla 4.1) una cantidad aproximada de 1 kg de frutos. Se

llevaron al laboratorio donde se guardaron en refrigeración a 12°C. De estos frutos se seleccionaron al azar aproximadamente 300 con el fin de medir el peso y el tamaño.

**a) Peso de los frutos**

Del total de frutos escogidos por cada árbol y 31 horas tras la recogida, 30 frutos fueron pesados en una balanza de precisión ohaus analytical plus (Imagen 4.6).



Imagen 4.6. Determinación del peso de frutos de *B. graveolens*

**b) Tamaño y color de los frutos**

Los 30 frutos pesados (gr) fueron cortados longitudinalmente y escaneados con un equipo hp scanjet 5590 y medidos a través del programa Imajen Tool 3.0. De cada fruto se evaluó la longitud (cm), diámetro (cm), ángulo (°) y relación longitud/diámetro conforme los estudios realizados por Martínez *et al.* (2006) y García-Gaona *et al.* (2008) (Imagen 4.7).

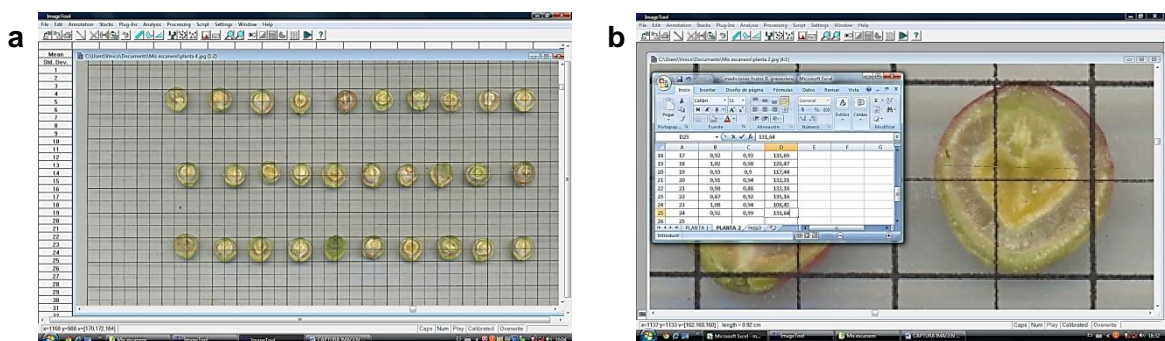


Imagen 4.7. Medición del tamaño de los frutos de *B. graveolens* con el programa Imagen Tool 3.0, **a**. 30 frutos cortados longitudinalmente, **b**. medición del ancho de un fruto.

También se determinó el color en base a los criterios de “The Royal Horticultura Society” (Imagen 4.8).

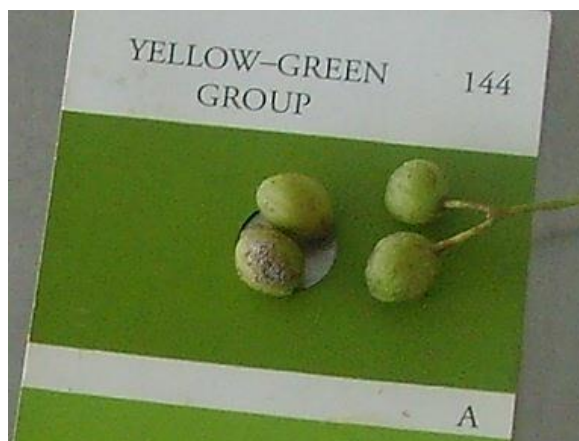


Imagen 4.8. Determinación del color de los frutos de *B. graveolens*.

### c) Tamaño y peso de semillas

Por otro lado, se seleccionaron al azar 30 frutos adicionales con el fin de separar las semillas que fueron debidamente codificadas. Para separar las semillas los frutos fueron colocados y secados durante 72 horas en una estufa a 70°C; transcurrido este tiempo se separaron manualmente las semillas. Una vez separadas, las semillas fueron escaneadas y se midió la longitud (cm), diámetro (cm), ángulo (°) y relación longitud/diámetro, utilizando el programa Imagen Tool 3.0 (Imagen 4.9). También se obtuvo el peso de las semillas en la balanza de precisión ohaus analytical plus.

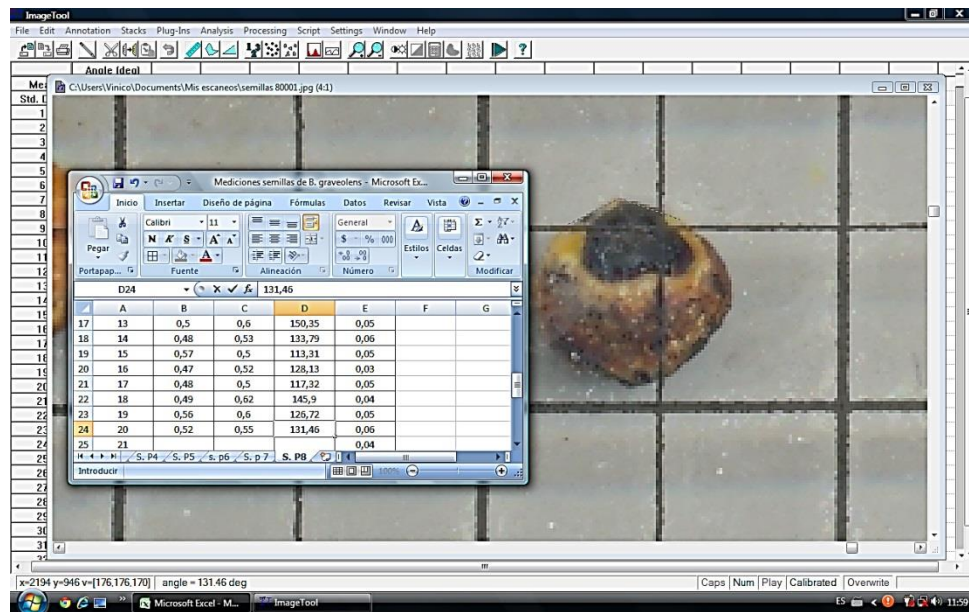


Imagen 4.9. Medición del tamaño de semillas de *B. graveolens*, de 8 especímenes con el programa Imagen Tool 3.0.

Con los datos obtenidos tanto de frutos y semillas se hizo un análisis de estadística descriptiva de la población evaluada, utilizando el programa SPSS Statical Software Versión 15.0 (SPSS Inc, Chicago). Posteriormente se realizó un análisis multivariado de agrupación y ordenación. Utilizamos el Sistema Taxonómica Numérica (NTSYS pc 2.0) con el método de agrupamiento Secuencial, Aglomerativo, Jerárquico y Anidado (SHAN), con el que se construyó el respectivo dendograma de agrupamiento, obtenido con el método de ligamento promedio (UPGMA) y el coeficiente de correlación cofenética. En el análisis de ordenación se utilizó el de componentes principales con la matriz de correlación entre caracteres estandarizados. Con este análisis se identificaron los caracteres que más contribuyen para diferenciar frutos y semillas de *B. graveolens*.

#### d) Determinación del número de semillas de *B. graveolens* en un kilogramo

De los frutos restantes de cada árbol se separaron las semillas, las cuales fueron debidamente codificadas. La metodología de separación de las semillas de los frutos, que se realizó a las 72 horas de haber sido cosechados los frutos, es la que se explica a continuación. Los frutos fueron colocados y secados en una estufa a 70°C conforme a lo indicado por Doll *et al.* (2005). Tras el secado, se separaron las semillas manualmente y se almacenaron a temperatura ambiente (entre 18 y 20°C) en frascos de vidrio en el laboratorio (Imagen 4.10).



Imagen 4.10. Determinación del número de semillas de *B. graveolens* en 1 Kg; **a.** Secado de frutos en estufa; **b.** Separación manual de semillas por espécimen colectado; **c.** 100 semillas de *B. graveolens*.

Para el pesaje se tomaron cinco sub - muestras de 100 semillas de cada árbol. Cada sub muestra fue pesada individualmente y se halló el promedio de peso para 100 semillas, y a partir de ese valor se determinó el número de semillas por kilogramo (Imagen 4.11):

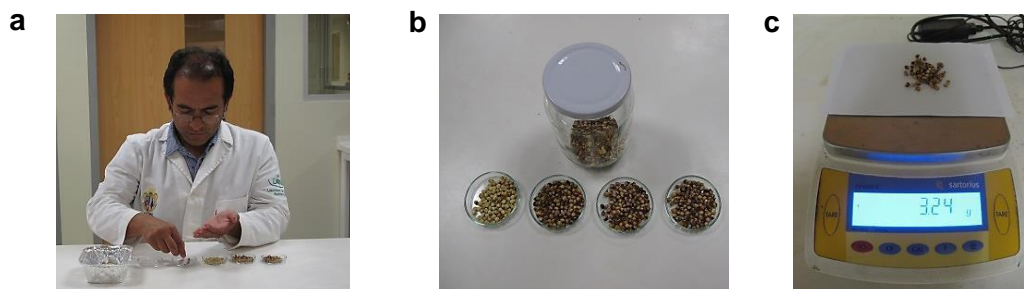


Imagen 4.11. Análisis físicos de semillas de *B. graveolens*; **a.** Conteo de semillas; **b.** 100 semillas de cuatro especímenes colectados (1 Bf001; 2 Bf004; 3 Bf006; 4 Bf009); **c.** Pesaje de semillas de *B. graveolens*.

#### 4.2.2.5. Características generales de las hojas

De cada uno de los 8 árboles mencionados en el apartado 4.2.2.3 se recogieron al azar cinco hojas compuestas (40 hojas compuestas en total) considerando la parte alta, media y baja de la copa de los árboles de *B. graveolens* (Imagen 4.12). En el laboratorio se retiró al azar de cada hoja compuesta una hoja-pie, sobre la cual se evaluó el largo y ancho. La toma de información fue sobre las hojas-pie ya que son estas hojas las que preferentemente son consumidas por las cabras (*C. hircus*). Las hojas-pie fueron escaneadas y se utilizó el programa Image Tool 3.0 (UTHSCSA, 2000), con lo cual se logró determinar la longitud y el ancho de las muestras colectadas. La imagen 4.12 c, muestra los caracteres medidos en las hojas. Con los datos

obtenidos se realizó un análisis de estadística descriptiva utilizando el programa SPSS statcal software Versión 15.0 (SPSS Inc, Chicago).

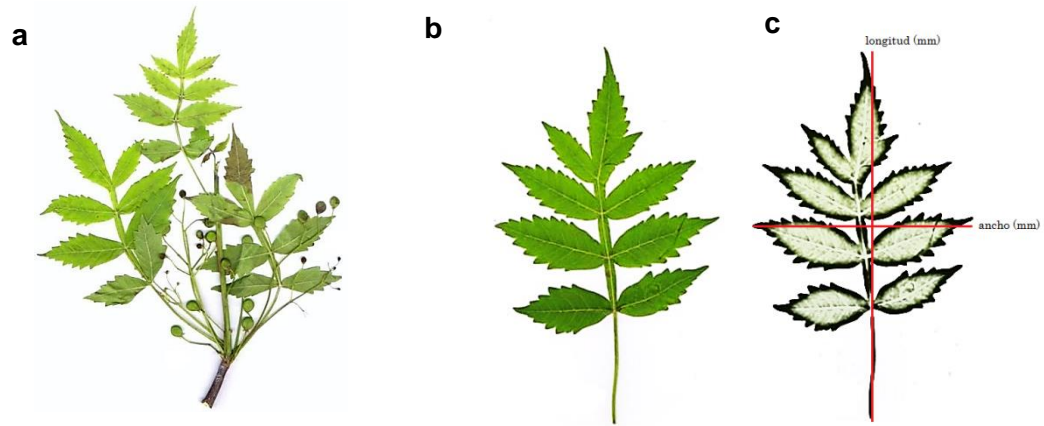


Imagen 4.12. Análisis del tamaño de hojas de *B. graveolens*; **a.** hoja compuesta. **b.** hoja-pie. **c.** medición de la longitud (cm) y el ancho (cm) de la hoja-pie.

### 4.3. Resultados

#### 4.3.1. Evaluación dasométrica

Se encontraron en promedio 46 individuos vivos y 7 individuos muertos de *B. graveolens* en las 20 PPM (8000 m<sup>2</sup>) estimándose una densidad de 58 individuos vivos y 9 individuos muertos por hectárea (Figura 4.2).

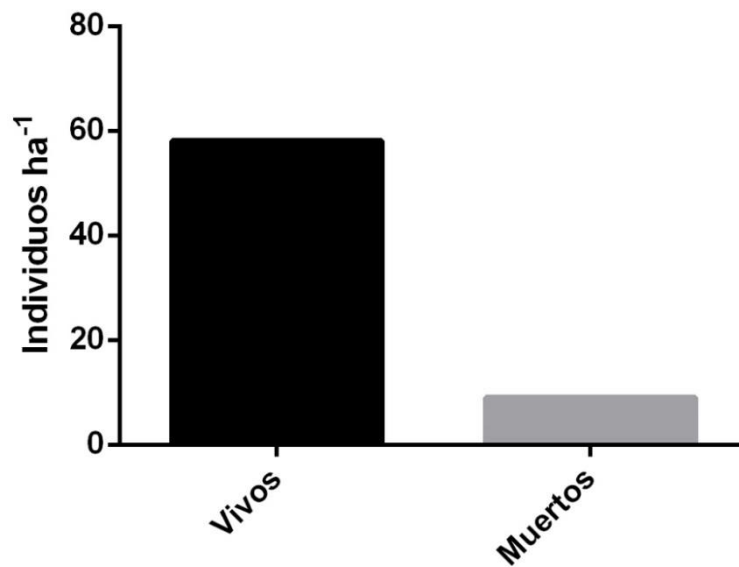


Figura 4.2. Densidad de árboles vivos y muertos de *B. graveolens*.

La densidad de árboles vivos de *B. graveolens* fue más elevada en las clases diamétricas 0,21 – 0,3; 0,31 – 0,40 m, con 19 y 23 individuos por hectárea respectivamente (Figura 4.3).

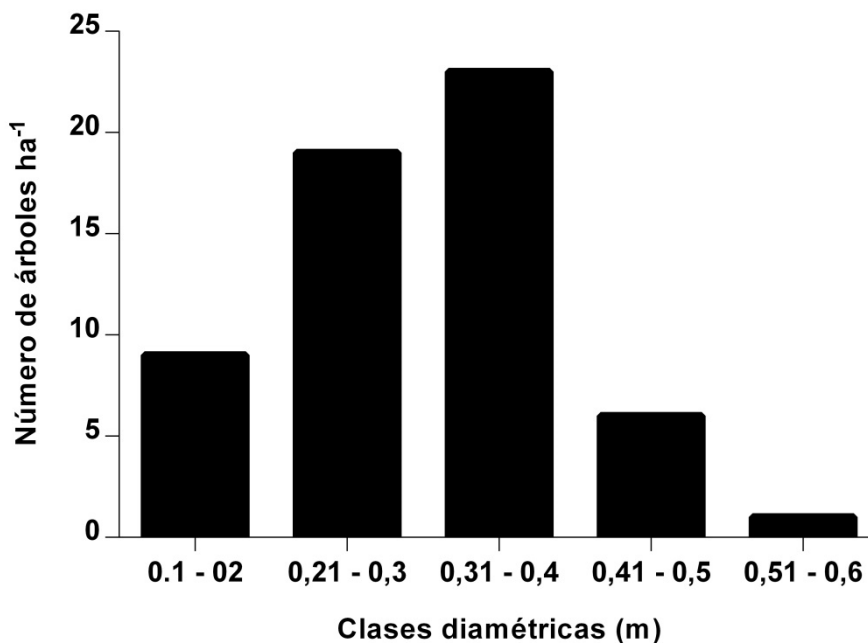


Figura 4.3. Densidad por clases diamétricas de *B. graveolens*.

La densidad más alta por clase diamétrica de la madera muerta de *B. graveolens* corresponde a la clase 0,1 – 0,2 m donde se encontraron 16 individuos ha<sup>-1</sup>; y, en las clases <0,1 m y 0,21 – 0,3 m donde se encontraron 6 individuos ha<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 4.4). Solamente se hallaron dos árboles muertos con un diámetro de la troza de 0,32 m de los cuales uno se hallaba en pie, el resto de la madera de todas las clases diamétricas se encontraron caídos y dispersos en el suelo.

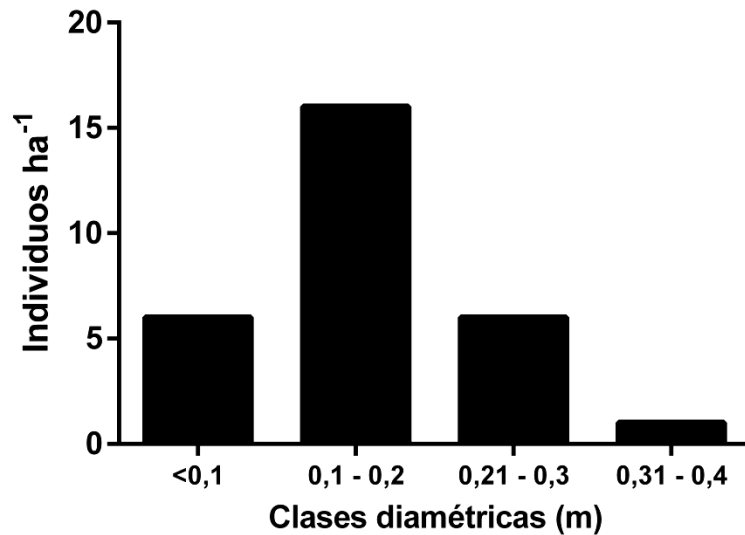


Figura 4.4. Densidad de madera muerta de *B. graveolens* por clases diamétricas.

#### 4.3.1.1. Variables dasométricas

En la Tabla 4.2 se presentan los resultados correspondientes al área basal, volumen total y del fuste por cada clase diamétrica y por hectárea.

Tabla 4.2. Área basal, volumen del fuste y total por clases diamétricas y por hectárea. Hf y HT hacen referencia a la altura del fuste y altura total, respectivamente.

Clases diamétricas (m)	NA/Ha	Diámetro promedio (m)	$\overline{H_f}$ (m)	$\overline{HT}$ (m)	Área basal m <sup>2</sup> -ha <sup>-1</sup>	Volumen fuste m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Volumen total m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
0,1 - 0,2	9	0,18	2,11	6,93	0,225	0,162	0,549
0,21 - 0,3	19	0,26	3,26	9,39	1,007	1,140	3,306
0,31 - 0,4	23	0,35	3,97	10,91	2,208	3,059	8,441
0,41 - 0,5	6	0,42	3,22	11,40	0,828	0,936	3,306
0,51 - 0,6	1	0,54	3,5	7,5	0,229	0,280	0,601
Total	58				4,497	5,577	16,203

#### a) Diámetro del fuste

Como se puede observar en la Tabla 4.2, *B. graveolens* puede alcanzar un diámetro de 0,54 m, pero la mayor densidad de población correspondió a aquella con diámetros a la altura del pecho de 0,31 – 0,40 m.

## b) Área basal

En la Figura 4.4 se presenta el área basal por hectárea y por clases diamétricas. En el bosque seco de la zona de estudio el área basal promedio por hectárea de *B. graveolens* fue  $4,49 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (Tabla 4.2), concentrándose la mayor cantidad en las clases diamétricas  $0,21 - 0,3 \text{ m}$  y  $0,31 - 0,4 \text{ m}$  ( $1,01$  y  $2,21 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente).

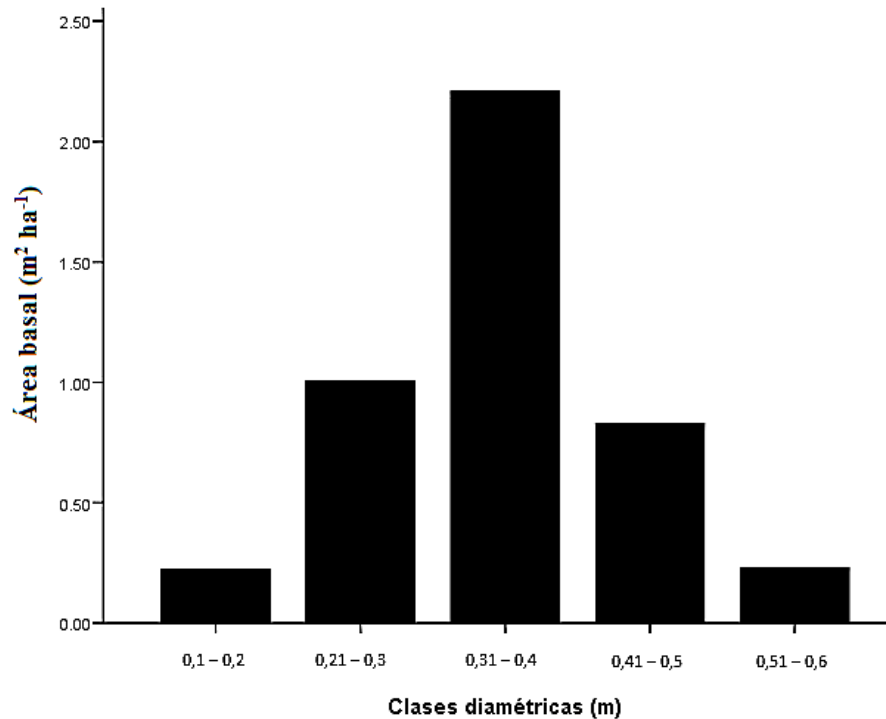


Figura 4.4. Área basal por hectárea y por clases diamétricas de *B. graveolens*.

## c) Altura total y del fuste

En la Tabla 4.2 se evidencia que *B. graveolens* puede alcanzar una altura total de  $11,4$  metros y una altura del fuste de  $3,97 \text{ m}$ . En la Figura 4.5 se muestra el promedio de altura total (HT) y del fuste (HF) de los árboles de *B. graveolens* que fueron de  $9,2 \text{ m}$  y  $3,2 \text{ m}$ , respectivamente.

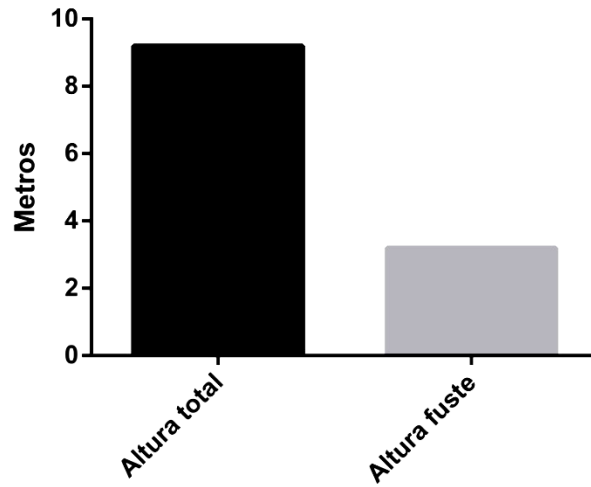


Figura 4.5. Altura total y del fuste promedio de *B. graveolens*.

**d) Volumen total y del fuste**

Los volúmenes totales y del fuste de madera de *B. graveolens* se muestran en la Tabla 4.2. En el área de recolección silvestre existe un volumen total promedio de  $16,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . En la Figura 4.6 se destaca que es en las clases diamétricas  $0,31 - 0,4 \text{ m}$  donde existe mayor cantidad de madera que promedió  $8,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , mientras que en las clases diamétricas de  $0,21 - 0,3 \text{ m}$  y  $0,41 - 0,5 \text{ m}$  fue en promedio de  $3,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

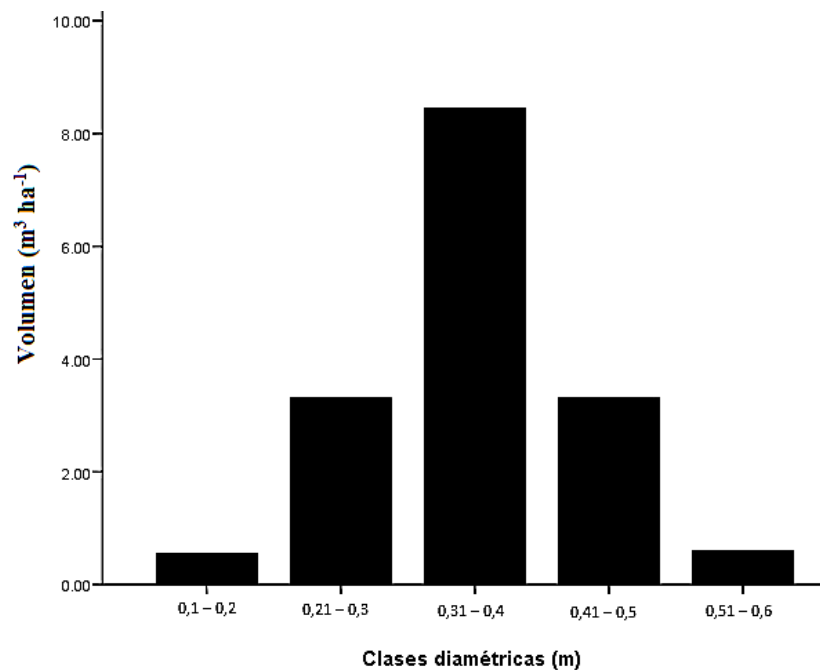


Figura 4.6. Volumen total por hectárea y por clases diamétricas de *B. graveolens*.

En relación al volumen del fuste de *B. graveolens*, éste fue de  $5,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  distribuidos en las clases diamétricas  $0,31 - 0,4 \text{ m}$  ( $3,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) y en las clases diamétricas  $0,21 - 0,3$  y  $0,41 - 0,5 \text{ m}$ , con valores promedio de  $1,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y  $0,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 4.7).

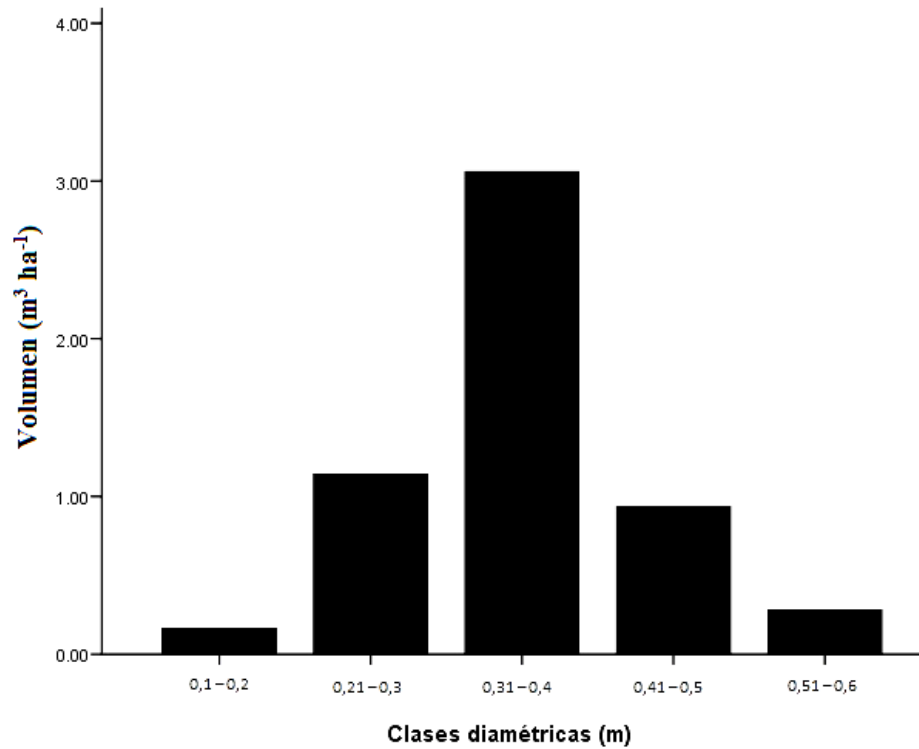


Figura 4.7. Volumen de fuste por hectárea y por clases diamétricas de *B. graveolens*.

**e) Estimación de biomasa y carbono contenido en *B. graveolens***

La relación entre la biomasa de *B. graveolens* y las clases diamétricas se presenta en la Figura 4.8. El modelo que mejor se ajustó fue lineal.

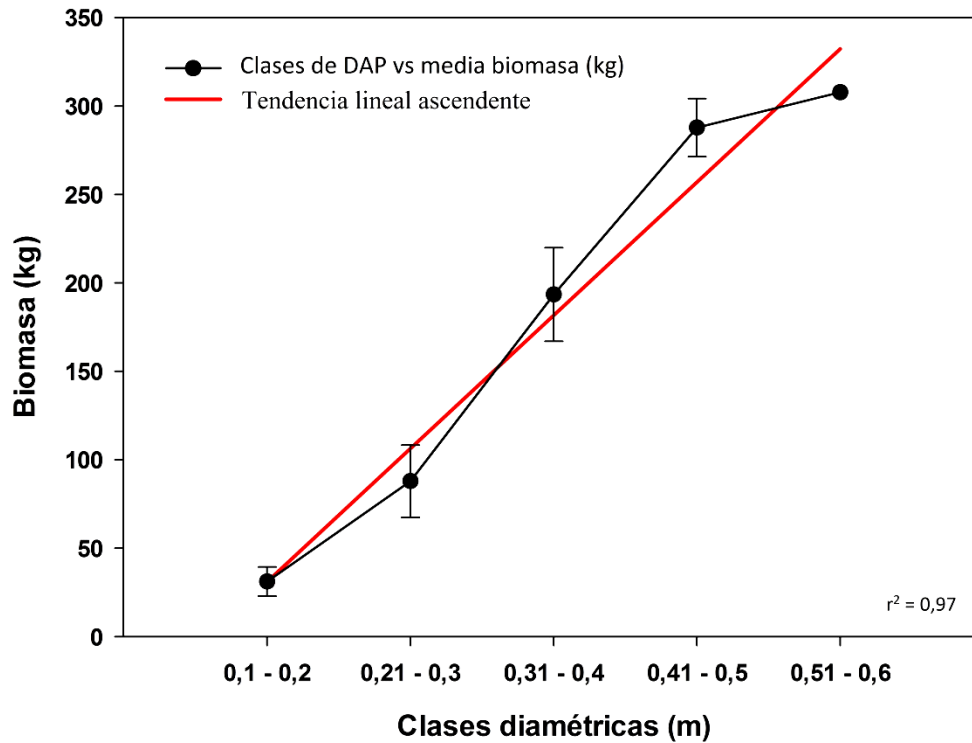


Figura 4.8. Dispersión de los valores observados de *B. graveolens* y la línea de regresión generada con los datos de contenido de biomasa. Las líneas verticales muestran la desviación típica.

Los valores obtenidos de biomasa y carbono total por clases diamétricas se presentan en la Tabla 4.3 y Figura 4.9. En el BST existe una cantidad aproximada de biomasa de árboles vivos de *B. graveolens* de  $8,29 \text{ Mg ha}^{-1}$  de los cuales la mitad es carbono ( $4,147 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). La clase diamétrica 0,31 – 0,4 m es la que presenta mayor cantidad de biomasa ( $4,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y carbono ( $2,1 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) seguida por las clases diamétricas 0,21 – 0,3 m y 0,41 – 0,5 ( $1,69 \text{ Mg ha}^{-1}$  y  $0,84 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente).

Tabla 4.3. Volumen total, biomasa y carbono contenidos en *B. graveolens* del BS estudiado.

Clases diamétricas (m)	Volumen total $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Biomasa $\text{Kg ha}^{-1}$	Carbono $\text{Kg C ha}^{-1}$
0,1 - 0,2	0,549	281,088	140,544
0,21 - 0,3	3,306	1692,672	846,336
0,31 - 0,4	8,441	4321,792	2160,896
0,41 - 0,5	3,306	1692,672	846,336
0,51 - 0,6	0,601	307,712	153,856
Suma general	16,203	8295,936	4147,968

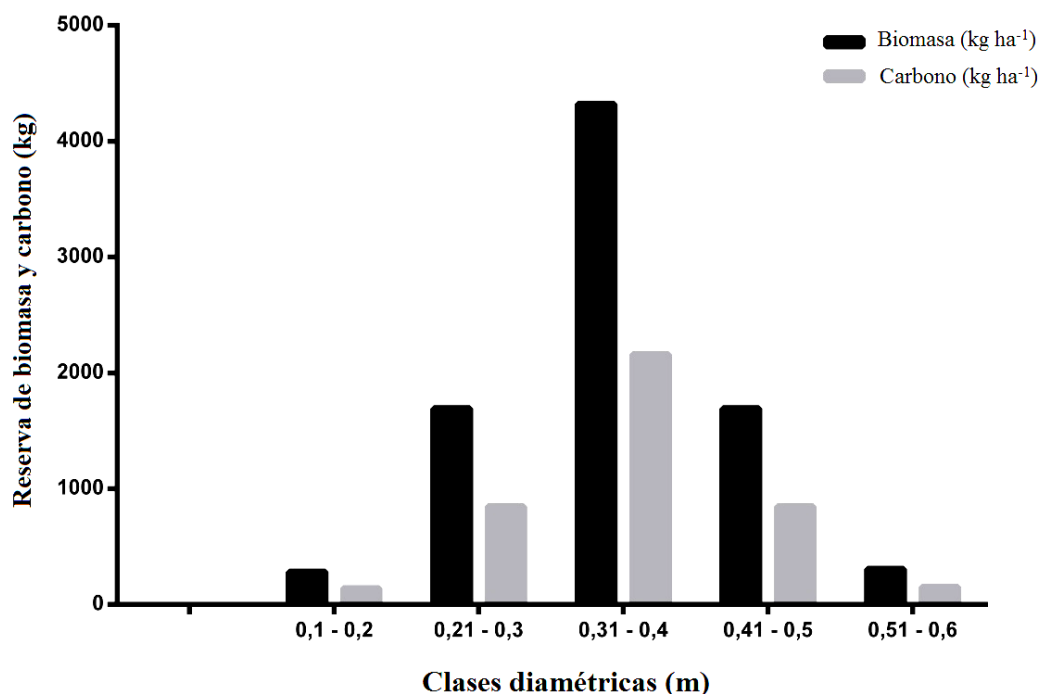


Figura 4.9. Biomasa ha<sup>-1</sup> y carbono ha<sup>-1</sup> contenido en *B. graveolens*, por clases diamétricas.

#### f) Necromasa de *B. graveolens*

En total se identificaron y midieron 25 trozas sobre las que se cuantificó la cantidad de madera muerta sobre el suelo (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) (Tabla 4.4). Se encontraron residuos de madera muerta en las PPM's 3, 4, 10, 12, 14, 19 y 20. En total se cuantificó un volumen de 1,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de madera muerta de *B. graveolens*, en la zona de estudio. Cabe indicar que existe una diferencia en el contenido de madera muerta por comunidades campesinas, es así que en la comunidad Totumos hay la mayor cantidad de volumen de madera muerta de *B. graveolens* con 0,85 m<sup>3</sup> en el área muestral (1,06 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), seguido por la comunidad Malvas con 0,44 m<sup>3</sup> en el área muestral (0,55 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) y Chaquiro con 0,2 m<sup>3</sup> en el área muestral (0,25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Esta diferencia puede deberse a la cantidad de habitantes que existe en cada comunidad puesto que es conocido que para los campesinos el aprovechamiento del duramen es una actividad común en el desarrollo de sus vidas. El uso de este recurso se explica a mayor detalle en el Capítulo 6 de esta tesis doctoral.

Tabla 4.4. Volumen por hectárea de madera muerta de *B. graveolens*.

Sector	Parcela	m s.n.m.	Cantidad de árboles	Nivel de descomposición	Cálculos para la fórmula de Smalian				
					L (m)	db (m)	da (m)	Dx=(db+da)/2	V=3,1416(Dx)2*L/4
Totumos	1	308	0						
	2	309	0						
	3	314	1	I	5,55	0,45	0,19	0,32	0,45
	4	310	1	I	2,8	0,20	0,14	0,17	0,06
			1	I	1,16	0,11	0,09	0,10	0,01
			1	I	2,4	0,18	0,12	0,15	0,04
			1	II	3,2	0,32	0,16	0,24	0,14
			1	II	2	0,24	0,20	0,22	0,08
			1	II	0,7	0,12	0,11	0,11	0,01
			1	II	1,15	0,09	0,08	0,09	0,01
1			II	1,5	0,15	0,09	0,12	0,02	
5	278	0	II	3,87	0,13	0,06	0,10	0,03	
Malvas	6	298	0						
	7	274	0						
	8	275	0						
	9	267	0						
	10	286	1	IV	2,3	0,24	0,16	0,20	0,07
	11	263	1	IV	2,32	0,22	0,20	0,21	0,08
			1	IV	1,7	0,16	0,10	0,13	0,02
			1	IV	1,2	0,08	0,08	0,08	0,01
			1	IV	2,21	0,14	0,11	0,12	0,03
			1	IV	2,21	0,14	0,11	0,12	0,03
12	259	1	III	4,5	0,30	0,12	0,21	0,16	
		1	III	4,26	0,18	0,11	0,14	0,07	
Chaquiro	13	236	0						
	14	268	1	III	1,5	0,32	0,18	0,25	0,07
	15	233	1	III	0,9	0,20	0,17	0,18	0,02
			1	III	2,69	0,19	0,11	0,15	0,05
			1	III	2,69	0,19	0,11	0,15	0,05
	16	246	0						
	17	247	0						
	18	222	0						
	19	228	1	V	1,3	0,13	0,10	0,12	0,01
	20	223	1	V	1,18	0,10	0,07	0,09	0,01
1			V	1,21	0,09	0,05	0,07	0,00	
1			V	0,35	0,34	0,30	0,32	0,03	
		1	V	0,75	0,10	0,09	0,09	0,01	
								Volumen área muestreada m <sup>3</sup> = 1,47 Volumen m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> = 1,84	

L = Largo de la troza en metros.  
 db = Diámetro mayor de la troza.  
 da = Diámetro menor de la troza.  
 Dx = Diámetro promedio de la troza en metros.

En la Tabla 4.5 se muestran los valores obtenidos de volumen ha<sup>-1</sup> y de necromasa encontrada en cada estado de descomposición. La mayor cantidad de madera en proceso de descomposición se encontró en estado I (0,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> o 224 Kg ha<sup>-1</sup>), obteniéndose en total 590,4 Kg ha<sup>-1</sup> (0,590 Mg ha<sup>-1</sup>) de necromasa acumulada en la madera muerta en la zona de estudio.

Tabla 4.5. Nivel de descomposición, volumen y cantidad de necromasa de *B. graveolens* por hectárea, encontrada en la zona de estudio.

<b>Estado de Descomposición</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>) Smalian</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup></b>	<b>Necromasa Kg ha<sup>-1</sup></b>
I	0,56	0,7	224
II	0,28	0,35	112
III	0,37	0,46	147,2
IV	0,21	0,26	83,2
V	0,06	0,075	24
	1,48	1,845	590,4

Probablemente hay poca madera en estado de descomposición IV y V debido a que se encontraron en mayor cantidad aquellos árboles que murieron recientemente y presentaron mayor cantidad de volumen y necromasa en estado de descomposición I (Tabla 4.5); además estas trozas de madera muerta de *B. graveolens* están sujetas a un proceso inicial de degradación por los microorganismos por lo que se confirma la mayor cantidad de volumen de madera muerta en estado de descomposición I. Por otro lado anatómicamente la mayoría de los troncos de los árboles presentan mayor cantidad de duramen y menor cantidad de albura y corteza (Giménez *et al.* 2000). En la zona de estudio, las astillas del duramen son aprovechadas y usadas por las comunidades estudiadas y comercializadas a nivel de la provincia de Loja como se indica en la Imagen 4.13.



Imagen 4.13. Astillas del duramen de *B. graveolens* utilizadas por las comunidades campesinas; **a.** Campesino demostrando el uso de las astillas para encender fuego. **b.** Astillas de duramen utilizadas para la venta como sahumerios en el santuario de la Virgen del Cisne, Loja -Ecuador.

### g) Plántulas de *B. graveolens*

En la zona de estudio existe una cantidad aproximada de 197 individuos ha<sup>-1</sup> de plántulas de *B. graveolens*, encontrándose en las subparcelas de 160 m<sup>2</sup> un promedio de 3,15 plántulas. En la Tabla 4.6 se presenta la altura de plántulas de *B. graveolens*. Éstas miden un mínimo de 4 cm y un máximo de 12 cm de altura con un promedio de 6,4 cm. El coeficiente de variación fue de 26,9%, lo que indica gran homogeneidad en el tamaño de las plántulas.

Tabla 4.6. Tamaño de la regeneración natural de *B. graveolens*.

Plántulas	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
Altura (cm)	4,0	12,0	6,4	1,72	26,9

### 4.3.2. Evaluación dendrológica

#### 4.3.2.1. Densidad de árboles femeninos y masculinos

Se encontraron 17 árboles femeninos y 29 masculinos en las 20 PPM (8000 m<sup>2</sup>), estimándose una densidad de 21 individuos femeninos y 36 individuos (casi el doble) de masculinos por hectárea (Figura 4.10).

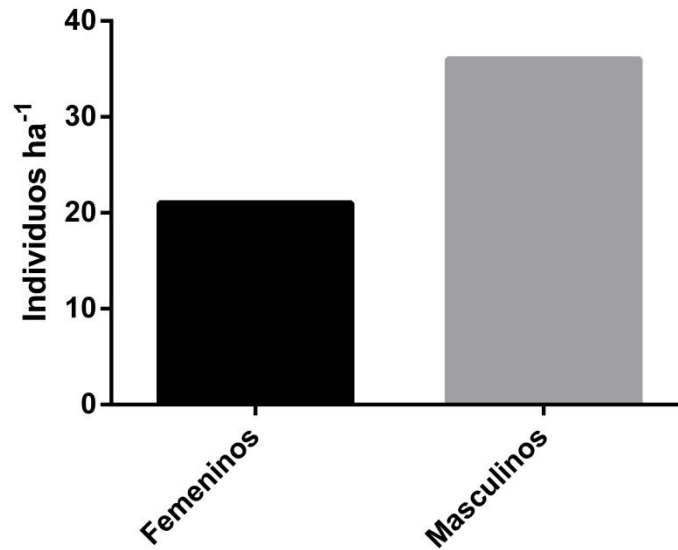


Figura 4.10. Densidad de árboles femeninos y masculinos de *B. graveolens*.

Por otro lado, al revisar por sexo y por clases diamétricas árboles de *B. graveolens* femeninos, se encontraron que la mayoría corresponden a la clase diamétrica 0,21 – 0,3 m y 0,31 – 0,4 m con 9 y 8 individuos por hectárea correspondientemente. Del mismo modo los árboles masculinos de *B. graveolens* se encontraron en su mayoría en las clases diamétricas 0,21 – 0,3 y 0,41 – 0,5 con 9 y 16 individuos por hectárea respectivamente (Figura 4.11).

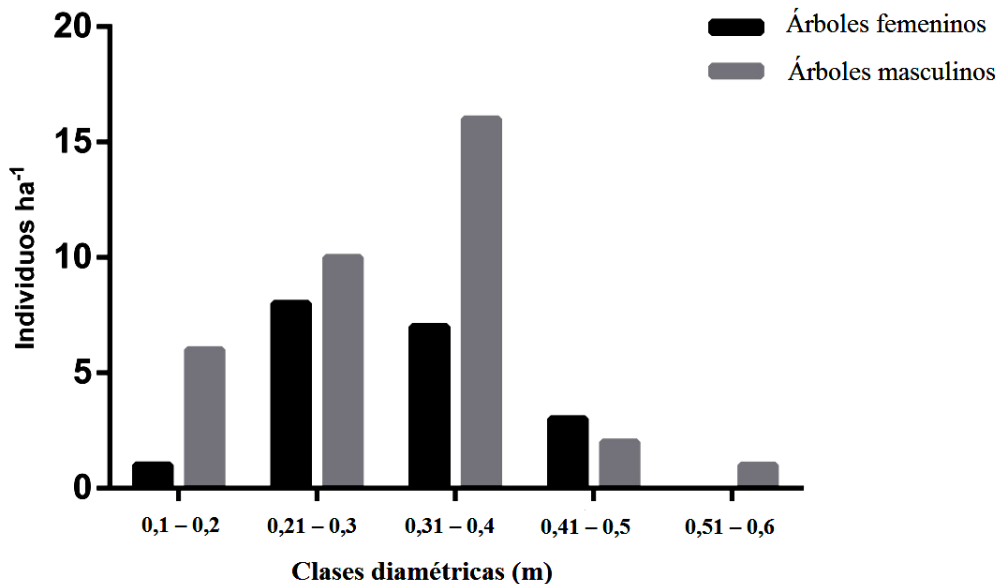


Figura 4.11. Densidad de árboles de género femenino y masculino de *B. graveolens*, por clases diamétricas y por hectárea.

Al realizar el análisis de varianza existe diferencia estadística significativa entre la cantidad de individuos  $\text{ha}^{-1}$  por cada clase diamétrica y por género, presentando un  $p$ -valor de 0,34 (Tabla 4.7).

Tabla 4.7. Análisis de la varianza de un factor entre grupos correspondientes entre individuos  $\text{ha}^{-1}$  por clase diamétrica y género femenino y masculino de *B. graveolens*.

Individuos $\text{ha}^{-1}$ * género	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos (Combinadas)	25,600	1	26,600	0,992	0,348
Intra-grupos	206,400	8	25,800		
Total	232,000	9			

#### 4.3.2.2. Fenología de árboles femeninos

En las Figuras 4.12 y 4.13 se muestran los valores de precipitación (mm) y temperatura promedio ( $^{\circ}\text{C}$ ) ocurridos durante los años 2008, 2009, 2010 y 2011. Existe una gran variabilidad inter anual de la precipitación. En el año 2008 y durante el mes de marzo que corresponde al mes más lluvioso, hubo una alta precipitación (683,4 mm), pero fue de la mitad a este valor (321,6 mm) en marzo del siguiente año. En el año 2010, se registró una precipitación de 537,4 mm mientras que en el año 2011 la precipitación fue mucho más baja registrándose tan solo 211,5 mm. Entre el año más lluvioso (2008) y el menos lluvioso (2011) hubo una variación de 471,9 mm. Además en la Figura 4.12 se muestra el promedio mensual de precipitación ocurrida durante los últimos 12 años, evidenciándose que las precipitaciones del período de estudio (cuatro años) en especial los años 2008, 2010 y 2011 se desviaron mucho del promedio mensual de los últimos doce años; es así que, la precipitación del año 2008 (683,4 mm) que corresponde al mes más lluvioso (marzo) supera más de la mitad del promedio de 12 años (285,7 mm) y el año 2010 (537,4 mm) supera también dicho promedio de 12 años (285,7 mm). Esto reafirma que en la zona de estudio existe una variabilidad interanual de la presencia de lluvias en el BST estudiado. En relación a la temperatura media mensual la variabilidad fue más baja (unos  $5,6^{\circ}\text{C}$ ) (Figura 4.13). La temperatura promedio más baja se registró en el mes de junio del año 2008 ( $22,2^{\circ}\text{C}$ ) y la mayor durante el mes de marzo del 2011 ( $27,8^{\circ}\text{C}$ ). Al comparar la temperatura registrada en la zona de estudio con respecto a los últimos doce años, esta no es tan variable como en el caso de la precipitación.

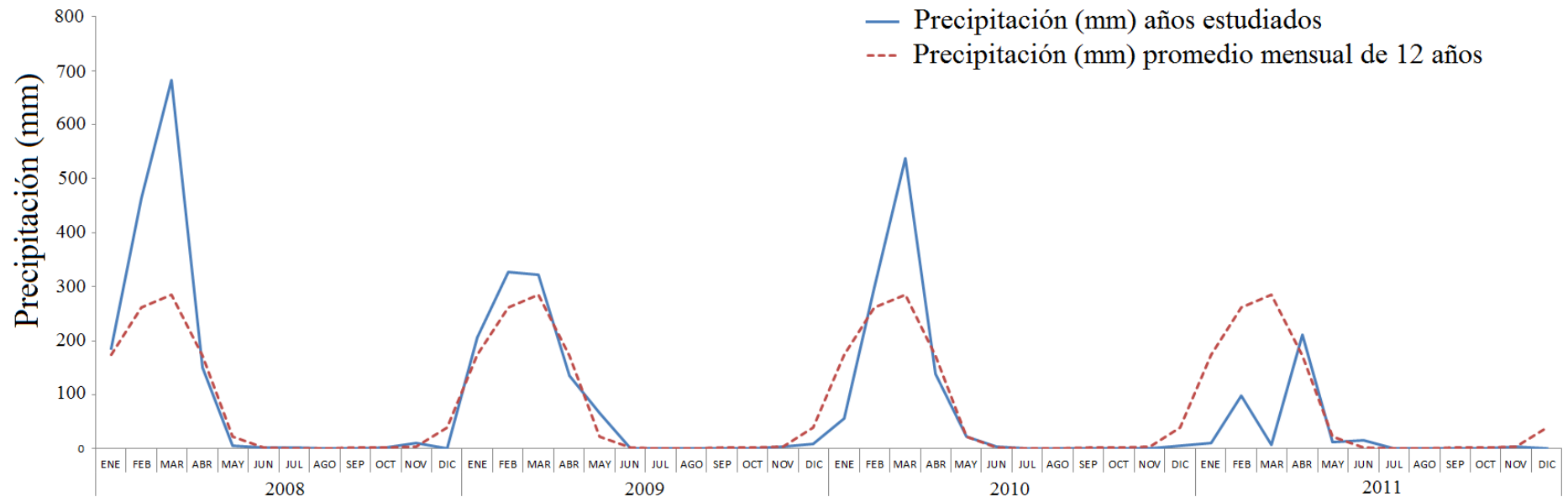


Figura 4.12. Precipitaciones (mm) registradas durante los cuatro años de estudio en el BST. La línea roja entrecortada muestra el promedio mensual de precipitación de los últimos doce años registrados en la zona de estudio.

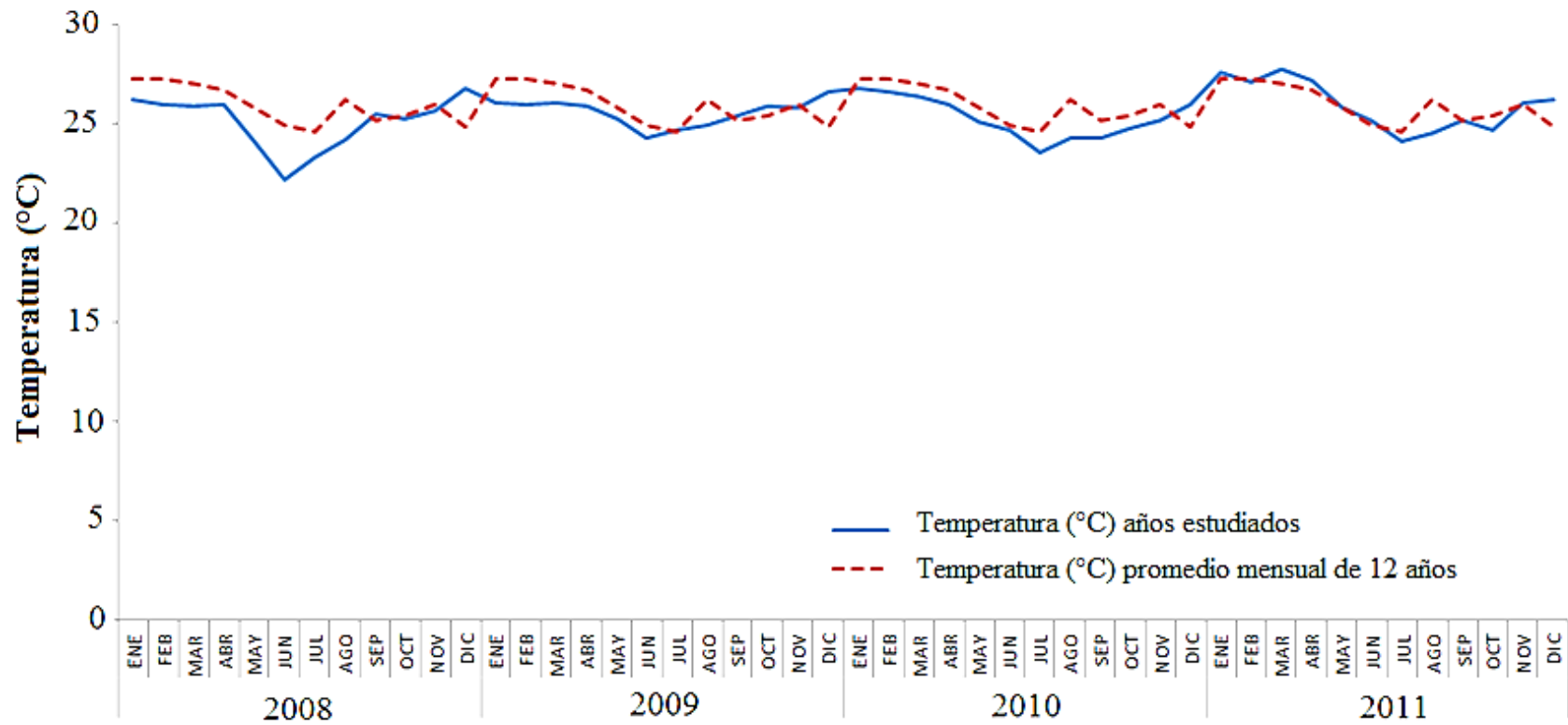


Figura 5.13. Temperatura (°C) registrada durante los cuatro años de estudio en el BST. La línea roja entrecortada muestra el promedio mensual de los últimos doce años registrados en la zona de estudio.

En la Figura 4.14 se presenta la información fenológica en base a observaciones y estimaciones visuales de la presencia de hojas, floración y fructificación de *B. graveolens* durante los tres años de observación. En la zona de estudio la fenología de *B. graveolens* tiene una duración de seis meses, inicia desde enero y finaliza en junio notándose que para la floración, fructificación y presencia de hojas la cantidad (%) difiere en cada año y en cada mes. En el caso de la floración éste evento tiene una duración corta de dos semanas. En el año 2009 hubo mayor presencia de flores en el mes de febrero (38%), esto no fue igual para el año 2010 en donde se observó presencia de flores en los meses de febrero (45%) y en marzo (50%). Este comportamiento también se observó para el año 2011 donde en febrero se observó el 20%, en marzo el 20% y en abril el 38%. La floración de *B. graveolens* no es homogénea en todos los árboles marcados y analizados; es decir, que unos árboles florecieron en un tiempo y otros en otro tiempo; por las observaciones realizadas, se ha notado que los árboles que se encuentran junto a quebradas con presencia de agua, son los primeros en florecer y fructificar. En el caso de la fructificación en los años 2009 y 2010 se observó la mayor cantidad y presencia de frutos durante los meses de marzo y abril, pero no fue así en el año 2011 coincidiendo con valores bajos de precipitación durante esos meses; se observó que para el 2011 hubo mayor presencia de frutos en el mes de abril. Durante el mes de abril del 2011 las precipitaciones fueron relativamente elevadas (211,5 mm) y la producción de fruto se observó durante este mes y no en los meses anteriores. A fin de determinar si hay diferencias significativas entre los eventos fenológicos, en la Tabla 4.8 se presenta el análisis de varianza para los distintos años de observación; se evidencia que para la floración ( $P = 0,787$ ), fructificación ( $P = 0,614$ ) y presencia de hojas ( $P = 0,726$ ) no hay diferencias estadísticas significativas. Sin embargo es necesario indicar que esto se deba quizá a la subjetividad que existe en los valores de porcentaje, ya que los mismos son el resultado de la percepción visual del observador al momento de registrar cada evento fenológico y no responde a una medición cuantitativa como por ejemplo número y peso (kg) de flores, frutos y hojas.

Tabla 4.8. Análisis de la varianza entre grupos correspondientes a la precipitación (mm), fructificación (%), floración (%) y presencia de follaje (%) en árboles de *B. graveolens*.

Evento fenológico		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fructificación (%)	Inter-grupos	1116,218	2	558,109	0,496	0,614
	Intra-grupos	36042,182	32	1126,318		
	Total	37158,400	34			
Floración (%)	Inter-grupos	102,224	2	51,112	0,241	0,787
	Intra-grupos	6776,462	32	211,764		
	Total	6878,686	34			
Hojas (%)	Inter-grupos	1108,626	2	554,313	0,324	0,726
	Intra-grupos	54742,917	32	1710,716		
	Total	55851,543	34			

El análisis del coeficiente de correlación se presenta en la Tabla 4.9. La producción de frutos estuvo correlacionado positivamente con la precipitación mensual imperante en la zona de estudio (correlación 0,8). Así mismo la floración y presencia de follaje estuvo positivamente correlacionado con la precipitación, notándose que la presencia o ausencia de lluvia es un factor importante para los procesos fisiológicos de *B. graveolens*.

Tabla 4.9. Análisis de correlación de Pearson entre la precipitación (mm), fructificación (%), floración (%) y presencia de follaje (%) en árboles de *B. graveolens*.

Precipitación y evento fenológico	Precipitación (mm)	Fructificación (%)	Floración (%)	Hojas (%)
Precipitación (mm)	1	0,804(**)	0,819(**)	0,779(**)
Fructificación (%)	0,804(**)	1	0,604(**)	0,923(**)
Floración (%)	0,819(**)	0,604(**)	1	0,668(**)
Hojas (%)	0,779(**)	0,923(**)	0,668(**)	1

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

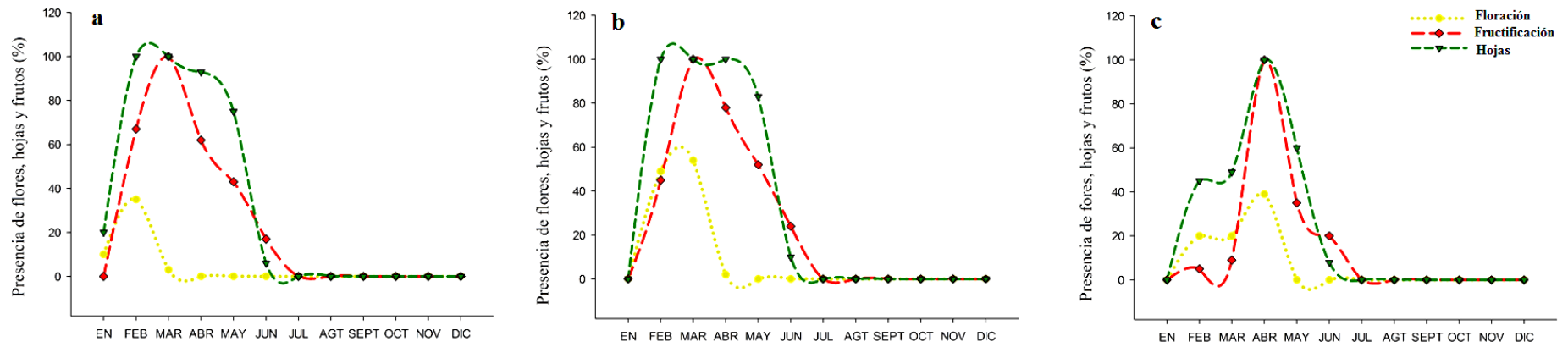


Figura 4.14. Observaciones fenológicas de *B. graveolens* en el BS durante: **a.** 2009. **b.** 2010 y **c.** 2011.

#### 4.3.2.3. Tamaño de flores femeninas y masculinas

##### a) Flores femeninas

En la Tabla 4.10 se muestran los resultados del análisis estadístico básico del tamaño de las flores femeninas. Éstas mostraron un tamaño promedio bastante homogéneo de 3,2 mm (coeficiente de variación entre 13,5 y 17,7 %). El promedio de los valores mínimos y máximos fueron de 2,58 mm y 4,17 mm.

Tabla 4.10. Longitud promedio de flores femeninas de *B. graveolens*.

Árbol	N	Media (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
1,00	10	3,29	2,61	4,17	0,584	17,75
2,00	10	3,24	2,58	4,00	0,551	17,00
3,00	10	3,28	2,59	3,98	0,504	15,36
4,00	10	3,24	2,65	3,67	0,437	13,48
5,00	10	3,15	2,63	3,72	0,429	13,61
Total	50	3,24	2,58	4,17	0,486	15,44

No hubo diferencias significativas entre el tamaño de las flores entre árboles distintos (anova de una vía  $P = 0,973$ ).

##### b) Flores masculinas

La flor masculina tiene un tamaño promedio de 3,02 mm y un coeficiente de variación que osciló entre 6,95 y 8,41 %. Los promedios de los valores mínimos y máximos fueron de 2,63 mm 3,45 mm.

Tabla 4.11. Longitud promedio de flores masculinas de *B. graveolens*.

Árbol	N	Media (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
1	10	3,02	2,65	3,27	0,210	6,95
2	10	3,10	2,68	3,45	0,252	8,12
3	10	3,00	2,63	3,30	0,219	7,3
4	10	2,96	2,63	3,24	0,249	8,41
5	10	3,03	2,75	3,36	0,225	7,43
Total	50	3,02	2,63	3,45	0,226	7,48

Las flores masculinas tampoco presentaron diferencias significativas entre los árboles (análisis de la varianza,  $P = 0,764$ ).

En la Figura 4.15 se presenta la distribución normal del tamaño de las flores masculinas y femeninas presentando un  $R^2 = 0,97$  para las masculinas y un  $R^2 = 0,87$  para las femeninas.

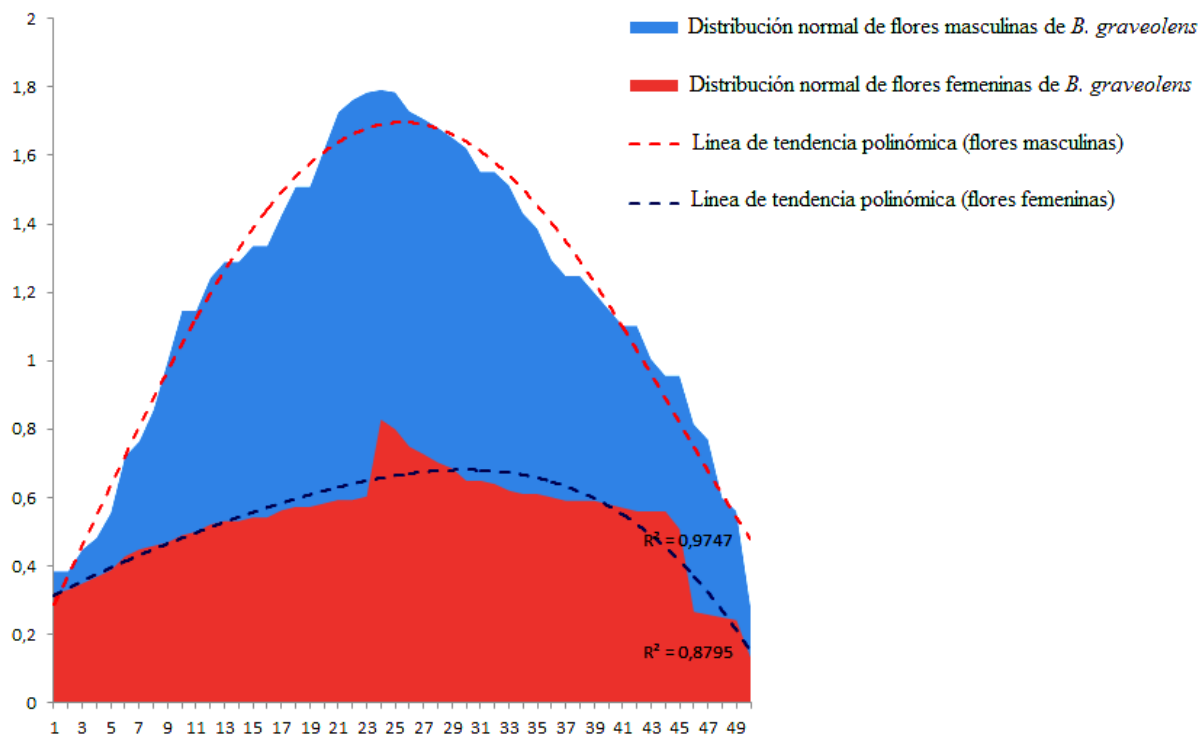


Figura 4.15. Distribución normal del tamaño de las flores masculinas y femeninas de *B. graveolens*.

Existe diferencias significativas entre el tamaño de las flores femeninas y masculinas de *B. graveolens* (análisis de la varianza,  $P = 0,004$ ).

#### 4.3.2.4. Potencial productivo de frutos

La cantidad de frutos por clase diamétrica se muestra en la Tabla 4.12. La producción de frutos para el conjunto de los árboles analizados promedió 4,05 kg por árbol, con promedios mínimo y máximo de 2,9 kg y 5,31 kg, respectivamente. La clase diamétrica con menor cantidad de frutos fue la de 0,1 – 0,2 m, con 3,28 kg por árbol, mientras que la clase con mayor cantidad de frutos fue 0,41 – 0,5 con 4,85 kg en promedio.

Tabla 4.12. Cantidad de frutos (kg) de *B. graveolens* en distintas clases diamétricas.

Clases de DAP(m)	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
0,1 – 0,2	2	3,2833	0,33116	2,90	3,70
0,21 – 0,3	2	3,7317	0,20942	3,47	4,00
0,31 – 0,4	2	4,3300	0,41454	3,89	4,83
0,41 – 0,5	2	4,8467	0,45684	4,23	5,31
Total	8	4,0479	0,69418	2,90	5,31

En la Figura 4.16 se observa la cantidad de frutos en cada clase diamétrica. *B. graveolens* produce frutos desde árboles con diámetros de 0,1 – 0,2 m. La producción anual de fruto fue significativamente distinta (anova de una vía,  $P < 0.001$ ) en las clases de DAP (Tabla 4.13). La cantidad de frutos en las clases de diámetro de 0,1 – 0,2 m y 0,21 – 0,3 m, no fue significativamente distinta. Así mismo, las clases de diámetro 0,31 – 0,4 m y 0,41 – 0,5 m no presentaron una cantidad de frutos significativamente diferente. Sin embargo, los dos grupos (a y b) si fueron significativamente distintos entre sí.

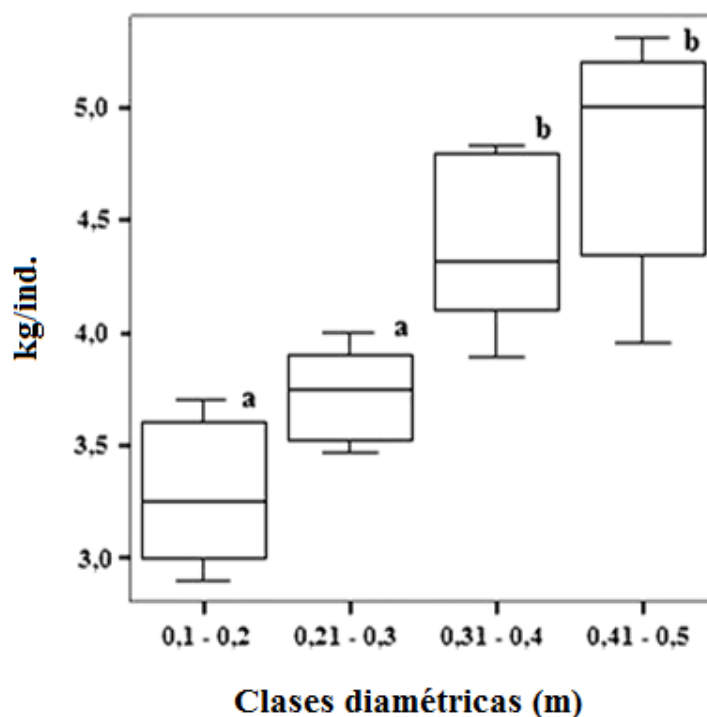


Figura 4.16. Kilogramos de frutos de *B. graveolens* en diferentes clases diamétricas. Letras diferentes denotan diferencias significativas (anova de una vía,  $P < 0,05$ ).

Hay que tomar en consideración conforme a este análisis que para la recolección de frutos se debería considerar como prioritarias las clases diamétricas 0,31 – 0,4 m y 0,41 – 0,5 m que son las que tienen mejor rendimiento; sin descartar, la clase diamétrica 0,21 – 0,3 m que es una de las clases diamétricas que tiene mayor cantidad de individuos ha<sup>-1</sup> (Figura 4.16).

Tabla 4.13. Kilogramos producidos de frutos de *B. graveolens* analizados con la prueba de subconjuntos homogéneos (HSD de Tukey).

<b>Diámetro (m)</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>	
0,1 – 0,2	2	3,283	
0,21 – 0,3	2	3,732	
0,31 – 0,4	2		4,330
0,41 – 0,5	2		4,847
Sig.		0,179	0,100

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000.

La producción de frutos de la especie no solamente varió entre clases diamétricas, sino que hubo una variabilidad entre años. En la Figura 4.17 se observa que para los tres años estudiados aquel con mayor productividad correspondió al año 2010, cuando la clase 0,41 – 0,5 m produjo un promedio de frutos de 5,25 kg árbol<sup>-1</sup>, mientras que la clase 0,1 – 0,2 m produjo un 30,5% menos (3,65 kg árbol<sup>-1</sup>). Hubo variabilidad inter - anual en la producción, siendo el año 2011 cuando la producción de frutos fue menor.

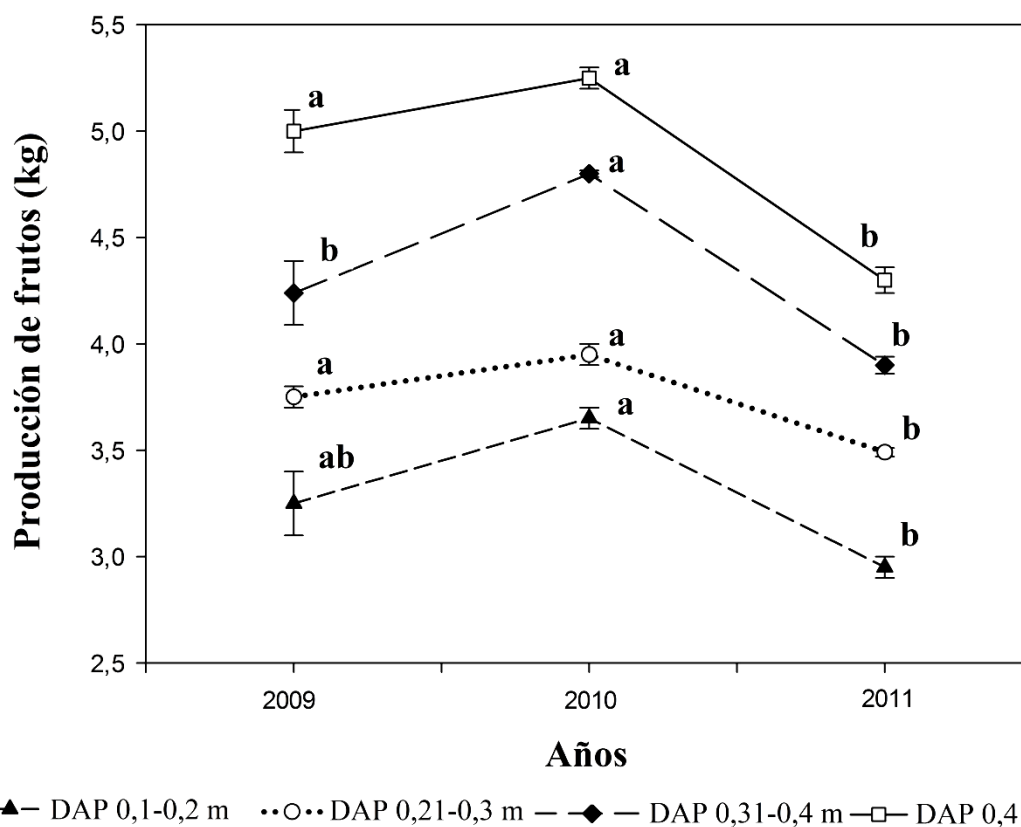


Figura 4.17. Kilogramos de frutos de *B. graveolens* en el BS producidos durante tres años y en diferentes clases diamétricas. Letras diferentes denotan diferencias significativas (anova de una vía,  $P < 0,05$ ).

Existe diferencias estadísticas significativas en la producción de frutos (kg) de *B. graveolens* por año de producción y por clases diamétricas (Tabla 4.14). En todas las clases diamétricas, en los tres años de estudio hubo diferencia estadística significativa a nivel de  $P = 0,05$ .

Tabla 4.14. Análisis de la varianza entre grupos correspondientes al año y cantidad de frutos producidos (kg) por clases diamétricas de árboles de *B. graveolens*.

Clases diamétricas en tres años de producción		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
0,1 - 0,2 (m)	Inter-grupos	0,493	2	0,247	13,455	0,032
	Intra-grupos	0,055	3	0,018		
	Total	0,548	5			
0,21 - 0,3 (m)	Inter-grupos	0,203	2	0,102	30,500	0,010
	Intra-grupos	0,010	3	0,003		
	Total	0,213	5			
0,31 - 0,4 (m)	Inter-grupos	0,743	2	0,372	22,300	0,016
	Intra-grupos	0,050	3	0,017		
	Total	0,793	5			
0,41 - 0,5 (m)	Inter-grupos	1,083	2	0,542	54,167	0,004
	Intra-grupos	0,030	3	0,010		
	Total	1,113	5			

Al realizar la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey se ha comprobado estadísticamente que para una misma clase diamétrica durante los tres años de observación, la producción de frutos es diferente. Por otro lado, a fin de determinar si la producción de frutos se debe a la cantidad de precipitación, en la Figura 4.18 se presenta la pendiente de regresión considerando cada clase diamétrica durante los tres años de estudio. En la Figura 4.18a la clase diamétrica 0,1 – 0,2 m presentó una alta correlación ( $r^2 = 0,98$ ). Así mismo, para las clases diamétricas 0,21 – 0,3 ( $r^2 = 0,93$ ), 0,31 – 0,4 ( $r^2 = 0,99$ ) y 0,41 – 0,5 ( $r^2 = 0,87$ ) la precipitación influencia altamente la producción de frutos. Brevemente, la pendiente positiva explica que a mayor precipitación (mm) hay mayor producción de frutos (kg) de *B. graveolens*.

La cantidad de frutos producidos en el área de recolección silvestre se presenta en la Tabla 4.15. *B. graveolens* produce en promedio 4,05 kg de frutos en todas las clases diamétricas (Tabla 4.14); esto corresponde a 85,1 kg ha<sup>-1</sup> y a 256136,6 kg en toda el área de recolección. En cada campaña de aprovechamiento se requiere 12400 kg de frutos que es la cantidad de frutos necesarios para la venta, esta cantidad corresponde al 4,8% de frutos aprovechados en toda el área de recolección.

Tabla 4.15. Cantidad de frutos de *B. graveolens* en ha<sup>-1</sup> y en el área de recolección silvestre. Se presenta además el porcentaje de frutos aprovechados en cada campaña de recolección.

N° de árboles femeninos ha <sup>-1</sup>	Promedio de producción de frutos de todas las clases diamétricas (kg)	Promedio de producción de frutos (kg ha <sup>-1</sup> )	Superficie total del área de recolección (has)	Cantidad de frutos en el área de recolección (kg)	Cantidad de frutos necesarios en cada campaña de explotación (kg)	Porcentaje de aprovechamiento de frutos en el área de recolección (%)
21	4,05	85,1	3011,6	256136,6	12400	4,8

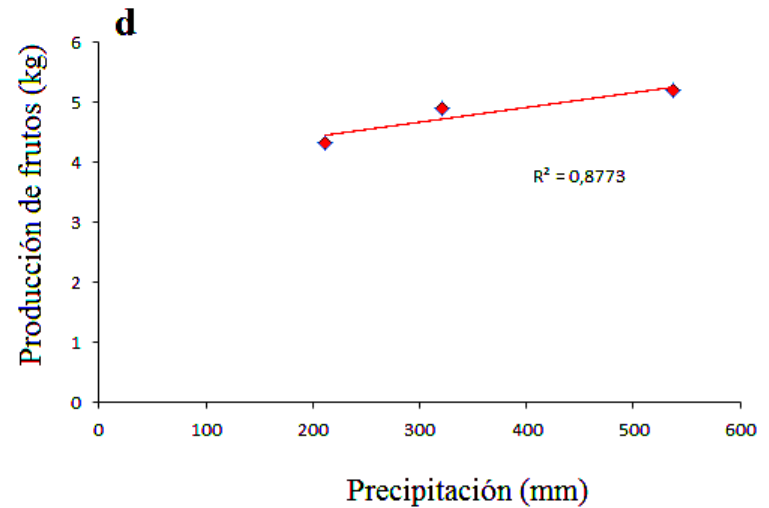
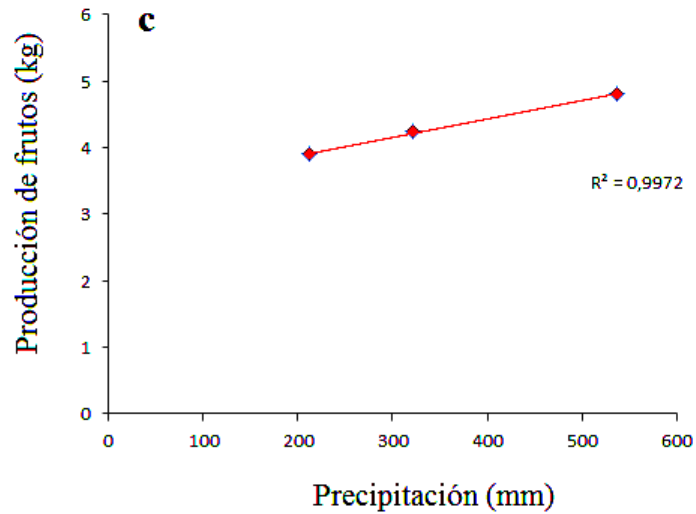
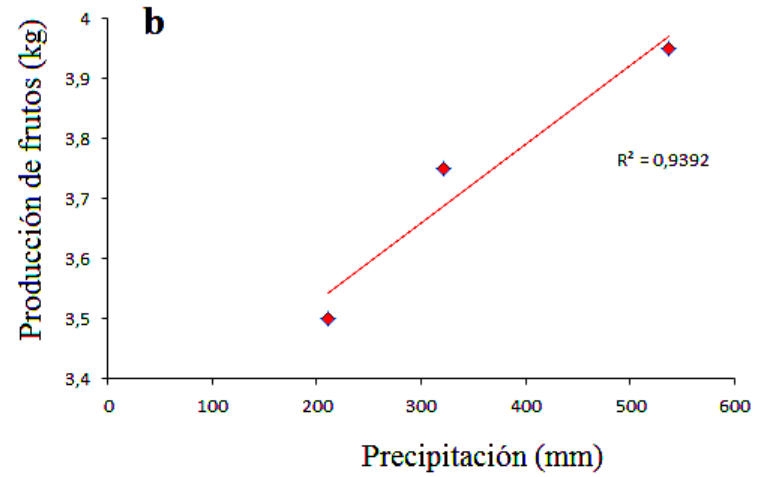
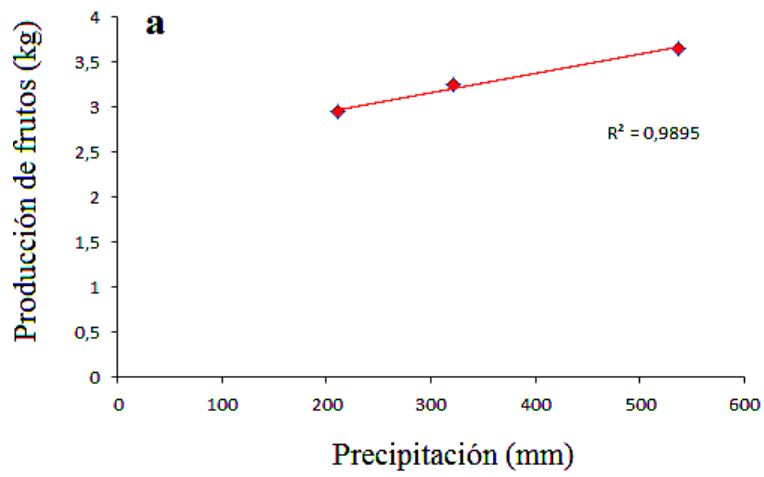


Figura 4.18. Kilogramos de frutos de *B. graveolens* en tres años de producción por clases diamétricas. **a.** Clase diamétrica 0,1 - 0,2 m. **b.** Clase diamétrica 0,21 - 0,3 m. **c.** Clase diamétrica 0,31 - 0,4 m. **d.** Clase diamétrica 0,41 - 0,5 m.

#### 4.3.2.5. Caracterización de frutos y semillas

En la Tabla 4.16 se exponen las dimensiones medidas en las muestras de frutos y semillas de *B. graveolens*. El tamaño promedio de los frutos fue de 0,9 cm de longitud y de ancho, contuvo una semilla por fruto que en promedio midió 0,5 cm de longitud y de ancho. Ambos mostraron una baja variabilidad (< 9,6% de coeficiente de variación). Mientras que el peso del fruto fue bastante homogéneo (coeficiente de variación del 17,5 %) promediando 0,4 gr, el de la semilla (0,04 gr) fue algo variables (CV del 54,8%). La relación longitud/diámetro del fruto, que proporciona información sobre la forma de los frutos y semillas que es considerada como una característica importante para su comercialización, promedió 1 y fue muy homogénea (7,9 %).

Tabla 4.16. Descriptores de las dimensiones de la muestra de frutos y semillas de *B. graveolens*.

<b>Frutos y semillas</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>CV %</b>
Longitud del fruto (cm)	0,71	1,1	0,9	0,06	6,8
Ancho del fruto (cm)	0,71	1,1	0,9	0,07	7,7
Longitud/ancho frutos	0,90	1,3	1,0	0,08	7,9
Ángulo fruto	108,45	156,8	131,6	8,26	6,3
Peso de frutos (gr)	0,18	0,7	0,4	0,07	17,5
Longitud semillas (cm)	0,4	0,6	0,5	0,04	7,4
Ancho semillas (cm)	0,39	0,7	0,5	0,05	9,6
Longitud/ancho semillas	0,70	1,4	1,0	0,11	11,1
Ángulo semillas	83,33	166,2	123,3	12,33	10,0
Peso semillas (gr)	0,02	0,4	0,04	0,02	54,8

#### a) Análisis de agrupamientos

El dendograma obtenido por el método UPGMA a partir de los caracteres morfológicos de frutos (largo, ancho, ángulo, peso) y semillas (largo, ancho, ángulo, peso) de los árboles analizados, se presenta en la Figura 4.19. El análisis indica con un índice de distancia euclídea de 2,91 la formación de dos grupos. El dendograma mostró un valor de correlación cofenética de 0.9, lo que indica que ha tenido una baja distorsión. Se pueden observar dos grupos principales de árboles, aquí denominados A y B. El primer conjunto principal A está compuesto por un solo árbol (P- 2) y corresponde al árbol cuyas semillas son las que presentaron mayor peso (gr). La segunda rama

principal (B) está conformada por los 7 árboles restantes, subdivididos a su vez en dos ramas aquí llamadas B1 y B2 que forman subgrupos en los que los árboles se agruparon esencialmente por los caracteres del fruto y de la semilla (peso y longitud, entre otros).

El subgrupo B1 es el que reunió el mayor número de árboles (4), evidenciándose que los árboles P- 1 y P- 6 son las más similares entre sí. Éstos presentan iguales caracteres especialmente a lo que se refiere a la longitud/ancho de los frutos, longitud de las semillas (cm), ancho de las semillas (cm), relación longitud/ancho de las semillas, ángulo y peso de las semillas (gr) (caracteres C5, C8, C9, C10, C11 y C12 respectivamente). El subgrupo B2 reunió tres árboles. Estos árboles presentan iguales caracteres, especialmente con respecto a la longitud del fruto (cm), relación longitud/ancho de los frutos, largo de las semillas (cm), ancho de las semillas (cm) y peso de las semillas (gr) (caracteres C3, C5, C8, C9 y C12 respectivamente).

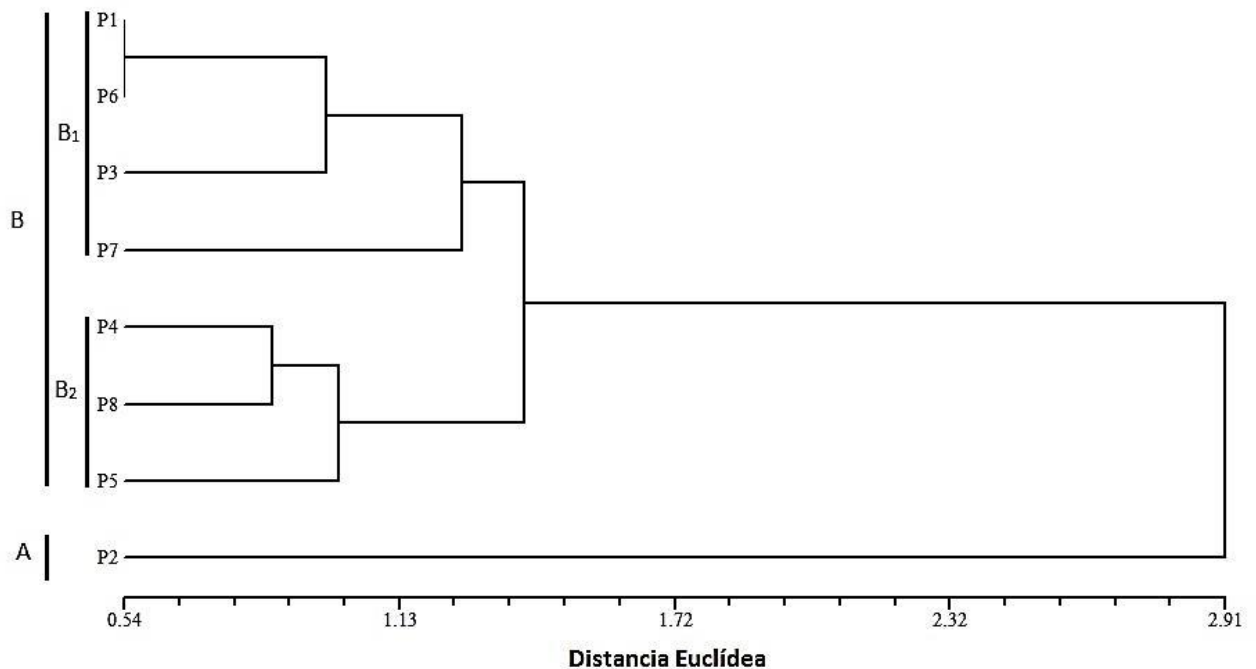


Figura 4.19. Dendrograma de los 8 árboles de *B. graveolens*, construido por el método UGMA (ligamiento promedio) a partir de los 12 caracteres morfológicos medidos. Correlación cofenética  $r = 0,9$ . Ver información sobre los árboles y su lugar de procedencia en el apartado 4.1.

## b) Análisis de componentes principales (ACP)

Con el fin de profundizar el estudio multivariado se usó el análisis de componentes principales (ACP) para identificar que caracteres expresaron un mayor grado de variabilidad y su relación con los árboles estudiados. La Figura 4.20 muestra la distribución de 12 caracteres morfológicos con relación a las dos primeras componentes, en la cual se observa que la mayoría de caracteres contribuyeron positivamente al primer componente. En este sentido los caracteres que más contribuyeron fueron: un carácter dasométrico (altura del fuste – C1), tres caracteres relacionados con los frutos (longitud del fruto – C3; longitud/diámetro del fruto – C5 y peso de los frutos – C7) y dos caracteres relacionados con las semillas (ancho de la semilla – C9 y longitud de las semillas – C10). En lo que respecta al segundo componente, las variables que absorbieron mayor varianza fueron el peso de las semillas (C12; positivamente) y el ancho del fruto (C4, negativamente). Además, cabe recalcar que los restantes caracteres de frutos y semillas, tales como ángulo del fruto (C6), largo de la semilla (C8) y ángulo de la semilla (C11), contribuyeron de forma negativa a ese componente principal. Es importante indicar que de forma general los caracteres tienden a agruparse de acuerdo a una misma parte de la planta u órgano evaluado, lo que significa que están correlacionados entre sí.

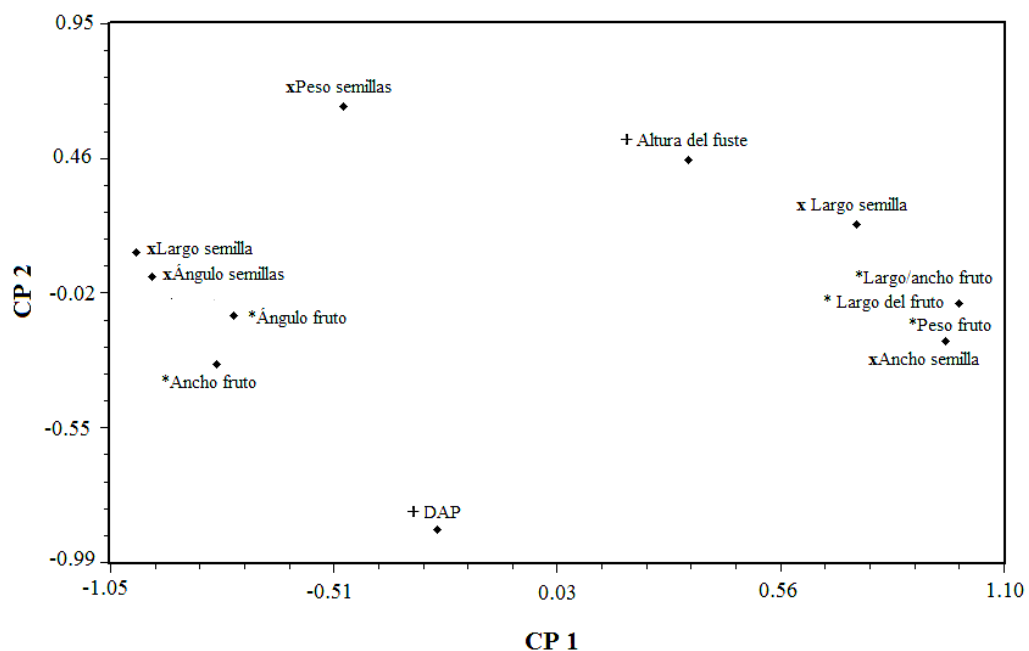


Figura 4.20. Ordenación de los 12 caracteres morfológicos estudiados (ordenados por grupos de caracteres; + caracteres dasométricos, \* caracteres del fruto, y x caracteres de las semillas) de los 8 árboles de *B. graveolens* en el espacio definido por CP1 y CP2.

En lo que se refiere a la ordenación de los 8 árboles en el espacio definido por los dos ejes principales, se agruparon en dos grupos, especialmente debido al primer componente (Figura 4.21). El primer grupo (A) correspondió al árbol P- 2 y mostró un valor positivo (0,52) en el primer eje principal. Los árboles del grupo B mostraron valores similares y negativos en el segundo componente principal con un rango de 0,23 a 0,24 (Figura 4.21), correspondiendo a los árboles P1, P3, P4, P5, P6, P7 y P8 los que se distribuyeron a lo largo del segundo componente. Éste grupo se subdividió en dos subconjuntos denominados B1 y B2. El subconjunto B1 compuesto por cuatro árboles; P- 1, P- 3, P- 6 y P- 7, mostró los valores más bajos de la componente dos, indicando una producción de frutos de tamaño pequeño. En cambio, el subconjunto B2 mostró los mayores valores sobre la CP 2 y fue caracterizado por árboles que produjeron frutos con los mayores valores en tamaño y peso.

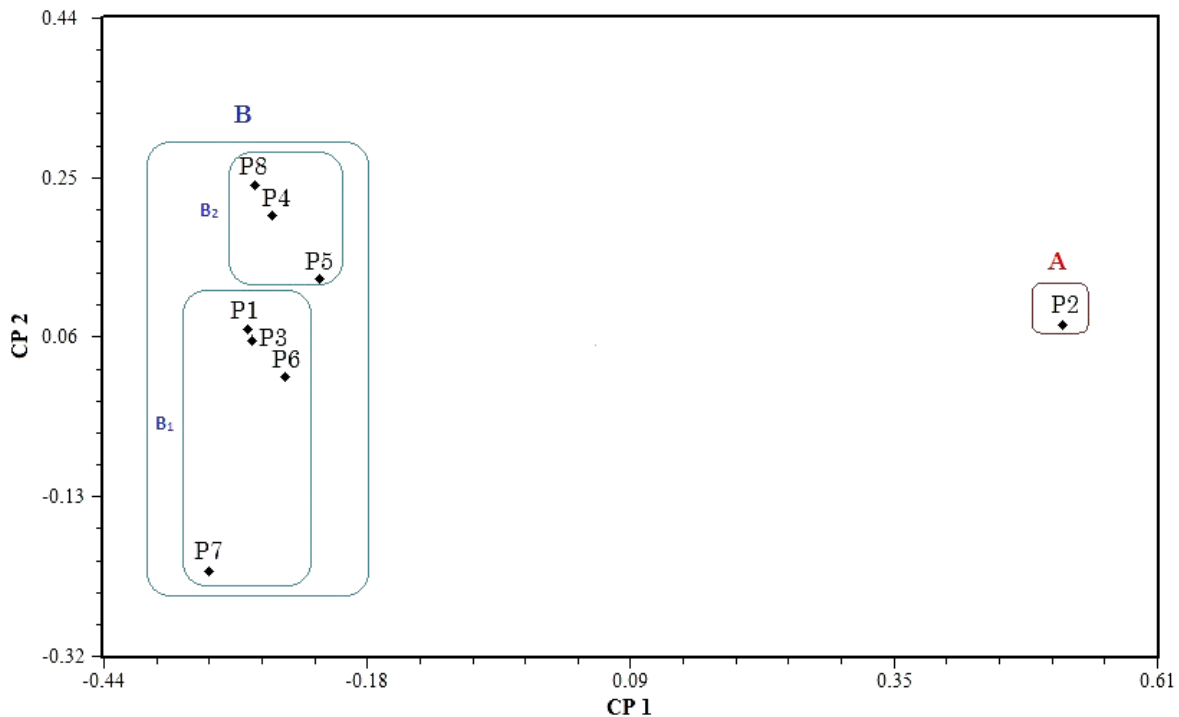


Figura 4.21. Ordenación de 8 árboles de *B. graveolens* en el espacio definido por los componentes principales 1 y 2.

c) **Cantidad de semillas de *B. graveolens* en un kilogramo**

En la Tabla 4.17 se muestran el peso medio de 100 semillas en los distintos árboles examinados de *B. graveolens* y la correspondencia de número de semillas en  $\text{kg}^{-1}$ . *B. graveolens* en un kilogramo posee alrededor de 22809 semillas en promedio.

Tabla 4.17. Peso de semillas recolectadas en ocho árboles de *B. graveolens* en el año 2011.

Accesión	Altura de fuste (m)	DAP (m)	Promedio del peso de 100 semillas (gr)	Número de semillas ( $\text{kg}^{-1}$ )
P- 1	1,9	0,27	4,5	22222
P- 2	2,0	0,31	4,4	22727
P- 3	1,7	0,18	3,6	27777
P- 4	2,1	0,21	4,5	22222
P- 5	2,5	0,43	5,3	18868
P- 6	1,8	0,19	3,9	25641
P- 7	1,95	0,41	4,6	21739
P- 8	2,10	0,35	4,5	21277
			SUMA	182473
			PROMEDIO	22809,1

Por clases diamétricas el peso de 100 semillas presentó diferencias estadísticas significativas (análisis de la varianza,  $P = 0,000$ ). Sin embargo, el análisis de Tukey sobre subconjuntos homogéneos determinó que las clases diamétricas 0,21 – 0,3 y 0,31 – 0,4 no difieren significativamente entre ellas ( $P = 0,968$ ), pero las clases 0,1 – 0,2 y 0,41 – 0,5 son estadísticamente diferentes a todas las demás (Figura 4.22).

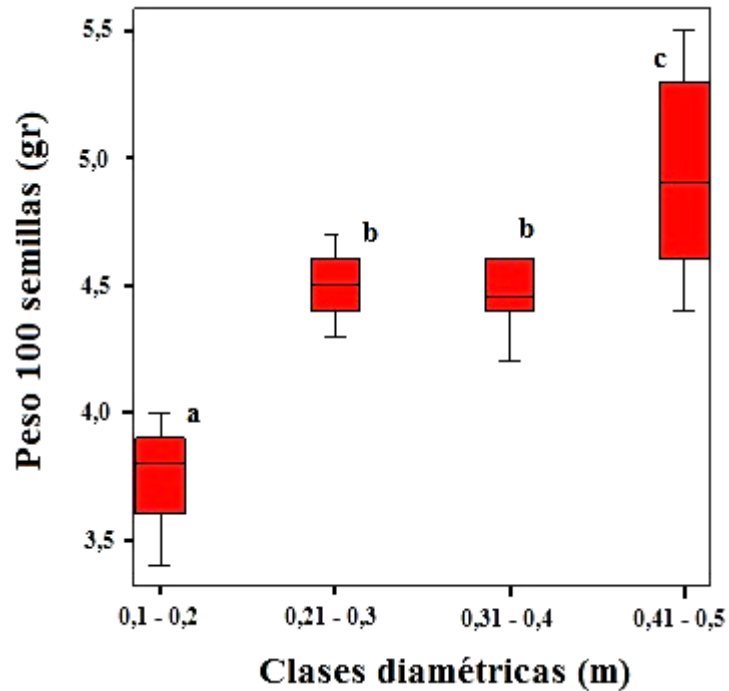


Figura 4.22. Peso (gr) de 100 semillas de *B. graveolens* en diferentes clases diamétricas. Letras diferentes denotan diferencias significativas (anova de una vía,  $P < 0,05$ ).

#### 4.3.2.6. Descripción de las hojas

La longitud y ancho promedio de las hojas de *B. graveolens* presentaron un coeficiente de variación muy bajo (10,83% y 7,92% respectivamente). Similar comportamiento se evidenció con la relación longitud/diámetro de las hojas (11,44 %). La razón longitud/diámetro de las hojas promedió 1,54 (Tabla 4.18).

Tabla 4.18. Longitud y anchura de las hojas - pie (n = 40) de *B. graveolens*.

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	CV (%)
Longitud (cm)	12,69	18,43	15,1403	1,64062	10,83
Diámetro (cm)	8,31	11,01	9,8816	0,78304	7,92
Longitud/Ancho	1,30	1,70	1,5450	0,17679	11,44

En las hojas pie se midieron tres caracteres morfológicos. En la Tabla 4.19 se recogen los valores medios de estos caracteres. La longitud expresó valores comprendidos entre 13,04 cm (en P-1) y 18,23 cm (en P-2), con un valor medio general de 15,14 cm y longitudes superiores a 13,81 cm

en 6 de las 8 accesiones. Con una longitud media de la hoja de 15,14 cm la accesión P- 2 resultó con el valor más alto de todas las accesiones (18,23 cm), siendo la menor longitud la expresada por P- 1 (13,04 cm). En lo que concierne al ancho de la hoja el valor medio general se ubicó en 9,88 cm, siendo P- 8 (10,85 cm) y P- 3 (10,79 cm) las accesiones con mayores valores (medios). El resto de accesiones se ubicaron en medidas por debajo de los 10,60 cm y de éstas las accesiones P- 4 y P- 7 han sido las de menor ancho (9,49 y 9,40 cm, respectivamente).

Tabla 4.19. Comparación múltiple de diferencias entre medias de los 8 árboles para caracteres de hojas - pie provenientes de hojas compuestas de *B. graveolens*

Árbol	Longitud (cm)	Ancho (mm)	Relación longitud/ancho
P- 1	13,04	9,56	1,38
P- 2	18,23	10,60	1,70
P- 3	13,81	10,79	1,30
P- 4	15,73	9,49	1,68
P- 5	14, 12	8,54	1,66
P- 6	16,15	9,79	1,64
P- 7	16,04	9,40	1,70
P- 8	13,96	10,85	1,30
Media general	15,14	9,88	1,5
Error standar	0,259	0,123	0,027

Con referencia a los árboles de *B. graveolens* los tres caracteres de las hojas pie estudiadas, presentaron valores medios muy distintos tanto para la longitud (cm), ancho (cm) y relación largo/ancho (Tabla 4.19), presentando diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según el análisis de la varianza (Tabla 4.20).

Tabla 4.20. Análisis de varianza simple entre árboles, para caracteres morfológicos de hojas pie provenientes de hojas compuestas de *B. graveolens*.

Caracteres		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor.
Longitud (cm)	Inter-grupos	101,791	7	14,542	146,183	0,000
	Intra-grupos	3,183	32	0,099		
	Total	104,974	39			
Ancho (cm)	Inter-grupos	22,939	7	3,277	107,581	0,000
	Intra-grupos	,975	32	0,030		
	Total	23,913	39			
LA	Inter-grupos	1,179	7	0,168	134,743	0,000
	Intra-grupos	,040	32	0,001		
	Total	1,219	39			

#### **4.3.2.7. Características morfológicas de árboles de *B. graveolens***

La especie que se desarrolla en el BST es dioica, alcanza una altura total hasta los 11,4 m y una altura del fuste de 3,9 m; muy resinoso, con aroma fuerte y agradable a trementina al estrujarse; tronco hasta de 54 cm de DAP, corteza lisa, no exfoliante, gris a gris-rojiza (Imagen 4.14). Las hojas de 13 a 18 cm de largo por 8 y 11 cm de ancho; con presencia de 7 a 9 foliolos tienen diferencias estadísticas en estos parámetros. Los frutos son drupas de 0,9 cm de longitud por 0,9 cm de ancho con peso promedio de 0,4 gramos y un color en fresco según The Royal Horticulture Society que corresponde a yellow-green group 144. Las semillas tienen dimensiones de 0,5 cm de longitud por 0,5 cm de ancho con peso promedio de 0,04 gr. En un kilogramo se encuentran aproximadamente 22 809 semillas (Tabla 4.17). Las flores femeninas tienen una longitud de 3,24 mm y las flores masculinas de 3,02 mm considerándose el tamaño desde el receptáculo hasta el final del gineceo. En la provincia de Loja en el BS del sur occidente la fenología varía conforme la cantidad de lluvia precipitada; tanto la floración, producción de hojas y frutos tienen una variación interanual, observándose que estos procesos se producen entre los meses de enero a junio. La especie genera mayor producción de frutos conforme la edad de la especie notándose que hay una relación directa entre DAP y producción de frutos.

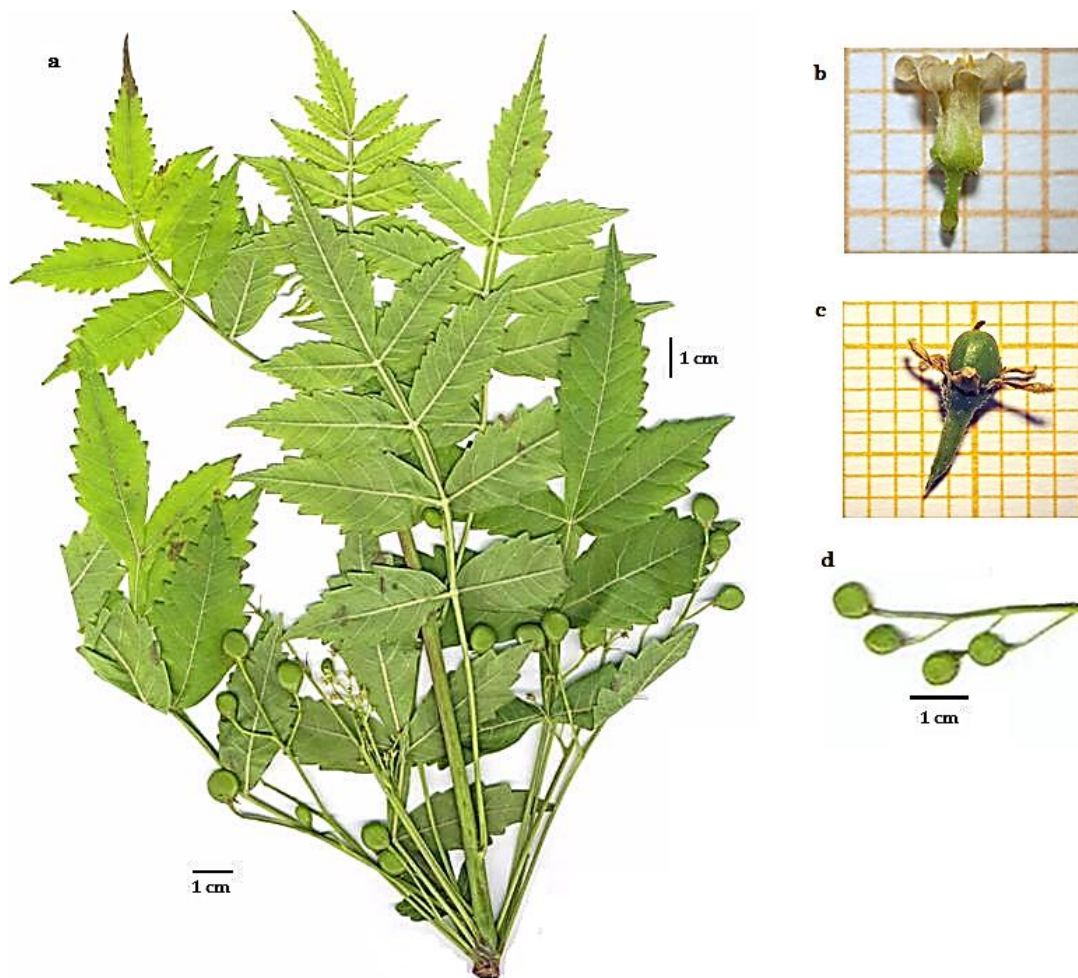


Imagen 4.14. Características de árboles de *B. graveolens* que se desarrollan en el BS. **a.** hoja compuesta con frutos; **b.** flor de individuo masculino; **c.** flor de individuo femenino; **d.** frutos.

#### 4.4. Discusión

##### 4.4.1. Evaluación dasométrica de *B. graveolens*

##### 4.4.1.1. Densidad

En el BST estudiado se encontraron 58 individuos  $\text{ha}^{-1}$  de *B. graveolens*. Este resultado difiere con respecto a la densidad encontrada en otros BST; por ejemplo, en el norte de Perú en los bosques *La Menta* y *Timbes*, se encontraron 88 individuos  $\text{ha}^{-1}$  y 40 individuos  $\text{ha}^{-1}$  de *B. graveolens* respectivamente (Sánchez *et al.* 2011). Según algunos investigadores como Anderson,

(1999) y Fulé *et al.* (2011) determinaron que estas diferencias son el resultado de las actividades humanas que, por lo general, ocasionan cambios en la composición y estructura de los bosques, condiciones muy parecidas a lo que acontece en el BST estudiado; además, se confirma con lo que han demostrado Shahabuddin & Kumar, (2006) y Quesada *et al.* (2009), quienes manifiestan que esta diferencia se debe a que los BST que no están protegidos y están con un alto nivel de presión antropogénica, presentan una variabilidad con respecto a la densidad de las especies. En esta misma línea, la principal actividad implementada en la zona es el aprovechamiento de productos forestales no maderables (PFNM) de *B. graveolens*; esta especie es muy utilizada por los campesinos como recurso para el tratamiento en la medicina tradicional y veterinaria (Sánchez *et al.* 2006; Tene *et al.* 2007; Alonso-Castro *et al.* 2011). Sin embargo, esta actividad según algunos investigadores provoca un efecto negativo, llevando inclusive a reducir las tasas de supervivencia, crecimiento, reproducción y distribución natural de la especie de la cual se explota los PFNM (Fedele *et al.* 2011; Ticktin, 2004; Racero-Casarrubia *et al.* 2008). Por ello es necesario implementar en la zona un plan de aprovechamiento sostenible de los PFNM de la especie, considerando la experiencia, el conocimiento, normas y criterios de los campesinos. El plan de manejo para minimizar esta problemática se presenta en el Capítulo X de esta tesis doctoral.

#### **4.4.1.2. Diámetro del fuste, área basal, altura promedio y total de *B. graveolens***

*B. graveolens* crece de forma diversa dependiendo de las condiciones de clima y suelo donde se desarrolla. Por ejemplo, en el BST estudiado alcanza un DAP de hasta 0,54 m como valor más alto, que aquellos *B. graveolens* que crecen en México donde pueden alcanzar un DAP de 0,40 m y en Perú 0,29 m (Rzedowski *et al.* 2004; Sánchez *et al.* 2011). Así mismo, hubo diferencias en el área basal. Alcalde *et al.* (2008) y Carbonó-Delahoz & García (2010) describieron áreas basales promedios de 6,49 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> en Colombia y 2,47 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> en Perú, mientras que el valor promedio de *B. graveolens* en el BST estudiado fue de 4,49 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabla 5.2). También hubo diferencias en la altura. Lawesson *et al.* (1987) y McMullen (1999) observaron que los árboles alcanzan alturas máximas de hasta 12 m en las islas Galápagos, en Colombia Carbonó-Delahoz & García (2010) indican que la especie tiene una altura total promedio de 8,4 m y Sánchez *et al.* (2011) en Perú, una altura total promedio de 8,3 m, muy diferente a la especie que crece en nuestro bosque, donde alcanza una altura total de 11,4 m y un promedio de altura de 7, 2 m. Estas diferencias

según algunas investigaciones responden a las fluctuaciones de los factores ambientales como luz, temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo (Huber & Trecaman, 2002). Por ello es de esperarse que el grado de desarrollo de *B. graveolens* dependa de las condiciones ambientales imperantes en el lugar donde crece y, en especial, debido al manejo humano a la que se encuentra sometida (Mauchamo *et al.* 1998).

#### **4.4.1.3. Reserva de biomasa y carbono**

Según literatura consultada para América y Ecuador no se han realizado estudios en los que se hayan determinado cantidades de biomasa producidas por *B. graveolens* y por tanto no se conoce la reserva de carbono. La especie estudiada contiene una cantidad de biomasa acumulada aproximada de 8,3 Mg ha<sup>-1</sup> que corresponde a 4,1 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono. Sin embargo, en lo que respecta a la necromasa cuantificamos tan solo 0,590 Mg ha<sup>-1</sup> que es una cantidad relativamente escasa; en este sentido en otras investigaciones se encontraron valores de necromasa en la madera muerta de 7,80 Mg ha<sup>-1</sup> pero en bosques primarios, 3,26 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques mayores de 30 años, 5,84 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques de 15-30 años y de 3,42 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques de 5-15 años (Aguilar-Arias *et al.* 2011). Al comparar el resultado solamente de *B. graveolens* con el bosque primario es evidente que la necromasa de la especie es muy baja. Posiblemente, este valor bajo de necromasa en *B. graveolens* se deba al uso y manejo que las poblaciones locales hacen de la madera muerta de esta especie (Aguirre *et al.* 2006). Delgado & Pedraza (2002) manifiestan que el aumento de la población rural conlleva al aumento en la demanda de este tipo de recursos. En la zona de estudio el uso de las astillas del duramen es muy frecuente en los hogares campesinos (Sánchez *et al.* 2006), por ello es posible que exista poca cantidad de este recurso a pesar que son recolectadas de árboles adultos y que cumplen sus funciones vitales sin la corta o tumba de la especie. En otros BST de Ecuador se aprovecha la madera muerta y se vende ilegalmente en los principales mercados del país (Aguirre & Kvist, 2005) (Imagen 4.13). Por ello, este resultado indica que hay una escasez evidente de madera muerta, lo que podría afectar al reciclaje de nutrientes, la retención de agua y al desarrollo de microhábitats que contienen una gran variedad de especies de insectos y hongos (Harmon *et al.* 2000). Últimamente se ha dado mayor atención sobre el papel que cumplen los restos leñosos en los presupuestos de carbono (Brown, 2002) ya que la madera muerta en sí mismo no solamente es un importante reservorio de carbono, sino que también influye significativamente en la reserva de carbono en el suelo (Larjavaara & Muller-Landau,

2010) constituyéndose en un importante componente de la estructura del bosque (Debeljak, 2006). Por tanto, en la zona de estudio debería profundizarse en la evaluación de la necromasa de *B. graveolens* y de otras especies para determinar no solamente los costos por mano de obra de la colecta de leñas, sino también si existe madera enterrada, en virtud de que varios estudios actualmente le están dando valor agregado a este recurso (Hagemann *et al.* 2010; Moroni *et al.* 2010). Por otro lado, se debería ahondar en el estudio de las raíces de *B. graveolens* y de otros árboles ya que éstas representan según Sanford & Cuevas (1996) el 18 y 46% de la biomasa total en los BST.

#### **4.4.1.4. Regeneración natural**

En la zona de estudio se cuantificó una cantidad aproximada de 197 ind ha<sup>-1</sup> de plántulas de *B. graveolens*. Esta cantidad es considerada baja y es similar a lo reportado por otros investigadores que manifiestan que para los BST, la sobrevivencia de las plántulas de las especies es baja porque están fuertemente influenciadas por perturbaciones que reducen considerablemente sus poblaciones (Uslar *et al.*, 2003). Tal es el caso de *B. graveolens*. Según Aguirre-Mendoza *et al.* (2012) en los BST de Ecuador esta especie tiene una escasa regeneración natural, no solamente por el pastoreo caprino (*C. hircus*) sino también porque se está comenzando a aprovechar los frutos para la obtención de aceites esenciales. Así mismo, Espinosa *et al.* (2012) reiteran que son pocas las plantas que llegan a estado adulto, debido a la limitación de humedad e intervención antrópica y además la supervivencia de las plántulas está influenciada por el estrés hídrico (Aguirre-Mendoza *et al.* 2013). La introducción, pastoreo y alimentación de cabras (*C. hircus*) provocan la disminución de la densidad de plántulas de *B. graveolens* y de otras especies. Coblenz (1978) manifiesta que estos animales tienen la facultad de alimentarse de las plántulas y de esta forma causan una alta pérdida directa e indirecta de la biodiversidad de plantas e invertebrados. Por ello la sucesión natural de *B. graveolens* se ha visto afectada (Campbell & Donlan, 2005; Meléndez-Ackerman *et al.* 2008). Inclusive se ha determinado que especies como *Scalesia baurii* (Asteraceae) y *Opuntia galapageia* var. *galapageia* (Cactaceae) casi se extinguen después de 18 años de pastoreo en las islas Galápagos (Hamann, 2001). Con esta realidad en la zona de estudio es necesaria la implementación de programas de manejo sostenible de la regeneración natural de esta especie y de otras, creando zonas donde se evite el pastoreo del

ganado caprino (*C. hircus*), a fin de minimizar los impactos y con ello mejorar el manejo y conservación de los recursos naturales del BST y de *B. graveolens*.

#### **4.4.2. Evaluación dendrológica de *B. graveolens***

##### **4.4.2.1. Densidad de árboles femeninos, masculinos y fenología**

Existe una diferencia entre la densidad de árboles masculinos (36 individuo ha<sup>-1</sup>) y la densidad de árboles femeninos de *B. graveolens* (21 individuos ha<sup>-1</sup>), esta diferencia es de casi el doble. Lamentablemente no existen estudios referentes a diferenciar la densidad de árboles masculinos y femeninos en *B. graveolens*. La fenología de *B. graveolens* (Figura 4.14) tiene cambios interanuales muy marcados que son fuertemente dependientes del momento de las primeras lluvias y la cantidad de agua de precipitación. Esto también acontece con la productividad de frutos que no solamente es diferente por clases diamétricas (Figura 4.16), sino que también varió en función de la precipitación anual (Figura 4.17). Según Morgan (2009), *B. graveolens* está sujeto a un elevado estrés hídrico debido al período largo de sequía que dura de seis a ocho meses (desde junio – noviembre), por lo que algunos investigadores afirman que es necesario conocer las respuestas de este árbol al estrés hídrico, con el fin de entender su supervivencia y su crecimiento (Rocha *et al.* 2006). Si el agua del suelo es limitante, los árboles conservan el agua mediante la apertura o cierre de los estomas, o cerrando completamente los estomas (Slayter, 1967). Por ello Shulze (1986) manifiesta que es el potencial hídrico del suelo el responsable de la apertura o cierre de los estomas; esta información permite entender que *B. graveolens* cuenta con esta capacidad de tolerancia (Morgan, 2009). Por ejemplo, algunas especies del mismo género como *Bursera microphylla* y *Bursera hindsiana* y que habitan en los desiertos de Baja California, son conocidas como plantas cisterna porque almacenan agua en sus tallos (Scholander *et al.*, 1965). Quizás también *B. graveolens* almacena agua en su tronco pero esta hipótesis no está todavía confirmada. Sin embargo, es conocido que la contribución de la disponibilidad de agua en el suelo en la productividad primaria de los árboles es aproximadamente de un 40% (Beer *et al.* 2010) y tiene efectos simultáneos sobre la respiración (Reichstein *et al.* 2002). Según Weber & Flannigan (1997) y Krinner *et al.* (2005), manifiestan que la sequía tiene un impacto grande en el estado y función de los ecosistemas; y este efecto puede ser directo, interfiriendo en la

fenología, tasas de crecimiento, formación de yemas, floración y, por lo tanto, cambios en las condiciones meteorológicas, pueden provocar cambios en la intensidad, en el momento y en los períodos de las distintas fases fenológicas. En los BST algunos investigadores afirman que la mayoría de los cambios fenológicos son causados por cuatro factores: i) la variación estacional de las precipitaciones (Eamus & Prior, 2001; Valdez-Hernández *et al.* 2010), ii) variación estacional en el estado hídrico del tronco, que a su vez está determinada por factores ambientales tales como la disponibilidad de agua del suelo y la temperatura, iii) por factores endógenos, como la edad de la hoja, tamaño de la raíz y la distribución y densidad de troncos de madera (Borchert, 1994); y iv) fotoperíodo (Borchert *et al.* 2004; Elliot *et al.* 2006).

Por otro lado, el calentamiento global tiene el potencial de cambiar los patrones climáticos regionales y por ende en la dinámica fenológica. Por ejemplo, según las predicciones en los BST se espera que la precipitación anual disminuya entre el 10 - 20 % y la temperatura aumente de 1 a 3°C (IPCC, 2007). Estos cambios afectarían al desarrollo (por ejemplo en la dinámica fenológica) de *B. graveolens* y otras especies que entrarían en un proceso de adaptación; al parecer la disponibilidad de agua en el suelo podría alterar la fenología y la productividad de frutos de *B. graveolens*. Valdez-Hernández *et al.* (2010) estudiando la fenología de *Bursera simaruba* demostraron que los factores ambientales influyeron en los procesos fenológicos de la especie y por ende en la producción de flores y frutos. En este contexto, es crucial continuar con este tipo de estudios, para determinar la variabilidad en la producción de frutos en eventos como el fenómeno El Niño que produce impactos en la vegetación. Dillon & Rundel (1990) encontraron que la humedad provocada por este evento estimuló una germinación masiva de las semillas, provocando una mayor floración, seguida por un incremento de los bancos de semillas de las plantas anuales y perennes. Estas reacciones son comunes en los ambientes desérticos cuando reciben precipitaciones elevadas, por consiguiente existe un efecto favorable para el crecimiento vegetal (Erdmann *et al.* 2008).

#### **4.4.2.2. Potencial productivo de frutos**

La producción de frutos de *B. graveolens* no solamente varió entre clases diamétricas, sino que hubo una variabilidad entre años. Esto también acontece con especies como *Pinus oaxacana* Mirov donde se ha notado esta variabilidad en la producción de semillas (Alba *et al.* 2001). En

nuestro estudio se comprobó que el potencial productivo de árboles femeninos de *B. graveolens* en toda el área de recolección es de 256136,6 kg; sin embargo, anualmente los campesinos recogen 12400 kg de frutos (corresponde al 4,8% del área de recolección) que es la cantidad necesaria para la venta y posterior obtención de aceite esencial. Esto significa que el BST se vería afectado con un 4,8% por la recogida de los frutos, lo que implica que no existe un impacto significativo a este ecosistema. Con este porcentaje de explotación (4,8%) existe la posibilidad incluso de explotar hasta un 10% (25613,6 kg) y mejorar con ello la economía campesina.

#### 4.5. Conclusiones

*B. graveolens* se caracteriza por tener una alta variabilidad de tamaño, diámetro y densidad debido al tipo de suelos, cantidad de precipitación y en especial por el impacto ocasionado por las actividades humanas provocadas por campesinos agroforestales que se benefician de sus recursos no maderables. El área basal de la especie fue de 4,49 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, mientras que el volumen fue de 16,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. La mayor cantidad de individuos se agrupan en la clase de DAP 0,31 – 0,4 m notándose que existe menor cantidad en las clases inmediatamente inferiores (clases 0,1 – 0,2 m y 0,21 – 0,3 m) por lo que la capacidad de regeneración es limitada. La cantidad acumulada de biomasa aérea corresponde a 8,3 Mg ha<sup>-1</sup> y 4,147 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono almacenado. La cantidad acumulada de necromasa fue de 0,590 Mg ha<sup>-1</sup> considerada como muy escasa debido a que es muy utilizada por la población local. La regeneración natural de la especie (197 ind ha<sup>-1</sup> con una altura promedio de 6,4 cm) se ve afectada por el pastoreo de cabras (*C. hircus*).

La fenología depende de las lluvias tempranas y la cantidad de agua que se encuentra en el suelo, lo que hace que este proceso sea diferente durante varios años. *B. graveolens* tiene una diferencia significativa en la producción de frutos por clases diamétricas, correspondiendo la mayor cantidad de producción a la clase 0,41 – 0,5 con 4,8 kg/árbol. Sin embargo, se ha verificado que hay una pequeña diferencia en la producción de frutos cada año, posiblemente debido a la cantidad de agua del suelo ya que existen años secos y años lluviosos, evidenciándose que la escases de lluvia es un factor limitante para los procesos fenológicos de la especie. Los frutos en promedio miden de 0,9 cm de largo y 0,9 cm de ancho, con un peso promedio de 0,4 gr. Los frutos cuentan con una sola semilla, cuyo tamaño promedio corresponde a 0,5 cm de largo y 0,5 cm de ancho, con un peso promedio de 0,04 gr.; en un kg existen aproximadamente 22809

semillas. En el estudio se comprobó que el potencial productivo de árboles femeninos de *B. graveolens* en toda el área de recolección es de 256136,6 kg; anualmente los campesinos recogen 12400 kg de frutos (corresponde al 4,8% del área de recolección), esto significa que el BST no se vería impactado ya que se cosecharía en promedio el 4,8 % de los frutos, lo que implica que no existe un impacto significativo a este ecosistema. Con este porcentaje de explotación (4,8%) existe la posibilidad incluso de explotar hasta un 10% (25613,6 kg) y mejorar con ello la economía campesina.

Estos resultados pueden ser la base para implementar un plan de manejo que considere el aprovechamiento de los frutos tomando en cuenta las plantas de mayor DAP e iniciar con un programa de protección de la regeneración natural y de producción de plántulas en vivero a fin de precautelar la regeneración de este árbol que es valioso para las comunidades estudiadas.

## **CAPÍTULO V**

# **CONOCIMIENTO LOCAL SOBRE EL USO Y MANEJO DE ÁRBOLES DE *Bursera graveolens***

## 5.1. Introducción

Los antropólogos recientemente han estudiado las relaciones entre la naturaleza y las culturas en busca de conocimientos que permitan un desarrollo sostenible (Nabhan, 1997). Varias investigaciones han demostrado que las prácticas ancestrales eran tales que podían convivir con el desarrollo normal de los ecosistemas y su biodiversidad (Amjad *et al.* 2015; Malla *et al.* 2015) e incluso en algunos casos éstas reforzaban la sostenibilidad de los ecosistemas. Por ello es necesario profundizar aún más en este campo de estudio (Gadgil *et al.*, 1993). Berkes *et al.* (2000) manifiestan que las prácticas ancestrales describen la sabiduría de una determinada cultura a través de la transmisión oral de generación en generación, lo que ha permitido el desarrollo de lo que hoy conocemos como conocimiento tradicional (CT). El CT surge como un proceso dinámico entre las demandas de las comunidades y la disponibilidad de recursos, y entender estos procesos es, actualmente, de gran utilidad en la toma de decisiones y puede servir como base para la gestión adecuada de instituciones locales (Warren & Rajasekaran, 1993). Del CT emerge el conocimiento ecológico tradicional (CET); este tipo de conocimiento se centra aún más en la conceptualización y las interacciones de la cultura con el medio biótico y abiótico (Gadgil *et al.*, 1993; Nabhan, 1997).

Actualmente el CET es utilizado en la formulación de proyectos de conservación, que suelen abarcar desde la conciencia superficial de historias naturales asociados a la flora y fauna local, hasta la generación de normas culturales para la gestión del territorio y asignación de recursos (Cunningham, 1991). Muchos estudios demuestran que los campesinos tienen normas en el manejo de los bosques en base al CET; esta sabiduría ha permitido a muchas comunidades conservar y mejorar los bosques u otros recursos naturales (Becker & León, 2000). Sin embargo, Gadgil *et al.* (1993) apuntaron que la gestión de los recursos locales no siempre tienen un sentido ecológico; incluso pueden ser de mala aplicación en algunas situaciones, aún más si se verifica un aumento de la población humana. Por ejemplo, Baldauf & Maes Dos Santos (2013) afirmaron que las prácticas ancestrales, el CT y el aumento de la población humana son los responsables directos de los cambios en la estructura de los ecosistemas, afectando esencialmente en la densidad de las especies que son utilizadas por las comunidades campesinas. Igualmente, se ha demostrado que los campesinos que han dejado de lado el CET a través de sus actividades

provocan impactos ambientales negativos (Guadagnin & Gravato, 2013; Menegassi & Capelotto, 2013) tales como la sobreexplotación de productos forestales no maderables (PFNM).

*B. graveolens* es una especie de uso no maderable (Moreno *et al.* 2010; Muños-Acevedo *et al.* 2013), ofrece beneficios económicos por las sustancias químicas y aceites esenciales que se obtienen de sus hojas, frutos, tallos, corteza y madera (Nakanishi *et al.* 2005; Sánchez *et al.* 2006; Yukawa *et al.*, 2006; Alonso-Castro *et al.* 2011; Luján *et al.* 2012). Por ello el estudio de esta especie es de gran interés en el campo de la sociología, ecología y biotecnología ya que muchas investigaciones confirman que la explotación de PFNM como es el caso de *B. graveolens*, aunque mejoran los medios de subsistencia campesina, pueden provocar impactos ambientales. Según Ticktin (2004) y Racero-Casarrubia *et al.* (2008) los efectos se evidencian en la reducción de las tasas de crecimiento, reproducción y distribución natural de las especies de las cuales se aprovechan los PFNM.

En el BST del sur occidente de la provincia de Loja existe un vacío sobre el uso tradicional que pequeñas comunidades campesinas hacen sobre los recursos de *B. graveolens*. De manera general, Sánchez *et al.* (2006) describieron los usos de la especie y de otras en los BS del sur occidente de Loja. Sin embargo, con el fin de identificar el uso tradicional y determinar los beneficios y potencialidades de la especie, en este capítulo se analiza la importancia de la adecuada explotación de recursos de *B. graveolens* para el desarrollo rural. Se utilizaron métodos que han permitido conocer las percepciones comunitarias acerca de la importancia que tiene *B. graveolens* en la vida campesina, los usos tradicionales y el papel de esta especie en la mejora de los medios de subsistencia. Los resultados aquí obtenidos han permitido dilucidar los beneficios y potencialidades de la especie como recurso. Esta información es de suma importancia para el correcto planeamiento y gestión de esta valiosa especie.

## 5.2. Materiales y métodos

### 5.2.1. Importancia, valoración y aprovechamiento de *B. graveolens*

La generación de información sobre la importancia, valoración y aprovechamiento de *B. graveolens* se realizó a través de encuestas y entrevistas semi-estructuradas aplicadas a 48 hombres y 44 mujeres miembros de hogar (92 personas en total), de edades comprendidas entre 26 a 71 años. Los encuestados corresponden a 22 hombres y 20 mujeres de la comunidad de Malvas (45,7%), 16 hombres y 15 mujeres de la comunidad de Chaquiro (33,7%); y, 10 hombres y 9 mujeres de la comunidad de Totumos (20,7%) (Imagen 5.1). Las encuestas fueron adaptadas de las metodologías de Monroy *et al.* (2009) y Rodríguez *et al.* (2009). Para iniciar con las encuestas y entrevistas, se hizo una breve introducción para explicar a los campesinos y campesinas los objetivos de la investigación en cuanto a la importancia de los recursos del palo santo (*B. graveolens*), el valor del conocimiento tradicional y conocer si existe por parte de ellos el interés de preservar este árbol. Los modelos de encuesta y entrevistas se los muestra en los Anexos 5.1 y 5.2 de este Capítulo. La aplicación de una encuesta duraba 1 hora aproximadamente.

Para la obtención de la información, en la encuesta se agruparon cinco ítems de usos principales de acuerdo al aprovechamiento y la importancia ecológica:

- Percepción de conservación de la especie.
- Función ecológica.
- Aprovechamiento comunitario de los PFNM.
- Aprovechamiento del duramen de *B. graveolens*.
- Aprovechamiento de los frutos.

En referencia a las entrevistas, se comenzó con el análisis cualitativo; éstas fueron guardadas en una grabadora marca sony y posteriormente transcritas conforme lo indica Kvale (2011). La información fue clasificada y resumida, preservando los temas centrales proporcionados por los informantes. A fin de evitar la pérdida de contexto, los nombres autóctonos de uso de la especie

se ha mantenido como marco de referencia original, tal y como recomendaron Monroy *et al.* (2009). En las entrevistas se recopiló información referente al uso de los PFNM.



Imagen 5.1. Ejemplo de encuestas y entrevistas realizadas a algunos campesinos que aprovechan los recursos de *B. graveolens*; **a.** Familia Condoy; **b.** Don Ángel Medina; **c.** Familia Zapata y **d.** Don Víctor Vera.

### 5.2.2. Análisis de la información

La información se analizó mediante estadística descriptiva (SPSS Statical Software Versión 15.0; SPSS Inc, Chicago). Se trabajó principalmente con medias, mínimos, máximos y desviación típica. Con la información restante se elaboraron tablas, diagramas de conteos y porcentaje.

### 5.3. Resultados

#### 5.3.1. Importancia y valoración campesina sobre *B. graveolens* y el BST

Los campesinos reconocen que *B. graveolens* juega un papel importante para el desarrollo de su vida económica que en general es de subsistencia, y son conscientes de la necesidad de preservar el adecuado desarrollo de esta especie (preguntas 1 y 4) (Tabla 5.1). A pesar de haberles formulado preguntas con connotación negativa, el criterio de los campesinos es el de estar en desacuerdo con los aspectos 2, 3, 5 y 6 correspondientes a preguntas sobre la presencia, beneficios y potencialidades de la especie. En la mayoría de los casos ponen de manifiesto la importancia de la especie para el desarrollo comunitario. Así mismo y según los resultados que proyectan las encuestas, la percepción de la comunidad es que la densidad poblacional de *B. graveolens* no ha disminuido durante los últimos 30 años, sino que se ha mantenido más o menos constante (pregunta 7). Sin embargo, se percibe que el BST ha cambiado en su composición florística en los últimos 30 años, tanto en cantidad de individuos por hectárea como en extensión del bosque (preguntas 8 y 9). A pesar de ello, existe el consenso que debe conservarse *B. graveolens* y las otras especies del BST, por los beneficios que generan para las comunidades campesinas ya que son conscientes de que *B. graveolens* y el bosque constituyen el principal medio de subsistencia de la familia y de la comunidad.

Tabla 5.1. Percepciones de los campesinos y campesinas encuestados que usan algunos de los recursos de *B. graveolens* y del BST sobre su importancia y valor. N = 92 informantes (48 hombres + 44 mujeres). Las preguntas marcadas con \* tienen una connotación negativa en relación con la conservación. El resto tiene una connotación positiva.

Percepción	De acuerdo	Parcialmente de acuerdo	En desacuerdo	No sabe
1. <i>B. graveolens</i> es un árbol que nos ofrece muchos beneficios y es un recurso natural valioso.	87	5	-	-
2.* <i>B. graveolens</i> no es útil para la gente, incluso su presencia perjudica al bosque seco.	-	1	88	3
3.* <i>B. graveolens</i> es un árbol malo. Este árbol no da ningún beneficio para la familia.	-	5	84	3
4. Proteger y conservar los árboles de <i>B. graveolens</i> , implica que mis hijos van a disfrutar de los beneficios que ofrece la planta.	84	7	-	1
5.* Prefiero que se tale el árbol de <i>B. graveolens</i> y reemplazarlo con otros tipos de árboles.	-	4	86	2
6.* Colectar los frutos y madera de <i>B. graveolens</i> es una amenaza a mi integridad física.	5	2	85	-
7.* <i>B. graveolens</i> ha variado en cantidad en los últimos 30 años.	-	2	90	-
8.* ¿El BST ha cambiado en los últimos 30 años?	92	-	-	-
9.* ¿El BST se ha perdido en la actualidad?	85	2	3	2
10. ¿Es necesario conservar el BSSO?	92	-	-	-

### 5.3.1.1. Importancia ecológica

*B. graveolens* es importante en la alimentación de la fauna doméstica y silvestre circundante (Figura 5.1). El 100 % de los campesinos encuestados afirman que tanto las acémilas como las cabras se alimentan de la corteza y hojas de *B. graveolens*. Los frutos son el alimento de animales silvestres como pericos (*Aratinga erithrogenis*) (100 % de los encuestados), palomas (*Leptotila* sp.) (10 %), urracas (*Cyanocorax mystacalis*) (50 %), murciélagos (*Desmodus* sp.) (10 %), mirlos (*Turdus* sp.) (10 %) y ardillas (*Callosciurus* sp.) (40 %). Todos los encuestados afirmaron que *B. graveolens* constituía el hábitat de algunas de estas especies silvestres.

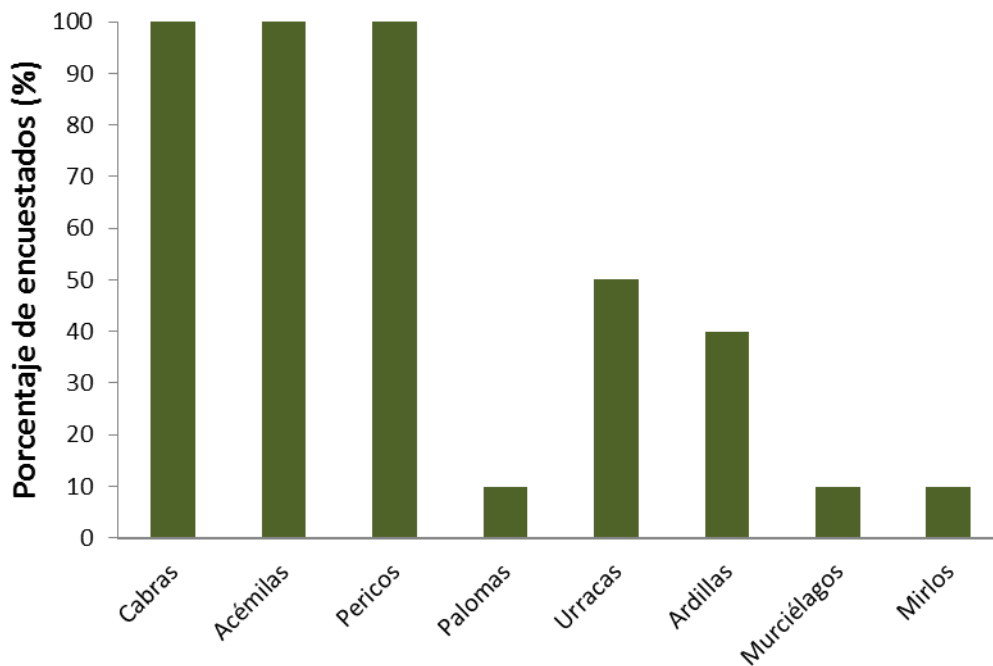


Figura 5.1. Animales domésticos y silvestres que se alimentan de algunos productos de *B. graveolens*, según los encuestados.

### 5.3.1.2. Beneficio a las comunidades campesinas

En la Tabla 5.2 se presentan los PFNM de *B. graveolens* utilizadas popularmente por las familias campesinas del BST, donde se indica en base al conocimiento local el uso popular, la forma de

preparación y la forma de administración. En la Figura 5.2 se presentan los PFSM de *B. graveolens* que son utilizados por los campesinos y campesinas; el 100% de encuestados manifiestan que el duramen es utilizado en sus hogares. El 10% utilizan la resina y el 30% las hojas. Cabe notar que el uso de los frutos no ha sido tradicional en la zona, actualmente gracias a la intervención de la UTPL, institución que compra los frutos con el fin de obtener el aceite esencial, los campesinos están dando un valor a este recurso. Cabe señalar que, los frutos no son utilizados o no existe el interés para reproducirlos en viveros forestales.

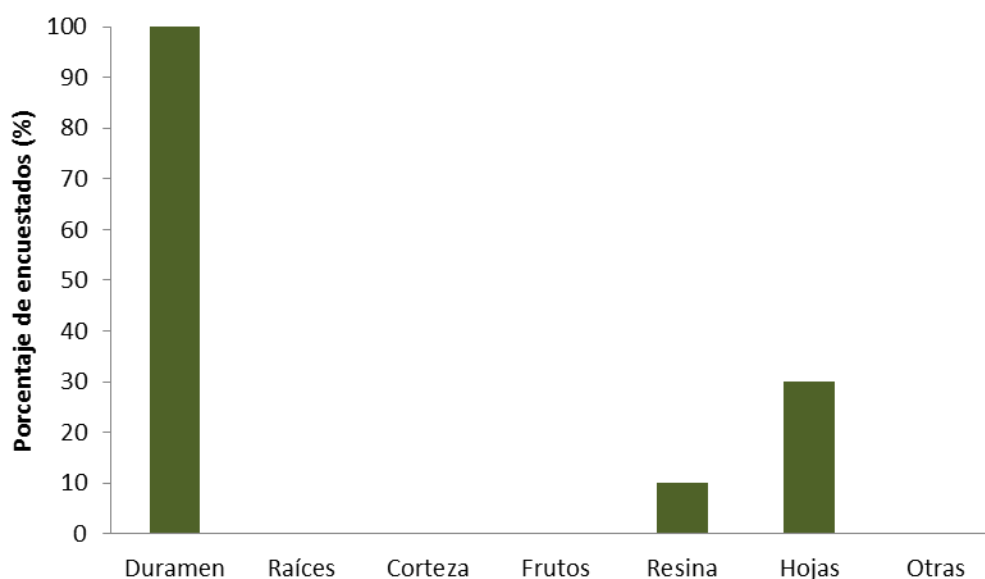


Figura 5.2. PFSM de *B. graveolens* que son utilizados en las comunidades campesinas.

El 100% de encuestados manifiestan que el duramen de *B. graveolens* es beneficioso ya que les permite ahuyentar mosquitos, especialmente aquellos que producen enfermedades como el dengue y la malaria y porque da buen olor en las casas. En sus creencias comunitarias los campesinos y campesinas manifiestan que el olor del duramen de *B. graveolens* aleja las malas energías (Figura 5.3). Además el 10% manifiesta que el humo del duramen es utilizado en la cosecha de miel de abeja tanto de enjambres naturales como de cajas de producción; y, el 70% utilizan el duramen con el fin de encender leña, puesto que fácilmente se enciende por el contenido de resina que contiene este recurso. Las astillas del duramen en pequeños trozos y fermentados con kérex durante una semana, los campesinos obtienen un emplasto que sirve para flotarse y aliviar dolores reumáticos, exponen el humo a las gallinas (*Gallus gallus*) y cabras (*C.*

*hircus*) para la prevención de enfermedades como la ptirosis, acariosis, argasidosis y ahuyentan mosquitos vectores de enfermedades como dengue y malaria.

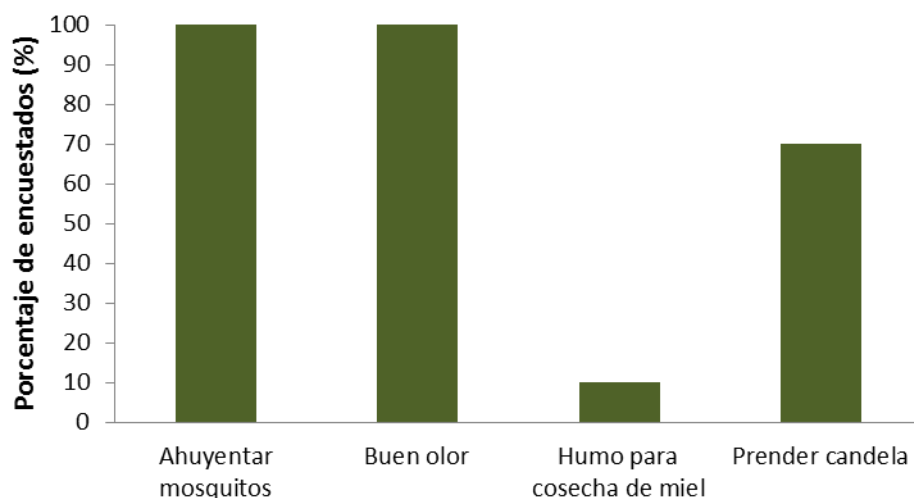


Figura 5.3. Beneficios del uso del duramen de *B. graveolens* en las comunidades campesinas.

La resina de *B. graveolens* se utiliza con fines medicinales; los campesinos recolectan manualmente el exudado sin realizar ningún tipo de corte, la mezclan con kérex y obtienen un emplasto que es utilizado para el alivio del reumatismo. Los frutos son cosechados en el período de lluvias, para la extracción de aceite esencial con fines comerciales (Salas & Zaragocín, 2006). Un aspecto importante que se notó en el uso de los PFNM de *B. graveolens*, es que los campesinos y en especial las campesinas no utilizan el agua como medio para la preparación de infusiones, decocciones y maceraciones<sup>9</sup> como acontece con otros árboles cuyos pobladores preparan sus medicinas a través del uso del agua. Tampoco se ha constatado el uso de otros medios como la sal, azúcar, grasa de cerdo o de vaca, zumo de limón, leche con los PFNM de *B. graveolens*.

<sup>9</sup> Los campesinos utilizan las hojas, resina y astillas del duramen de *B. graveolens* y no los preparan utilizando el agua. Además los campesinos han observado que la corteza es mordida por las cabras y acémilas en la época seca cuando hay escases de forraje; y, los frutos no lo utilizan en sus hogares en ninguna forma. Los frutos gracias a la intervención de la UTPL la recolectan con fines comerciales.

Tabla 5.2. PPNM de *B. graveolens* utilizadas popularmente por las familias campesinas del BST.

PPNM	Uso popular	Preparación	Forma de administración
Hojas	Forraje para alimentar cabras ( <i>Capra hircus</i> )	Ninguna. Las cabras comen las hojas frescas cuando se realiza el pastoreo en el período de lluvias. <i>B. graveolens</i> al ser una especie que defolia para iniciar el período de sequía, las hojas secas también son consumidas por las cabras.	Ninguna
Corteza	Alimento para acémilas	Ninguna. Las acémilas comen la corteza del árbol. Según los comuneros no provocan ningún daño al animal ni al árbol. Se aprovecha en el período de sequía, cuando escasean forrajes en el BST.	Ninguna
Resina	Medicina tradicional para el alivio de dolores reumáticos	La resina es diluida y mezclada con Kérex. Obtienen un emplasto para frotarse en el cuerpo, con el fin de aliviar dolores reumáticos.	Externo, aplicado y frotado en la piel; en las articulaciones.
Frutos	Comercialización	Ninguna	Ninguna
Astillas de duramen	Medicina tradicional para el alivio de dolores reumáticos	Astillas del duramen son picadas en pedazos y fermentadas con Kérex. Obtienen un emplaste que sirve para frotarse y aliviar el dolor reumático de las piernas.	Externo, aplicado y frotado en la piel; en las articulaciones
	Uso veterinario	Las astillas se encienden fácilmente con el fuego. Se procede a sahumar las cabras y gallinas. Se exponen los animales al humo periódicamente en los corrales y lugares donde duermen.	Externo
	Ahuyentar mosquitos portadores de malaria y dengue	Encender con fuego	Se encienden las astillas en la sala y dormitorios de la casa.
	Humo para cosecha de miel de abejas	Encender con fuego	Se usa para alejar las abejas ( <i>Apis mellifera</i> ) de los colmenares que crecen silvestremente y en cajas de producción.
	Buen olor	Encender con fuego	Se encienden las astillas en la sala y dormitorios de la casa.
	Encender fuego y alumbrar en las noches	Encender con fuego	Se encienden las astillas en la sala y dormitorios de la casa.

### 5.3.2. Trabajo del hombre y la mujer en la recogida de PFNM de *B. graveolens*

#### 5.3.2.1. División del trabajo familiar

El 80% de las personas que van al BST y aprovechan los subproductos de *B. graveolens* son hombres y el 20% tanto hombres como mujeres de la unidad familiar (Tabla 5.3). Las mujeres se dedican mayoritariamente a los quehaceres domésticos (80%). Un pequeño porcentaje (10%) de los menores de edad participan en las tareas de recolección de frutos de *B. graveolens* pero la principal actividad de éstos se centra en ir a la escuela (80%) y ayudar en el trabajo del hogar (10%). Según los campesinos, no existe ningún caso de niñas y niños que trabajen como empleados remunerados en otras familias, fincas o ciudades.

Tabla 5.3. Aprovechamiento de los recursos de *B. graveolens*. Se presentan los porcentajes de las respuestas de la población encuestada.

CATEGORÍA	PREGUNTA	RESPUESTA COMUNITARIA	PORCENTAJE (%)
	¿Quién aprovecha los recursos de <i>B. graveolens</i> ?	Hombre	80
		Mujer	0
		No sabe	0
		Ambos	20
Labor de la familia	¿A qué se dedica la mujer?	Quehaceres domésticos	80
		Trabajo en el bosque	0
		Recolección de recursos de <i>B. graveolens</i>	10
		Siembra de cultivos y cría de ganado	10
Los niños y niñas	¿A qué se dedican?	Ir a la escuela	80
		Recolección de recursos de <i>B. graveolens</i>	10
		Trabajo en el hogar	10
		Empleados	0

#### 5.3.2.2. Aprovechamiento del duramen de *B. graveolens*

En la Figura 5.4 el 100% de encuestados manifiestan que utilizan el duramen de *B. graveolens* de árboles muertos. No se ha evidenciado en la zona que los campesinos y/o campesinas sacrifiquen árboles de *B. graveolens* con el objeto de obtener el duramen. Al parecer de los campesinos el duramen obtenido de árboles muertos es de mejor calidad, lo que da a sospechar que los campesinos han hecho pruebas con el sacrificio de árboles vivos.

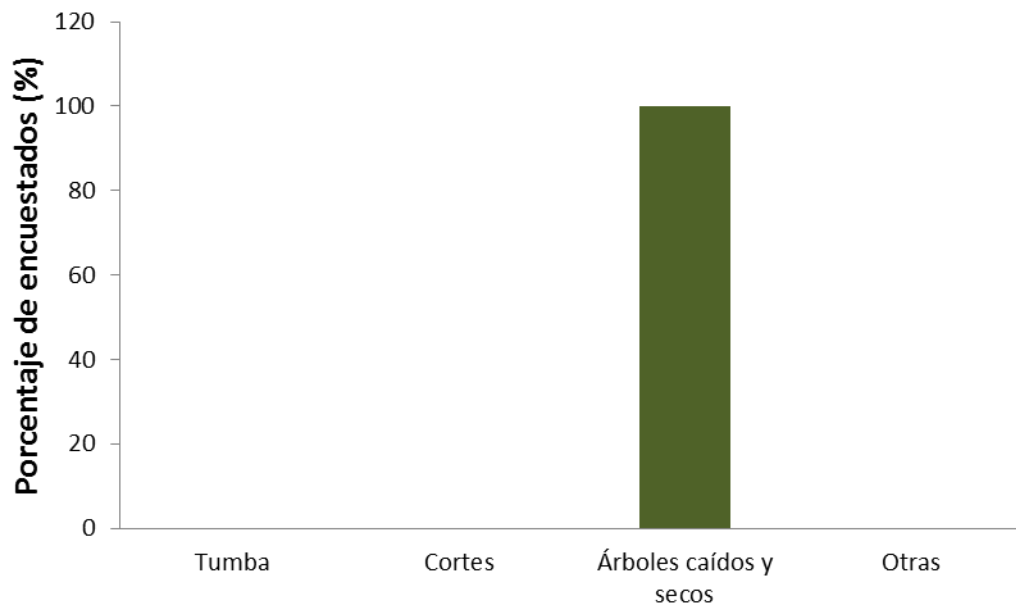


Figura 5.4. Aprovechamiento del duramen de *B. graveolens*. Según los campesinos, recogen el duramen de árboles muertos.

En la Figura 5.5 el 100% de encuestados informaron que el duramen de *B. graveolens* es utilizado en los hogares. Sin embargo, el 20% comunican que el duramen en astillas es vendido a los vecinos de otras comunidades y que no ha sido vendido a los centros naturistas de la ciudad de Loja.

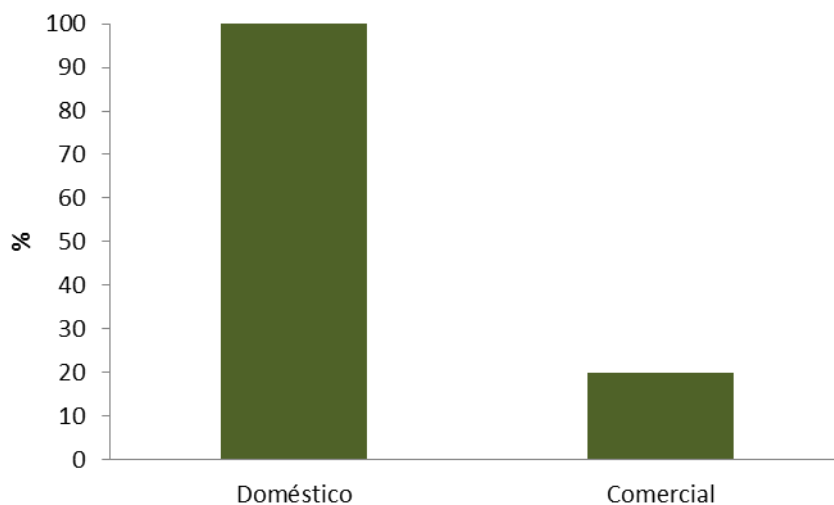


Figura 5.5. Uso del duramen de *B. graveolens* según campesinos del BST del sur occidente de Loja, Ecuador.

En relación a las principales técnicas que utilizan los campesinos para el aprovechamiento del duramen, éstos tienen como norma no sacrificar árboles vivos. Sólo aprovechan la necromasa de árboles muertos. Este criterio tiene un consenso del 100 % por parte de los campesinos encuestados. La razón, según los campesinos estriba en que el duramen de árboles muertos, presenta mejores características de olor balsámico y sabor picante (Imagen 5.2).



Imagen 5.2. Duramen de *B. graveolens*, los campesinos lo conocen como el corazón del palo santo.

En la Figura 5.6 están representados en porcentaje el uso de las principales herramientas utilizadas en el aprovechamiento del duramen. Según los encuestados las herramientas de mayor uso correspondieron al machete (80%) y al hacha (20%). Es importante recalcar que en la zona de estudio no utilizan motosierras para el aprovechamiento de este PFNM, y según los campesinos no usan este equipo tampoco para otras especies forestales. Un 40% de los encuestados informan que en los recorridos que realizan por el BST, recogen manualmente el duramen o corazón del *B. graveolens* de árboles muertos.

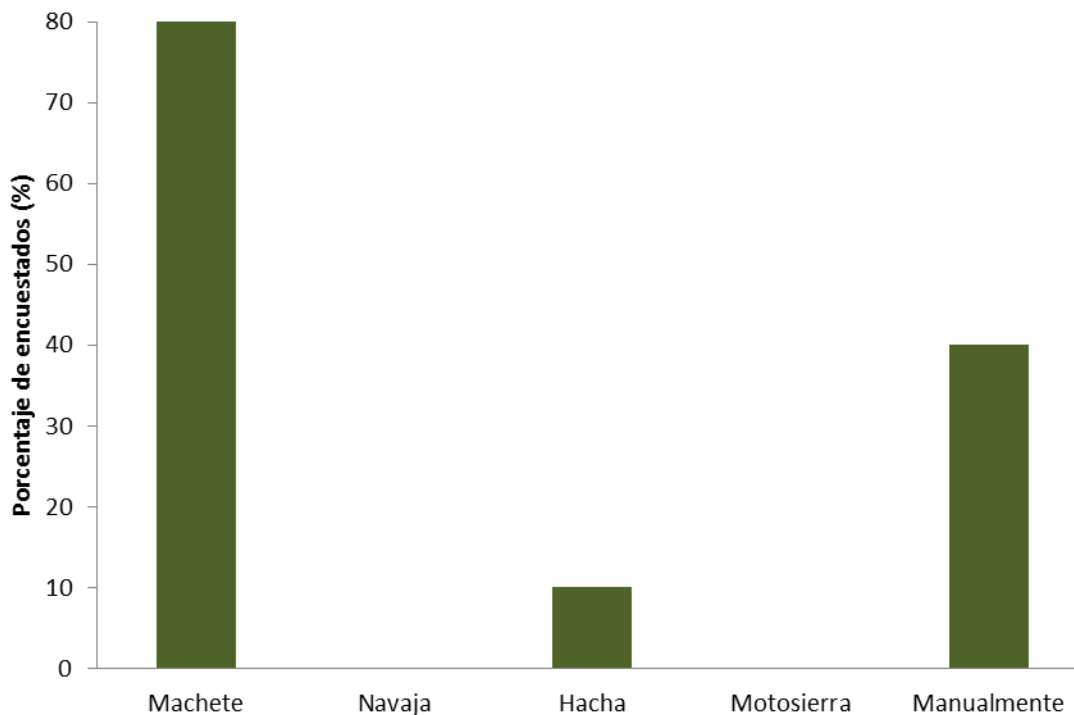


Figura 5.6. Uso del duramen de *B. graveolens* según campesinos del BST del sur occidente de Loja, Ecuador.

En relación a la temporada de recogida del duramen, el 100 % de campesinos realizan esta actividad en la época seca, durante los meses de julio a diciembre ya que existe escasa biomasa de especies rastreras de sotobosque en el BST, lo que facilita la explotación de este recurso (Tabla 5.4). La recogida del duramen se realiza por las mañanas (100 % de los encuestados) y durante las primeras horas del día.

Tabla 5.4. Época climática, tiempo de recolección y destino de los frutos de *B. graveolens*.

Producto	Actividad	Porcentaje (%)
Duramen de <i>B. graveolens</i>	ÉPOCA RECOLECCIÓN DURAMEN	
	Temporada de lluvias	0
	Temporada de sequía	100
	TIEMPO ADECUADO PARA RECOLECTAR EL DURAMEN EN UN DÍA	
	Noche	0
	En la madrugada	0
	Mañana	100
	Tarde	0
	Cualquier momento	0
	PERSONAS EXTRAÑAS QUE EXTRAEN EL DURAMEN	
	Si conoce	70
	No conoce	10
	No sabe	20

Otro aspecto importante es que en la zona los campesinos han evidenciado la presencia de personas ajenas a las comunidades, que penetran en el BST con el objetivo de recoger la necromasa, esencialmente el duramen de *B. graveolens* (70 %). Según los campesinos los intrusos recogen el duramen con el fin de comercializarlo en funditas plásticas en los centros naturistas o directamente en el Santuario del Cisne, lugar donde existe gran afluencia de personas de creencias católicas en la provincia de Loja (Imagen 5.3).



Imagen 5.3. Astillas de duramen de *B. graveolens* envueltas en funda plástica. Un paquete cuesta 1,50 dólares americanos. En la imagen se representa cómo se quema el duramen en un tarro metálico. Los comerciantes informales utilizan este método para la comercialización del producto.

#### **5.3.2.3. Aprovechamiento de frutos de *B. graveolens***

A pesar que no ha sido tradicional la recogida de los frutos en la zona de estudio (Figura 5.1), durante el período de febrero a abril, cuando inicia la campaña de recolección, el 100 % de los campesinos encuestados afirmaron que esta actividad la realizan trepándose a los árboles y cogen manualmente los frutos. En esta labor no utilizan guantes o protectores de manos (Imagen 5.4). Este método tiene sus riesgos, puesto que pueden existir accidentes y dañar las ramas al doblarlas durante la cosecha. La ruptura de una rama puede constituir una fuente de desarrollo de infecciones de microorganismos patógenos que pueden hacer enfermar al árbol, además de provocar lesiones graves en el recolector. Durante la

realización de esta tarea los campesinos no utilizan ningún equipo de cosechadora; y generalmente, la realizan campesinos con cierto grado de entrenamiento.



Imagen 5.4. Cosecha de frutos de *B. graveolens*. **a.** Don José Zapata; **b.** Joven Wladimir Panamito.

En la Figura 5.7 se muestran las principales herramientas utilizadas y el método de recogida en el aprovechamiento de los frutos. La herramienta de mayor uso corresponde a una escalera (50% de los encuestados), seguidas del uso de ganchos 40%, y ya en menor medida utilizan podadoras manuales (10%).

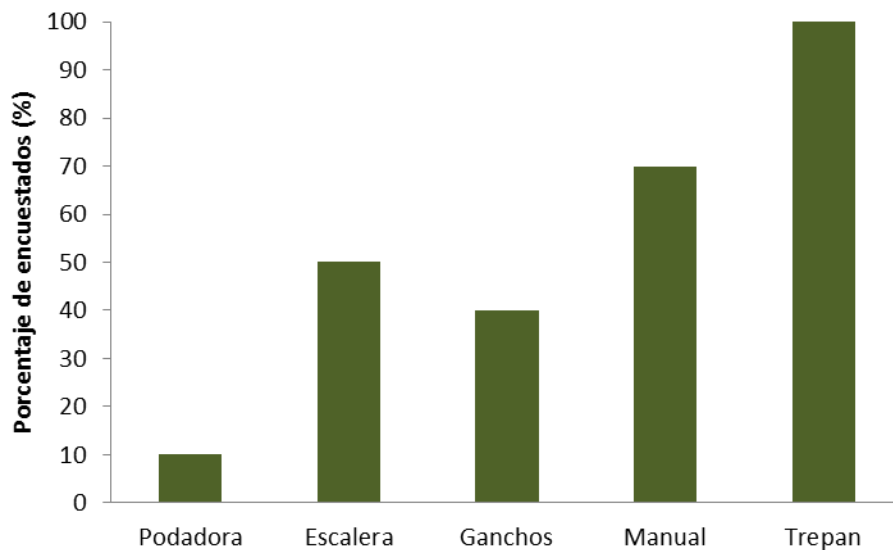


Figura 5.7. Principales herramientas usadas en el aprovechamiento de frutos de *B. graveolens*. Se muestra el porcentaje de campesinos que los utilizan.

Es importante recalcar que utilizan la escalera, en árboles altos pero el trepado a los árboles y la recogida manual de los frutos es lo más habitual en la zona de estudio (Imagen 5.5).

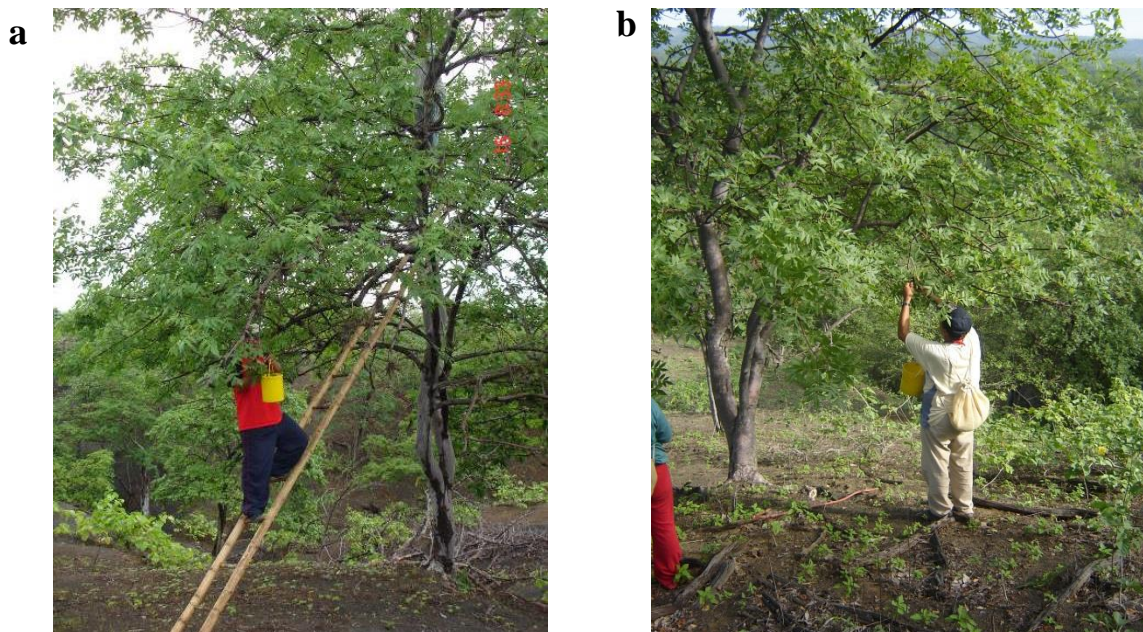


Imagen 5.5. Cosecha de frutos de *B. graveolens*; **a.** Trepado con escalera; **b.** Recolección manual. Tomado de la Planta de Productos Naturales (UTPL).

Para el acarreo de los frutos los campesinos utilizan en un 100% sacos de yute (Imagen 5.6).



Imagen 5.6. Campesinos pesando frutos de *B. graveolens*, nótese que utilizan sacos de yute. Tomado de la Planta de Productos Naturales (UTPL).

Según los campesinos, los frutos son cosechados en el período lluvioso durante los meses de febrero a abril, que es cuando el fruto está en pleno desarrollo (Tabla 5.5). Según el 100% de los encuestados la colecta de frutos se realiza con los primeros rayos del sol (a partir de las seis de la mañana), cuando todavía la temperatura no está elevada.

Tabla 5.5. Época climática y tiempo de recolección de los frutos de *B. graveolens*.

Producto	Actividad	Porcentaje de los encuestados (%)
	ÉPOCA RECOLECCIÓN FRUTOS	
	Temporada de lluvias	100
	Temporada de sequía	0
	TIEMPO ADECUADO PARA RECOLECTAR EL FRUTO EN UN DÍA	
Frutos de <i>B. graveolens</i>	Noche	0
	En la madrugada	0
	Mañana	100
	Tarde	0
	Cualquier	0

El número de personas que se dedican en la recolección de los frutos se presenta en la Figura 5.8; por lo general una sola persona es necesaria para la recolección de la fruta (100%) aunque a veces van en parejas (40%) o entre más campesinos (20%).

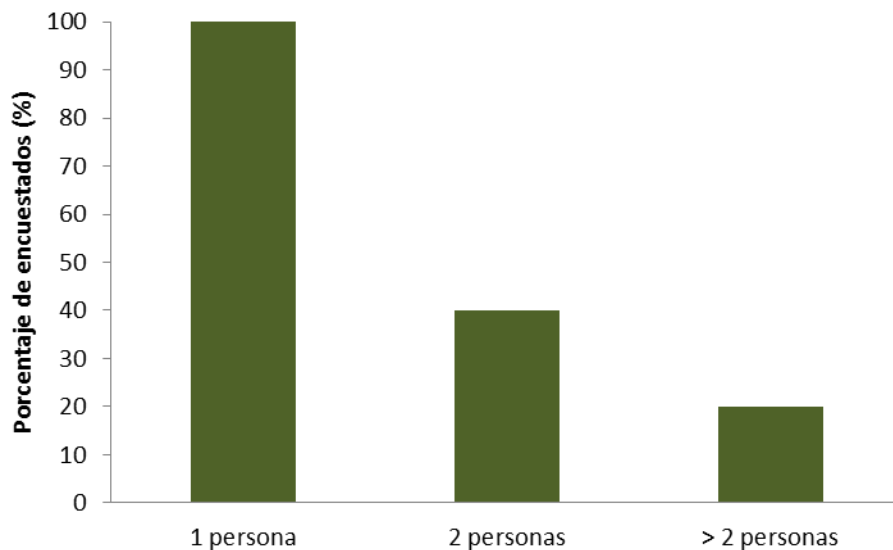


Figura 5.8. Cantidad de personas que se necesitan para el aprovechamiento diario de frutos de *B. graveolens*. Se muestra el porcentaje de encuestados.

#### 5.3.2.4. Labores culturales en el aprovechamiento de los PFNM

La Tabla 5.6 muestra las características en valores promedios referente a las labores culturales realizadas por los campesinos en el aprovechamiento de los principales PFNM como son los frutos y el duramen de *B. graveolens*. La cantidad promedio de frutos cosechados por los campesinos es de 5,0 kg día<sup>-1</sup>. Esta cantidad atañe a aquella que refleja la norma comunitaria de aprovechamiento diario por persona. La recolección no implica ningún gasto efectivo, sino únicamente las tareas de vigilancia que se realizan, donde los campesinos aprovechan las otras horas del día para realizar los recorridos, cuidar de sus animales y recolectar otros PFNM. Por persona aproximadamente se necesita en promedio 3,2 horas día<sup>-1</sup> para realizar esta actividad. Al consultarles a los campesinos si existen sobrantes en el momento del pesaje, resultó que unos 0,4 kg de cada 5,0 kg, fueron, en promedio, sobrantes que son guardados y utilizados para la entrega del día siguiente procurando hacerlo de esta forma a fin de evitar el desecamiento o pudrición de los frutos al ir guardándolos de día en día; cabe recalcar que los sobrantes no se refiere al tallito de los frutos o restos de hojas que pueden ser incorporados en el momento de la recogida.

En relación al aprovechamiento del duramen, se mostró una amplia variación que osciló entre 3 y 16 kg año<sup>-1</sup>, indicándose aproximadamente que una familia en promedio cosecha 8,2 kg año<sup>-1</sup> de duramen. Esta cantidad de duramen según lo informado por los campesinos es utilizado para sahumar, elaborar emplastos y para la cosecha de miel de abeja. En el caso del duramen no existe ningún plan de aprovechamiento, se necesita aproximadamente de 1,9 cosechadores que dedican un tiempo promedio de 3,3 horas para realizar esta actividad (Tabla 5.6).

Tabla 5.6. Características de las labores culturales en el aprovechamiento de PFNM de *B. graveolens*.

Características en un día de trabajo	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	CV
Número de cosechadores de frutos (1 día)	1,0	1,00	1,00	0,00	0,0
Horas dedicadas a la cosecha de frutos (1 día)	3,2	2,00	5,00	1,14	36,1
Cantidad de frutos cosechados (kg/día)	5,0	5,00	5,00	0,00	0,0
Cantidad aproximada de sobrantes de frutos durante el pesaje (kg/día)	0,4	0,10	0,80	0,23	60,5
Número de cosechadores de duramen (1 día)	1,9	1,00	3,00	0,69	35,9
Horas dedicadas a la cosecha del duramen (1 día)	3,32	1,00	5,00	1,75	52,7
Cantidad de duramen aproximado cosechado al año (Kg)	8,22	3,00	16,00	3,54	43,1

### 5.3.3. Economía campesina

Durante los períodos de elevada precipitación, además de concentrarse la actividad agrícola, los campesinos cosechan los frutos de *B. graveolens* con lo que mejoran los ingresos económicos. Desde el año 2007, a través de la pre asociación comunitaria Bolívar Tello<sup>10</sup>, los campesinos cuentan con aliados estratégicos a quienes venden los frutos (Figura 5.9).

Así es, por un lado la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) compra los frutos y obtienen aceite esencial que es vendido a la empresa brasileña Natura. Natura elaboran perfumes y jabones bajo la etiqueta denominada *Amor América*. A través del proyecto de recolección silvestre, 62 personas son las encargadas de recolectar a diario los frutos. Cabe indicar que para la cosecha los campesinos no consideran las clases diamétricas (DAP), sino la proximidad de los árboles. La campaña de cosecha dura aproximadamente 40 días,

<sup>10</sup> La pre asociación comunitaria Bolívar Tello está conformada por moradores de la comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos. Los campesinos están organizándose con el fin de tener en un futuro cercano esta asociación legalizada, y con ello poder gestionar diversidad de proyectos comunitarios.

durante los cuales cada persona cosecha 5 kg día<sup>-1</sup> conforme a la normativa comunitaria, por lo que se recogen a diario 310 kg y durante los 40 días de campaña una cantidad total de 12400 kg.<sup>11</sup> Con esta cantidad se obtiene el suficiente aceite esencial para abastecer a los compradores.

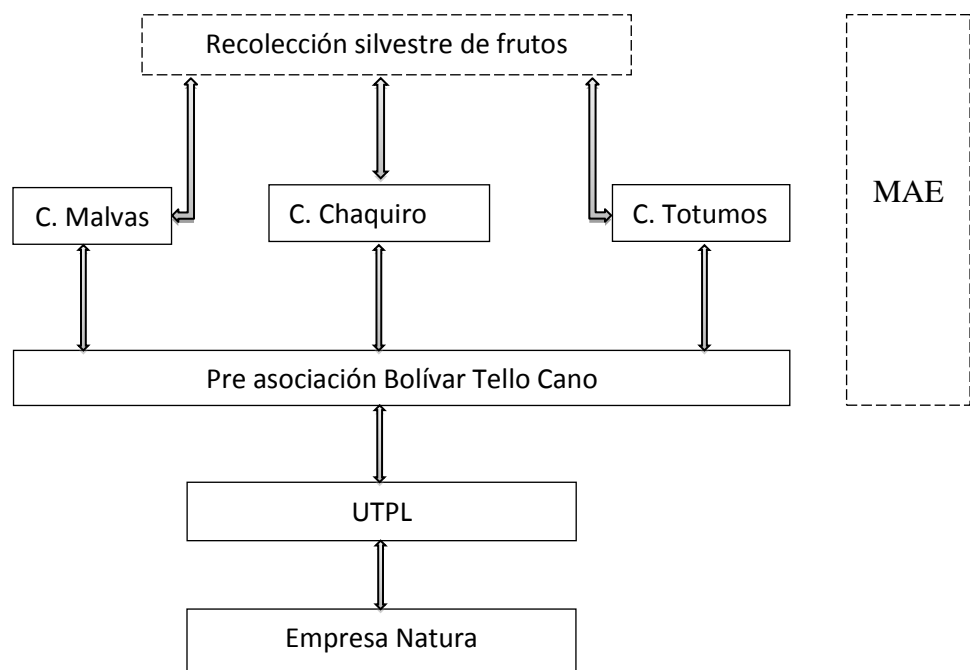


Figura 5.9. Esquematación del aprovechamiento de frutos de *B. graveolens* que son utilizados y comercializados por las familias campesinas.

Los ingresos son de 15 dólares por jornada laboral (3 dólares por cada kilo de fruto) que a razón de 40 jornales por persona representa ingresos de aproximadamente \$ 600 durante la campaña. Teniendo en cuenta que en promedio hay 4 miembros por familia participando de la recolección (véase Capítulo 2, Tabla 2.3), los ingresos ascienden a \$ 2400,00 constituyendo un rubro importante para la economía local. A este ingreso se suma una subvención a la conservación que la empresa Natura entrega a la comunidad, y que corresponde al 35% de los beneficios por la venta del producto. Estos ingresos son para beneficio general de las comunidades y asciende a aproximadamente \$ 15000 anuales. Una

<sup>11</sup> En el estudio se comprobó que el potencial productivo de árboles femeninos de *B. graveolens* en toda el área de recolección es de 256136,6 kg (véase Capítulo 2); sin embargo, anualmente los campesinos recogen 12400 kg que corresponde al 4,8% del área de recolección (145,7 has aproximadamente).

parte del dinero se utiliza para la conservación de una reserva natural y para mejorar la caja de ahorro comunal, y otra parte se destina al manejo de semillas que son utilizadas para la reproducción de la especie. Este árbol está muy valorado entre la población local, y de hecho su nombre común (*palo santo* o *árbol sagrado*) hace referencia a tal valor.

#### 5.4. Discusión

*B. graveolens* constituye un recurso valioso para los campesinos con dedicación agroforestal ya que a corto, medio y largo plazo asegura sus medios de vida, no sólo para esta generación sino también para las futuras (Barrett *et al.* 2001). En la zona de estudio existen dos tipos de visiones de desarrollo; la visión científica y la visión comunitaria. Según la visión científica *B. graveolens* es considerado como una especie valiosa por los beneficios económicos que se generan al obtener sustancias químicas y aceites esenciales desde sus hojas, frutos, tallos, corteza y madera (Nakanishi *et al.* 2005; Alonso-Castro *et al.* 2011; Luján *et al.* 2012) y por la importancia ecológica, ya que sirve de hábitat y alimento para la fauna silvestre circundante (Alcalde *et al.* 2008) (Figura 5.1). Desde el punto de vista de los campesinos, *B. graveolens* es valioso porque de él se obtienen PFNM utilizados para la medicina tradicional, veterinaria (Sánchez *et al.* 2006; Yukawa *et al.*, (2006) y, en especial, por la explotación de frutos que son utilizados con fines comerciales (Salas & Zaragoin, 2006) (Tabla 5.3). Esta realidad acontece también en otros ecosistemas; este tipo de árboles son valorados por las poblaciones rurales desde un punto de vista productivo (Mancilla-Leytón *et al.* 2012).

En la zona de estudio todas las familias utilizan los PFNM aunque son los hombres (80%) quienes más hacen labores de recolecta de los recursos y se ha evidenciado la escasa participación de las mujeres (20%). Esta baja participación se debe a que la mujer realiza una variedad de funciones, principalmente se dedican a labores domésticas (80%). Esto acontece también en África donde la participación de la mujer en la recogida de PFNM es mínima (Shackleton *et al.* 2011). Sin embargo, Agarwal (2010) manifiesta que es necesario fortalecer las cuestiones de género con el fin de aumentar la participación de las mujeres en las reuniones comunitarias para que puedan aportar con sus opiniones, y esto a pesar de que

en las comunidades estudiadas las mujeres tienen cierto grado de implicación en las reuniones comunitarias. Así mismo, aunque en la zona estudiada el 10% de los niños participan en la recolección de los frutos, se ha evidenciado que en otras regiones los niños son los principales recolectores de gomas y resinas (Shackleton *et al.* 2011). En nuestro estudio no se ha logrado verificar la participación de los niños en la recolecta de la resina de *B. graveolens*, aspecto que no fue considerado en el formulario de la encuesta.

Los PFNM de *B. graveolens* identificados en este estudio son similares con aquellos de algunos trabajos realizados en otras latitudes de Ecuador y del continente Americano (Robles *et al.* 2005; Nakanishi *et al.* 2005; Sánchez *et al.* 2006; Yukawa *et al.* 2006; Tene *et al.* 2007; Llanos *et al.* 2010; Moreno *et al.* 2010; Alonso-Castro *et al.* 2011; Luján *et al.* 2012). Por ejemplo, según Sánchez *et al.* (2006) el duramen de *B. graveolens* es utilizado en los BST del sur de Ecuador. Éstos autores manifestaron que las comunidades utilizan el humo del duramen quemado para alejar mosquitos vectores de enfermedades. Igualmente, las astillas son usadas para el alivio de dolores reumáticos, coincidiendo con los resultados obtenidos en nuestro estudio. Sin embargo, los campesinos de Malvas, Chaquiro y Totumos utilizan el duramen en otras actividades cotidianas además de los usos descritos. Queman las astillas del duramen y aplican el humo para cosechar la miel de abeja (*Apis mellifera*) de cajones de producción y de enjambres naturales; también usan las astillas para encender el fuego y alumbrar durante las noches. En la cosecha del duramen los campesinos lo recolectan de árboles netamente muertos, por lo que la premisa es no realizar el corte y tumba de árboles vivos; en este contexto y según la idiosincrasia de los campesinos, la recogida del duramen solamente se realiza con machetes y no usan otros equipos como motosierras para esta actividad. Esta información concuerda con lo descrito por Sánchez *et al.* (2006). Sin embargo, Bonaccorso *et al.* (2007) en el sector Achiotes del área no protegida Cerro Negro-Cazaderos (provincia de Loja) manifestaron que *B. graveolens* ha sido prácticamente eliminado por la tala indiscriminada, en la cual se ha utilizado posiblemente motosierras y en las cuales no se han descrito asentamientos humanos de importancia. Esta información concuerda con lo expresado por los campesinos de nuestra zona de estudio, quienes informan que no utilizan la motosierra para esta especie ni para otras (Figura 5.7).

Otro PFNM de gran interés para los campesinos son los frutos de *B. graveolens*. Para los campesinos esta especie arbórea cumple una función ecológica muy importante, la cual es la alimentación de especies de fauna silvestre. Han observado que de los frutos se alimentan aves como pericos (*Aratinga wagleri*), palomas (*Leptotila* sp.), urracas (*Cyanolyca* sp.), mirlos (*Cyanolyca* sp.) y constituyen alimento para los murciélagos (*Desmodus* sp.) y mamíferos como ardillas (*Callosciurus* sp.). Aunque no se ha determinado la presencia en la zona de la valiosa pava aliblanca (*Penelope albipennis* Taczanowski) que fue considerada extinta, Díaz (1998) indicó que ha habido observaciones de esta ave endémica en el BST al norte del Perú. Esta ave usa como fuente de alimento los frutos de *B. graveolens* (Alcalde *et al.* 2008; Martos *et al.* 2008). Por otro lado, Stevenson *et al.* (2005), refiriéndose a especies aparentadas con *B. graveolens*, como *B. inversa*, encontraron monos (Simiiformes) que se alimentan de los frutos. Éstos son eficientes dispersores de las semillas. Los monos que se alimentan de los frutos son los primates atelinos (Atelidae) que habitan en el bosque tropical de tierras bajas en Colombia. Además, los frutos constituyen materia prima para la obtención de aceites esenciales (Salas & Saragozín, 2006; Noge & Becerra, 2009). Las hojas también tienen un uso importante; los campesinos las utilizan como forraje para la alimentación de las cabras (*C. hircus*), lo que resulta inédito ya que no ha sido descrito por Sánchez *et al.* (2006) y otros autores. Esto constituye una gran oportunidad para dar valor a la biomasa que se genera año tras año de este producto. De las hojas se obtienen aceites esenciales que poseen efecto antimicrobiano, principalmente sobre bacterias gram positivas y levaduras (Luján *et al.* 2012). En otras zonas de Ecuador, las hojas y corteza son utilizados para el tratamiento de la dermatitis, tras su ingesta líquida en infusiones; también son utilizadas para la elaboración de insecticidas orgánicos (Tene *et al.* 2007), pero según los campesinos, en la zona de estudio esta aplicación no se realiza. Además las hojas de la especie *B. copallifera* son utilizadas como medicina tradicional para aliviar los síntomas de bronquitis, tos, cólicos intestinales, enfermedades orales y de la piel (López- Aroche *et al.* 2008).

De los tallos se obtienen aceites esenciales de los cuales se aísla mentofurano, un compuesto valioso para la industria química (Leyva *et al.* 2007). Incluso, Young *et al.*

(2007) detallaron que los aceites esenciales provenientes de los tallos, están constituidos por limoneno y  $\alpha$ -terpineol. Este tipo de aceite esencial cumple una función antiinflamatoria (Manzano *et al.* 2009) y a partir del extracto de metanol de tallos de *B. graveolens*, Nakanishi *et al.* (2005) demostraron que presenta una actividad inhibidora notable contra el desarrollo de células de fibrosarcoma en humanos. De los tallos y hojas de otras especies emparentadas con *B. graveolens*, tales como *B. copallifera* y *B. grandifolia* se elaboran macerados que son eficaces para el control orgánico de *Spodoptera frugiperda*, insecto que provoca daños en los cultivos de maíz (*Zea mays*) y algodón (*Gossypium spp.*) (Llanos *et al.* 2010). Los campesinos que se dedican a actividades agroforestales no cosechan y no realizan ningún uso de los tallos. Teniendo en cuenta la escasez de información a este respecto, sería recomendable profundizar con el fin de proporcionar un valor adicional a estos recursos.

Otro PFNM es la corteza de *B. graveolens*. En base al conocimiento de los campesinos, las acémilas (*Equus africanus asinus*) se alimentan de este producto en época de escasez de forraje. Según la experiencia de los campesinos basada en la apreciación visual, tanto el árbol como las acémilas no se ven afectados por la recogida de corteza y es considerado por los campesinos como recurso alimenticio en época de sequía. Sin embargo, Robles *et al.* (2005) encontraron otros beneficios de la corteza. Según éstos, la aplicación de una mezcla de corteza con acetato de etilo muestra actividad inhibitoria sobre *Staphylococcus aureus*. Moreno *et al.* (2010) describieron que también se puede obtener aceite esencial de este producto. Entre otros beneficios adicionales que ofrece *B. graveolens* se incluye la obtención de metabolitos volátiles que están presente en las hojas, tallos y frutos inmaduros (Muñoz-Acevedo *et al.* 2013). Estudios sobre la aplicación práctica de estos productos podrían alimentar el desarrollo biotecnológico a nivel regional.

La economía campesina se ve favorecida por la adopción de la agroforestería, en especial por el aprovechamiento de los PFNM de *B. graveolens*. En este sentido Lasco *et al.* (2014) manifiestan que la implementación y manejo de los sistemas agroforestales, deben ser acorde a las prácticas locales, las normas culturales y las tradiciones. En el caso del aprovechamiento de los frutos, los campesinos tienen su norma comunitaria, explotan el

20% de frutos de cada árbol y cosechan otros árboles hasta obtener 5 kg día<sup>-1</sup> a fin de evitar la sobreexplotación de la fruta. Sin embargo, Verchot *et al.* (2007) y Bishaw *et al.* (2013) manifestaron que las normas campesinas pueden ser mejoradas desde un punto de vista técnico; por ejemplo, los campesinos no consideran las clases de DAP, ni la producción por árbol de DAP, para la cosecha de este recurso. Ésta debilidad puede minimizarse marcando los árboles de mayor DAP y realizar una cosecha selectiva y, así, mejorar el aprovechamiento sostenible del árbol. Meijer *et al.* (2015) manifestaron que las prácticas agroforestales tienen el potencial de solucionar algunos de los problemas de pobreza, la inseguridad alimentaria y la degradación ambiental, cuando la explotación de estos recursos se adecúan a las condiciones biofísicas y socioeconómicas. Por ejemplo, Zubair y Garforth (2006) estudiaron las percepciones y actitudes de los agricultores en Pakistán y encontraron que su voluntad de cultivar árboles en sus fincas era en función de sus actitudes hacia los beneficios y potencialidades de los árboles que crecen. Por ello, de los resultados de este estudio se deriva que se tomen en consideración las percepciones, costumbres y normas determinadas por los campesinos, información que serviría para la elaboración de un plan de manejo sostenible de los recursos de *B. graveolens*, a fin de conservar y restablecer la especie.

## 5.5. Conclusiones

Los campesinos agroforestales son conscientes de la necesidad de conservar el árbol *B. graveolens* (Tabla 5.1), puesto que sirve como hábitat y suministro de alimentos para la fauna silvestre (*Aratinga erithrogenis*, *Leptotila* sp., *Cyanocorax mystacalis*, *Desmodus* sp., *Turdus* sp., *Callosciurus* sp.) y doméstica que se alimentan de los frutos, hojas y cortezas. Todas las familias campesinas aprovechan los recursos del árbol, aunque son los hombres (80%) quienes realizan la mayor cantidad de labores en la explotación de la especie, por lo que se recomienda que en la zona se implemente programas que incentiven la participación de las mujeres en las reuniones y decisiones comunitarias referentes al uso de *B. graveolens*. Todos los hogares utilizan los PFNM de la especie, evidenciándose que la madera (100%) y los frutos (30%) son los recursos más explotados por la familia campesina. En la zona los campesinos tienen normas para la recolección de los frutos. Se

recolecta una cantidad diaria de 5 kg hasta obtener una cantidad de 12400 kg durante una campaña aproximada de 40 días, cantidad que abastece a los compradores.

Considerando que el salario mínimo vital para Ecuador es de \$ 366.04 al mes, los campesinos ganan \$ 4392.48 al año, sin embargo, con la recogida de frutos para la comercialización, la familia tiene un ingreso de \$ 2400 por trabajar durante 40 días realizando la labor de recogida de frutos. Esto constituye un ingreso económico para el bienestar familiar. La técnica de cosecha corresponde al trepado en los árboles y a la recolecta manual de los frutos (100 %), evidenciándose que no utilizan ningún equipo mecánico; sólo herramientas como escaleras (50%), podadora manual (10%) y ganchos (40%). Los frutos son cosechados en los periodos lluviosos entre febrero y abril de cada año, preferentemente en las primeras horas de la mañana.

Sin embargo por los beneficios que otorga, hay un peligro evidente referente a su sobreexplotación. Por ello, es importante implementar medidas de aprovechamiento de impacto reducido, que permitan mejorar la conservación a través de la gestión y utilización correcta de la especie. La introducción de estas prácticas abrirían las posibilidades de uso sostenible e industrial de los frutos, para la elaboración de jabones, cremas, repelentes y abonos orgánicos. Así mismo el aprovechamiento de las cortezas y hojas son potenciales para la elaboración de suplementos alimenticios veterinarios.

De este estudio se deriva que es crucial un manejo sostenible y cuidadoso para controlar la cosecha de los recursos de *B. graveolens*. Se considera que el desarrollo de estrategias y métodos para la conservación y aprovechamiento sostenible es una herramienta vital para asegurar la presencia de la especie en el futuro. Esto fortalecería los aspectos positivos de *B. graveolens*, en virtud que estamos tratando con un recurso natural que por sus beneficios y potencialidades está arraigado en la cultura campesina.



7. ¿Cómo obtiene usted la madera del palo santo?

Tumba   
Cortes   
Árboles caídos   
Otras

---

---

---

---

8. ¿Cuáles son las herramientas que utiliza para obtener la madera del árbol?

Machete   
Navaja   
Motosierra   
Otros

---

---

---

---

9. ¿Cuánto tiempo ocupa para recolectar la madera?

1 hora   
2 horas   
3 horas   
> 3 horas

11. ¿Cuánta cantidad de madera recolecta al año?

< 10 Kg   
10 – 50 Kg   
> 50 Kg

13. Venta de la madera de palo santo

Centro naturista   
Negocio   
Cualquier persona

10. ¿Cuántas horas dedica a la recogida de la madera de palo santo?

1 hora   
2 horas   
3 horas   
> 3 horas

12. ¿Qué uso le da usted a la madera?

Doméstico   
Comercial   
Ninguno   
Otro

---

---

14. ¿Hay personas externas al sector que aprovechan la madera?

Si   
No

Otro \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

No conoce

### FRUTOS DEL PALO SANTO

15. ¿Aprovechan los frutos del palo santo?

si  
no

16. Momento preciso para la recolección de los frutos

Noche   
Madrugada   
Época seca   
Época lluviosa   
Cualquier

17. Envases de recolección de los frutos

Plástico   
Vidrio   
Saquillos de yute   
Otros

---

---

18. Forma de recolección de los frutos

Manual   
Podadora   
Escalera   
Poleas   
Otra

---

---

19. Tiempo de recolección de los frutos/día

1 hora   
2 horas   
3 horas   
> 3 horas

20. Número de personas que extraen los frutos

1   
2   
3   
> 3

21. Cantidad de fruto que recolecta

< 1 Kg   
1 – 5 Kg   
> 5 Kg

22. ¿Qué uso le da a los frutos?

Doméstico   
Comercial

23. ¿A quién vende los frutos?

UTPL	<input type="checkbox"/>
UNL	<input type="checkbox"/>
Centro naturista	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>

24. ¿Hay personas externas al sector que aprovechan los frutos?

Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>
No conoce	<input type="checkbox"/>

25. ¿Usted usa los frutos para?

Semilla	<input type="checkbox"/>
Vivero	<input type="checkbox"/>
Reg. natural	<input type="checkbox"/>

26. ¿Conoce Ud. dónde crece el árbol?

Junto a la quebrada	<input type="checkbox"/>
Barbecho	<input type="checkbox"/>
Pendiente	<input type="checkbox"/>
Sin pendiente	<input type="checkbox"/>
Bosque	<input type="checkbox"/>
Lugares sin quebradas	<input type="checkbox"/>

27. ¿Piensa que es importante conservar el palo santo?

si  
no  
¿Por qué?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

28. Animales que se relacionan con la especie

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

29. ¿Cuál es la superficie del predio?

30. ¿El predio es propio?

Con título	<input type="checkbox"/>
Sin título	<input type="checkbox"/>
No responde	<input type="checkbox"/>

**Responda por favor conforme a su criterio, si está de acuerdo, parcialmente de acuerdo, en desacuerdo o no sabe.**

Percepción	De acuerdo	Parcialmente de acuerdo	En desacuerdo	No sabe
<i>B. graveolens</i> es un árbol que nos ofrece muchos beneficios y es un recurso natural valioso.				
<i>B. graveolens</i> no es útil para la gente, incluso su presencia perjudica al bosque seco.				
<i>B. graveolens</i> es un árbol malo. Este árbol no da ningún beneficio para la familia.				
Proteger y conservar los árboles de <i>B. graveolens</i> , implica que mis hijos van a disfrutar de los beneficios que ofrece la planta.				
Prefiero que se tale el árbol de <i>B. graveolens</i> y reemplazarlo con otros tipos de árboles.				
Colectar los frutos y madera de <i>B. graveolens</i> es una amenaza a mi integridad física.				
<i>B. graveolens</i> ha variado en cantidad en los últimos 30 años.				
¿El BST ha cambiado en los últimos 30 años?				
¿El BST se ha perdido en la actualidad?				
¿Es necesario conservar el BST?				

**Gracias por su atención**

Anexo 5.2. Modelo de entrevista aplicada en las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos

Entrevista señora Daysi Guerrero
----------------------------------

Fecha: 27-06-2010

Lugar: Malvas.

La historia de Malvas, el bosque seco y el palo santo.

Entrevistador: Humberto Vinicio Carrión P.

1. ¿Sus abuelitos vivían en otros lugares antes de vivir en Malvas?

Daysi: Si

Daysi: de Valle Hermoso.

Entrevistador

¿Valle hermoso a que cantón pertenece?

Daysi: Zapotillo.

Entrevistador

¿Es lejos de Malvas?

Daysi: a una hora más o menos.

2. ¿Y los papás de sus abuelitos de dónde eran?

Daysi: No eso si no se.

Entrevistador

3. ¿Quién fue la primera persona o familia en vivir en Malvas?

Daysi: Aquí más o menos, y pues para mi edad, este..... mi tío Floro Guerrero

Entrevistador

4. ¿En qué año fue que vino acá?

Daysi: si quiera hace 80 años.

Entrevistador

5. ¿Cómo se fue organizando la comunidad?

Daysi: oséa pues ya comenzaron a llegar la familia ya se fue, este.. organizando pues de ahí a.. fueron cada cual haciendo su vivienda, cercanas.

Entrevistador: ¿tenían tal vez algún líder?

Daysi: silencio.....ummm.

Entrevistador: ¿por qué piensa que vinieron acá, porque es muy bonita la zona?

Daysi: risas

Oséa pues decían porque.. organizaban las playas, había donde trabajar, entonces fueron organizándose, fueron haciendo sus cacitas, los hijos se casaron, llegaron vuelta sus hijos, hicieron su escuelita, hasta que buscaron pues posibilidades a donde que sus hijos se eduquen.. Entonces así sucesivamente se fue creando.. y ahí pusieron a un padre de familia de presidente y así....

Entrevistador:

6. ¿Y ahora como está organizada la comunidad?

Daysi: oséa ahorita pues estamos, oséa con este proyecto que tenemos, oséa somos más civilizados, sabemos más, oséa como que ahorita tenemos una profesora fiscal, tenemos pues a nosotros quien, nos de los talleres así como el de palo santo, para mismo trabajar..

Entrevistador:

7. ¿Quién les da los talleres?

Daysi: oséa como jornadas don Jonás,.. Don Bolívar Tello, vienen también Jorge Álvarez, vienen por aquí. Oséa ellos nos dan conocimiento de lo que nosotros tenemos

Entrevistador:

8. ¿Qué credo religioso practica la mayor cantidad de las familias de Malvas?

Daysi: somos católicos.

Entrevistador:

9. Y usted en su niñez... ¿cómo era antes el bosque en Malvas? ¿Es así como ahora o si se ha cambiado?

Daysi: así como el que está al frente a lo lejos, que está natural.

10. Entonces ¿porqué piensa que se ha cambiado ese bosque de lejísimos con este de acá?

Daysi: oséa porque ya por aquí nosotros tenemos que limpiar ya más descubierto. En cambio ya yéndose usted por allá ya no es igualito, pero por acá como es cascajo y para allá es otra tierra permanece más húmedo, en cambio para el de acá es cascajo, las plantas se secan así mismo

Entrevistador:

11. ¿Ustedes creen que se está perdiendo el bosque aquí en Malvas? ¿Piensan que está en peligro este bosque y porqué?

Daysi, no.. no lo creo porque ya nosotros ahorita lo cuidamos, no es como más antes que cualquiera iba y cortaba su palo, en cambio nosotros vemos que esta, así sea de aquí de la comunidad ya nosotros lo cuidamos.

Daysi: claro antes más que sea para sacar una colmena tumbaban un árbol.

Daysi: agarraban y broooon el palo al piso y no nos importaba de nada, en cambio ahora ya no pues...

Entrevistador:

12. ¿Y qué maderas cortaban?

Daysi: hualtaco, pasallo.

Daysi. Oséa todo lo que hacíanos, oséa como le digo si nosotros agarrábamos, y no podíamos pasar por allí, sino que agarrábamos el hacha y bomm. Bomm

Daysi: claro antes el guayacán también lo utilizaban.

Daysi: claro el guayacán lo utilizaban en el Perú

Daysi: uno como no sabía cortaba y destruía el bosque.

Daysi: claro uno mismo destruía la montaña en cambio ahora ya no pues.. yo por eso digo que la montaña de aquí adelante (la montaña de lejos) no se va este a topar.

Entrevistador:

13. ¿Qué especies de árboles existen en Malvas a parte del palo santo?

Daysi: el barbasco, el charán, el hualtaco, el angolo, el almendro, el ceibo, este al añal, el overal, la guápala, el diente, el guarapo, aquí hay algunas este... especies de madera.

Entrevistador:

14. ¿Hablemos de hace más o menos unos veinte años, habían más plantas de palo santo que ahora?

Daysi: claro porque habían más porque oséa vino los ventarrones, unos vientos que los tumbó, se secó la madera, los fue tumbando y por eso nosotros estamos haciendo esos encierros para que se cubra lo perdido, se ha podrido pues ya se ha cavado, y hay partes que están descubiertas y eso nosotros queremos que se renazca.

Entrevistador:

15. ¿Y actualmente cómo está el palo santo, existe en buenas cantidades?

Daysi: si hay buenas cantidades por acá.

Entrevistador:

16. Y de las otras plantas que usted dijo, del listado de plantas más bien ¿esas escasean?

Daysi: claro si, pero el guayacán ya no hay, solo por partecitas. Bien poquito.

Entrevistador:

17. ¿Qué partes aprovechan del palo santo?

Daysi: el corazón y el fruto.

Entrevistador:

18. ¿No le dan algún uso medicinal tal vez a esta planta?

Daysi: oséa por aquí el corazoncito lo pican así en pedacitos lo ponen a fermentar con el querosene para flotarse para el dolor de piernas.

Entrevistador:

19. ¿Comercializan alguna parte del palo santo?

Daysi: el fruto sí a la UTPL. Y el corazoncito es solo para uso no más de la casa.

Entrevistador:

20. ¿Cómo cosechan los frutos del palo santo?

Daysi: bueno hay este.. una ves si usamos escaleras algunos aprovechamos así con ganchos para poder recolectar y los hombres también se trepan.

Entrevistador:

21. El uso del corazoncito ¿para qué mas era?

Daysi: para .. oséa prender la candela, para correr los mosquitos, para correr las abejas cuando uno va a cosechar

Entrevistador:

22. ¿Conoce si alguna ave se alimenta de los frutos del palo santo?

Daysi: si hay los pericos, se comen la semilla, la paloma y la urraca.

Entrevistador:

23. ¿Quién más trabaja en el bosque... el hombre o la mujer?

Daysi: oséa los hombres porque van a ver los chivos, no falta cualquier cosa de ver en el bosque, en cambio la mujercita dicen... para que hacer el almuerzo no más.

Entrevistador:

24. ¿Entonces a qué se dedica la mujer?

Daysi: aquí a los quehaceres domésticos... bueno algunas también trabajamos en alguna cosa aquí que se pueda.

Entrevistador:

25. No tiene alguna huertita en su casa... ¿tal vez?

Daysi: si! Almenos sabemos sembrar el culantro, el poroto así, así en la casa o a una plantita de algunas florcitas una siempre pasa en el huerto o alguna planta medicinal.

Entrevistador:

26. ¿El hombre también lo trabaja o solo la mujer?

Daysi: no pero si sabemos sembrar la menta eso si es fácil para uno pues poderla sembrar...

Entrevistador:

27. ¿Y los hombres entonces a que se dedican?

Daysi: ¿ya no le dije?

Daysi: ellos a la siembra del camote de la cebolla, maíz, arroz.

Entrevistador:

28. ¿Y los niños que hacen?

Daysi: ellos la mayor parte los más pequeños juegan, sirven para algún mandadito si ayudan. A soltar los chivos.

Entrevistador:

29. Y este.. ¿a la escuela también?

Daysi: si también a la escuela.

Entrevistador:

30. ¿Cuántas familias viven actualmente en Malvas?

Daysi: 21 familias

Entrevistador:

31. Aquí cómo tienen el terreno, le llaman ¿finca a su terreno? ¿O cómo le llaman?

Daysi: aquí este.... Sí finca

Entrevistador:

32. ¿Su finca cuantas hectáreas aproximadamente de finca tiene?

Daysi: como le digo, nosotros tenemos, hay unas partes, por ejemplo el de nosotros trabajamos en el invierno, hay partes que quedan húmedas o hay a donde como se pueda sembrar en el verano, por ejemplo 1 ha, 2 ha, según lo que nos queda como poder trabajar en el verano en cambio en el invierno podemos sembrar lo que nosotros queremos.

Daysi: aquí como son cuatro hermanos el papá ha repartido y cada quien reconoce su pedazo. Oséa cada cual reconoce ya a donde trabaja, y nadie le puede decir nada. Ya eso es de él y punto.

Entrevistador:

33. ¿Hay personas que han migrado a otros lugares? ¿A qué lugares?

Daysi: si tenemos familias. Bueno ahí están unas sobrinas mías y una prima son como tres primos y cuatro hay por ahí por España.

Entrevistador:

34. ¿En qué año se fueron?

Daysi: se fueron en el 2000.

Entrevistador:

35. ¿Cuál es la razón por la cual han migrado?

Daysi: algunos por falta de trabajos.... Porque algunos estudiaban y dejaron el estudio y se fueron a trabajar a otras partes. De repente por falta de dinero, en el hogar no alcanzaba, salieron a trabajar.

Entrevistador:

36. ¿A probar suerte como se dice?

Daysi: claro.

Entrevistador:

37. ¿Qué produce en su huerta?

Daysi: aquí el poroto, así montecitos para hacer aguas, así para hacer remedio como la hierba buena, que se la siembra para algún dolor de estómago, poroto si tenemos sembrado así para el grano, uno va y coge cerca no más.... Aunque sea un poquito para llenar la olla....

Entrevistador:

38. ¿Cómo producen en sus huertas? ¿Usan químicos?

Daysi: no eso no...! Así no más abonándolo con el abono del chivo

Entrevistador:

39. ¿Cuál es el producto que le genera mayor ingreso económico?

Daysi: “oséa por mi lado el chivo, porque nosotros al chivo lo agarramos y lo soltamos al campo y no nos pide nada”. Por ejemplo la vaca tenemos que tener pastos, en verano come borrachera y de ley hay que comprar. “Por ejemplo el arroz, el maíz por la misma consiguiente tenemos la urea, el veneno porque sin esos productos no da!... en cambio el chivo usted lo agarra lo vota al campo solamente cuando ya va a la “parición” la agarra y la mete a su encierro pare.... y nuevamente al campo”.

Entrevistador:

40. ¿Y del chivo que otros productos sacan?

Daysi: el queso, la natilla, oséa el dulce que llamamos.

Entrevistador:

¿Y eso se comercializa?.

Daysi: Claro.

## **CAPÍTULO VI**

### **CARACTERIZACIÓN AGROQUÍMICA DE VERMICOMPOST PRODUCIDOS A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE FRUTOS DE *Bursera graveolens***

## 6.1. Introducción

El manejo sostenible y rentable de los residuos agroindustriales y agroforestales se ha convertido en una prioridad para el mantenimiento del medio ambiente sano (Senapati & Julka, 1993). Los científicos están probando metodologías eficientes para minimizar los impactos ambientales que ocasionan los residuos sólidos orgánicos originados en la agricultura convencional y en el procesamiento de alimentos (Wani *et al.* 2013). Con el desarrollo de la economía y el crecimiento de la población, existe un aumento en la producción de residuos sólidos rurales, en forma de deyecciones ganaderas, residuos de cosechas, aumento de películas de plástico utilizados en la agricultura y el uso de agroquímicos; estos compuestos están provocando impactos notables al medio ambiente (Tian *et al.* 2012). Por lo tanto, estos recursos que se originan en el sector rural, necesitan de un tratamiento que optimice el reciclado y re utilización en los campos de cultivo. Una de las técnicas es el del vermicompostaje. El vermicompostaje está considerado como una posible opción para la gestión integral de residuos sólidos; consiste en la estabilización de la materia orgánica por la acción conjunta de lombrices especialmente *Eisenia andrei* y *Eisenia foetida*, hongos y bacterias. Aunque los hongos y bacterias son los responsables de la degradación bioquímica de la materia orgánica, las lombrices son las responsables de potenciar la actividad biológica (Aira *et al.* 2007), lo que permite considerarlas como conductoras del proceso de acondicionamiento del sustrato. Sin embargo, el tiempo de procesamiento y la calidad del producto final no depende solamente de la actividad de los microorganismos y las lombrices, sino especialmente de la composición de la mezcla inicial de los sustratos (Singh *et al.* 2010).

Diversos residuos agroindustriales han sido vermicompostados y convertidos en abono orgánico; por ejemplo, residuos de la goma guar provenientes de semillas de *Cyamopsis tetragonoloba* (Leguminosa) (Suthar, 2006), desechos de la industria azucarera (Sen & Chandra, 2007), residuos de la industria del cuero (Ravindran *et al.* 2008), lodos de fábricas textiles (Garg & Kaushik, 2005), lodos de destilería (Suthar & Singh, 2008), lodos de la industria de bebidas (Singh *et al.* 2010) entre otros. Así mismo, otras especies de lombrices

como *E. andrei* han demostrado tener la capacidad de consumir una amplia gama de residuos orgánicos como lodos de depuradoras, estiércoles, residuos de cultivos y residuos agroindustriales (Domínguez & Edwards, 1997; Atiyeh *et al.* 2000). Harris *et al.* (1990) y Logsdson, (1994) describieron que el vermicompostaje es una técnica viable, rentable y rápida para la gestión eficiente de los residuos sólidos orgánicos.

Recientes investigaciones afirman que la actividad biológica de lombrices *E. foetida*, producen vermicompost con niveles adecuados de nutrientes (Mondal *et al.* 2015) y con una relación C/N óptima (El-Haddad *et al.* 2014). Según Buchanam *et al.* (1988) los vermicompost contienen más nutrientes disponibles por kg de peso, que el sustrato orgánico a partir del cual se produce. Las lombrices fragmentan el residuo y aceleran la velocidad de descomposición de la materia orgánica, lo que lleva a un efecto de compostaje a través de la cual la materia orgánica se estabiliza (Wani *et al.* 2013). El Vermicompost también ha demostrado efectos impresionantes sobre el crecimiento de diferentes cultivos en condiciones de campo (Mamta *et al.* 2012). Estos abonos son utilizados para el crecimiento vegetal ya que facilita la transferencia de nutrientes a las plantas (Elvira *et al.* 1998; Ismail, 2000; Kaur *et al.* 2010).

No existen experiencias de vermicompostaje a partir del subproducto obtenido tras la extracción de aceite esencial del fruto de *B. graveolens* (RFBG), a pesar de que ésta técnica podría aplicarse fácilmente para generar un recurso a partir del RFBG. Este subproducto consiste principalmente en la piel y las semillas del fruto (Andrade *et al.* 2010). Por la falta de información de base referente a la elaboración de vermicompost con RFBG, en este capítulo se evaluó el potencial de *E. foetida* inoculados en diversas mezclas de sustratos de cocina, pasto king grass (*Pennisetum purpure*), estiércol de cerdo (*Sus scrofa domestica*) y de cabras (*C. hircus*) combinados con RFBG. El estudio fue realizado utilizando dos tipos de suelos: franco y arenoso, a fin de determinar la mineralización del carbono y nitrógeno. Además, se determinaron los contenidos de los principales nutrientes y el nivel de fitotoxicidad de los vermicompost y se presenta la relación entre las variables vermicompost medidos y una evaluación de la calidad del vermicompost resultante. Por

último, se evaluó la mineralización del nitrógeno después de la aplicación de vermicompost en condiciones de laboratorio.

El presente trabajo proporciona información reciente para conocer la composición química de vermicompost elaborados a base de RFBG. Estos vermicompost pueden ser utilizados en la fertilidad del suelo, reducir el uso de fertilizantes inorgánicos y en especial abren la posibilidad para que una empresa pueda proporcionar una fuente adicional de ingresos y con ello mejorar la economía local.

## **6.2. Material y métodos**

### **6.2.1. Preparación y recogida de vermicompost**

El RFBG se obtuvo de la Planta de Productos Naturales de la UTPL (Loja, Ecuador). Tres materias primas disponibles localmente se mezclaron con los RFBG y fueron vermicompostados: i) residuos de pasto king grass (*Pennisetum purpure*), ii) residuos de cocina, y iii) estiércoles de cerdos (*Sus scrofa domestica*) y de cabras (*C. hircus*). Las mezclas se realizaron en peso húmedo de los RFBG en una relación 1:1 con: i) restos de cocina (BPK, en adelante) y ii) estiércol de cerdo (BPP, en adelante); y, se mezclaron con una relación de 1: 0,5: 0,5 los RFBG con estiércol de cabra y residuos de king grass (BPS, en adelante). Los RFBG sin materia prima también fueron vermicompostados. Estas mezclas se amontonaron en el interior en una superficie de cemento y con cubierta con la finalidad de reducir al mínimo la pérdida de nutrientes, debido a la lixiviación y para evitar el exceso de hidratación durante eventos de lluvia. La temperatura se constató introduciendo hasta el centro de cada lecho un termómetro digital. A los 91 días de vermicompostaje, el volteo de los residuos no causó aumento de temperatura (rango de 45 – 60°C), por lo que se consideró finalizada la etapa termofílica del proceso e iniciada la fase posterior de maduración. Se recogieron cinco muestras compuestas de cada vermicompost. Después de la recogida, las muestras fueron transportadas en el mismo día al laboratorio y se almacenaron en un ambiente frío (4 °C) antes del análisis. Cada muestra se secó al aire y se mantuvo en un ambiente seco hasta su análisis.

### 6.2.2. Métodos analíticos

Se analizaron muestras de vermicompost cuyo principal residuo fue el RFBG; la determinación del pH y conductividad eléctrica se realizaron en los extractos de agua (01:10, v:v). Antes de continuar con los nuevos análisis, las muestras de vermicompost se molieron utilizando un molino de bolas hasta obtener un polvo de <1,0 mm. El contenido de materia orgánica se determinó por el método de pérdida por ignición (PPI) a 550°C durante 3 horas (Nelson & Sommer, 1982). Los contenidos de carbono total (CT) y nitrógeno total (NT) se determinaron utilizando un auto-analizador CNH (Carlo Erba NA200, Milan Italia). El carbono de agua caliente (HWSC) se determinó después con el método de Ghani *et al.* (2003), mezclando 2 g de los productos finales con 35 ml de agua destilada durante 16 horas a 80°C, después de lo cual se filtró el sobrenadante y se almacena. El C orgánico Total de los extractos HWC (sobrenadantes filtrados) se analizaron mediante un analizador de Skalar Formacs. El C orgánico disponible (COD) se calculó como HWC.

Los contenidos de polifenoles extraíbles de los vermicompost se determinaron usando el reactivo de Folin-Ciocalteu después de una adaptación del método de Anderson & Ingram (1993). La fibra ácido detergente (FAD) se midió después por medio del método de Van Soest (1963). La lignina ácido detergente (LAD) se determinó utilizando una solución de detergente ácido con bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) y la digestión de las muestras con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, los datos de LAD se corrigieron para el contenido de cenizas.

La fitotoxicidad de los vermicompost se midió a travez de la prueba de Zucconi (Zucconi *et al.* 1981) empleando semillas de *Lepidium sativum* y 5 mL del extracto acuoso. Esta especie fue seleccionada debido a que germina rápidamente y es particularmente sensible a las fitotoxinas generadas por la materia orgánica en descomposición (Acosta *et al.* 2006). Se hacen germinar en cápsulas petri 10 semillas en 5 ml del extracto. Esta prueba biológica se aplicó a los cuatro vermicompost, utilizando un control donde se hicieron crecer las semillas en agua destilada. Siete días después se midió el porcentaje de germinación y con

el programa Imagen Tool 3.0 se computó la longitud radicular (cm) después de iniciada la prueba (Imagen 6.1).

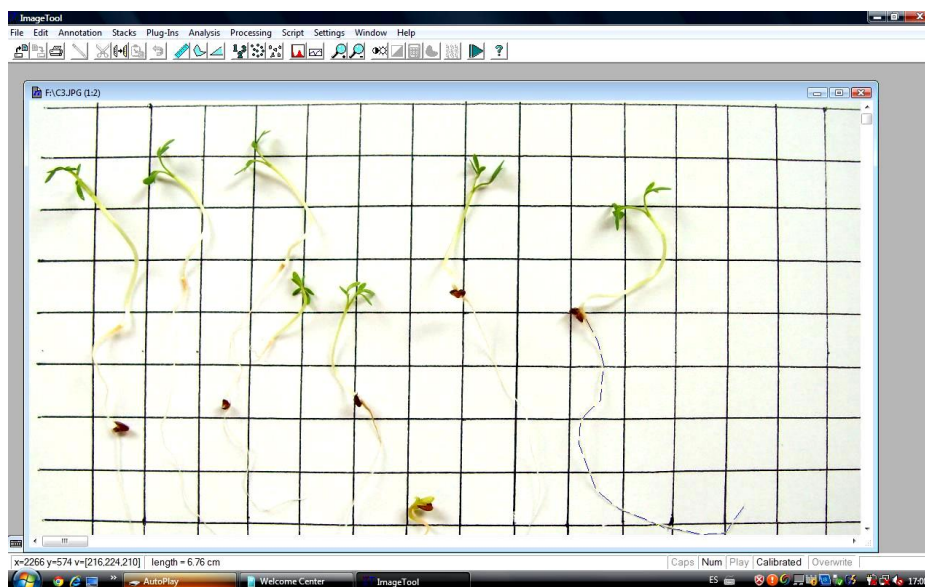


Imagen 6.1. Medición del tamaño de la raíz de *Lepidium sativum* en el programa Imagen Tool 3.0.

El valor del índice de germinación (IG) se calculó conforme el rango establecido por Celis, *et al.* (2006) que corresponde de 0 a 100% y > a 100%. Para la interpretación de los valores de IG se consideró la escala planteada por Emino & Warman (2004) quienes manifiestan que valores inferiores al 50%, indican una alta fitotoxicidad del material; IG entre 50 % y 80 % indican fitotoxicidad moderada y valores superiores a 80 % el material no presenta fitotoxicidad. Se midió el porcentaje de germinación relativo (PGR), el crecimiento de radícula relativo (CRR) e índice de germinación (IG) según las fórmulas descritas por Tiquia (2000).

$$PGR = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el extracto}}{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto}}{\text{Elongación de radículas en el testigo}} \times 100$$

$$IG = \frac{PGR * CRR}{100}$$

### 6.2.3. Carbono y mineralización del nitrógeno

El carbono orgánico y la mineralización neta de N en los suelos enmendados con los productos finales de los vermicompost, se estudiaron en un experimento de incubación aeróbica con 150 g de suelo fresco (tamizado <2 mm) y colocados en frascos Kilner de 500 ml. El ensayo se realizó en dos suelos con textura diferente; el primero un suelo franco (un CalciSol con 5,73% de LOI) con 3,2% de carbono orgánico y 0,23% de N total, y un suelo arenoso (1,3% de LOI) que contenía, 0,52% de carbono orgánico y 0,052% de N. La incubación se llevó a cabo en un ambiente oscuro a 20°C durante 45 días. Se añadió agua desionizada a los suelos para llevar el contenido de humedad al 60% de capacidad de campo. Se añadieron cantidades equivalentes a 4000  $\mu\text{g C g}^{-1}$  de cada uno de los vermicompost a las muestras de suelo y posteriormente se realizó una mezcla homogénea. Todas las muestras se replicaron tres veces. Los controles de suelo se realizaron sin ningún tipo de vermicompost. La producción de C-CO<sub>2</sub> se midió siguiendo el método de trampa de NaOH descrito por Anderson (1982). En pequeños tubos de ensayo (12 ml) llenos con 10 ml de NaOH 1 N se insertaron dentro de cada frasco Kilner que fue herméticamente cerrado y la producción de CO<sub>2</sub> se midió después de 3, 7, 16, 28 y 45 días con HCl 0,5 N. Los frascos fueron abiertos cada día durante 30 minutos. Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los vermicompost se estimaron restando la emisión C-CO<sub>2</sub> del suelo del control a la de los suelos modificados con los vermicompost. La mineralización neta de N y la nitrificación se determinó en los extractos de suelo después de la concentración de nitrato y amonio durante la incubación. En cada uno de los tiempos de muestreo, por encima de un 3,5 g submuestra de suelo de cada frasco Kilner se extrajo con 35 ml de KCl 2 M (con 1 hora de agitación) para determinar N-nitrato y N-amonio se utilizó la metodología de Keeny & Nelson (1982). La mineralización neta de N (MN) y nitrificación neta de N (NN) se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones:

$$NM(\mu\text{g Ng}^{-1}\text{d}^{-1}) = \frac{[NO_3^- + NH_4^-]_{final} - [NO_3^- + NH_4^-]_{inicial}}{\text{Tiempo de incubación (días)}}$$

$$NN(\mu\text{g Ng}^{-1}\text{d}^{-1}) = \frac{[NO_3^-]_{final} - [NO_3^-]_{inicial}}{\text{Tiempo de incubación (días)}}$$

#### 6.2.4. Análisis estadístico

Las diferencias en las variables medidas entre las muestras de vermicompost fueron probados mediante el ANOVA de una vía y la prueba post hoc de Fisher. Los supuestos del análisis de la varianza (normalidad y homocedasticidad ) fueron probados mediante el uso de conjuntos de datos transformados  $[\log(\text{valor de la variable dependiente}) + 1]$  cuando fue necesario. La correlación entre las variables medidas se probó con el coeficiente de correlación de Pearson y la significancia fue aceptada con el  $P < 0,05$  en todos los casos.

### 6.3. Resultados

#### 6.3.1. Caracterización agroquímica de vermicompost producidos a partir de subproductos de la extracción de aceite esencial de *Bursera graveolens*

La Tabla 6.1 presenta las principales propiedades bioquímicas de los vermicompost producidos usando como materia prima principal los residuos provenientes de la extracción de aceite esencial a partir de las frutas de *B. graveolens*.

Tabla 6.1. Principales compuestos químicos de los RFBG y de los vermicompost. Letras diferentes significan una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ;  $n = 3$ ).

Producto Final	Materias primas	Materia orgánica (%)	Contenido de carbon total (%)	Contenido de nitrógeno total (%)	Relación C/N	Índice de germinación (%)	LAD <sup>a</sup> (%)	TPE <sup>b</sup> (%)	Relación LAD/N	Relación TPE/N	CMN <sup>c</sup> (mg N g <sup>-1</sup> residuos)	COD <sup>d</sup> (mg TOC g <sup>-1</sup> residuos)
RFBG	Subproducto de <i>Bursera graveolens</i>	69.3 <sup>a</sup> ±3.4	40.8 <sup>a</sup> ±1.4	1.16 <sup>a</sup> ±0.04	35.0 <sup>a</sup> ±1.9	103.6 <sup>a</sup> ±34.3	11.0 <sup>a</sup> ±0.9	2.8 <sup>a</sup> ±0.2	9.4 <sup>a</sup> ±0.4	2.5 <sup>a</sup> ±0.27	0.26 <sup>a</sup> ±0.12	12.8 <sup>a</sup> ±3.1
BPK	Subproducto de <i>Bursera graveolens</i> y residuos de cocina; 50:50.	58.1 <sup>b</sup> ±2.7	34.8 <sup>b</sup> ±0.4	2.93 <sup>b</sup> ±0.12	11.9 <sup>b</sup> ±0.4	63.9 <sup>b</sup> ±22.0	2.6 <sup>b</sup> ±0.2	0.8 <sup>b</sup> ±0.3	0.88 <sup>b</sup> ±0.1	0.27 <sup>b</sup> ±0.11	2.74 <sup>b</sup> ±1.14	26.8 <sup>b</sup> ±3.4
BPP	Subproducto de <i>Bursera graveolens</i> y estiércol de cerdo; 50:50.	63.1 <sup>b</sup> ±5.2	35.0 <sup>b</sup> ±1.9	2.63 <sup>b</sup> ±0.17	13.3 <sup>c</sup> ±0.1	97.5 <sup>a</sup> ±18.8	3.8 <sup>c</sup> ±0.3	1.6 <sup>c</sup> ±0.2	1.44 <sup>c</sup> ±0.1	0.60 <sup>c</sup> ±0.12	2.23 <sup>b</sup> ±0.86	33.8 <sup>c</sup> ±3.2
BPS	Subproducto de <i>Bursera graveolens</i> , residuos de king grass y estiércol de cabra; 50:25:25)	61.7 <sup>b</sup> ±4.3	34.4 <sup>b</sup> ±1.4	2.76 <sup>b</sup> ±0.12	12.4 <sup>b</sup> ±0.9	44.9 <sup>c</sup> ±14.7	3.0 <sup>d</sup> ±0.1	1.4 <sup>c</sup> ±0.3	1.11 <sup>d</sup> ±0.1	0.51 <sup>c</sup> ±0.11	1.56 <sup>c</sup> ±0.49	21.7 <sup>b</sup> ±2.2

<sup>a</sup>Lignina ácido detergente

<sup>b</sup>Total de polifenoles extraíbles

<sup>c</sup>Capacidad para la mineralización del N. Un valor negativo indica que el NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N fue consumido en lugar de estar en libertad y por lo tanto no había una inmovilización neta de N (biológico y / o químico-físico)

<sup>d</sup>Carbono orgánico disponible (agua caliente extraíble)

Los residuos de la extracción de aceite esencial de *B. graveolens* tiene una relativamente alta concentración de materia orgánica (medida como pérdida por calcinación) en un promedio de 69%. No se encontró diferencias significativas entre los vermicompost producidos. Como era de esperar, la materia orgánica del subproducto (40,8%) y vermicompost (34,7% en promedio) estuvieron estrechamente relacionados con el contenido de carbono orgánico ( $r = 0,91$ ;  $p < 0,05$ ).

El N total de los vermicompost osciló entre 2.63 a 2.93% y fue más del doble que la de los RFBG (1,16% en promedio) y la más alta concentración se logró con los residuos de cocina. La relación C/N del subproducto osciló alrededor de 35. Sin embargo, los vermicompost obtenidos utilizando este subproducto tiene una relación C/N entre 11,9 - 13,3, lo que los hacen más adecuado para fines agrícolas. De hecho, el potencial de mineralización de N (PMN), que se ha utilizado como indicador de la disponibilidad del material de N para el subproducto en el corto plazo fue negativo (por ejemplo, el potencial para la inmovilización de N a corto plazo cuando se aplica a suelos) mientras que fue positivo en los vermicompost con valores que van de 1.56 a 2.74 mg N g<sup>-1</sup>.

En general, el índice de germinación fue superior al 80% para el subproducto (se evidencia una falta de fitotoxicidad) y, por tanto, los vermicompost hechos de estiércol de cabra y residuos del pasto king grass son muy recomendables para fines comerciales. Sin embargo, para los vermicompost hechos de estiércol de cerdo y la de los residuos de cocina el índice de germinación fue de 43,5% y 62,3%, respectivamente, y por lo tanto existe cierto grado de fitotoxicidad. No hemos encontrado ninguna correlación significativa entre los valores del índice de germinación y las propiedades agroquímicas del subproducto y vermicompost ensayados. En este contexto, se deben realizar otros estudios con el fin de identificar los motivos por los cuales estos vermicompost mostraron un índice de germinación relativamente bajo.

### 6.3.2. Descomposición del carbono contenido en los vermicompost producidos a partir de los subproductos provenientes de la extracción de aceite esencial de *Bursera graveolens*

Como era de esperar las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo no enmendado fueron mayores en el suelo franco (334,9 µg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup>, 45 días) que en el suelo arenoso (207,0 µg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup>, 45 días) (Figura 6.1), con una tasa de emisión promedio diario de C-CO<sub>2</sub> de 2,2 veces mayor para el primero.

Estas diferencias son probablemente debidas a los niveles de materia orgánica y de carbono totales y la disponibilidad de carbono orgánico (Tabla 6.2), que fueron significativamente mayores en el suelo franco. La adición del RFBG y vermicompost con residuos de cocina, estiércol de cerdo y una mezcla de estiércol de cabra y king grass, resultaron en una mayor producción de CO<sub>2</sub> que de los suelos control no enmendadas, y esto fue independiente de la textura del suelo (Figura 6.1).

Tabla 6.2. Emisión acumulada de CO<sub>2</sub> y nitrificación neta durante 45 días en suelos franco y arenoso con el subproducto de Palo Santo y vermicomposts. Letras diferentes denotan diferencias significativas (ANOVA, p <0,05).

	Suelo franco			Suelo arenoso		
	Emisión acumulada de C-CO <sub>2</sub> (µg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> 45-días)	% de emisión de C-CO <sub>2</sub> añadido	Nitrificación neta (µg N g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	Emisión acumulada de C-CO <sub>2</sub> (µg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> 45-días)	% of C-CO <sub>2</sub> emission of that added	Nitrificación neta (µg N g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
RFBG	518.1 <sup>a</sup> ±10.8	12.9 <sup>a</sup> ±0.2	-0.98 <sup>a</sup> ±0.02	191.4 <sup>a</sup> ±24.6	4.8 <sup>a</sup> ±0.6	-0.3 <sup>a</sup> ±0.01
BPK	1377.9 <sup>b</sup> ±20.8	34.4 <sup>b</sup> ±0.5	0.81 <sup>b</sup> ±0.13	820.6 <sup>b</sup> ±38.0	20.5 <sup>b</sup> ±0.9	0.28 <sup>b</sup> ±0.09
BPP	1530.3 <sup>c</sup> ±31.4	38.2 <sup>c</sup> ±1.1	0.69 <sup>b</sup> ±0.08	935.0 <sup>b</sup> ±72.1	23.4 <sup>b</sup> ±1.8	0.20 <sup>c</sup> ±0.14
BPS	1041.9 <sup>d</sup> ±19.2	26.4 <sup>d</sup> ±0.4	0.53 <sup>c</sup> ±0.17	518.5 <sup>c</sup> ±28.4	12.9 <sup>c</sup> ±0.7	0.11 <sup>d</sup> ±0.12

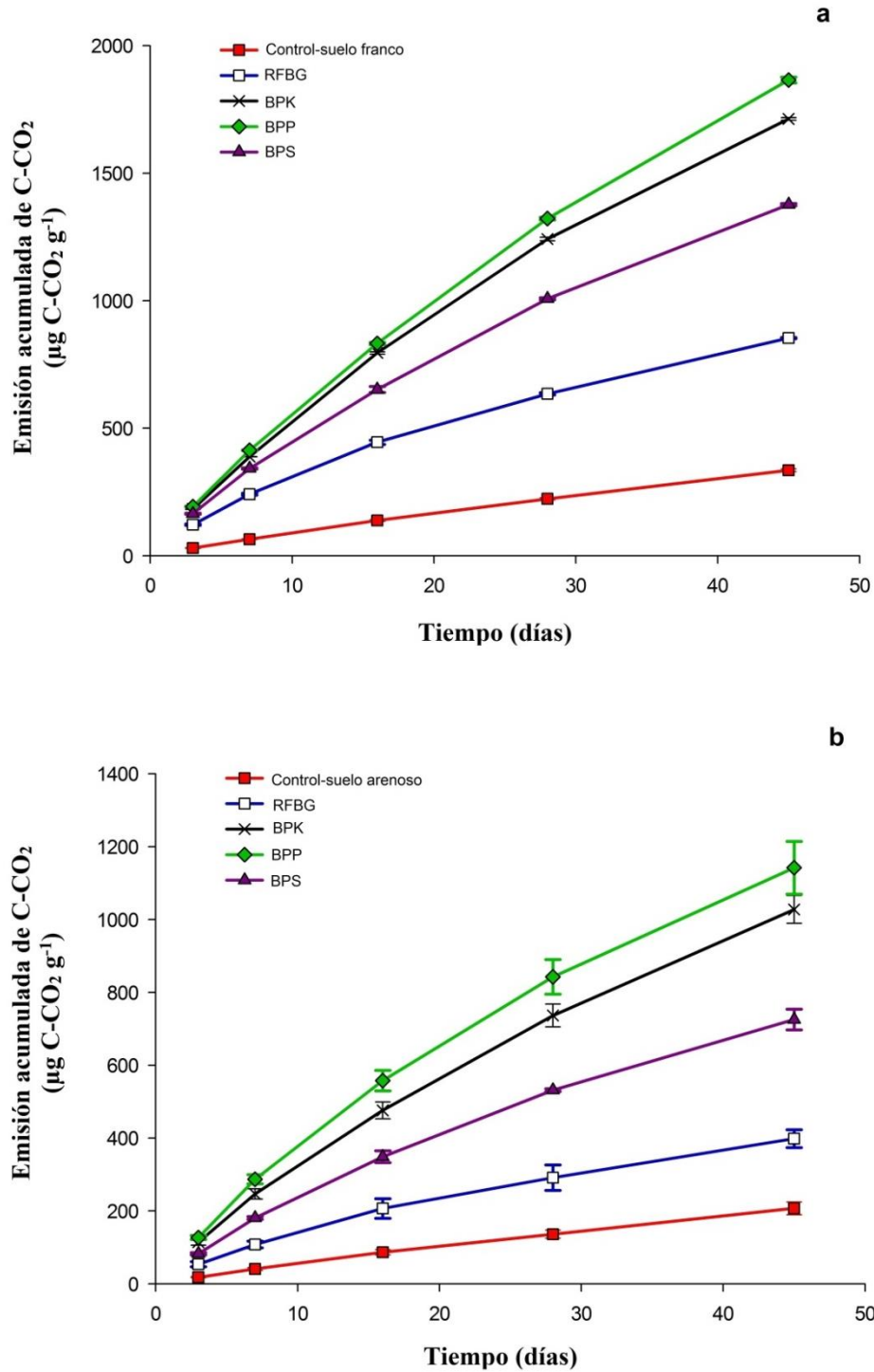


Figura 6.1. Emisión de C-CO<sup>2</sup> (µg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup>) después de la adición del subproducto de la extracción de aceite esencial del fruto de Palo de Santo (BP) y vermicompost hechos a base de este subproducto y residuos de cocina (BPK), estiércol de cerdo (BPP) y una mezcla de estiércol de cabra y king grass (BPS) en un suelo franco (a) y suelo arenoso (b). Las barras verticales representan la desviación estándar (n = 3).

La descomposición acumulada del carbono orgánico durante los 45 días fue significativamente mayor en los vermicompost hechos de estiércol de cerdo, seguido por los vermicompost hechos de residuos de cocina, de estiércol de cabra y pasto king grass; y esto fue así independientemente del tipo de suelo. Las emisiones acumuladas de C-CO<sub>2</sub> del subproducto solamente fueron significativamente mayores que los suelos control sin aplicación de RFBG pero siempre fue menor que la de los vermicompost. Durante los 45 días de incubación 12, 9, 34, 4, 38,2 y 24,0% del carbono orgánico añadido (4 mg C g<sup>-1</sup>) se emitió en forma de CO<sub>2</sub> en los suelos franco que recibieron el subproducto y vermicompost hecha de residuos de cocina, estiércol de cerdo y una mezcla de estiércol de cabra y pasto king grass, respectivamente (Figura 6.2).

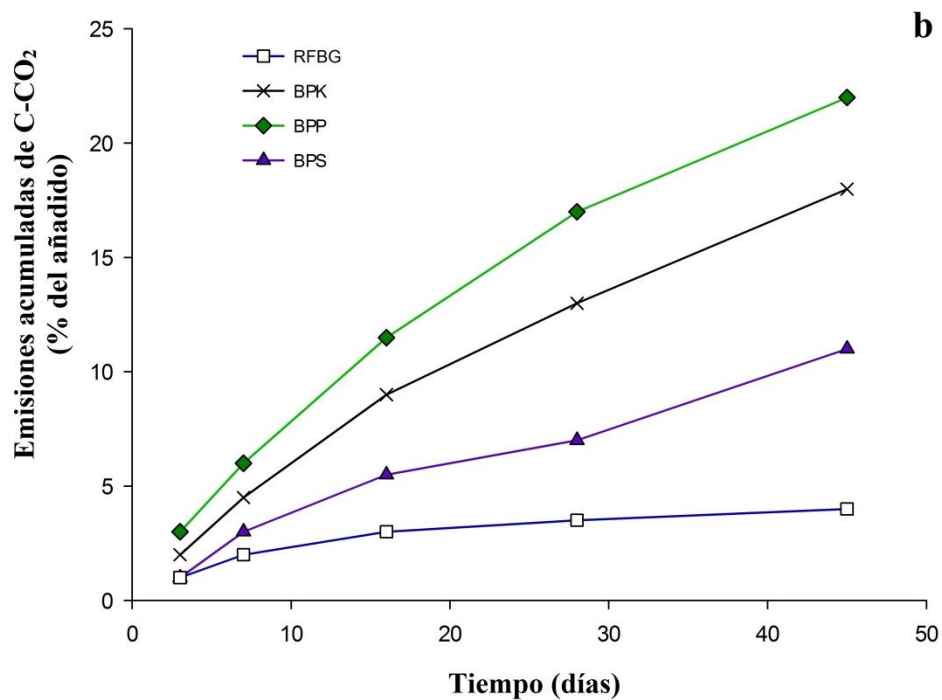
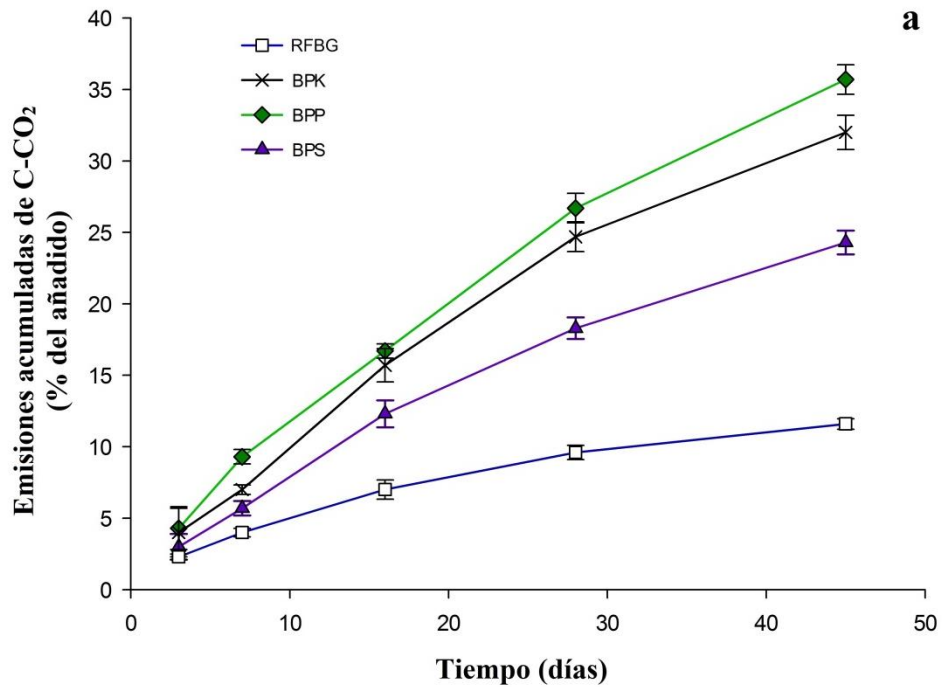


Figura 6. 2. Porcentaje de CO<sub>2</sub> emitido, 45 días después de la adición del subproducto de la extracción de aceite esencial del fruto de Palo de Santo (RFBG) y vermicompost hecho de esta por los residuos de cocina (BPK), estiércol de cerdo (BPP) y una mezcla de estiércol de cabra y pasto king grass (BPS) en un suelo franco (a) y suelo arenoso (b). Las barras verticales representan la desviación estándar (n = 3).

Tabla 6.3. Coeficiente de correlación Pearson entre la emisión de CO<sub>2</sub> acumulado y la nitrificación neta del RFBG y vermicompost con alguna propiedad agroquímica. Las correlaciones fueron significativas (P <0,05), excepto para el índice de germinación ("n" no significa correlación significativa).

	Contenido de C total (%)	Contenido de nitrógeno total (%)	Relación C/N	Índice de germinación (%)	LAD (%)	TPE (%)	COD <sup>f</sup> (mg TOC g <sup>-1</sup> )	Relación LAD/N	Relación de TPE/N	CMN <sup>e</sup> (mg N g <sup>-1</sup> )
LCCE <sup>a</sup>	-0.73	0.85	-0.87	n	-0.85	-0.77	0.91	-0.88	-0.86	0.78
SCCE <sup>b</sup>	-0.67	0.81	-0.83	n	-0.79	-0.73	0.89	-0.82	-0.82	0.78
LNN <sup>c</sup>	-0.83	0.95	-0.97	n	-0.96	-0.87	0.79	-0.98	-0.96	0.78
SNN <sup>d</sup>	-0.82	0.84	-0.88	n	-0.89	-0.76	0.78	-0.90	-0.86	0.77

<sup>a</sup>LCCE; emisión acumulada de C-CO<sub>2</sub> (μg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> 45-d) en suelo franco

<sup>b</sup>SCCE; emisión acumulada de C-CO<sub>2</sub> (μg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> 45-d) en suelo arenoso

<sup>c</sup>LNNRC; nitrificación neta de N (μg N g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) en suelo franco

<sup>d</sup>LNNRC; nitrificación neta de N (μg N g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) in suelo arenoso

<sup>e</sup>Capacidad para la mineralización del nitrógeno. Valor negativo indica que NH<sub>4</sub><sup>+</sup> -N se consume y por lo tanto no hay una inmovilización neta del N (biológico y / o químico-físico).

<sup>f</sup>Carbono orgánico disponible (agua caliente extraíble)

Estas correlaciones no son inesperados. De hecho, cuanto mayor es el contenido de lignina, polifenoles y la relación de C/N es alta, por ende menor es la descomposición. Por el contrario, cuanto mayor es el contenido de carbono orgánico disponible y mayores los contenidos de N la descomposición del C es más alto.

### **6.3.3. Mineralización de nitrógeno en los vermicompost producidos a partir de subproductos de la extracción de aceite esencial de *Bursera graveolens***

Las concentraciones de nitrato adicionadas con los vermicompost en el suelo franco fueron significativamente mayores que la del suelo no enmendado, 20 días después de la adición del vermicompost (Figura 6.3).

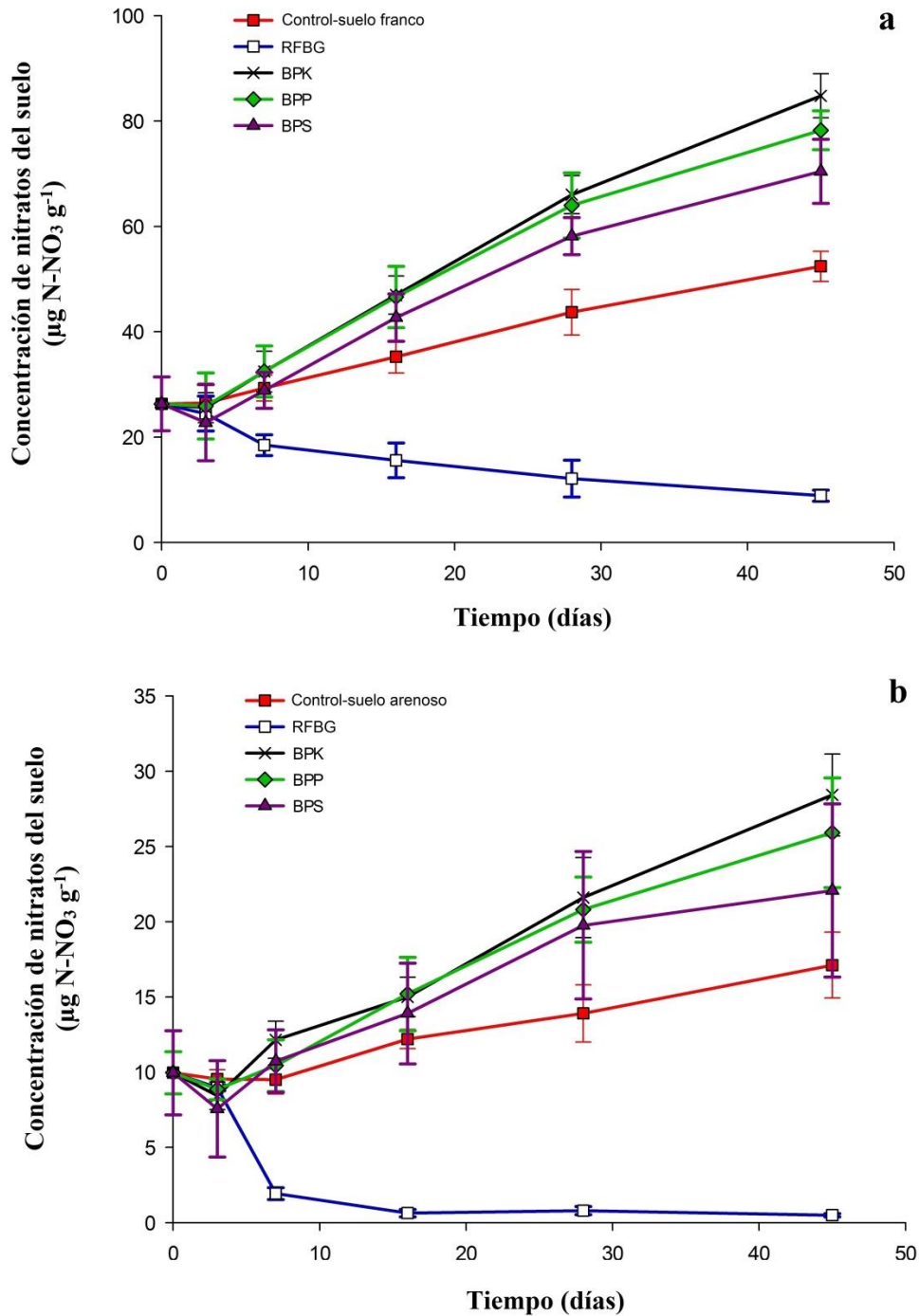


Figura 6.3. Concentración de nitrato en el suelo ( $\mu\text{g N-NO}_3 \text{ g}^{-1}$ ) después de la adición del subproducto de la extracción de aceite esencial de la fruta de Palo de Santo (BP) y vermicompost hecha de este subproducto y de residuos cocina (BPK), estiércol cerdo (BPP) y una mezcla de estiércol de cabra y King grass (BPS) en un suelo (a) franco y (b) suelo arenoso. Las barras verticales representan la desviación estándar ( $n = 3$ ).

Después de 45 días de incubación en los tratamientos de vermicompost las concentraciones de nitratos en el suelo fueron entre 1,35 a 1,61 veces mayor respecto al suelo control. Así, durante la descomposición del humus de lombriz, el nitrato se produjo y fue mayor para el vermicompost hecho a base de residuos de cocina y estiércol de cerdo (no hubo diferencias significativas entre ellos), seguido del tratamiento correspondiente a la mezcla de estiércol de cabra y pasto king grass (Figura 6.3). Curiosamente, el nitrato en el suelo disminuyó cuando al suelo se le añadió sólo RFBG, y al final de 45 días de incubación la concentración fue de  $9 \mu\text{g N-NO}_3^- \text{g}^{-1}$  y 6 veces menor que la del suelo de control (Figura 6.3).

En general, los patrones eran similares en el suelo arenoso, pero la concentración de nitratos fue mucho menor que en el suelo franco. (Figura 6.3). Así, el vermicompost hecho mezclando el subproducto de la extracción de aceite del fruto de *Bursera graveolens* y estiércoles localmente disponibles o abono verde (king grass) fueron las fuentes de nitrógeno disponible una vez aplicados al suelo, y la aplicación directa de estos vermicomposts a los suelos es una estrategia adecuada para proporcionar fuentes de nitrógeno relativamente disponible.

Las concentraciones de amonio en el suelo arcilloso y modificada con los vermicompost, aumentó entre los días 10 y 20, pero después disminuyó a valores iniciales. Sin embargo, en los suelos control con el subproducto, la concentración disminuyó a casi cero después de 10 días de incubación. En los suelos arenosos, la concentración de amonio fue siempre inferior a  $3 \mu\text{g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}$  sin ningún patrón claro (Figura 6.4).

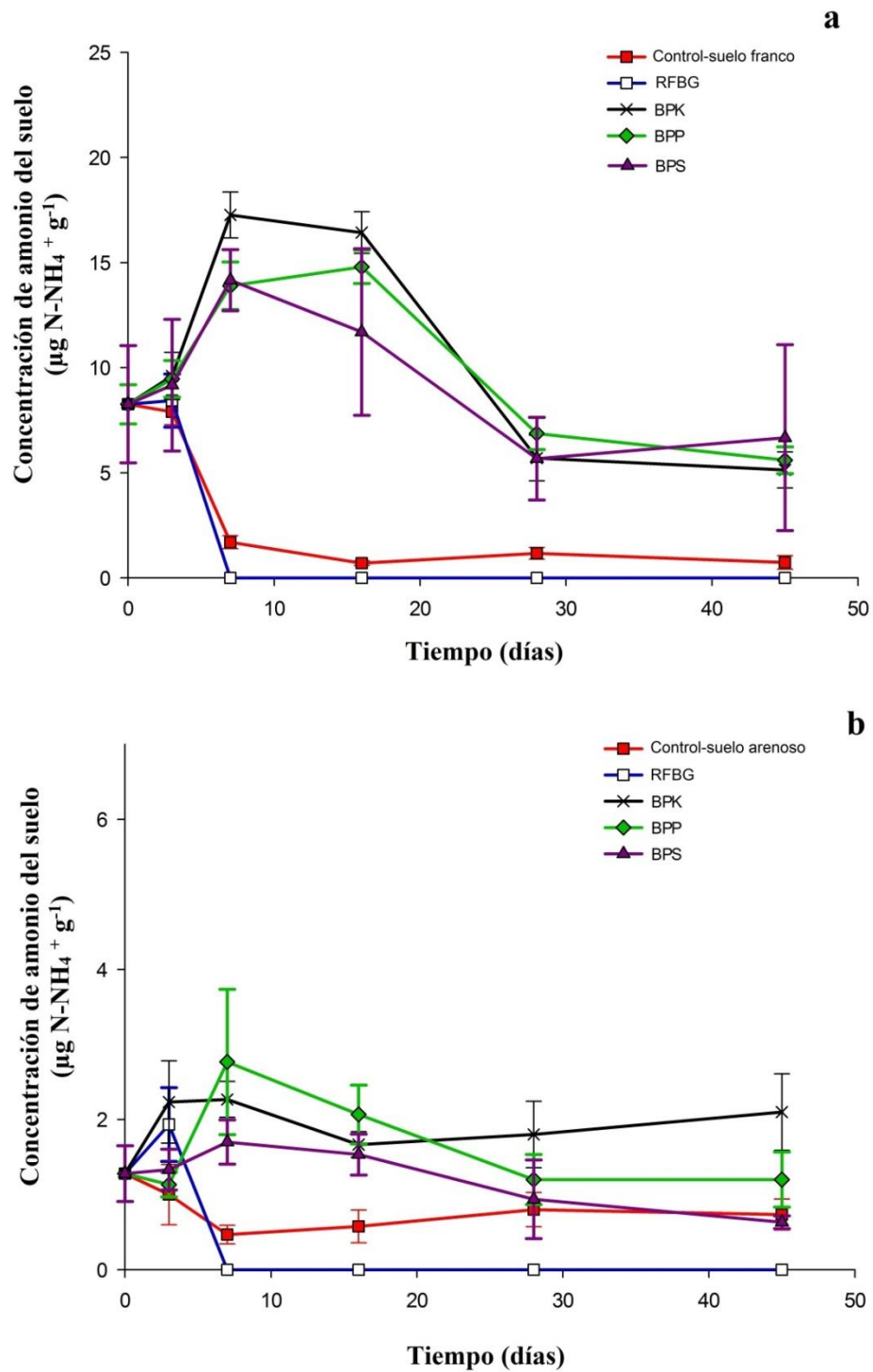


Figura 6.4. Concentración de amonio del suelo ( $\mu\text{g g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ ) después de la adición del subproducto de la extracción de aceite esencial del fruto de Palo de Santo (BP) y vermicompost hecho de este subproducto y residuos de cocina (BPK), estiércol de cerdo (BPP) y una mezcla de estiércol de cabra y king grass (BPS) en un suelo (a) franco y (b) arenoso. Las barras verticales representan la desviación estándar ( $n = 3$ ).

La tasa de nitrificación neta promedio fue de 1,23; 1,09 y 0,94  $3 \mu\text{g N g}^{-1} \text{d}^{-1}$  en los suelos que contenían vermicompost hechos de residuos de cocina, estiércol de cerdo y una mezcla de estiércol de cabra y king grass, respectivamente, y fueron significativamente más altos que el suelo testigo. Cuando se añadió el subproducto, la tasa de nitrificación neta fue negativa (inmovilización de N). Los patrones fueron similares en los suelos arenosos, pero con una tasa de nitrificación neta significativa menor que los encontrados en los suelos francos (Tabla 6.3).

Las tasas de nitrificación netas en ambos suelos francos y arenosos se correlacionaron positivamente con el contenido de N ( $r > 0,84$ ;  $p < 0,05$ ), carbono orgánico disponible ( $r > 0,77$ ;  $p < 0,05$ ) y el potencial de mineralización de N ( $r > 0,84$ ;  $p < 0,05$ ), mientras que se correlacionó negativamente con el contenido de carbono orgánico vermicompost ( $r > -0,82$ ;  $p < 0,05$ ), lignina ( $r > -0,89$ ;  $p < 0,05$ ) y los polifenoles contenidos ( $r > -0,76$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabla 6.3).

## **6.4. Discusión**

### **6.4.1. Caracterización agroquímica de los vermicompost producidos a partir de subproductos de la extracción de aceite esencial de *Bursera graveolens***

Los RFBG tienen una relativamente alta concentración de materia orgánica (69% en promedio). Estos valores son ligeramente superiores a otros subproductos obtenidos a partir de la extracción de aceites, tal es el caso del aceite de orujo (Gómez *et al.* 2011). Sin embargo en otros residuos vermicompostados como la paja de arroz (*Oryza sativa*), El-Haddad *et al.* (2014) encontraron un contenido de materia orgánica superior de 99,0%. Por otro lado, los vermicompost (BPK, BPP y BPS) utilizando como materia prima RFBG, mostraron valores significativamente menores de materia orgánica (60,9%); sin embargo, éstos contienen más materia orgánica que los encontrados en estiércoles de vacas, ovejas y aves de corral (Moral *et al.* 2005). Esto se debe quizá a la mezcla y contenido de materia orgánica de los RFBG y de las materias primas (residuos de cocina, pasto king grass, estiércoles de cerdo y cabras) utilizadas en este estudio.

Los resultados obtenidos en este estudio en relación al contenido en materia orgánica los hacen adecuados como mejoradores de los suelos. Por ejemplo, los suelos de los BST de Ecuador y Perú se caracterizan por contener bajos contenidos de materia orgánica (por lo general inferiores

al 1%) (Rasal *et al.* 2011) y, por lo tanto, la aplicación de RFBG y vermicomposts (BPK, BPP y BPS) son adecuados para aumentar la materia orgánica y el contenido de carbono de estos suelos.

El N total presente en los vermicompost (BPK, BPP y BPS) es considerado alto (2.63% a 2.93%) y están dentro de la gama de contenidos de N en abonos orgánicos (Moral *et al.* 2005); son más altos que los compost elaborados a partir de residuos vegetales sin aditivos (Goyal *et al.* 2005) y presentan mayores concentraciones que los descritos por Haddad *et al.* (2014) en paja de arroz (0,5%) y Singh *et al.* (2013) en vermicompost a partir de residuos de destilación (1.9%). Según Paul & Clark (1996) valores superiores al 2 % de nitrógeno son óptimos para la agricultura, por lo que podemos aseverar que los vermicompost estudiados serían excelentes como suministradores de N al suelo. Sin embargo, para Schweizer *et al.* (2003) estos contenidos de N total estarían sobrepasando este límite permisible para la etiqueta ecológica europea, puesto que según esta etiqueta un abono orgánico no debe exceder del 2 % de nitrógeno. El exceso de nitrógeno es tóxico para plantas y animales, causa problemas de calidad en los sistemas naturales especialmente en el agua (Elizondo, 2006); por ello, el uso de los vermicompost (BPK, BPP y BPS) deben ser estudiados en experimentos en campos de cultivo como por ejemplo el cultivo de maíz y arroz que se producen en la zona de estudio de Malvas y Chaquiro y/o a nivel de producción de plántulas en vivero.

La relación C/N de los RFBG oscila alrededor de 35 y por lo tanto su aplicación en el suelo puede causar algo de inmovilización de nutrientes durante su descomposición (Palm & Sánchez, 1991). Algunos investigadores afirman que una relación C/N adecuada está alrededor de 25 (Ndegwa & Thompson, 2000), por lo que el uso de los RFBG podrían afectar los procesos biológicos de microorganismos y cultivos, produciendo una inmovilización de nutrientes con lo que los procesos biológicos se verían afectados (Link & Lay, 2004; Tognetti *et al.* 2006). Sin embargo, los vermicomposts producidos a partir del RFBG (BPP, BPK y BPS) tuvieron una relación C/N de entre 11,9 - 13,3 lo que los hacen adecuados para fines agrícolas. Los vermicompost podrían ser utilizados por los campesinos agroforestales de las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos quienes utilizan agroquímicos (véase el Capítulo 3 de esta tesis doctoral) y lograr con el uso de estos abonos minimizar los impactos debidos al empleo de químicos sintéticos.

En general el índice de germinación de semillas fue superior al 80% para el RFBG evidenciando una baja fitotoxicidad (Emino & Warman, 2004) y los vermicompost hechos de estiércol de cabra y pasto king grass, son muy recomendables para fines agrícolas y comerciales (IG 96%). Sin embargo, para los vermicompost hechos con estiércol de cerdo y residuos de cocina el índice de germinación fue de 43,5% y 62,3% respectivamente, por lo tanto existe cierto grado de fitotoxicidad. Según Madrid *et al* (2000) el valor reducido de IG en el caso de los vermicompost en cuya composición hay excretas de cerdo, indica presencia de fitotoxinas asociadas a la inestabilidad de la materia orgánica en descomposición. Por otro lado, Marambe & Ando (1992) encontraron una correlación alta y negativa entre el contenido total de ácidos fenólicos en bioabonos de excreta animal y la absorción de agua ( $r = - 0,88$ ), la tasa de germinación ( $r = - 0,81$ ) y la actividad de la  $\alpha$  – amilasa ( $r = - 0,82$ ), lo cual significa que los ácidos fenólicos pueden ser uno de los principales inhibidores de la germinación de la semilla. Estos autores afirman que los residuos animales contienen sustancias promotoras e inhibidoras de la germinación cuyo balance determina su efecto sobre la semilla. Los resultados obtenidos por Marambe & Ando (1992) coinciden con nuestros resultados.

#### **6.4.2. Descomposición del carbono contenido en los RFBG y vermicompost**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el suelo no enmendado con RFBG y con los vermicompost fue mayor en el suelo franco (334,9  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ , 45 días) que en el suelo arenoso (207,0  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ , 45 días), con una tasa de emisión promedio diario de C-CO<sub>2</sub> de 2,2 veces mayor para los primeros. Estas diferencias se deben quizá a los niveles de materia orgánica, de carbono y la disponibilidad de carbono orgánico, que fueron significativamente mayores en el suelo franco. La aplicación del RFBG y los distintos vermicomposts hechos con residuos de cocina, estiércol de cerdo y una mezcla de estiércol de cabra y pasto king grass, resultaron en una mayor producción de CO<sub>2</sub> que de los suelos control no enmendados, y esto fue independiente de la textura del suelo. Esta respuesta está bien documentada y se debe a la utilización del carbono lábil para la síntesis de nueva biomasa microbiana y la consiguiente pérdida de parte de ella (aproximadamente 40%) a través de la respiración (Millar & Baggs, 2004). Como la fuente de C lábil se agota, la tasa de producción de CO<sub>2</sub> disminuye. Además, estos valores están dentro del rango encontrado por Ajwa & Tabatabai (1994).

La descomposición relativamente baja de C en los RFBG es debido probablemente a su carácter relativamente refractario (ya que contiene mayor contenido de lignina y polifenoles y por lo tanto hay más baja disponibilidad de carbono orgánico). Teniendo en cuenta la relativamente baja degradabilidad del RFBG y la ausencia de fitotoxicidad, la aplicación directa de este subproducto a los suelos es una estrategia apropiada para mejorar los niveles de materia orgánica del suelo y el carbono en los suelos sometidos a condiciones semiáridas. Sin embargo, la potencialidad de secuestro de carbono orgánico en el suelo a largo plazo tras la aplicación de este residuo debe ser profundizado e investigado aún más. Por lo general, el porcentaje de emisión acumulada de C-CO<sub>2</sub> fue entre el 36 al 61%, siendo mucho menor en el suelo arenoso que en el suelo franco durante los 45 días (Figura 6.2). Ésto quizá se deba a que las adiciones de RFBG y vermicompost en ambos suelos (francos y arenosos) correlacionaron positivamente con el carbono orgánico disponible ( $r > 0,89$ ;  $p < 0,05$ ) y con el contenido de N ( $r > 0,81$ ;  $p < 0,05$ ); sin embargo, correlacionaron negativamente con la relación carbono/nitrógeno ( $r > - 0,83$ ;  $P < 0,05$ ), carbono lignina ( $r > - 0,79$ ;  $p < 0,05$ ) y el carbono en polifenoles ( $r > - 0,73$ ;  $p < 0,05$ ) y el contenido de carbono orgánico ( $r > - 0,63$ ;  $P < 0,05$ ) (Tabla 6.3).

#### **6.4.3. Mineralización del nitrógeno**

Los resultados obtenidos en este estudio en relación a la mineralización del N concuerdan con los encontrados por Baggs *et al.* (2000), quienes observaron que la composición bioquímica, o la calidad de la fuente de materia orgánica añadida, determina la disponibilidad de N. El contenido de lignina y polifenoles de los vermicompost (BPK, BPP y BPS) han sido buenos índices para la predicción de la mineralización de N tras su incorporación a los suelos con umbrales típicos de mineralización neta inmediata, siendo  $>1,7\%$  de N,  $<15\%$  de lignina y  $<30$  - contenido de polifenoles totales extraíbles  $40\%$ . Estos umbrales descritos a partir de los cuales el N se libera durante la descomposición ajustan bien a los vermicompost, pero no fue el caso para los RFBG que contienen bajo contenido de N y relativamente alto contenido de lignina y de polifenoles. Las correlaciones negativas indicaron que durante la descomposición, el descriptor calidad del material, ejerció una fuerte influencia en la reducción de liberación del N. Según Mole & Waterman, (1986), encontraron que los contenidos de lignina y polifenoles, son los causantes en retardar la liberación de N en los residuos orgánicos, y esto lo hacen mediante la formación de compuestos recalcitrantes de N.

Para el RFBG no habría suficiente disponibilidad de N para que coincida con la disposición de C, y el resultado fue la inmovilización neta de N en el suelo. Los resultados de este estudio apoyan la hipótesis de que los taninos reducen la disponibilidad de N, secuestrando el N en forma de N orgánico lo que provoca la inmovilización neta del N. En este contexto, la aplicación de los RFBG a los suelos podría promover la inmovilización temporal del N disponible y ofrece el potencial de reducir las pérdidas de N, por ejemplo, la desnitrificación y la lixiviación cuando en el suelo el N no es demandado por las plantas.

## **6.5. Conclusiones**

Los vermicompost elaborados con los RFBG fueron productos valiosos para la utilización agrícola. El contenido de nitrógeno total fue relativamente alto ( $> 2,63\%$ ) y contenidos relativamente bajos de la relación C/N ( $<13,3$ ), lignina ( $<3,8\%$ ) y polifenoles ( $<1,8\%$ ). La disponibilidad de N se incrementó en los suelos franco y arenoso tras la adición de los vermicompost. Sin embargo, la aplicación del RFBG en los suelos, inmovilizó el N durante su descomposición. Éste comportamiento es valioso cuando se requiere que el N disponible sea retenido, principalmente debido al contenido de N relativamente bajo y cuando hay una alta relación C-N como en el caso del RFBG. Además, la relativamente baja descomposición de C del RFBG hizo que su aplicación al suelo sea altamente recomendable como estrategia para aumentar los niveles de materia orgánica y C, y recuperar de esta forma los suelos de los BST de Ecuador que se caracterizan por contener bajos niveles de materia orgánica.

## **CAPÍTULO VII**

### **IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE HONGOS NATIVOS XYLARIALES POTENCIALES DESCOMPONEDORES DE RESIDUOS DE LOS FRUTOS DE *B. graveolens***

## 7.1. Introducción

El orden Xylariales Nannf. (Sordariomycetes) contiene más de 92 géneros y 795 especies (Smith *et al.* 2003). Los Xylariales se caracterizan por tener ascomas de color oscuro, globosos o en forma de pera y ostiolados, con peritecios que contienen paredes gruesas (Alexopoulos & Mims, 1952; Smith *et al.* 2003). Los ascos unitunicados presentan ocho ascosporas con aparato apical amiloide que se mezclan con los paráfisis, formando una capa de himenio persistente (Ainsworth *et al.* 1973; Smith *et al.* 2003). Las ascosporas usualmente pigmentadas, poseen poros germinales o hendiduras germinales y pueden o no ser transversalmente septadas variando considerablemente en forma y tamaño (Barr, 1990; Hawksworth *et al.* 1995; Smith *et al.* 2003). Generalmente hay ocho ascosporas por asco, pero algunas especies pueden producir solo cuatro o menos, y otras hasta treinta y dos o más (Alexopoulos & Mims, 1952). Este orden está constituido por hongos saprobios, esencialmente aquellos pertenecientes a la familia Xylariaceae Tul. & C. Tul (Pin Ruan *et al.* 2007; Márquez Sánchez *et al.* 2007, 2008; Kodsueb *et al.* 2008; Oses *et al.* 2008). Algunos géneros de esta familia que habitan en la región tropical como *Biscognauxia* spp. y *Xylaria* spp. disminuyen los contenidos de lignina en maderas de angiospermas y gimnospermas (Abe, 1989; Nilsson *et al.* 1989; Pointing *et al.* 2003).

El género *Xylaria* Hill ex Schrank es uno de los 85 géneros identificados para la familia Xylariaceae (Xylariales, Sordariomycetes, Ascomycota) (Kirk *et al.* (2008). Existen más de 300 especies en este género y se hallan distribuidas ampliamente pero preferentemente en los trópicos (Medel, 2007; Trierveiler-Pereira *et al.* 2008). Las especies de *Xylaria* se caracterizan por generar ascomas cilíndricos o aplanados, a veces ramificados y de color oscuro; usualmente pueden generar conidias de color blanco en el extremo superior del ascoma y a menudo en el mismo lugar forman los peritecios (Webster & Weber, 2007). Microscópicamente las especies de *Xylaria* presentan ascos unitunicados con anillo apical amiloide, ascosporas generalmente pigmentadas y en número de ocho en cada asco, con probables variaciones en número menores a cuatro y superiores a treinta y dos (Barr, 1990; Hawksworth *et al.* 1995; Smith *et al.* 2003; Webster & Weber, 2007). En la identificación molecular de *Xylaria* spp. generalmente se aplica

la región ITS<sup>12</sup> considerada como barcoding universal para hongos (Schoch *et al.* 2012) o la región LSU de ADNrn (Stadler *et al.* 2008; Mugambi & Huhndorf, 2009; Hsieh *et al.* 2010; Fournier *et al.* 2011; Suetrong *et al.* 2011; Ho *et al.* 2012; Ramesh *et al.* 2012).

Estos hongos se describen como descomponedores o saprobios de materia orgánica (Rogers *et al.* 2005; Fukasawa *et al.* 2009; Osono *et al.* 2011). Degradan hojarasca y maderas ricas en lignina y celulosa (Lyons *et al.* 2003; Oses *et al.* 2008) contribuyendo de esta forma en los ciclos del nitrógeno (Osono *et al.* 2011) y del carbono (Kendrick, 2000; Liers *et al.* 2006; Nghi *et al.* 2012). Adicionalmente especies de *Xylaria* pueden ser endófitos en hojas, tallos y raíces de plantas vasculares (Bayman *et al.* 1998; Guo *et al.* 2000; Davis *et al.* 2003; Park *et al.* 2007; Okane *et al.* 2012), patógenos en animales, plantas y en otros hongos (Ko & Kunimoto, 1991; Schoch *et al.* 2009) e inclusive simbioses con termitas para la formación de sus nidos (Rogers *et al.* 2005; Okane & Nakagiri, 2007; Visser *et al.* 2009). Varias especies de *Xylaria* son altamente específicas para degradar ciertos sustratos como por ejemplo maderas de las familias Lauraceae, Meliaceae, Moraceae, Sapindaceae o Anacardiaceae (Chaparro *et al.* 2009), como también madera de *Abies* spp., *Dipterocarpus* spp., *Eucalyptus urograndis*, *Fagus* spp., *Pinus* spp., *Quercus* spp. y *Tectona* spp. (González *et al.* 2009; Osono *et al.* 2011; Fukasawa *et al.* 2012; Rodrigues *et al.* 2014). Sin embargo de acuerdo a la revisión bibliográfica efectuada para Ecuador y América Latina, no se han identificado ninguna especie de *Xylaria* que crezca y descomponga la madera de *B. graveolens*.

Los hongos saprófitos *Xylaria* se nutren de sustancias que se producen como resultado de la descomposición de la materia orgánica muerta, y son un eslabón muy importante en el equilibrio de los ecosistemas (Muller, 1976). En este contexto, en el Capítulo 4 de esta tesis doctoral, se determinó la biomasa acumulada de *B. graveolens* y la productividad de frutos. Igualmente, de los residuos de frutos de *B. graveolens* (RFBG) en el Capítulo 6 se determinó que es posible obtener vermicompost útiles para el sector agrícola; y, a fin de profundizar en el tema de biodegradación, en el presente capítulo se estudian los hongos que crecen en la madera muerta de *B. graveolens* y con ello determinar la diversidad genética. Sin embargo, en Ecuador existe una

---

<sup>12</sup> Espaciador transcrito interno (ITS) se refiere al ADN espaciador situado entre la pequeña subunidad de ARN ribosomal (rRNA) y subunidad grande de genes de ARNr en el cromosoma o el correspondiente transcrito región en el policistrónico precursor rRNA transcripción.

alarmante escasez de investigaciones sobre taxonomía morfológica y molecular en la identificación de ascomicetes como especies de *Xylaria* (Reid *et al.* 1981). Por otra parte, hay una serie de trabajos que han puesto de manifiesto la alta diversidad molecular de especies de ascomicetes en bosques tropicales, pero a nivel del orden Xylariales (Herrera *et al.* 2010). Bajo estos antecedentes este capítulo pretende identificar morfológica y molecularmente ascomas y aislamientos en cultivos puros de especies de ascomicetes, que se desarrollan como potenciales descomponedores de la madera de *B. graveolens* muestreadas en el bosque seco tropical de Loja, al sur del Ecuador. Los resultados de este trabajo sirven de base para determinar la capacidad de producción de enzimas extracelulares, como se detalla en el Capítulo 8 de esta tesis doctoral.

## **7.2. Materiales y métodos**

### **7.2.1. Muestreo**

Los especímenes (n = 35) se recolectaron en épocas lluviosas entre los meses de febrero 2009-mayo 2010. Los ascomas se tomaron de distintas partes de madera muerta y en descomposición de *B. graveolens*, tales como ramas, albura y duramen. La madera en descomposición fue reconocida por el olor característico a incienso (Bernal & Correa, 1990; Sánchez *et al.* 2006; Yukawa *et al.* 2006; Tene *et al.* 2007; Alonso-Castro *et al.* 2011).

### **7.2.2. Identificación morfológica**

Se analizaron algunos caracteres macro-morfológicos que incluyeron el tamaño, color y textura de los ascomas siguiendo la metodología desarrollada por Stadler *et al.* (2004). El tamaño del ascoma fue documentado calculando la media del total de mediciones de todos los ascomas pertenecientes a una morfo-especie. Las estructuras microscópicas de los especímenes se observaron mediante el microscopio de luz (ML) Axiostar plus Zeiss a 1000X de magnificación. Los diferentes cortes de los ascomas se realizaron a mano con una hoja de rasurar apoyados en el estereomicroscopio ZEISS Stemi DV4. Los cortes se montaron en agua destilada y en Lugol (5g de yodo y 10g de yoduro de potasio en 100 ml agua destilada). La tinción con Lugol es específica para la identificación del anillo apical amiloide en los ascos (Rogers *et al.* 2005). Además del Lugol se usó KOH al 10 % como aclarante (Stadler *et al.* 2008). Se tomaron fotografías al

Microscopio Electrónico (SEM), utilizando la técnica de baño de oro y las muestras se analizaron con el equipo JEOL mod. JSM-5800.

Las mediciones de las diferentes microestructuras como peritecios, paráfisis y ascos fueron en número de 20 para el largo y ancho ( $\mu\text{m}$ ). En el caso de las ascosporas se efectuaron 30 mediciones para el largo y ancho ( $\mu\text{m}$ ). Los rangos de tamaños más probables para cada microestructura de los diferentes especímenes se obtuvieron tomando la media y la desviación estándar de todas las mediciones. Los valores extremos se detallan para cada muestra en paréntesis. Los registros fotográficos se hicieron mediante la cámara Canon Power Shot G10.

Los especímenes fueron ilustrados a mano en cuadrícula milimetrada con una escala de  $1\text{ cm}^2 = 5\ \mu\text{m}^2$ . Para la identificación morfológica se siguió claves taxonómicas a uso para *Xylaria* neotropicales (Rogers *et al.* 2005; Hanlin, 2001; Medel, 2002; Medel *et al.* 2008; Hladki & Romero. 2010). Los especímenes estudiados se encuentran depositados en la sección Fungario (F) del Herbario de la Universidad Técnica Particular de Loja (HUTPL).

### **7.2.3. Obtención de cultivos**

Para el cultivo de los ascomas, se tomaron segmentos de aproximadamente  $5\text{ mm}^2$ . La desinfección se realizó con hipoclorito de sodio al 5% durante un período de 3 minutos, con enjuagues alternados de agua destilada estéril durante 3 minutos, seguido de lavado con etanol al 70% durante 1 minuto y enjuague final con agua destilada estéril durante 1 minuto (Nazareno *et al.* 2002; Chaparro *et al.* 2009). Los segmentos de los ascomas ya desinfectados fueron colocados en cajas Petri con medio EMA (extracto de malta agar). Los cultivos fueron incubados a  $25^\circ\text{C}$  hasta verificar el crecimiento miceliar, para inmediatamente realizar el repique respectivo y tratar de garantizar la pureza de los cultivos.

### **7.2.4. Extracción de ADN, PCR y secuenciación**

Se realizaron dos extracciones de ADN. La primera para determinar la correspondencia genética a nivel de órdenes y la segunda para el análisis a nivel de género y especie. El ADN total se extrajo tomando aproximadamente  $100\ \mu\text{g}$  de muestra desde los ascomas secos o desde los

cultivos puros, sin ningún tratamiento previo. El protocolo de extracción seguido fue aquel especificado por DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen). La amplificación de ADN se realizó utilizando la combinación de primers universales ITS1/LR5 o ITS1/NL4: ITS1 5' TCC GTA GGT GAA CCT GCG G 3' (White *et al.* 1990), LR5 5' TCC TGA GGG AAA CTT CG 3' [95], NL4 5' GGT CCG TGT TTC AAG ACG G 3' (White *et al.* 1990) para amplificar la región ITS y LSU parcial D1/D2. Las condiciones de PCR fueron las siguientes: desnaturalización inicial a 98°C por 30s, 30 ciclos, cada ciclo consta de un paso de desnaturalización a 98°C de 10s, anillamiento de los primers a 60°C durante 20s, extensión a 72°C durante 30s y una extensión final a 72°C durante 10min. El volumen de reacción de PCR fue de 20µL que incluyó 10 µL de 2x Phusion™ Flash High-Fidelity PCR Master Mix, Finnzymes, 6.4µL de agua dd esteril, 0.4 µL por primer (25 pmol/µL), 0.8 µL de Bovine Serum Albumin (BSA-SIGMA) al 10% con concentración final 0.8 µg µl<sup>-1</sup> [34] y 2 µL correspondientes a cada muestra. El éxito de las PCR fue visualizado en 1% de agarosa conteniendo una solución de GelRed 3X nucleic acid stain como lo recomienda el productor (Biotium, Hayward, CA, USA). Los productos de PCR fueron secuenciados en la empresa MacroGen Seoul-Korea. Todas las secuencias obtenidas de este estudio poseen los números de acceso en el GenBank como se indica en la Tabla 7.2.

#### **7.2.5. Análisis filogenético**

Los cromatogramas de las secuencias fueron verificados con el software Sequencher 4.6 (Gene Codes, Ann Arbor, MI). Supuestas quimeras en las secuencias fueron analizadas en fragmentos de 100 bp (pares de bases) usando BLAST del GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Se elaboró un árbol a partir de secuencias consenso para la región ITS-5.8S y LSU parcial D1/D2 únicamente con las secuencias obtenidas en este estudio. Luego se efectuaron dos análisis separados para las regiones ITS-5.8S y LSU parcial más las secuencias similares descargadas de la base de datos GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) (Tabla 2). Los análisis fueron de Maximum Likelihood (ML) (Stamatakis, 2006; Tamura, 2011) con 1000 réplicas de bootstrap (BS) (Felsenstein, 1985) generado en el programa MEGA5 (Tamura *et al.* 2011). Todos los alineamientos fueron efectuados con la estrategia GINSI en el programa MAFFT.

### 7.3. Resultados

#### 7.3.1. Identificación morfológica

De los 35 especímenes recolectados, 10 se definieron morfológicamente como *Xylaria feejeensis* (Berk.), 10 como *Xylaria cf. microceras* (Mont.) Berk, 9 pertenecientes al orden Xylariales, 1 al orden Tubeufiales y 5 especímenes fueron excluidos de los análisis porque no presentaron la madurez adecuada para poder reconocer estructuras de desarrollo necesarias para su correcta identificación (Tabla 7.1). A los especímenes de los órdenes Xylariales y Tubeufiales se les realizó la descripción morfológica y se determinaron hasta este nivel taxonómico. Sin embargo, no se pudo identificar a mayor detalle por la falta de claves taxonómicas. Con el apoyo del análisis molecular se detalló su filogenia más probable.

*Xylaria feejeensis* (Berk.) Fr. Nova Acta Regiae Soc. Scient. upsal., Ser. 3 1(1): 128 (1851).  
(Figura 7.1. a-e).

*Tipo:* Brasil. Estado de Sta. Catharina, Blumenau, auf abgestorbenem Baumstamen, E. Ule, Herbarium Brasiliense 793 (*non vid*).

*Ascomas* clavados, solitarios o en pequeños grupos, con una superficie exterior rugosa con escamas de color café, endostroma de color blanquecino a café claro, de 40 – 50 × 2 – 3 mm en su parte fértil y de 8 – 9 mm en su estípite. *Peritecios* subglobosos de 200 – 250 × 180 – 200 µm, con ostíolos papilados, ligeramente sobresaliendo de la superficie. *Ascós* cilíndricos, octosporados, de (57–) 59 – 65 (–67) × (6–) 7 – 8 (–9) µm, la parte que contiene las esporas 50–60 µm de longitud, con anillo apical amiloide, cuadrado en vista lateral, de color azul oscuro, de 1.5 × 2 µm. *Ascosporas* uniseriadas, de color café oscuro, fusiformes, de (9–) 10 – 11 (–12) × (3–) 4 – 5 (–6) µm, con línea germinal larga y centrada. Paráfisis no vistas.

Tabla 7.1. Especímenes descritos morfológicamente correspondientes a *Xylaria feejeensis*, *Xylaria cf. microceras*, hongos Xylariales y Tubeufiales. Los códigos de cultivos puros corresponden a los aislamientos obtenidos de sus correspondientes ascomas.

Código de espécimen (ascomata)	Determinación morfológica	Código de cultivo puro
HCF2*	Xylariales	--
HCF3	Xylariales	HCF3c
HCF7	Xylariales	--
HCF8	Xylariales	--
HCF9	Xylariales	HCF9c
HCF10	Xylariales	--
HCF11	Xylariales	HCF11c
HCF12	Xylariales	--
HCF13	Xylariales	--
HCF14	Tubeufiales	--
xml VC8*	<i>Xylaria cf. microceras</i>	1m VC1
VCF1*	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
VCF2	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
VCF6	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
VCF7	<i>Xylaria cf. microceras</i>	VCF7c
VCF8	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
VCF15	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
VCF17	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
VCF18	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
VCF19	<i>Xylaria cf. microceras</i>	--
Vcf3	<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF3c
Vcf4	<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF4c
Vcf5	<i>Xylaria feejeensis</i>	--
VCF9	<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF9c
VCF10	<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF10c
VCF11	<i>Xylaria feejeensis</i>	Cn VC3
VCF12	<i>Xylaria feejeensis</i>	CB VC4
VCF13	<i>Xylaria feejeensis</i>	--
VCF14	<i>Xylaria feejeensis</i>	--
VCF16	<i>Xylaria feejeensis</i>	--

Códigos con HCF\* significan: Humberto Carrión Fructificación

Códigos con VCF\* significan: Vinicio Carrión Fructificación

Código xml VC8\* significa: fructificación de *Xylaria cf. microceras*

*Especímenes examinados:* AMÉRICA DEL SUR: ECUADOR. Loja, cantón Zapotillo, comunidad Malvas, 21 de junio de 2009, Vinicio Carrión, vcf3; Vinicio Carrión, vcf5; 24 de mayo de 2010, Vinicio Carrión, vcf9; Vinicio Carrión, vcf10; Vinicio Carrión, vcf11; Vinicio Carrión, vcf12; Vinicio Carrión, vcf13; Vinicio Carrión, vcf14; Vinicio Carrión, vcf16. Comunidad Chaquiro, 21 de junio de 2009, Vinicio Carrión, vcf4.

Hábitat: lignícolas, en madera descompuesta de *B. graveolens*, ± 232-291 msnm.

*Comentarios:* Los especímenes examinados en el presente estudio poseen ascosporas que miden (9–) 10 – 11 (–12) × (3–) 4 – 5 (–6) μm, similares a las medidas 8 – 10 (–11) × 4 × 5,5 μm descritas para especímenes de *X. feejeensis* (Berk.) Fr., reportados de Brasil (Dennis, 1956) y de 10 – 12 (– 12,5) × 4,5 – 5 μm de especímenes colectados en México (Medel *et al.* 2008). Sin embargo, las medidas de las ascosporas para nuestros especímenes de *X. feejeensis* son más grandes al compararlos con las medidas de 8,5 – 9,5 × 4,5 – 5,0 μm de *X. feejeensis* reportado desde Costa Rica (Martín, 1970) o de otras regiones 7,5 – 9 μm × 4,5 μm [9, 71]. Estos datos sugieren que el tamaño de ascosporas en esta especie es altamente variable.

*Rango de distribución geográfica:* *X. feejeensis* se la ha reportado creciendo sobre madera de dicotiledóneas en bosque tropical caducifolio o bosque mesófilo de montaña (Medel *et al.* 2008), distribuida en varios países americanos como Puerto Rico (Callan & Rogers, 1990), México (Medel *et al.* 2008), Brasil, Guyana Francesa, Trinidad, Dominicana y en Jamaica (Dennis, 1956). Para Ecuador se ha reportado *X. feejeensis* desde la zona insular de Galápagos (Reid *et al.* 1981). No obstante es la primera vez que se reporta esta especie para bosque seco tropical en Ecuador continental como potencial descomponedor de madera de *B. graveolens*.

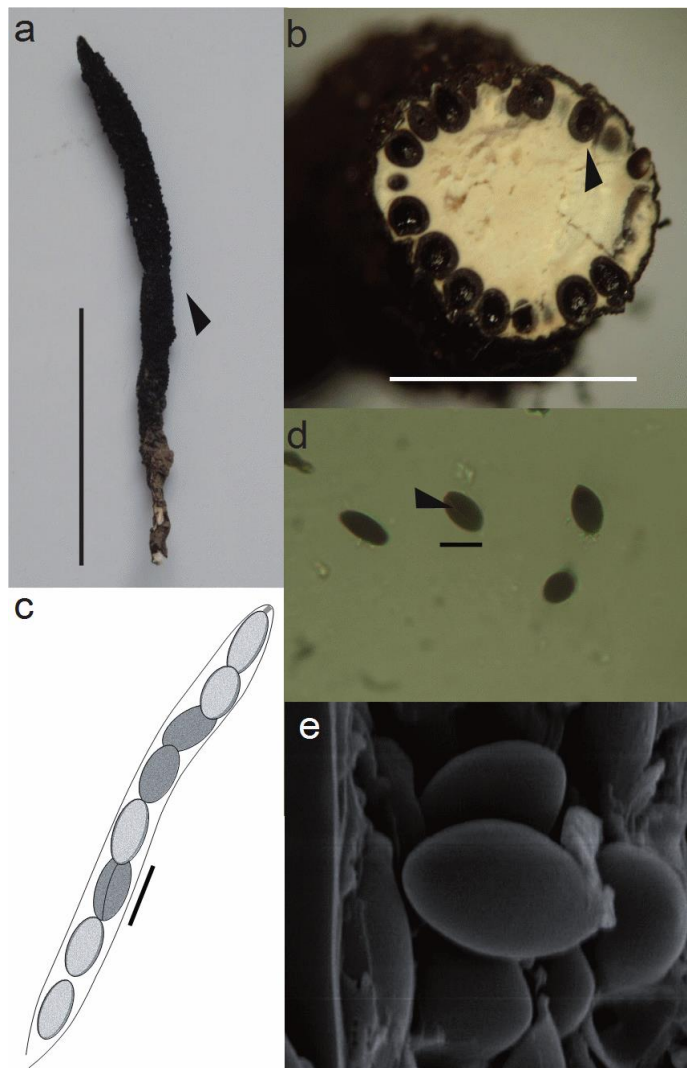


Figura 7.1. Características macro y microscópicas de *X. feejeensis*; **a.** Ascoma; **b.** Corte transversal de un ascoma, la flecha indica un peritecio; **c.** Asca con ocho esporas. **d-e.** Ascosporas vistas con microscopía de luz o microscopía de barrido, la flecha indica la línea germinal. Escalas **a** 2.5 cm; **b** 2mm; **c** 10  $\mu$ m; **d** 5  $\mu$ m.

*Xylaria cf. microceras* (Mont.) Berk., Nova Acta Regiae Soc. Scient. upsal., Ser. 3 1(1): 128 (1851). (Figura 7.2a-e)

*Tipo:* Puerto Rico. Luquillo Mts., El Verde, on wood, D. J. Lodge 418, 3.VII.1988 (JDR); (*non vid.*).

*Ascomas* solitarios o en pequeños grupos; superficiales sobre madera muerta de *B. graveolens*. *Región fértil* cilíndrica, 5 – 7  $\times$  0.8 – 1 mm, clavada nodulosa debido a peritecios semi inmersos,

superficie de color negro, rugosa, con escamas pequeñas de color café, interior de color café blanquecino. *Estípites* de 3 – 4 mm de largo. *Peritecios* ovoides, esféricos de (190–) 200 –210 (–215)  $\mu\text{m}$  de diámetro. *Ostiolos* discoides, sobresaliendo ligeramente de la superficie. *Ascosporas* unitunicadas, cilíndricas, octosporadas, (80–) 88 – 92 (–95)  $\mu\text{m}$  de longitud (5–) 7– 8 (–9)  $\mu\text{m}$  de ancho, la parte que contiene las esporas de 65 – 70  $\mu\text{m}$  de longitud, con *estípites* de 30 – 40  $\mu\text{m}$  de longitud, con anillo apical amiloide, cúbico de  $1.5 \times 1.5 \mu\text{m}$ . *Ascosporas* elipsoides, inequilaterales, de (7–) 10 – 11 (–12)  $\times$  (3–) 4 – 5 (–6)  $\mu\text{m}$ , de color café claro. No se observa línea germinal.

*Especímenes examinados:* AMÉRICA DEL SUR: ECUADOR. Loja, cantón Zapotillo, comunidad Malvas, 20 de febrero de 2009, Vinicio Carrión, xml VC8; 21 de junio de 2009 Vinicio Carrión, vcf1; Vinicio Carrión, vcf2; 24 de mayo de 2010, Vinicio Carrión, vcf8; Vinicio Carrión, vcf15; Vinicio Carrión, vcf17. Comunidad Chaquiro, 24 de mayo 2010, Vinicio Carrión, vcf6; Vinicio Carrión, vcf7; Vinicio Carrión, vcf18; Vinicio Carrión, vcf19.

Hábitat: lignícola, sobre madera descompuesta de *B. graveolens* 232-275 msnm.

*Comentarios:* Morfológicamente los especímenes estudiados se asemejan a *X. microceras* (Mont.) Berk. (Dennis, 1956; Rogers *et al.* 1988). Varios autores describen esta especie con diferentes rangos de medidas para el anillo apical o sus ascosporas (Dennis, 1956; Bitzer *et al.* 2008; Medel *et al.* 2010). Es así que el anillo apical de *X. cf. microceras* es de  $1,5 \times 1,5 \mu\text{m}$ , similar al presente en *X. microceras* var. *zungae* (Hladki & Romero, 2010), pero más pequeño de  $3 \times 2 \mu\text{m}$  del citado para *X. microceras* (Callan & Rogers, 1990) o de  $2 \times 1,5 \mu\text{m}$  en especies que se desarrollan en otras latitudes (Rogers *et al.* 1988). En cuanto a las medidas de las ascosporas, la longitud se presenta como la más variable. *X. microceras* descrita en Guayana Francesa (Dennis, 1956) presenta ascosporas de  $9-12 \times 3-5 \mu\text{m}$ , y en México presenta ascosporas de  $10-11 \times 4-4.5 (-5) \mu\text{m}$  (San Martín & Rogers, 1989). Adicionalmente se han descrito variedades de *X. microceras* con diferentes longitudes de ascosporas inferiores a 8  $\mu\text{m}$ . Así tenemos ascosporas de  $7-8 \times 3,5 \mu\text{m}$  para *X. microceras* var. *sulfurella* (Rehm, 1889) y ascosporas de  $6,5-8 \times 4 \mu\text{m}$  para *X. microceras* var. *zungae* (Hladki & Romero, 2010). Nuestros especímenes con medidas de ascosporas (7–) 10 – 11 (–12)  $\times$  (3–) 4–5 (–6)  $\mu\text{m}$  calzan dentro de estos rangos reportados para la especie *X. microceras*. No obstante estas evidencias no son concluyentes de

que nuestra especie sea la misma especie correspondiente al material tipo de *X. microceras* ya que no fue revisado.

*Rango de distribución geográfica:* Esta especie ha sido reportada creciendo sobre madera de *Quercus* sp., en bosque mesófilo de montaña (Medel *et al.* 2008; Medel *et al.* 2010), en *Sylvis montosis* Kao et Sinamariensibus (Loranthaceae) (Dennis, 1956; Hladki & Romero. 2010). Adicionalmente se la ha reportado en Argentina (Hladki & Romero. 2010), Estados Unidos (Callan & Rogers, 1990), México (Medel *et al.* 2008) y Venezuela (Rogers *et al.* 1988).

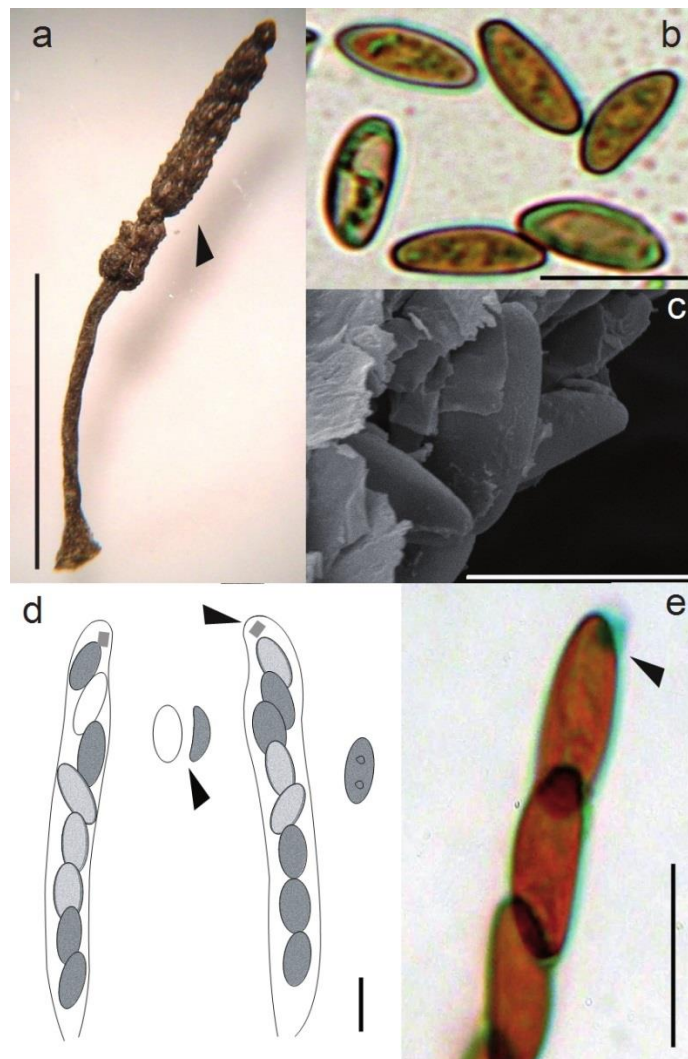


Figura 7.2. Características macros y microscópicas de *X. cf. microceras*; a. Ascoma; b. Ascosporas; c. Ascosporas vistas con microscopía de barrido; d y e. Ascas con ocho ascosporas. Las flechas indican la presencia de anillos apicales amiloides y vistas horizontal y ventral de ascosporas. Escalas a 8 mm; b, c, d y e 10  $\mu$ m.

## Orden Xylariales

Ascomas teleomorfas globosas a subglobosas, se desarrollan dentro de la corteza de ramas de *B. graveolens* en proceso de descomposición, alrededor de 3 × 3 mm, superficie de color negro, interior de color crema blanquecino. Peritecios inmersos, globosos, subglobosos, de (0,3) 0,4 – 0,5 mm × (0,5) 0,6 – 0,8 (0,9) mm. Ostiolos papilados. Ascocitos cilíndricos, con ocho ascosporas, de 65-70 (75) μm de longitud × (4) 5-6 (7) μm de ancho; la parte que contiene las ascosporas está entre 50-55 μm de longitud. Ascosporas alantoides, oblongas, de (8) 9-10 (11) μm de longitud × 4-5 (6) μm de ancho, hialinas transparentes, con septo recto central que divide a la ascospora en dos partes iguales. Paráfisis no se observaron (Figura 7.3. a - d).

*Especímenes examinados:* AMÉRICA DEL SUR: ECUADOR. Loja, cantón Zapotillo, comunidad Malvas, 19 de abril de 2009, Humberto Carrión, HCF2; Humberto Carrión, HCF3; Humberto Carrión, HCF7; Humberto Carrión, HCF8; Humberto Carrión, HCF9. Comunidad Chaquiro, 20 de abril de 2009, Humberto Carrión, HCF2; Humberto Carrión, HCF11, Humberto Carrión, HCF12, Humberto Carrión, HCF13.

*Hábitat:* lignícola, dentro de la corteza de ramas de *B. graveolens* en proceso de descomposición.

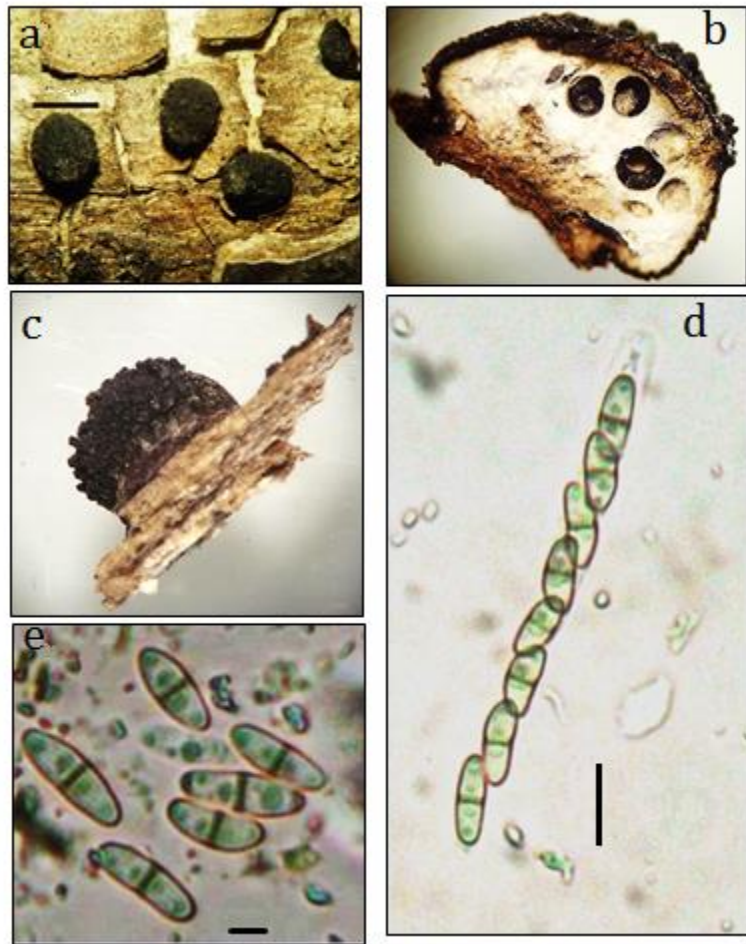


Figura 7.3. Características macros y microscópicas de un perteneciente a los Xylariales; **a.** Ascoma; **b.** Ascoma en corte longitudinal; **c.** Ascoma visto lateralmente; **d.** Ascus con ocho ascosporas. Las flechas indican la presencia de anillos apicales amiloides y vistas horizontal y ventral de ascosporas. Escalas **a, b** y **c** 3 mm; **d** y **e** 6  $\mu$ m.

### Orden Tubeufiales

Cuerpos fructíferos superficiales sobre ramas y madera en proceso de descomposición de *B. graveolens*, subglobosos, alrededor de 0,3 mm  $\times$  0,3 mm. Superficie exterior de color negro, rugosa con escamas pequeñas de color negro, interior de color crema blanquecinas. Peritecios globosos a subglobosos, con vellosidades que rodean el cuerpo externo. Ostiolos umbilicados. Ascus bitunicados, cilíndricos, (95) 100 -110 (115)  $\mu$ m de longitud  $\times$  14–15 (16)  $\mu$ m de ancho, polispórico (>30); la parte que contiene las ascosporas está entre 75–85  $\mu$ m de longitud. Ascosporas alantoides, oblongas, de (9) 10-12 (13)  $\mu$ m de longitud  $\times$  3–4 (5)  $\mu$ m de ancho, color

hialino transparente, con septo recto central que divide a la ascospora en dos partes iguales. Paráfisis de color hialino transparente, de 170 – 180  $\mu\text{m}$  de largo  $\times$  3  $\mu\text{m}$  de ancho, con septos.

*Espécimen examinado:* ECUADOR. AMÉRICA DEL SUR: ECUADOR. Loja, cantón Zapotillo, comunidad Malvas, 19 de abril de 2009, Humberto Carrión, HCF14.

*Hábitat:* lignícola, se desarrolla en troncos y ramas en proceso de descomposición de *B. graveolens*. También se lo encuentra en árboles vivos de *B. graveolens*, en el bosque seco.



Figura 7.4. Características macros y microscópicas de un perteneciente a los Tubeufiales; **a.** Manchas negras corresponden al hongo en madera de *B. graveolens*; **b.** Ascas con más de treinta ascosporas; **c.** Dibujo de un ascospora. Escalas **c** 5  $\mu\text{m}$ .

### 7.3.2. Análisis molecular

En la Tabla 7.2 se presentan los números de accesiones y el lugar de procedencia de las especies que se utilizaron en los análisis filogenéticos, usando el BLAST del GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Constan además las referencias de nuestras secuencias subidas al GenBank.

Tabla 7.2. Números de accesiones del GenBank de las especies usadas para los análisis filogenéticos.

Especies	Número de colección y región de ADN	GenBank accesión no.	País	Referencia
<i>Xylaria feejeensis</i>	EGJMP22 (strain); ITS-5.8S	KF192827	India	Jagan <i>et al.</i> 2013
<i>Xylaria feejeensis</i>	EGJMP30 (strain); ITS-5.8S	KF177680	India	Jagan <i>et al.</i> 2013
<i>Xylaria feejeensis</i>	HMJAU 22039 (voucher); ITS-5.8S	JX256824	China	Ma <i>et al.</i> 2012
<i>Xylaria feejeensis</i>	A2S4-D46 (isolate); ITS-5.8S	KJ767110	Malaysia	Teh & Latiffah. 2014
<i>Xylaria feejeensis</i>	A1S3-D88 (isolate); ITS-5.8S	KJ767104	Malaysia	Teh & Latiffah. 2014
<i>Xylaria feejeensis</i>	Genes; ITS-5.8S	AB569622	Japan	Siriwach <i>et al.</i> 2011
<i>Xylaria feejeensis</i>	Genes; ITS-5.8S	AB809464	Tailandia	Srisapoomi <i>et al.</i> 2013
<i>Xylaria feejeensis</i>	E6912b (isolate); ITS-5.8S	HM992808	USA	Bascom-Slack <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria feejeensis</i>	1012 (isolate); ITS-5.8S	GU322460	---	Hsieh <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria feejeensis</i>	860 (isolate); ITS-5.8S	GU991523	---	Hsieh <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria curta</i>	SGLAf81 (strain); ITS-5.8S	EU715634	---	Soca-Chafre <i>et al.</i> 2011
<i>Xylaria hypoxylon</i>	95082001(isolate); ITS-5.8S	GU300095	---	Hsieh <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria grammica</i>	152 (isolate); ITS-5.8S	KF312440	---	Jaglan <i>et al.</i> 2013
<i>Xylaria bambusicola</i>	162 (isolate); ITS-5.8S	GU300088	---	Hsieh <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria bambusicola</i>	205 (isolate); ITS-5.8S	EF026123	---	Hsieh <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria venosula</i>	94080508 (isolate); ITS-5.8S	EF026149	---	Hsieh <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria venosula</i>	ITS-5.8S	JN198529	---	Wu <i>et al.</i> 2013
<i>Xylaria microceras</i>	414 (isolate); ITS-5.8S	GU300086	---	Hsieh <i>et al.</i> 2010
<i>Xylaria mellissii</i>	Gene; LSU D1/D2	AB376773	Japan	Okane <i>et al.</i> 2008
<i>Xylaria mellissii</i>	Gene; LSU D1/D2	AB376680	Japan	Okane <i>et al.</i> 2008
<i>Xylaria frustulosa</i>	1300 (isolate); LSU D1/D2	JN673055	---	Raja <i>et al.</i> 2011
<i>Collodiscula japonica</i>	CJ (isolate); ITS-5.8S	JF440974	Austria	Jaklitsch & Voglmayr. 2012
<i>Camarops ustulinoides</i>	72 (isolate); LSU D1/D2	DQ470941	USA	Spatafora <i>et al.</i> 2006
<i>Xylaria cf. microceras</i>	1m_VC (isolate); ITS-5.8S	KT250967	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	Cb_VC4 (isolate); ITS-5.8S	KT250968	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	Cn_VC3 (isolate); ITS-5.8S	KT250969	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	VCF1 (ascoma); ITS-5.8S	KT250970	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF10 (isolate); ITS-5.8S	KT250971	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF3c (isolate); ITS-5.8S	KT250972	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF4c (isolate); ITS-5.8S	KT250973	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	VCF7 (ascoma); ITS-5.8S	KT250974	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	VCF7c (isolate); ITS-5.8S	KT250975	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF9c (isolate); ITS-5.8S	KT250976	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	xml_VC8 (ascoma); ITS-5.8S	KT250977	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	xml_VC8 (ascoma); LSU D1/D2	KT250978	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	1m_VC (isolate); LSU D1/D2	KT250979	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	Cb_VC4 (isolate); LSU D1/D2	KT250980	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	Cn_VC3 (isolate); LSU D1/D2	KT250981	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	VCF1 (ascoma); LSU D1/D2	KT250982	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF10 (isolate); LSU D1/D2	KT250983	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF3c (isolate); LSU D1/D2	KT250984	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF4c (isolate); LSU D1/D2	KT250985	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	VCF7 (ascoma); LSU D1/D2	KT250986	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria cf. microceras</i>	VCF7c (isolate); LSU D1/D2	KT250987	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015
<i>Xylaria feejeensis</i>	VCF9c (isolate); LSU D1/D2	KT250988	Ecuador	Carrión <i>et al.</i> 2015

### 7.3.2.1. Análisis a nivel de orden

En la Figura 7.5 se presenta la filogenia correspondiente a la primera extracción de ADN en base a seis secuencias obtenidas y que fueron analizadas por Macrogen Korea, tanto de cuerpos fructíferos como de cultivos puros. Los cuerpos fructíferos HCF9 y HCF11 corresponden al orden Xylariales, mientras que el HCF14 a un hongo polispórico no identificado en el estudio morfológico. Los cultivos aislados corresponden a HCF3c, HCF9c y HCF11c.

#### 7.3.2.1.1. Marcadores ITS (ADN ribosomal 5.8S)

Se observó una homología del 100% entre las secuencias HCF11 (cuerpo fructífero) y HCF11c (aislado) (con una cobertura del 98%) con la secuencia del Genbank AB625414 *Xylaria grammica* (Figura 7.5). Por otro lado, la secuencia HCF3c (aislamiento) tiene una homología del 85% con la secuencia del GenBank HQ823761 correspondiente a *Xylaria* sp. Las secuencias HCF9 y HCF9c pertinentes al espécimen cuyo cuerpo fructífero es distinto a las *Xylaria* spp. pues presenta cuerpos fructíferos globosos a subglobosos (Figura 7.3), presentan una homología del 100% con la secuencia GenBank JN695022 *Xylaria* sp. Todas las secuencias pertenecen al orden de los Xylariales de la clase Sordariomycetes (Figura 7.5). Con respecto a la secuencia HCF14 correspondiente a un hongo no identificado en el estudio morfológico (Figura 7.5), y que presenta más de 30 ascosporas tiene una homología del 72% con las secuencias GenBank AY843055 Fungal sp. y AY843120 Fungal sp. evidenciándose que esta especie pertenece al orden Tubeufiales de la clase Dothideomycetes.

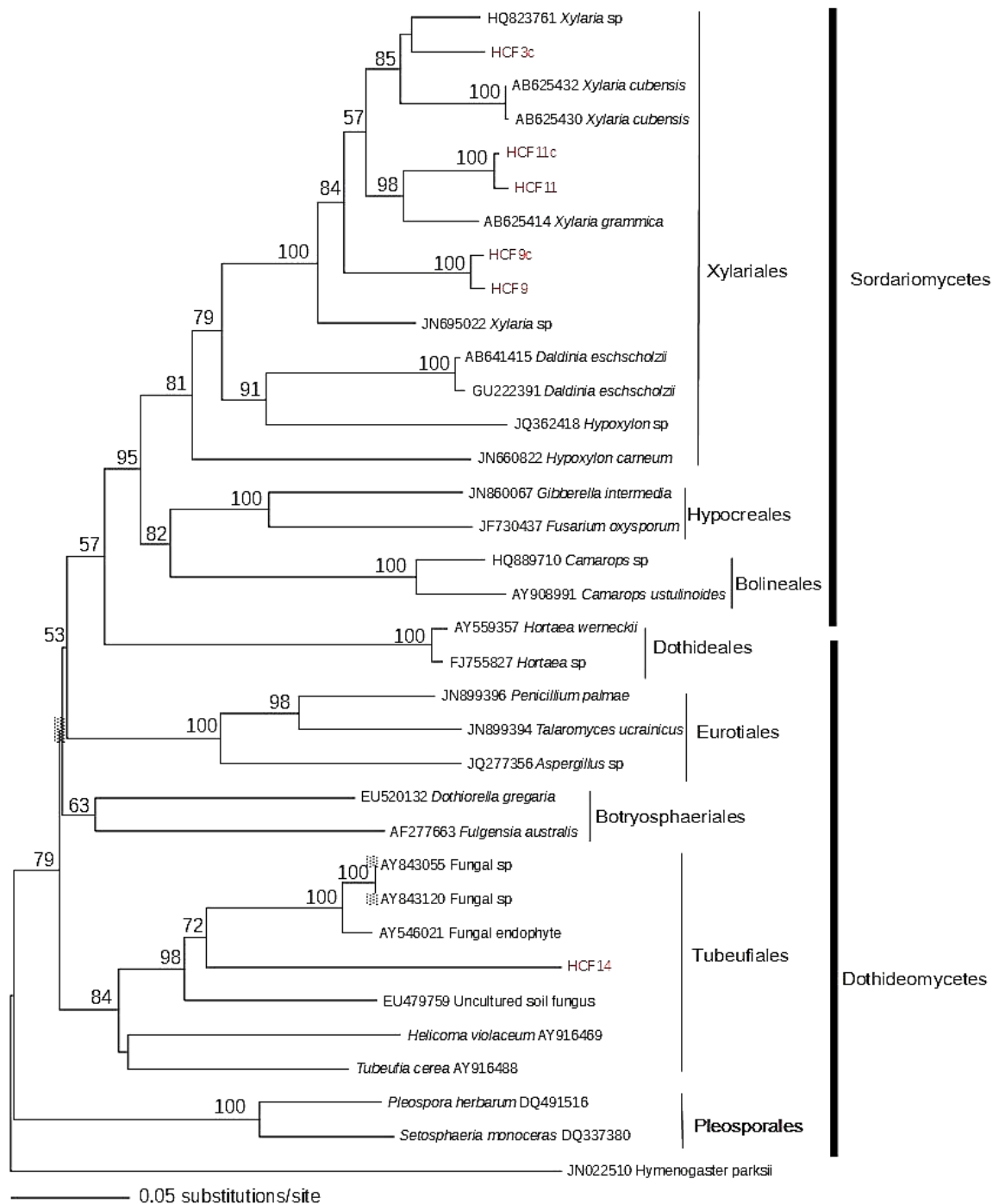


Figura 7.5. Árbol filogenético de la región ITS-5.8S con secuencias nuevas y aquellas más relacionadas del Genbank para diferentes grupos dentro de Ascomycota. Los valores de bootstrap >50 son mostrados sobre los nodos. En rojo se indican las secuencias obtenidas desde cultivo y desde ascoma. El árbol corresponde a un Neighbor-Joining enraizado con *Hymenogaster parksii* como grupo externo.

#### 7.3.2.1.2. Marcadores LSU

El árbol filogenético del gen LSU relaciona filogenéticamente entre las especies estudiadas con secuencias de otras partes del mundo se muestra en la Figura 2. En ella se puede apreciar que los especímenes en estudio HCF3c, HCF9, HCF9c, HCF11 Y HCF11c están estrechamente relacionadas con el clado de los Xylariales. Por otro lado se observó que las secuencias HCF11 y HCF11c corresponden a un agrupamiento que exhiben una ramificación relativa con EU552098 *Anthostomella brabeji* y con U47841 *Xylaria hypoxylon*. En contraste la cepa HCF3c aislada de la cepa HCF3 exhibe una relación filogenética con GQ906964 Fungal sp. Es importante notar que la cepa HCF14 pertenece al orden de los Tubeufiales evidenciándose que esta cepa exhibe una ramificación relativa con AY856907 *Tubeufia cerea*, las que se encuentran más relacionadas entre sí que con otros géneros. Este análisis filogenético es de interés para la tipificación de aquellos organismos cuya identidad es cuestionable o pueden determinarse por métodos fenotípicos, además nos permite tener un registro confiable de secuencias de nuevos aislados o especies raras que se podrán reconocer solo por sus secuencias de ácidos nucleicos existentes en el GenBank.

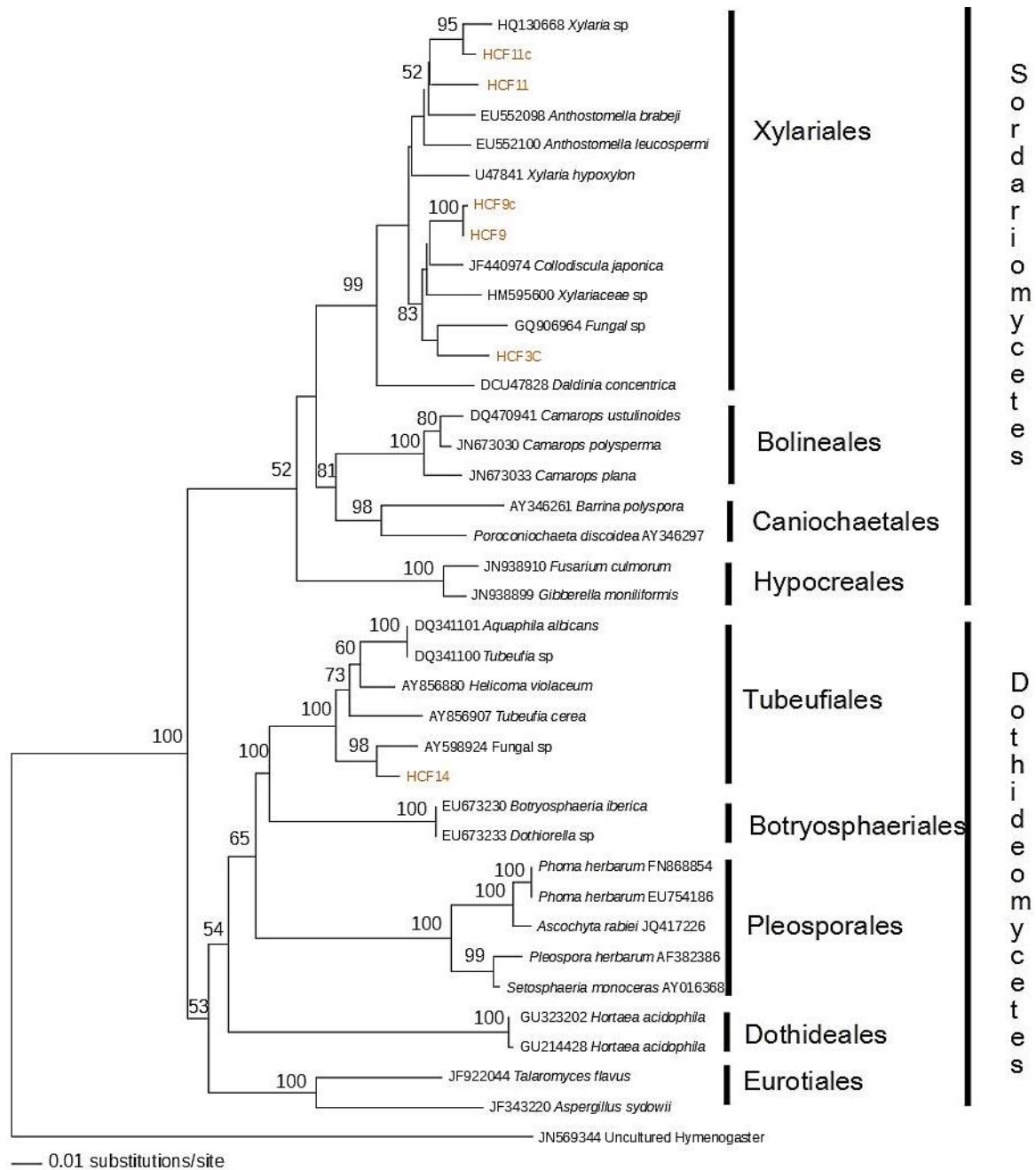


Figura 7.6. Árbol filogenético de la región LSU. 28 S con secuencias nuevas y las más relacionadas del Genbank para diferentes grupos dentro de Ascomycota. Los valores de bootstrap >50 son mostrados sobre los nodos. En rojo se indican las secuencias obtenidas desde cultivo y desde ascoma. El árbol corresponde a un Neighbor-Joining enraizado con cultivo de Hymenogaster como grupo externo.

### 7.3.2.2. Análisis a nivel de género y especie

Se obtuvo un árbol filogenético con secuencias concatenadas ITS-5.8S y LSU parcial D1/D2 (Figura 7.7) donde se identifica claramente un clado para *X. feejeensis* y uno para *X. cf. microceras*, con valores de bootstrap mayores a 99%.

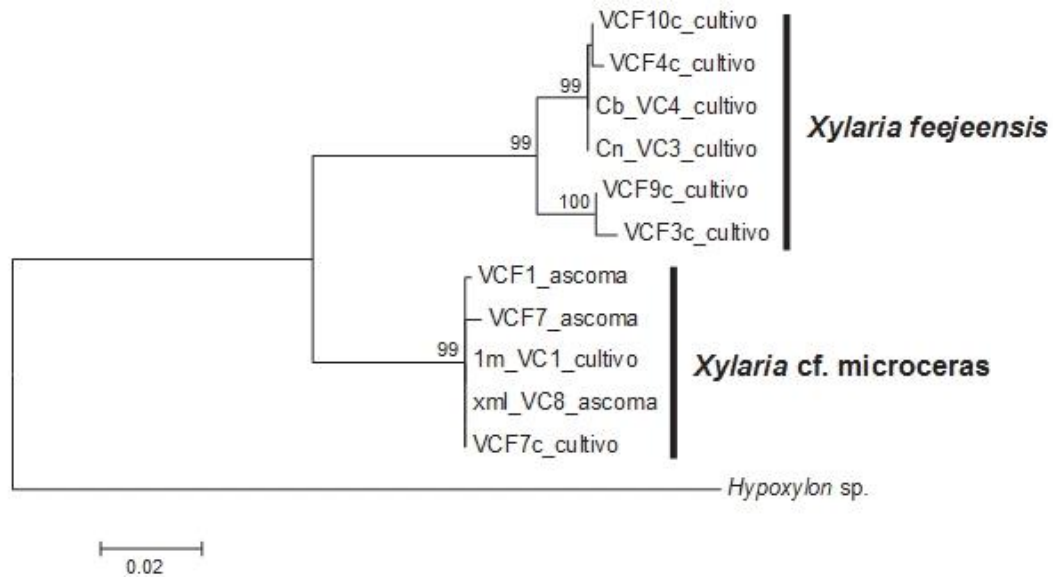


Figura 7.7. Hipótesis filogenética generada con las regiones concatenadas ITS-LSU parcial D1/D2 de secuencias obtenidas en este estudio para *X. feejeensis* y *X. cf. microceras*. Valores de mayores al 99% son mostrados sobre los nudos. La secuencia del grupo externo *Hypoxylon sp.* fue obtenida desde una muestra ambiental por nosotros.

Estos clados son congruentemente soportados con valores mayores al 70% al analizar las regiones ITS-5.8S (Figura 7.8) y LSU parcial D1/D2 (Figura 7.9) por separado. El clado formado para *X. feejeensis* con 99% de bootstrap para la región ITS-5.8S contiene secuencias desde cultivos obtenidas en este estudio y secuencias desde la base de datos GenBank. En la región LSU parcial con un 76% de bootstrap el clado para *X. feejeensis* se confirma solo con secuencias obtenidas en este estudio. Después de varios intentos no se pudo obtener secuencias desde ascomas para *X. feejeensis* en este estudio.

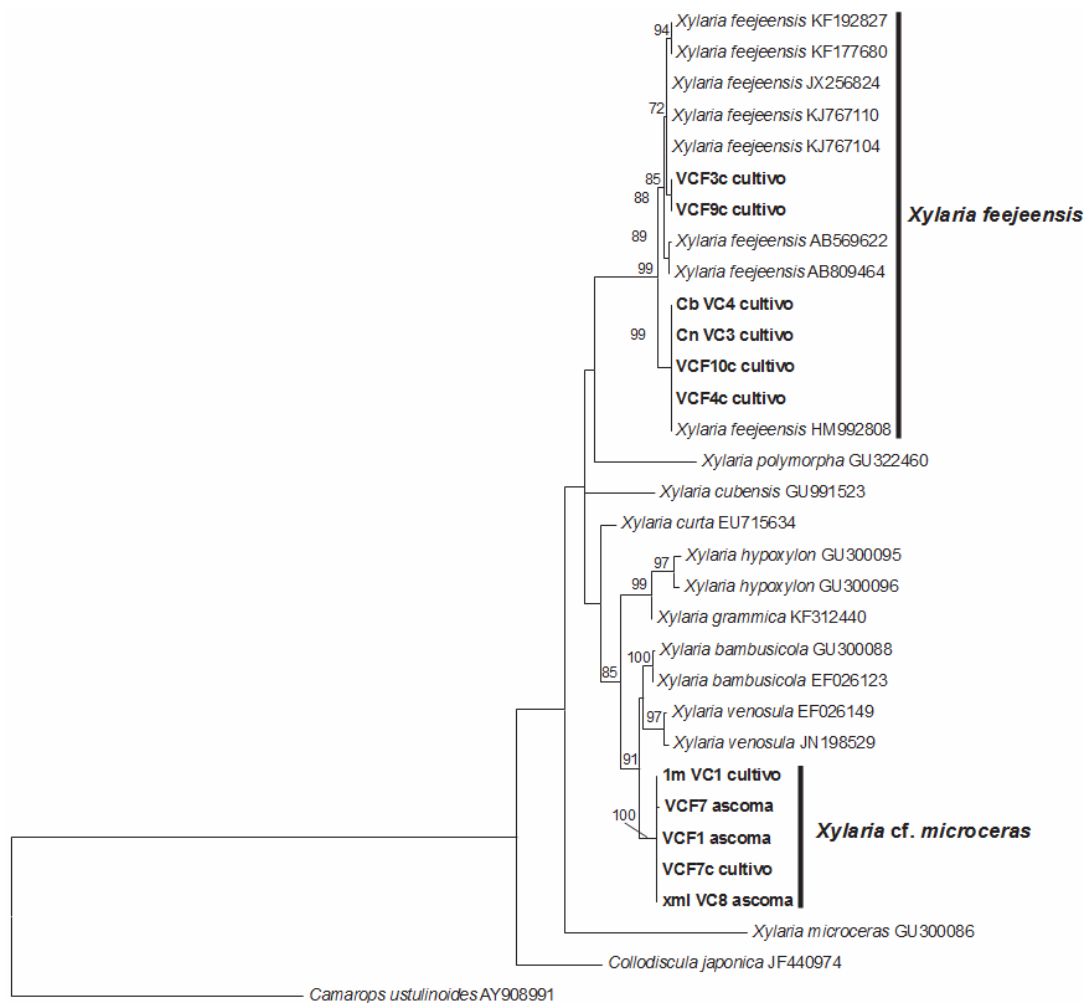


Figura 7.8. Hipótesis filogenética para la región ITS con secuencias obtenidas en este estudio para *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* (en negrilla) más las secuencias cercanas obtenidas por búsqueda de BLAST del GenBank. Valores de mayores al 70 % son mostrados sobre los nudos. Grupo externo *Camarops ustulinoides* AY908991.

Los clados para *X. cf. microceras* para la región ITS-5.8S con 100% de botstrap y la región LSU parcial con 80% de botstrap (Figuras 7.8 y 7.9) se conforman con secuencias desde cultivos y ascomas. El clado *X. cf. microceras* en ITS-5.8S se encuentra distante de la única secuencia nombrada como *X. microceras* (código de accesoión GU300086) encontrada en la base de datos de GenBank. Otras secuencias nombradas como *X. bambusicola* y *X. venosula* (ITS-5.8S) y *X. mellissii* (LSU parcial) se encuentran formando clados cercanos a nuestra especie *X. cf. microceras*.

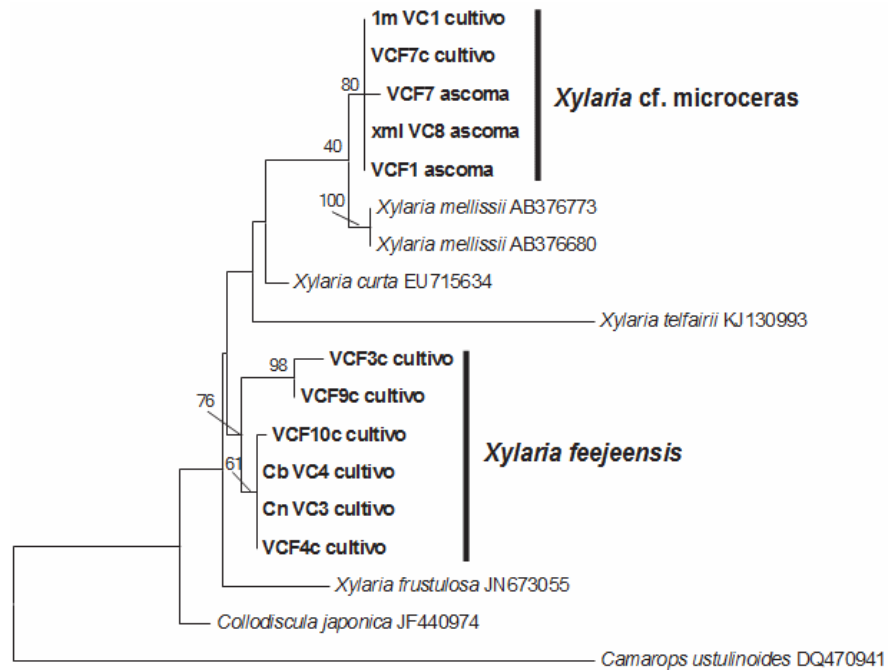


Figura 7.9. Hipótesis filogenética para la región LSU parcial D1/D2 con secuencias obtenidas en este estudio para *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* (en negrilla) más las secuencias cercanas obtenidas por búsqueda de BLAST del Genbank. Valores mayores al 40% son mostrados sobre los nodos. Grupo externo *Camarops ustulinoides* DQ470941.

#### 7.4. Discusión

Se han realizado muy pocos estudios morfológicos para especies de *Xylaria* u otros ascomicetes en Ecuador. Por ejemplo, se ha identificado *X. feejeensis* creciendo en los bosques de las islas Galápagos (Osono *et al.* 2011). Sin embargo según la literatura revisada (Baraban *et al.* 2013; Bitzer *et al.*, 2008; Thomas *et al.* 2008; Herrera *et al.* 2010), en este estudio se ha identificado y reportamos por primera vez y de forma inédita a los hongos *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* y a un hongo identificado a nivel de género y especie que pertenece al orden Xylariales para bosques secos en el Ecuador continental presentes en *B. graveolens* que ecológicamente es importante en la zona de estudio (IVI 60,9). Los especímenes de *X. feejeensis* se desarrollan en madera muerta de *B. graveolens*. Morfológicamente estos especímenes ecuatorianos son similares (ver descripción) en la forma y dimensiones de los ascos, ascosporas, línea germinal y anillo apical amiloide de *X. feejeensis* (Berk.) Fr., descritas e ilustradas desde Brasil y México (Dennis, 1956; Medel *et al.* 2008). Sin embargo, existen variaciones en los tamaños de estas estructuras según otros estudios para *X. feejeensis* aislados en México, Costa Rica y Puerto Rico (Dennis, 1956;

Martin, 1970; San Martin, 1989; Callan & Rogers, 1990; Medel *et al.* 2008). Estos datos sugieren que el tamaño de ascosporas es altamente variable, por lo que análisis moleculares confirmatorios fueron necesarios para la correcta identificación de esta especie.

Los especímenes analizados de *X. cf. microceras* se asemejan con *X. microceras* (Mont.) Berk identificados desde la Guayana Francesa (Dennis, 1956; Rogers & Callan, 1988). La parte fértil de los ascomas de *X. cf. microceras* tienen una estructura nodulosa a causa de los peritecios que se encuentran semi inmersos coincidiendo con el hecho de que algunas especies de *Xylaria* muestran esta característica (Fournier *et al.* 2011). Al igual que *X. feejeensis*, varios autores describen a *X. microceras* con diferentes rangos de medidas para sus ascosporas o el anillo apical amiloide (Dennis, 1956; Rogers & Callan, 1988; Callan & Rogers, 1990; Medel *et al.* 2010). La longitud de las ascosporas se presenta como la más variable (Rehm, 1889; Dennis, 1956; Hladki & Romero, 2010). No obstante estas características no son concluyentes para determinar que la especie identificada en este estudio corresponda a *X. microceras*. Además, el material tipo de *X. microceras* no se revisó en este estudio. La variabilidad de tamaños de las estructuras se debe probablemente a las adaptaciones ambientales a los diferentes ecosistemas de los Trópicos (Læssøe *et al.* 2007; Nagy *et al.* 2011). Sin embargo, se requieren mayor número de análisis (ecológicos y filogenéticos) para demostrar si estos cambios fenotípicos representan variabilidad genética producto de la evolución (Gazis *et al.* 2011; Cruz *et al.* 2014).

La integración de la información morfológica y molecular permitió confirmar estas dos especies de *Xylaria* como potenciales descomponedores de madera muerta de *B. graveolens*. *X. feejeensis* determinada por morfología en este estudio, fue confirmado mediante los datos moleculares, al analizar las secuencias obtenidas desde cultivos puros obtenidos desde ascomas. El clado formado en ITS 5.8 S se agrupa fuertemente con un 90% de soporte de bootstrap con otras secuencias para *X. feejeensis* obtenidas desde ascomas en diferentes sustratos presentes en Norte América, Europa y Asia (Tabla 7.2) y descargadas desde el GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Esto sugiere que *X. feejeensis* no presenta una especificidad por el sustrato como se ha sugerido para otras especies de *Xylaria* (Rogers *et al.* 2005; Ju & Hsieh, 2007; Okane *et al.* 2008; Visser *et al.* 2009). La no amplificación de ADN desde ascomas de *X. feejeensis* se atribuye a la melanina, la cual puede inhibir la PCR como se menciona en varios estudios (Eckhart *et al.* 2000; Möhlenhoff *et al.* 2001; Islas-Flores *et al.* 2006; Sánchez-

Rodríguez *et al.* 2008). Sin embargo, la obtención de cultivos puros en medios de cultivo sólido permitieron obtener ADN y confirmar esta especie molecularmente como ya se ha logrado en otras investigaciones (Arnold *et al.* 2007; Huang *et al.* 2009; Okane *et al.* 2012).

El clado formado para *X. cf. microceras* está soportado de 100 y 80% para las regiones ITS-5.8S y LSU parcial respectivamente. En la región ITS-5.8S se muestra el clado de *X. cf. microceras* (Figura 7.8) distante de la única secuencia nombrada como *X. microceras* (código de acceso GU300086) disponible en GenBank obtenida desde un cultivo puro sin referencia de su teleomorfo (Hsieh *et al.* 2010). Otras secuencias para especies como *X. venosula* y *X. bambusicola* (Figura 7.8) se agrupan en clados cercanos lo que sugiere una relación filogenética que no se confirmó a partir de datos morfológicos (Rogers & Ju, 2012). Sin embargo, hubo una relación filogenética entre *X. venosula* y *X. bambusicola* a partir de los análisis de genes codificantes para  $\beta$ -tubulina y  $\alpha$ -actina (Læssøe *et al.* 2013). En la región LSU, nuestro clado de *X. cf. microceras* está cercano al clado de *X. mellissii* (Figura 7.9), especie diferente morfológicamente a la aquí identificada (Trierveiler-Pereira *et al.* 2008; Medel *et al.* 2010; Hande & Hiwarale, 2013). Por la carencia de datos moleculares como secuencias desde material tipo y la falta de revisión de especímenes de herbario para *X. microceras*, sugerimos los especímenes ecuatorianos como *X. cf. microceras* según las evidencias morfológicas.

Los datos moleculares obtenidos en esta investigación se muestran pioneros en la confirmación de estas dos especies *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* para nuestro país. Análisis moleculares de estos hongos (ascomicetes) en el Ecuador solo se han efectuado hasta nivel de orden, i.e. Xylariales (Herrera *et al.* 2010) y familia Xylariaceae (Shoeman, 1996; Bitzer *et al.* 2008; Stadler *et al.* 2010; Stadler *et al.* 2014). No obstante, se ha reportado una *Xylaria* sp. creciendo en *Theobroma gileri* Cuatrec. establecido en sistemas agroforestales de Ecuador (Thomas *et al.* 2008).

Las especies *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* aquí descritas se proponen como potenciales degradadoras de madera de *B. graveolens* y fundamentales para el recambio de materia orgánica en bosques deciduos como ya se ha reportado otras especies de *Xylaria* como hongos saprobios con alta capacidad en la biodegradación (Okane *et al.* 2008; Osono *et al.* 2011).

Como parte de este estudio se obtuvieron varios cultivos puros de *X. feejeensis* y *X. cf. microceras*, los cuales podrían servir potencialmente para realizar ensayos de biodegradación similares o los reportados en investigaciones previas (Pointing *et al.* 2003; Liers *et al.* 2006; Osono *et al.* 2011). Especies de *Xylaria* y por medio de sus enzimas lacasa, celulasa y xylanasa son los principales degradadores de lignina, celulosa, hemicelulosa de forma artificial o natural (Pointing *et al.* 2003; Liers *et al.* 2006; Chaparro *et al.* 2009), con los cuales contribuyen principalmente en los ciclos del nitrógeno y carbono (Liers *et al.* 2006; Osono *et al.* 2011). Otras investigaciones reportan que *X. feejeensis* produce metabolitos secundarios y se ha demostrado que la especie puede ser utilizada como controlador biológico o inhibidor de crecimiento de *Pythium ultimum* (Baraban *et al.* 2013), así como actividad inhibitoria contra el parásito de la malaria *Plasmodium falciparum* (Srisapoomi *et al.* 2015) y *X. mellissii* ha sido descrito como antifúngico (Vicente *et al.* 2009).

No obstante, a partir de este estudio se sugieren realizar nuevos muestreos en este tipo de bosques deciduos, y profundizar más en la investigación especialmente en los hongos identificados a nivel de orden Xylariales y Tubeufiales, con el fin de confirmar las especies encontradas y realizar la determinación molecular a nivel de género y de especie. Igualmente ampliar el estudio de otros hongos que se desarrollan en los árboles que conforman el BST estudiado.

## **7.5. Conclusiones**

El estudio morfológico y molecular ha permitido identificar hongos Xylariales (Sordaromicetes) que se desarrollan como saprobios en *B. graveolens*. Los principales hongos corresponden a *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* que son descritos por primera vez y de forma inédita para bosques secos de Ecuador. *X. feejeensis* es similar a los hongos descritos desde Brasil y México (Denis, 1956; Medel *et al.* 2008). *X. cf. microceras* se asemejan con *X. microceras* (Mont.) Berk reportada desde la Guayana Francesa (Denis, 1956; Rogers *et al.* 1988). La variabilidad de tamaños de las estructuras es debido, probablemente, a las adaptaciones ambientales de los diferentes ecosistemas (Læssøe & Hansen, 2007; Nagy *et al.* 2011). El clado formado en ITS 5.8 S se agrupa fuertemente con un 90% de soporte de bootstrap con otras secuencias para *X. feejeensis* obtenidas desde ascomas en diferentes sustratos presentes en Norte América, Europa y Asia (Tabla 7.2). El clado formado para *X. cf. microceras* está soportado de 100 y 80 % para las

regiones ITS-5.8S y LSU parcial respectivamente. En la región ITS-5.8S se muestra el clado de *X. cf. microceras* (Figura 7.8) distante de la única secuencia nombrada como *X. microceras* (código de acceso GU300086) disponible en GenBank obtenida desde un cultivo puro sin referencia de su teleomorfo (Hsieh *et al.* 2010). Análisis moleculares de estos hongos (ascomicetes) en el Ecuador solo se han efectuado hasta nivel de orden, i.e Xylariales (Herrera *et al.* 2010) y familia Xylariaceae (Shoeman, 1996; Bitzer *et al.* 2008; Stadler *et al.* 2010; Stadler *et al.* 2014). Por la carencia de datos moleculares como secuencias desde material tipo y la falta de revisión de especímenes de herbario, sugerimos al espécimen ecuatoriano que crece en *B. graveolens* como *X. cf. microceras*. Así mismo, por la falta de datos moleculares, la presencia de un hongo no identificado que pertenece a los Xylariales y que es muy distinto a los hongos *Xylaria* aquí descritos. El hongo perteneciente a la orden de los Tubeufiales solamente se ha podido clasificar a nivel de orden con los datos morfológicos y los escasos datos moleculares existentes. Finalmente, se sugiere realizar muestreos e investigaciones adicionales en este tipo de bosque decíduo, para confirmar las especies encontradas y realizar la determinación molecular a nivel de género y de especie. Además se recomienda realizar el estudio de capacidad enzimática de los hongos *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* a fin de determinar su posible uso biotecnológico.

## **CAPÍTULO VIII**

### **DEGRADACIÓN DE RESIDUOS DE FRUTOS DE *B. graveolens* INOCULADOS CON HONGOS NATIVOS *Xylaria feejeensis* y *Xylaria* cf. *microceras*: PRODUCCIÓN ENZIMÁTICA Y CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA**

## 8.1. Introducción

En las últimas décadas se ha producido una creciente preocupación referente a la preservación de los bosques y al uso sostenible de los residuos de origen agro forestales (RAF) y agrícola (RA) (Cordeiro *et al.* 2004). Los RAF y RA pueden causar problemas ambientales debido a su baja tasa de degradación natural (Shweta & Jha, 2015) y al contenido en ellos de compuestos con carácter bioestáticos y biocidas. El principal destino de muchos RAF es su quema, y en otros casos simplemente desechados ya que no se les encuentra ningún uso. Su inadecuada gestión es la principal fuente de contaminación atmosférica (Lemieux *et al.* 2004) y acuática. Esta falta de gestión constituye una oportunidad para desarrollar nuevos métodos y seguros que permitan valorizar estos recursos y evitar potenciales problemas de contaminación ambiental.

En el bosque seco de la provincia de Loja, como ya se ha indicado, el aprovechamiento de frutos de palo santo (*Bursera graveolens*) tiene una importancia económica y esencial para pequeños productores agroforestales. Esta actividad genera residuos orgánicos, ya que de los frutos se obtienen aceites esenciales con una eficiencia de < 2% (es decir de cada tonelada de frutos se generan unos 980 kilos de subproducto). Desgraciadamente el único beneficio económico que perciben los campesinos es la obtención y venta de los aceites esenciales. Sin embargo, por falta de información y experiencias manipulativas, estos desechos no son valorados ni utilizados como fuente de materia orgánica en las comunidades campesinas, ni en los núcleos de población. Esto constituye un problema a la hora de realizar una gestión adecuada de estos recursos.

Las paredes celulares de los residuos de los frutos de *B. graveolens* (RFBG), como muchos otros materiales lignocelulósicos, están compuestas de celulosa, lignina y hemicelulosa. El conocimiento de los contenidos de estos biopolímeros es fundamental para la adecuada gestión de los RFBG; según Lucas *et al.* (2001), la celulosa y lignina son los más abundantes en la biomasa vegetal del planeta. Estos biopolímeros son utilizados en actividades agroindustriales. Cuando la celulosa y la lignina se generan y se presentan en exceso, y no están debidamente degradadas, pueden provocar graves problemas ambientales en las ciudades y a nivel de cuencas hidrográficas; por ejemplo, su presencia en aguas residuales provocan impactos ambientales directos y negativos (Wang *et al.* 2012). La biodegradación de los RFBG con el uso de hongos

saprobios es una alternativa para el manejo de estos recursos. En este contexto, se conoce que el género *Xylaria* es altamente específico para degradar ciertos sustratos como por ejemplo maderas de las familias Lauraceae, Meliaceae, Moraceae, Sapindaceae o Anacardiaceae (Chaparro *et al.* 2009), o madera de *Abies* spp., *Dipterocarpus* spp., *Eucalyptus urograndis*, *Fagus* spp., *Pinus* spp., *Quercus* spp. y *Tectona* spp. que son ricos en lignina y celulosa (Pointing *et al.* 2003; Osono *et al.* 2011; Rodrigues *et al.* 2014). Sin embargo, de acuerdo a la revisión bibliográfica efectuada para Ecuador y el mundo, no se ha reportado ninguna especie de *Xylaria* como descomponedor de madera en *B. graveolens* (Kunth) Triana & Planchon (Burseraceae) y en las que se hayan realizado estudios de biodegradación y enzimáticos. El potencial del género *Xylaria* es que tiene la capacidad de producir enzimas hidrolíticas extracelulares como celulasa (Bezerra *et al.* 2012), lacasa (Chaparro, *et al.* 2009; Bezerra *et al.* 2012; Rodrigues *et al.* 2014) y xilanas (Rodrigues *et al.* 2014) que ya han sido utilizadas en experimentos de degradación fúngica.

Además de estudiar los hongos *Xylaria*, en esta investigación se ha usado como testigo el basidiomycete *Trametes versicolor* que es un hongo de podredumbre blanca perteneciente a los *Polyporaceae* sensu lato (Aydmoglu & Sargin, 2013). Esta especie ha sido utilizada en experimentos de degradación de la lignina en residuos del maíz (*Zea mays*) (Bailey *et al.* 2004), olivo (*Olea europaea*) (Justino *et al.* 2010; Cerrone *et al.* 2011; Aydmoglu & Sargin. 2013), palma (*Elaeis* sp.) (Sari *et al.* 2015) y en la biodegradación de materia orgánica proveniente de lixiviados de vertedero (Saetang & Babel. 2012). *T. versicolor* tiene un modo de degradación de la lignina no selectivo; es decir, esta especie degrada la celulosa, hemicelulosa y lignina simultáneamente (Lucas *et al.* 2001).

Los enzimas de los hongos, en especial las lacasas, es de especial interés debido a su posible participación en la transformación de una amplia variedad de compuestos fenólicos, incluyendo la lignina polimérica y sustancias húmicas (Baldrian, 2006). Las celulasas son usadas en la hidrólisis de celulosa lo que podría ser ampliamente utilizado para producir de forma sostenible biocombustibles y productos químicos (Zhang & Lynd, 2006). Las xilanasas se las emplea en el blanqueo de pulpa para reducir el uso de productos químicos que contienen cloro-tóxicos, en la mejora de la calidad de alimentos animales, o en la asistencia de una mejor textura y sabor en las industrias de alimentos y bebidas (Prade, 1996; Sriprang *et al.* 2007).

En Ecuador se han realizado escasos trabajos sobre degradación fúngica. Los principales se han ejecutado con los hongos *Aspergillus niger* y *Cladosporium herbarum* (Guzmán *et al.* 2014) y a nivel de los géneros *Neonothopanus*, *Pestalotiopsis* y *Gymnopilus* (Rodríguez-Guerra *et al.* 2012). Existe una clara escasez de estudios con hongos Xylariaceae. Ullah *et al.* (2002) identificaron al hongo *Xylaria guyanensis* con una actividad nula o casi nula de valores de expresión enzimática cuando se lo cultivó en residuos de leña y hojarasca. Sin embargo, otros trabajos reportan estudios enzimáticos en especies de *Xylaria* pero en otros bosques tropicales de Latinoamérica (Chaparro, *et al.* 2009; Rodrigues *et al.* 2014) con alta capacidad lignocelulósica. Bajo estos antecedentes este trabajo pretende comprobar si existe actividad de los enzimas lacasa, xilanasa y celulasa producidos por especies de hongos nativos de Ecuador del género *Xylaria* y del hongo testigo *T. versicolor*, inoculados en RFBG. Esto permitirá determinar la capacidad celulolítica, ligninolítica y hemicelulolítica de estos hongos y determinar el uso potencial de los RFBG como mejorador del suelo u otros usos sostenibles. Este estudio se efectuó una vez identificados morfológicamente y molecularmente y aislados en medio de cultivo, resultados que se detallan en el Capítulo VII de esta tesis. El trabajo consistió en determinar las actividades lacasa, xilanasa y celulasa de los hongos nativos *Xylaria* y *T. Versicolor* que se inocularon en el subproducto obtenido tras la extracción de aceite esencial del fruto de *B. graveolens*. También, se hizo un análisis de bioquímicos de este subproducto. Con ello se espera determinar las potencialidades o debilidades en los constituyentes bioquímicos de los RFBG. Los resultados presentados en este capítulo representan el primer estudio realizado hasta la fecha, sobre la biodegradación fúngica de los RFBG y para especies de hongos nativos del género *Xylaria* en Ecuador.

## **8.2. Material y métodos**

### **8.2.1. Diseño experimental**

Se diseñó un experimento de incubación a través del tiempo para estudiar el grado de biodegradación de los RFBG por 2 cepas fúngicas nativas seleccionadas *X. feejeensis* y *X. cf. microceras*, más la cepa testigo *T. versicolor*. Estas se incubaron 60 días (con mediciones intermedias de 7, 15, y 30 días). Cada cepa o tratamiento se inocularon por cuadruplicado para cada día de incubación y para cada bloque de modo que en total se tienen 60 unidades

experimentales (matraces de 250 ml). Las unidades experimentales se dispusieron al azar con un arreglo factorial 3x5x4 es decir: 3 (tres especies de hongos) X 5 (tiempos de incubación [0, 7, 15, 30, 60 días]) y X 4 (repeticiones).

### **8.2.2. Hongos ensayados**

Los ascomicetes *X. feejensis* y *X. cf. microceras* fueron colectados desde madera podrida de *B. graveolens*. Los especímenes fueron aislados en cajas petri con agar extracto de malta (MEA, Merck, Alemania) (Chaparro *et al.* 2009; Tijani *et al.* 2013) durante siete días a 25°C. Los ascomas fueron depositados en la colección de hongos del herbario UTPL (Universidad Técnica Particular de Loja). El hongo testigo corresponde al basidiomycete *T. versicolor*, donado por el CSIC de España, estación experimental del Zaidín que fué reconstituido en MEA y conservado durante siete días a 25°C para su posterior uso en los ensayos.

### **8.2.3. Sustrato (RFBG)**

Los RFBG se obtuvieron de la Universidad Técnica Particular de Loja - Planta de Productos Naturales (UTPL-PPN) donde se destila y obtiene aceite esencial (Andrade *et al.* 2010). Los RFBG se secaron en un horno de aire forzado a 60°C durante 48 horas a fin de evitar la contaminación y biodeterioro conforme lo indican Tijani *et al.* (2013). El sustrato fue molido para pasar a través de tamiz de 2 mm.

### **8.2.4. Condiciones de cultivo**

El pH de los RFBG se determinó potenciométricamente en una suspensión 1:10 de la muestra en agua destilada como lo indican Ndegwa & Thompson (2000). Los contenidos de carbono total (CT) y nitrógeno total (NT) se determinaron utilizando un auto-analizador CNHS (Elemental Thermo Finnigan Flash EA1112 CHNS-O) (Eliche-Quesada *et al.* 2011). En matraces de 250 ml se añadieron 20 g de RFBG y se añadió 80 ml de agua destilada siguiendo las recomendaciones de Lindh (2004). Los matraces fueron tapados con un tapón de gasa y algodón y sellados con papel aluminio. La esterilización se realizó durante 20 minutos en un autoclave gemmy SA-

300VF a 120°C y 1 atmósfera de presión. Terminada la esterilización, los matraces se dejaron a temperatura ambiente durante 24 horas.

#### **8.2.5. Inoculación de los RFBG**

Los matraces que contenían los RFBG se inocularon con 1 cm<sup>2</sup> de micelio precultivadas durante 15 días en malta agar extracto (Bioxon) (Velázquez *et al.* 2002). Los matraces fueron incubados a una temperatura de 25°C conforme lo descrito para *Xylaria* sp. por Osono *et al.* (2011), hasta que los RFBG fueron invadidos por el micelio. Se incubaron en oscuridad durante un período de 60 días.

#### **8.2.6. Liofilización de los RFBG**

Transcurrido el tiempo de incubación (0, 7, 15, 30 y 60 días) se retiraron por bloque y por día de incubación los residuos con presencia de micelio. Se realizó un muestreo por cuarteo de los RFBG en base a los trabajos de Pozzi *et al.* (2010), Bautista-Cruz *et al.* (2011) y se depositaron en frascos esterilizados de vidrio. Fueron congelados a – 4°C y se liofilizaron a menos 0,1 mm de Hg y – 40°C en el equipo LABCONCO, conforme lo realizado por Minussi *et al.* (2007). Las muestras fueron debidamente codificadas y envasadas al vacío en una empacadora selladora de doble campana y conservadas a temperatura ambiente y en un lugar oscuro.

#### **8.2.7. Obtención de extractos enzimáticos crudos**

Se tomaron muestras de substratos liofilizados invadidos de micelio. Los extractos crudos de cada bloque se obtuvieron por modificación del procedimiento descrito por Velásquez (2000) sometiendo el liofilizado a una re-suspensión en agua destilada-desionizada estéril, filtración y centrifugación del sobrenadante por 30 minutos a 8500 rpm y 7°C. La obtención de los extractos se realizó justo antes de realizarse los análisis enzimáticos (Figura 8.1).

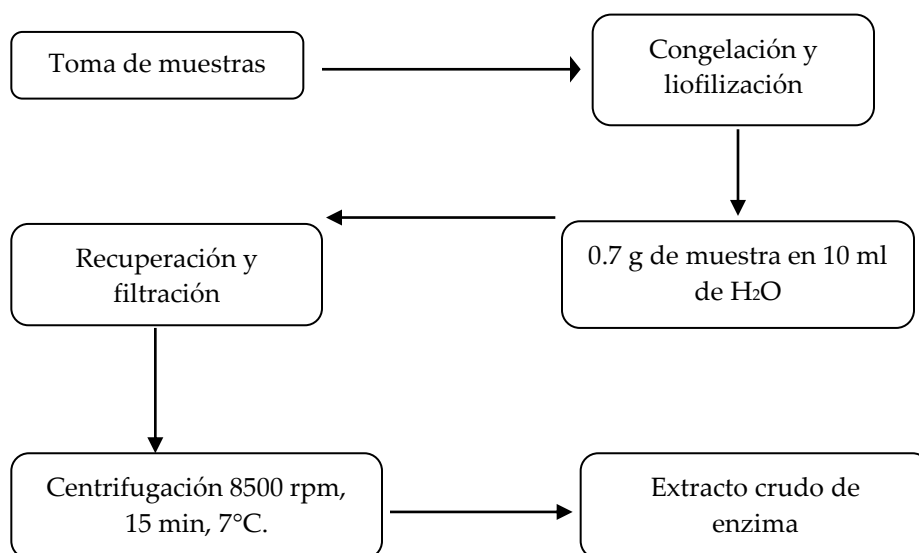


Figura 8.1. Obtención de extrato de enzima crudo.

#### 8.2.7.1. Determinación de la cantidad de celulasas

La cantidad de celulasas ( $\beta$ -1,4-endoglucanasa (EC 3.2.1.4) se determinó por medición de la liberación de azúcares reductores medidos como glucosa, de acuerdo al método de Miller (1959), utilizando como sustrato la carboximetilcelulosa (CMC) (Sigma) al 1%, en un tampón de acetato 50mM, pH 5.0. El contenido de azúcares reductores se determinó a 550 nm (Figura 8.2). Una unidad de actividad enzimática se definió como aquella cantidad de enzima que liberó 1  $\mu\text{mol}$  de glucosa  $\text{min}^{-1}$  bajo las condiciones de ensayo. La producción enzimática o actividad volumétrica se expresó en U/L.

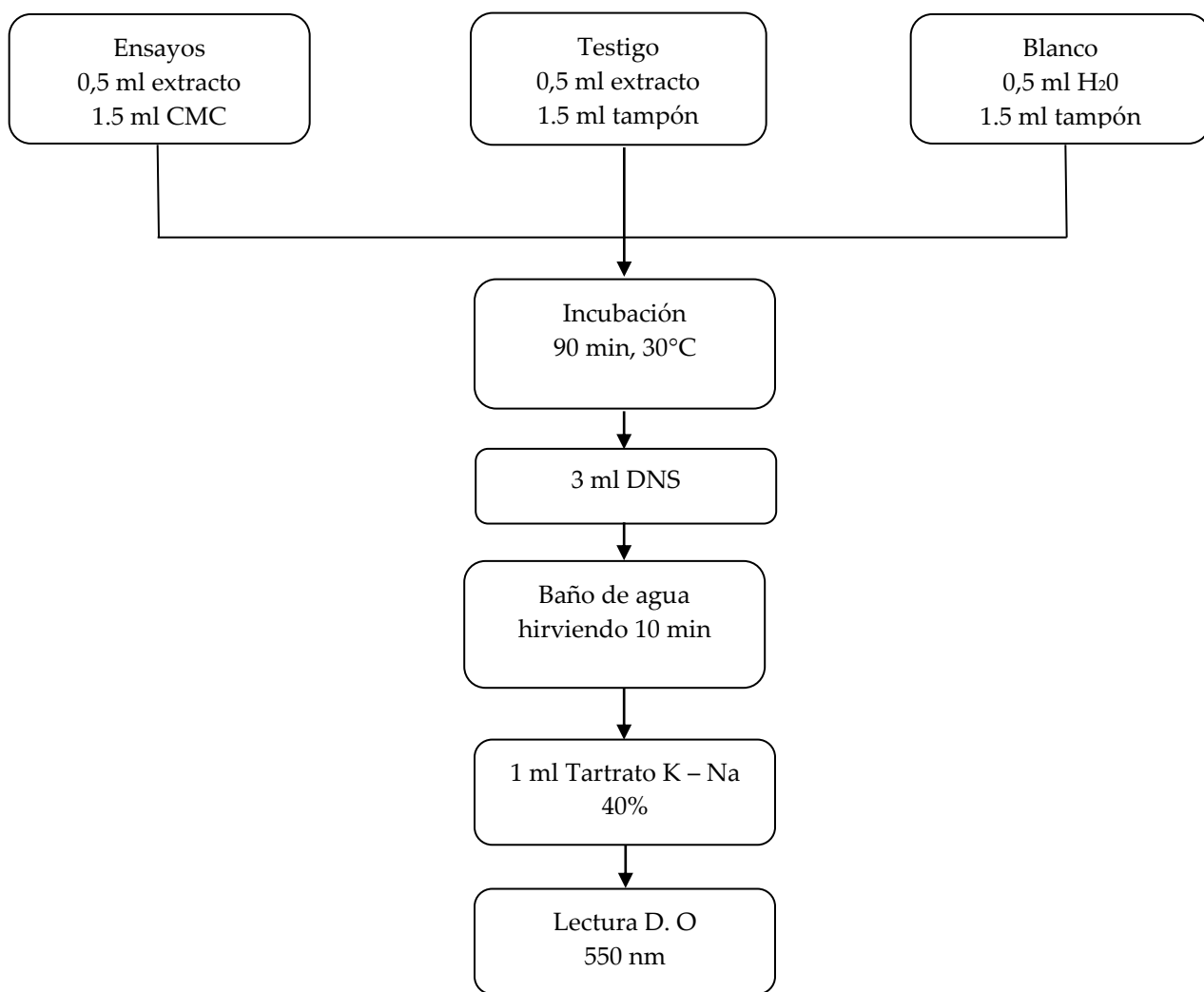


Figura 8.2. Protocolo para determinar la actividad enzimática de celulasa (Mata & Savoie, 1998)

#### 8.2.7.2. Determinación de lacasas

La actividad de las lacasas (E.C.1.10.3.2; p-difenol:dioxígeno óxidoreductasa) se determinó mediante la oxidación de la Siringaldazina (4-hidroxi- 3,5-dimetoxibenzaldehidazina) (Mata & Savoie, 1998) en una disolución metanólica 0.22 mM. La reacción tuvo lugar en un tampón fosfato pH 6.5, y la generación de color (que fue directamente proporcional a la actividad) medida a 530 nm ( $\epsilon = 64\ 000\text{M cm}$ ). Una unidad de actividad (U) se definió como la cantidad de enzima que cataliza la transformación de 1  $\mu\text{mol}$  de sustrato en un minuto. La producción enzimática o actividad volumétrica se expresó en U/L.

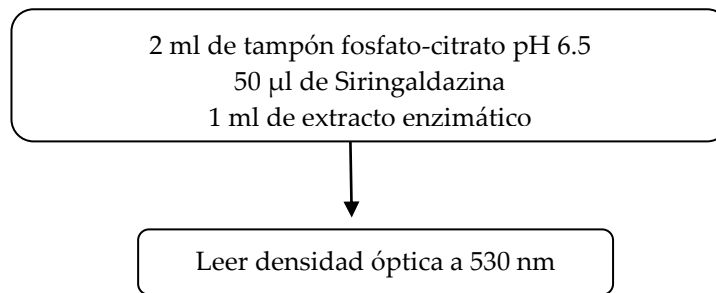


Figura 8.3. Protocolo para la medición de lacasas

### 8.2.7.3. Determinación de xilanasas

La actividad xilanasas se determinó por medición de los azúcares reductores liberados en un tampón acetato 50mM, pH 5.0, a partir del xilano (Sigma) al 1% que actuó como sustrato de acuerdo al método de Miller (1959). El contenido de azúcares reductores se determinó a 575 nm. Una unidad de actividad enzimática se definió como aquella cantidad de enzima que liberó 1 µmol de xilosa/min bajo las condiciones de ensayo. La producción enzimática o actividad volumétrica se expresó en U/L.

Para obtener un sólo índice de actividad construido a partir de los valores de las tres actividades enzimáticas (celulasa, lacasa y xilanasas), se calculó la media geométrica, considerando el conjunto de datos de cada hongo por día de incubación.

### 8.2.8. Determinación de contenidos de celulosa y lignina

Se analizaron los contenidos de fibra ácido detergente (FAD), lignina ácido detergente (LAD) y celulosa en los RFBG siguiendo el método de Van Soest (1963). Los RFBG se digirieron con bromuro de hexadeciltrimetilamonio (CTAB) durante una hora a 150°C; posteriormente se lavaron y filtraron (filtro Whatman GF/C) usando una bomba de vacío. Los RFBG en el filtro fueron secados en estufa y se pesaron. Se realizó una nueva digestión con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> durante 3 horas a 25°C. El residuo obtenido se lavó varias veces a fin de eliminar el exceso de ácido y se secó en horno a 105°C durante 1 día para luego ser pesados. Por último, los residuos de la LAD fueron incinerados en un horno durante 5 horas a 500°C para estimar el contenido de cenizas. El porcentaje de celulosa se estimó por diferencia entre FAD y LAD (Goering & Van Soest, 1970).

### **8.2.9. Determinación de los contenidos de carbono y nitrógeno total**

Los contenidos de carbono total (CT) y nitrógeno total (NT) se determinaron utilizando un auto-analizador CNHS (Elemental Thermo Finnigan Flash EA1112 CHNS-O) (Eliche-Quesada *et al.* 2011).

### **8.2.10. Fósforo total y contenido de potasio**

El contenido total de fósforo y potasio en los RFBG se determinó después de una digestión ácida siguiendo la metodología de Sommer & Nelson (1972). Brevemente, 200 mg de muestras molidas se mezclaron con una solución de 5 ml de ácido perclórico (60%) y ácido nítrico (60%) en una proporción 3:5 (v/v) digerido en un bloque digestor BD-40 en dos fases: 90 minutos a 130°C y 75 minutos a 204°C. Las extracciones ácidas de fósforo total y potasio fueron analizados en el equipo ICP-MS Agilent Serie 750.

### **8.2.11. Análisis estadístico**

La variación de la expresión enzimática de las cepas en el tiempo, se realizó a través de un análisis de varianza con medidas repetidas, y las diferencias debidas al tipo de hongo a través de un anova de una vía. El efecto de los tipos de hongos sobre las propiedades bioquímicas del RFBG sometido a degradación se evaluó mediante un anova de una vía. Se utilizó el paquete estadístico SPSS Statical Software Versión 15.0 (SPSS Inc, Chicago) y las diferencias entre medias se evaluaron con el test *a posteriori* Tukey (HSD) con un grado de significancia del 5%.

## **8.3. Resultados**

### **8.3.1. Relación C/N y pH de los RFBG**

En la Tabla 8.1 se presentan los contenido de CT y NT de los RFBG. Los residuos tienen un contenido promedio de 47,3 % y 1,55 % de CT y NT, respectivamente, con una relación C/N promedio de 30,5. Los RFBG presentaron un pH cercano a la neutralidad (7,3).

Tabla 8.1. Contenido de CT y NT del RFBG. La fiabilidad de los datos es del 0.3% en términos absolutos.

Nombre del componente	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Nitrógeno (%)	1.5	1.7	1.55	0.0828
Carbono (%)	47.1	47.7	47.34	0.2000
Hidrógeno (%)	6.9	7.2	7.01	0.0826
Sulfuro (%)	0.0	0.0	0.0	0.000

### 8.3.2. Desarrollo visual de los hongos sobre RFBG

Los hongos Xylariaceae y *T. versicolor* 15 días después de la inoculación crecieron relativamente rápido en los RFBG ya que todo el material quedó cubierto de micelio blanquecino. Después de 60 días, todos los RFBG sufrieron una decoloración a través de una red de líneas negras que se había desarrollado en la zona, a excepción de *T. versicolor* que presentó líneas amarillas (Imagen 8.1).

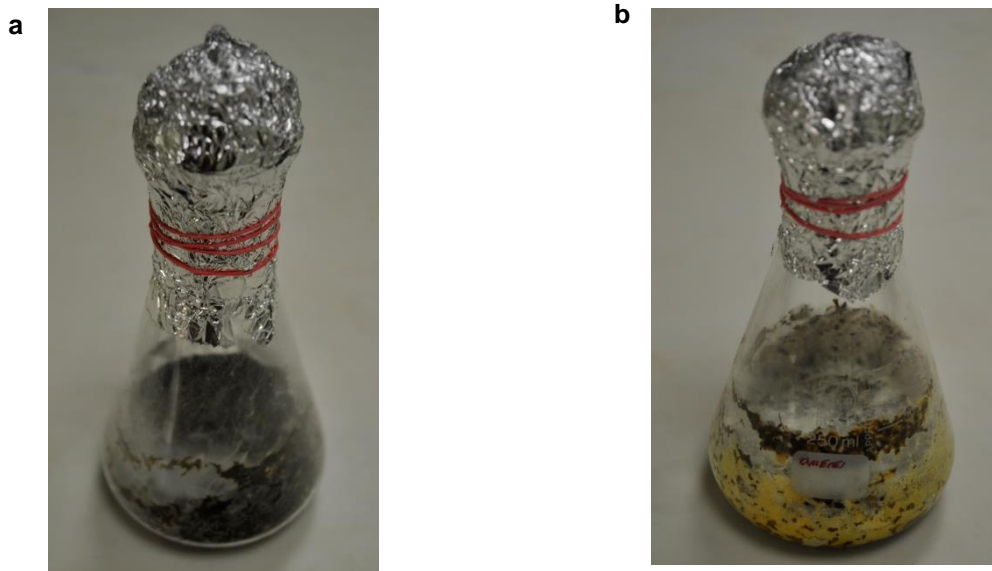


Imagen 8.1. Desarrollo visual de hongos en los RFBG; **a.** *X. cf. microceras* 60 días de incubación; **b.** *Trametes versicolor* 60 días de incubación.

### 8.3.2.1. Actividad celulolítica

La Tabla 8.2 muestra el análisis de varianza de medidas repetidas para la actividad celulolítica. Hubo diferencias estadísticas significativas en la actividad debido a las cepas para el conjunto del período de incubación y, como era de esperar, también fue significativa la interacción entre muestreo y cepa a nivel de significancia. *X. feejeensis* y *X. microceras* mostraron de forma significativa más actividad celulosa que *T. versicolor*, pero no hubo diferencias significativas entre las dos especies de *Xylaria*.

Tabla 8.2. Análisis de varianza de medidas repetidas y suma de cuadrados tipo III para la actividad enzimática celulosa de las cepas estudiadas.

Cepas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Cepas	29034,1	2	14517,2	11,7	0,000
Interacción (Día – Cepa)	93936,3	1	93936,3	75,7	0,000

Para *X. feejeensis* y *X. microceras* la actividad celulosa se incrementó marcadamente durante los primeros 15 - 30 días y después ésta se estabilizó, mientras que el incremento de actividad para *T. versicolor* fue más lineal durante el período ensayado (Figura 8.4). La mayor actividad correspondió a las cepas nativas en el día 15 (*X. cf. microceras*) y 30 (*X. feejeensis*) respectivamente. En el día 15 *X. cf. microceras* presentó la mayor actividad celulolítica con 59,5 U/L y *X. feejeensis* 32,8 U/L. *T. versicolor* expresó menos actividad celulolítica 0,1 U/L. A los 60 días de incubación *X. cf. microceras* fue el hongo con mayor capacidad celulolítica (51,6 U/L) seguido por *X. feejeensis* (30,2 U/L) y *T. versicolor* (28,6 U/L).

### 8.3.2.2. Actividad ligninolítica

La Tabla 8.3 muestra el análisis de varianza de medidas repetidas para la actividad enzimática lacasa. Se observa que no hay diferencias estadísticas significativas entre las cepas (p-valor 0.59); sin embargo, y como era de esperar, la interacción entre muestreos y cepas si fue significativa.

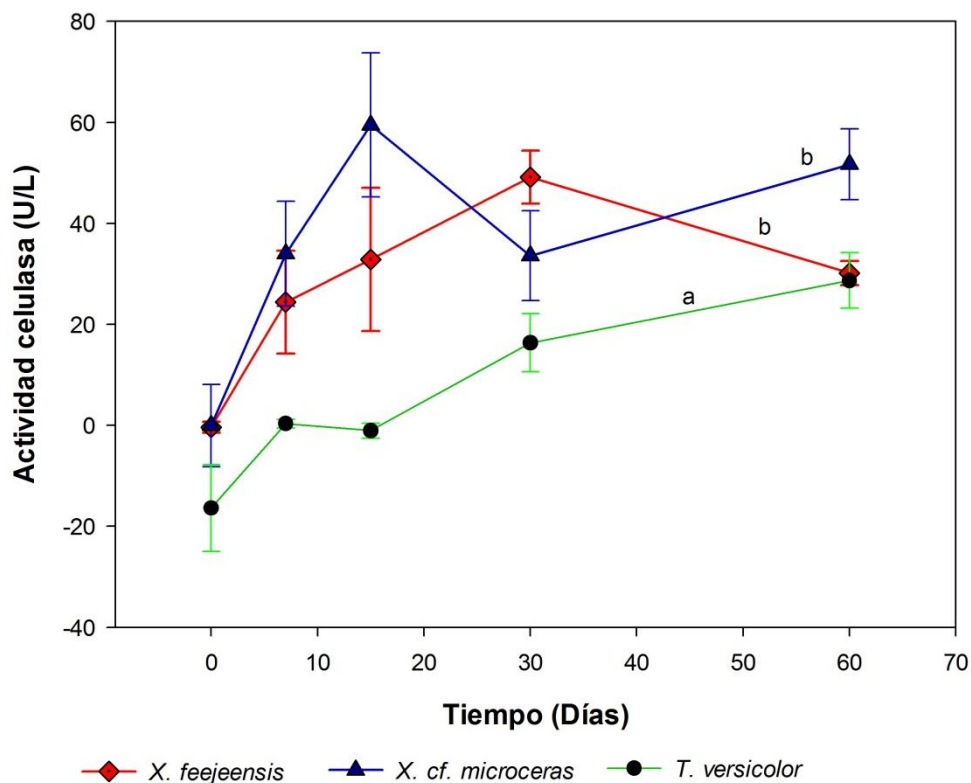


Figura 8.4. Actividad celulasa en el medio RFBG inoculados con hongos nativos y *T. versicolor* durante 60 días, a 25°C. Las barras muestran el error estándar. Los valores medios con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre cepas ( $P \leq 0.05\%$ , HSD de Tukey).

Tabla 8.3. Análisis de varianza de medidas repetidas y suma de cuadrados tipo III para la actividad enzimática xilanasa de las cepas estudiadas.

Cepas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cepas	413,000	2	206,500	0,533	0,592
Interacción (Día – Cepa)	148393,4	1	148393,4	383,3	0,000
Error	12775,1	33	387,1		

Las variaciones de la actividad ligninolítica expresada por las distintas cepas se presenta en la Figura 8.5.

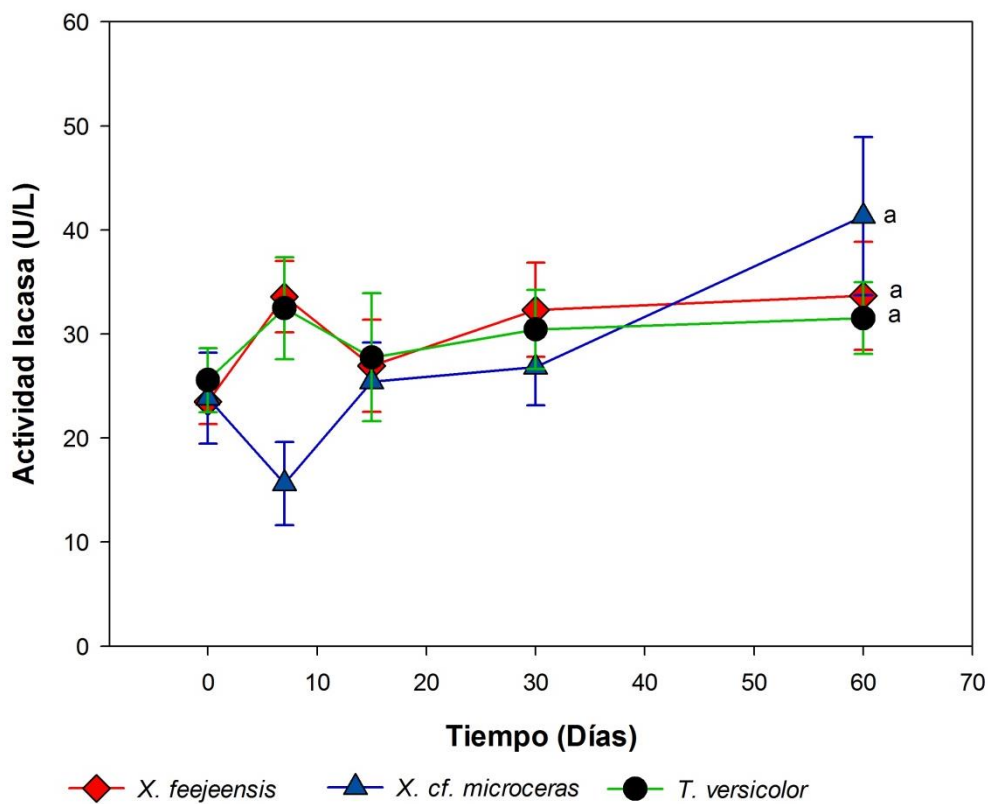


Figura 8.5. Actividad lacasa en el medio RFBG inoculados con hongos nativos y *T. versicolor* durante 60 días, a 25°C. Las barras muestran el error estándar. Los valores medios con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05\%$ , HSD de Tukey).

Desde el día 0 hasta el día 60 las cepas presentaron capacidad ligninolítica que se fue incrementando casi linealmente durante el período de incubación, correspondiendo la mayor actividad al día 60. En el día 60 no hubo diferencias significativas en la actividad lacasa entre los distintos hongos descomponedores ensayados (Figura 8.5).

### 8.3.2.3. Actividad hemicelulítica

El análisis de varianza de medidas repetidas para la actividad enzimática xilanas se presenta en la Tabla 8.4. Hubo diferencias significativas en esta actividad enzimática entre las distintas cepas y la interacción muestreo-cepas también fue significativa. Para el conjunto del periodo ensayado, la actividad mostrada cuando se inoculó con *X. feejeensis* fue significativamente superior que cuando el residuo del fruto de Palo de Santo fue incubado con los otros dos hongos. No se

encontró diferencias significativas en la actividad hemicelulítica entre *X. microcera* y *T. versicolor*.

Tabla 8.4. Análisis de varianza de medidas repetidas y suma de cuadrados tipo III para la actividad enzimática xilanas de las cepas estudiadas.

Cepas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cepas	209694,978	2	104847,489	9,985	0,000
Interacción (Día – Cepa)	3357628,089	1	3357628,089	319,757	0,000
Error	346518,533	33	10500,562		

Los cambios en la actividad hemicelulítica expresada por los distintos hongos se presenta en la Figura 8.6.

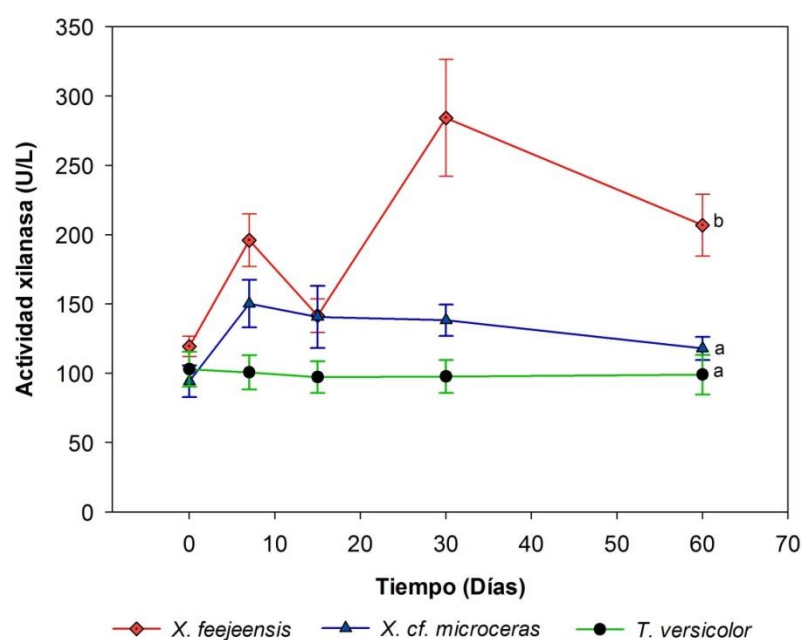


Figura 8.6. Actividad xilanas en el medio RFBG inoculados con hongos nativos del género *Xylaria* y *T. versicolor* durante 60 días, a 25°C. Las barras muestran el error standar. Los valores medios con la misma indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05\%$ , HSD de Tukey).

Desde el día 0 hasta el día 60 la cepa *X. feejeensis* presentó mayor actividad hemicelulítica. La actividad mostrada por *X. cf. microceras* y *T. versicolor* fue menor y apenas varió a partir del día 10 de incubación.

### 8.3.2.4. Actividad enzimática en conjunto

El resumen de las actividades enzimáticas estudiadas se presenta en la Tabla 8.5 donde se indica el promedio y la desviación típica.

Tabla 8.5. Actividades enzimáticas de hongos nativos *X. feejeensis*, *X. cf. microceras* y el hongo testigo *T. versicolor* inoculados en RFBG.

Cepa	Celulasa (U/L)	Lacasa (U/L)	Xilanasas (U/L)
<i>X. feejeensis</i>	27,2 ± 17,98	30,0 ± 4,56	181,9 ± 64,32
<i>X. cf. microceras</i>	35,7 ± 22,96	26,6 ± 9,31	128,3 ± 22,35
<i>T. versicolor</i>	5,6 ± 17,35	29,5 ± 2,85	99,5 ± 2,34

Los valores de actividad enzimática corresponden al promedio total de cada hongo estudiado  
± corresponde a la desviación típica

Hubo diferencias significativas entre los distintos hongos en la media geométrica calculada a partir de los valores de actividad de enzimas que expresan el grado de descomposición de los principales componentes estructurales del residuo de Palo de Santo (Tabla 8.6; Anova de medidas repetidas;  $P < 0.05$ ).

Tabla 8.6. Análisis de varianza de medidas repetidas y suma de cuadrados tipo III para la actividad enzimática en conjunto de las cepas estudiadas.

Cepas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cepas	29024,505	2	14512,253	14,994	0,000
Interacción (Día – Cepa)	142000,569	1	142000,569	146,712	0,000
Error	31940,355	33	967,890		

Los cambios en los valores de media geométrica durante el período de incubación se exponen en la Figura 8.7. Para los tres hongos ensayados los valores se incrementaron (es decir, el conjunto de las tres actividades fueron mayores) casi linealmente durante el período de incubación aunque hubo una tendencia a la estabilización de los mismos a partir del día 30 de incubación. Como ya se ha indicado, la media geométrica al cabo de los 60 días para *X. feejeensis* no fue significativamente distinta de aquella mostrada por *X. cf. microceras*, pero ambos hongos mostraron mayor actividad que *T. versicolor* para el conjunto de las tres enzimas ensayadas.

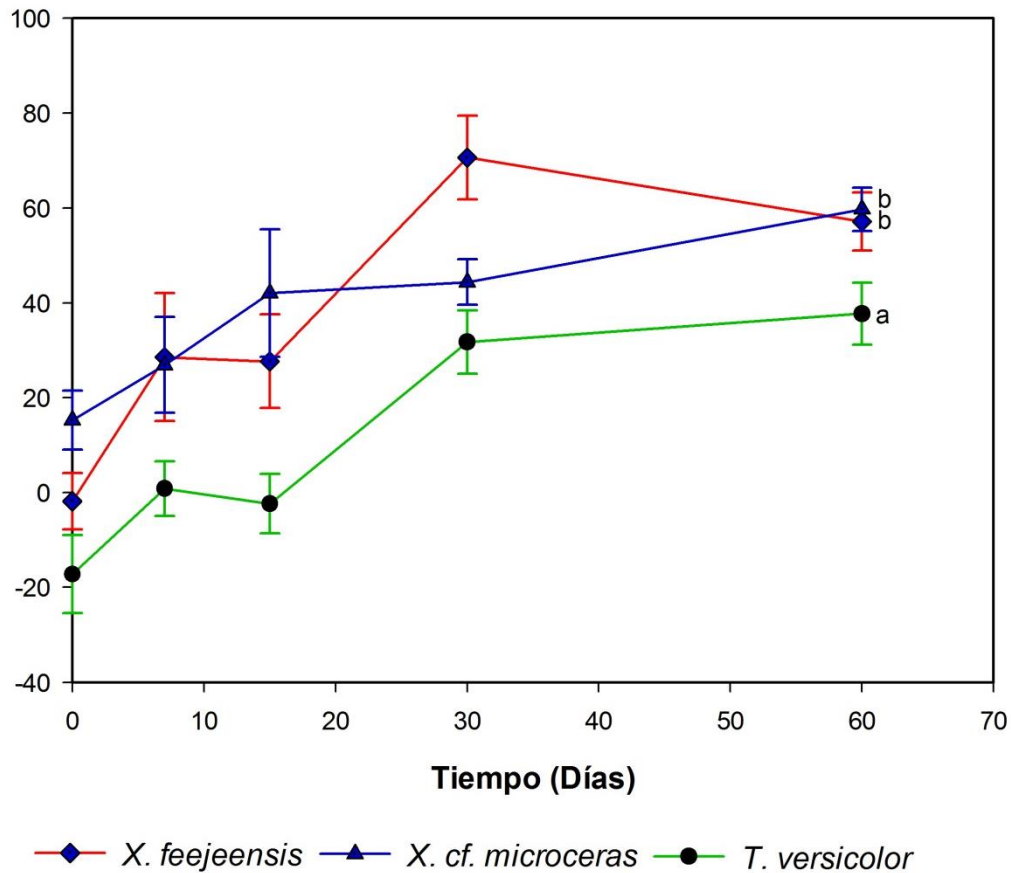


Figura 8.7. Media geométrica calculada a partir de las tres actividades enzimáticas ensayadas de los hongos nativos *X. feejeensis*, *X. cf. microceras* y *T. versicolor* inoculados en el medio RFBG durante 60 días, a 25°C. Las barras muestran el error estándar. Los valores medios con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05\%$ , HSD de Tukey).

### 8.3.3. Capacidad degradativa de variables bioquímicas

#### 8.3.3.1. Contenidos de celulosa y lignina

En la Tabla 8.7 se muestra los contenidos de celulosa (%) y lignina (%) iniciales; antes de ser sometidos a descomposición por parte de los tres hongos ensayados. El porcentaje promedio de celulosa y lignina presente en los RFBG fueron de 19,5% y 9,1% respectivamente.

Tabla 8. 7. Constituyentes de los RFBG en forma natural, antes de la inoculación con la cepa control *T. versicolor* y las cepas nativas *X. cf. microceras* y *X. feejeensis*.

Biopolímero	Contenido (% sobre peso seco)
Celulosa	19,5
Lignina	9,1

### 8.3.3.2. Dinámica de degradación de celulosa

La Tabla 8.8 muestra el análisis de varianza para la degradación de la celulosa (%) en función de las cepas al finalizar el ciclo de degradación (día 60). Hubo diferencias significativas en el contenido de celulosa al final del período de incubación debido al hongo.

Tabla 8.8. Análisis de varianza y suma de cuadrados tipo III para la degradación de la celulosa (%) en función de las cepas.

Celulosa	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	73,090	3	24,363	17,559	0,000
Intra-grupos	16,650	12	1,388		
Total	89,740	15			

En todos los casos ensayados, excepto aquellas unidades experimentales control, el contenido en celulosa descendió durante el período de incubación, especialmente en los primeros 30 días (Figura 8.8). *X. microceras* fue el hongo que descompuso mayor cantidad de celulosa del RFBG (35.8% del contenido inicial en celulosa), seguido de *X. feejeensis* (30,7% de la celulosa inicial), aunque entre ambos no hubo diferencias significativas (Tabla 8.9). *T. versicolor* fue la especie que degradó en menor cantidad la celulosa de los RFBG, aunque el contenido final en celulosa fue superior al del control.

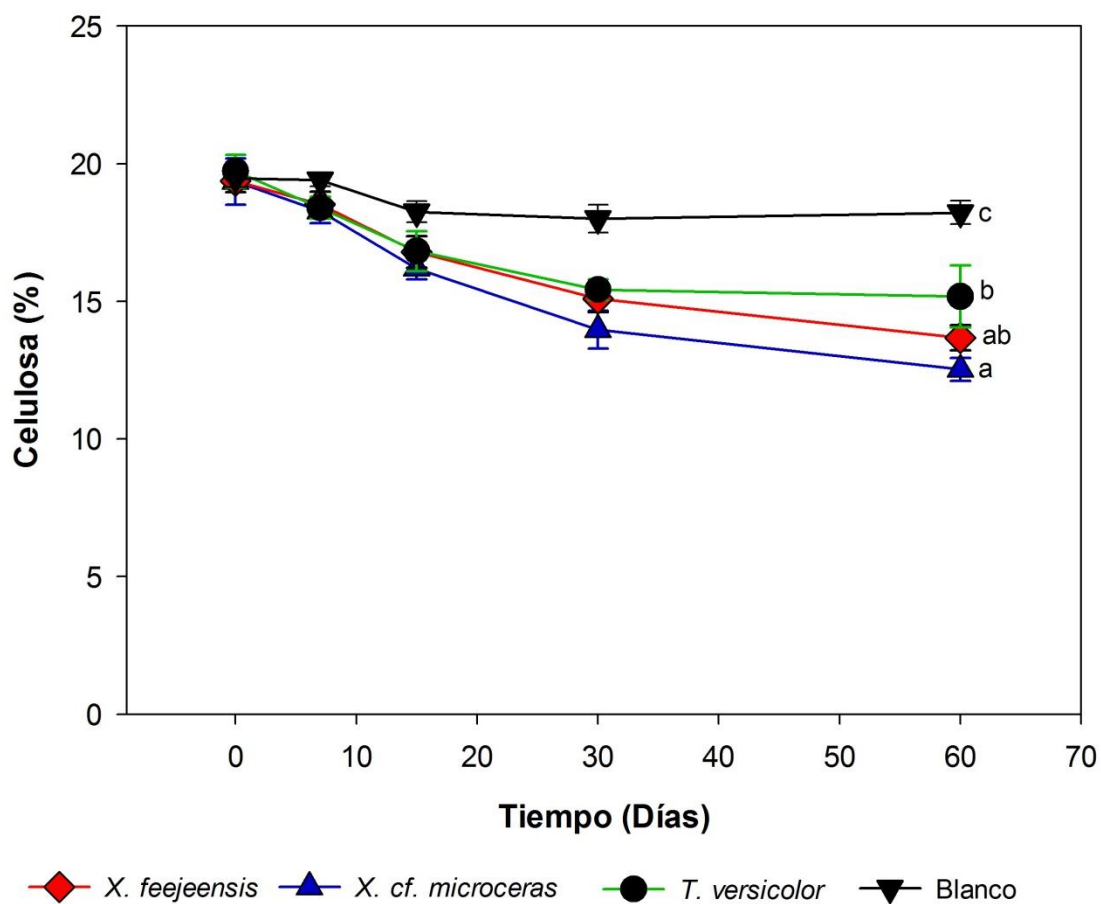


Figura 8.8. Contenidos de celulosa en RFBG inoculados con *T. versicolor* y hongos nativos *X. feejeensis* y *X. cf. microceras*. Las barras muestran el error standar. Los valores medios con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Anova de una vía;  $P \leq 0.05\%$  y test a posteriori de Tukey).

La Tabla 8.9 presenta el porcentaje de degradación del contenido de celulosa (%) por día de incubación, desarrollada por los hongos *X. feejeensis*, *X. cf. microceras* y *T. versicolor*.

Tabla 8.9. Contenido de celulosa en el RFBG sujeto a descomposición por los tres hongos ensayados y en los distintos muestreos. También se muestra el porcentaje de pérdida de celulosa.

Cepa	Días de incubación	Contenido de celulosa (%)	Degradación (%)
<i>X. fejeensis</i>	0	19,4	0,0
	7	18,5	4,4
	15	16,8	13,3
	30	15,1	22,1
	60	13,7	29,4
<i>X. cf. microceras</i>	0	19,4	0,0
	7	18,3	5,6
	15	16,2	16,3
	30	14,0	27,8
	60	12,5	35,3
<i>T. versicolor</i>	0	19,7	0
	7	18,4	6,7
	15	16,8	14,7
	30	15,4	21,8
	60	15,2	23,1

### 8.3.3.3. Dinámica de degradación de lignina

Los diferentes hongos ensayados presentaron capacidad para degradar la lignina, ya que el contenido en lignina del residuo tras el período de incubación en aquellas unidades experimentales que recibieron alguno de los hongos fue significativamente superior a los controles sin hongos. La Tabla 8.10 muestra el análisis de varianza para evaluar si los efectos de la presencia de hongos, el tiempo de incubación y la combinación de ambas fuentes de variación sobre los cambios en el contenido en lignina fueron o no significativos. La presencia de hongos incluyó de forma significativa en el contenido final de lignina.

Tabla 8.10. Análisis de varianza y suma de cuadrados tipo III para la degradación de la lignina (%) en función de las cepas estudiadas.

Lignina	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	14,565	3	4,855	21,302	0,000
Intra-grupos	2,735	12	0,228		
Total	17,300	15			

En la Figura 8.9 se presentan los cambios en el contenido en lignina durante el periodo de incubación. A los 60 días de incubación el hongo *T. versicolor* fue la especie que ha degradado la mayor cantidad de lignina, presentando un contenido final en dichos RFBG de 6,7%, aunque este valor no fue significativamente distinto al presentando cuándo el RFBG fue incubado con *X. cf. microceras* (7,4%). *X. feejeensis* fue el hongo que menos degradó la lignina (7,9% contenido final de lignina en el RFBG).

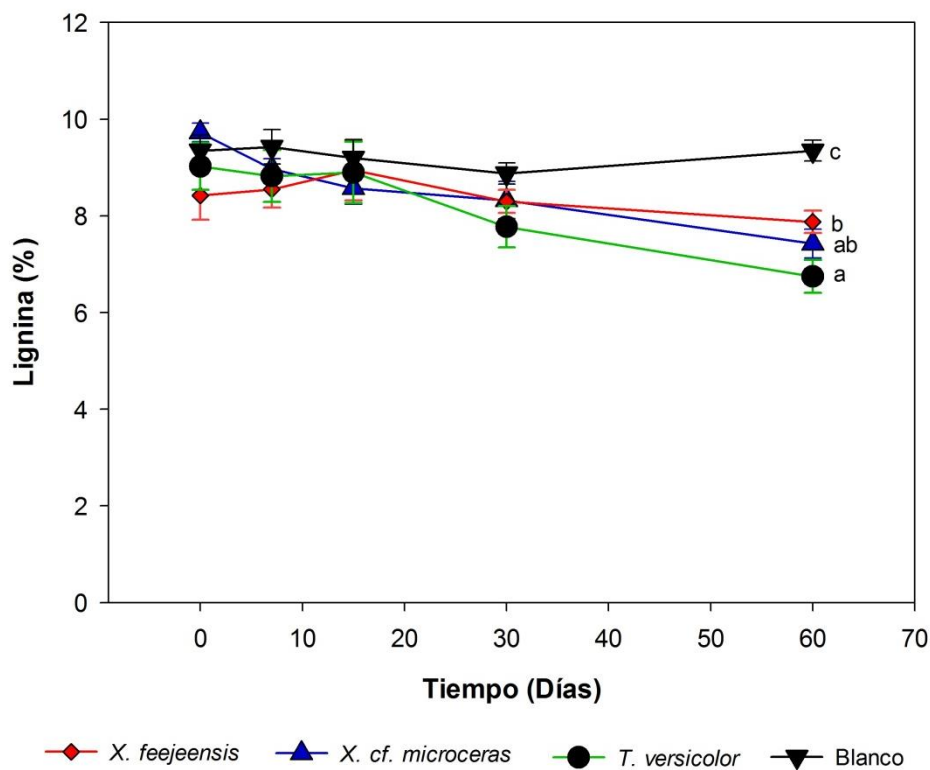


Figura 8.9. Contenido de lignina en RFBG inoculados con *T. versicolor* y hongos nativos *X. feejeensis* y *Xylaria cf. microceras* durante los 60 días de incubación. Los datos son el promedio de 4 réplicas mientras que las barras muestran el error estándar. Los valores medios con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Anova de una vía;  $P \leq 0.05\%$  y test a posteriori de Tukey).

La Tabla 8.11 muestra el porcentaje de degradación de la lignina (%) durante los distintos muestreos realizados a lo largo de la incubación. Como ya se ha apuntado, *T. versicolor* fue la especie que degradó mayor contenido de lignina (hasta un 23,6%) seguido de *X. cf. microceras* (17,8%) y *X. feejeensis* (8,1%).

Tabla 8.11. Degradación del contenido de lignina por día de incubación.

Cepa	Días de incubación	Contenido de lignina (%)	Degradación (%)
<i>X. feejeensis</i>	0	9	0,0
	7	8,6	4,4
	15	8,4	6,7
	30	8,3	7,8
	60	7,9	8,1
<i>X. cf. microceras</i>	0	9,7	0,0
	7	9,0	7,2
	15	8,6	11,3
	30	8,3	14,4
	60	7,4	17,8
<i>T. versicolor</i>	0	9	0,0
	7	8,9	1,1
	15	8,8	2,2
	30	7,8	13,3
	60	6,8	23,6

#### 8.3.4. Efectos de los hongos ensayados en la mineralización del carbono, nitrógeno, fósforo y potasio del RFBG

En la Tabla 8.12 se muestran los contenidos iniciales de carbono orgánico (CT, %), nitrógeno total (NT, %), fósforo (%) y potasio (PT, %) del RFBG antes de ser sometidos a los distintos tratamientos. Los porcentajes promedios de CT, NT, FT y PT fueron de 30,8%, 1,2%, 0,2 y 1,1%, respectivamente. El coeficiente de variación fue inferior a 3,2%, 5,3%, 9,4% y 20,9% para los elementos analizados

Tabla 8.12. Contenido en carbono, nitrógeno, fósforo y potasio de los RFBG antes de la inoculación con la cepa control *T. versicolor* y las cepas nativas *X. cf. microceras* y *X. feejeensis*.

Elemento	Contenido (% sobre peso seco)
Carbono	30,8
Nitrógeno	1,2
Fósforo	0,2
Potasio	1,2

### 8.3.4.1. Mineralización del carbono orgánico

Hubo diferencias significativas en el valor final de contenido en carbono orgánico del RFBG debido al tipo de hongo inculado (Tabla 8.13). Así es, los contenidos finales de carbono orgánico en el RFBG cuando éste se inculó con *T. versicolor* y *X. feejeensis* fueron los menores y no hubo diferencias significativas entre estos dos hongos (16.0 – 16.9%). Sin embargo, el contenido fue significativamente mayor cuando se inculó *X. microceras*.

Tabla 8.13. Análisis de varianza y suma de cuadrados tipo III para el contenido final de carbono orgánico (%) al final del período de incubación en función de las cepas utilizadas.

Carbono	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	532,142	3	177,381	283,243	0,000
Intra-grupos	7,515	12	0,626		
Total	539,657	15			

Las variaciones durante el período de incubación referente a los valores del contenido de CT en los distintos tratamientos se muestran en la Figura 8.10. El patrón temporal fue semejante para aquellas unidades experimentales que recibieron hongos; descenso algo acusado durante los primeros 15 días que disminuye ligeramente a partir de ese muestreo y hasta los 60 días de incubación. El blanco sin inóculo se mantuvo en valores alrededor al inicial.

La Tabla 8.14 presenta el porcentaje de degradación del contenido de carbono (%) para los distintos muestreos realizados durante el período de incubación. Como ya se ha apuntado, *T. versicolor* fue el hongo que descompuso en mayor medida el carbono orgánico (hasta un 47,2% del inicial) junto a *X. feejeensis* (46,1%), y *X. cf. microseras* fue el que mostró menor tasa de descomposición del carbono orgánico contenido en el RFBG (37, 3%).

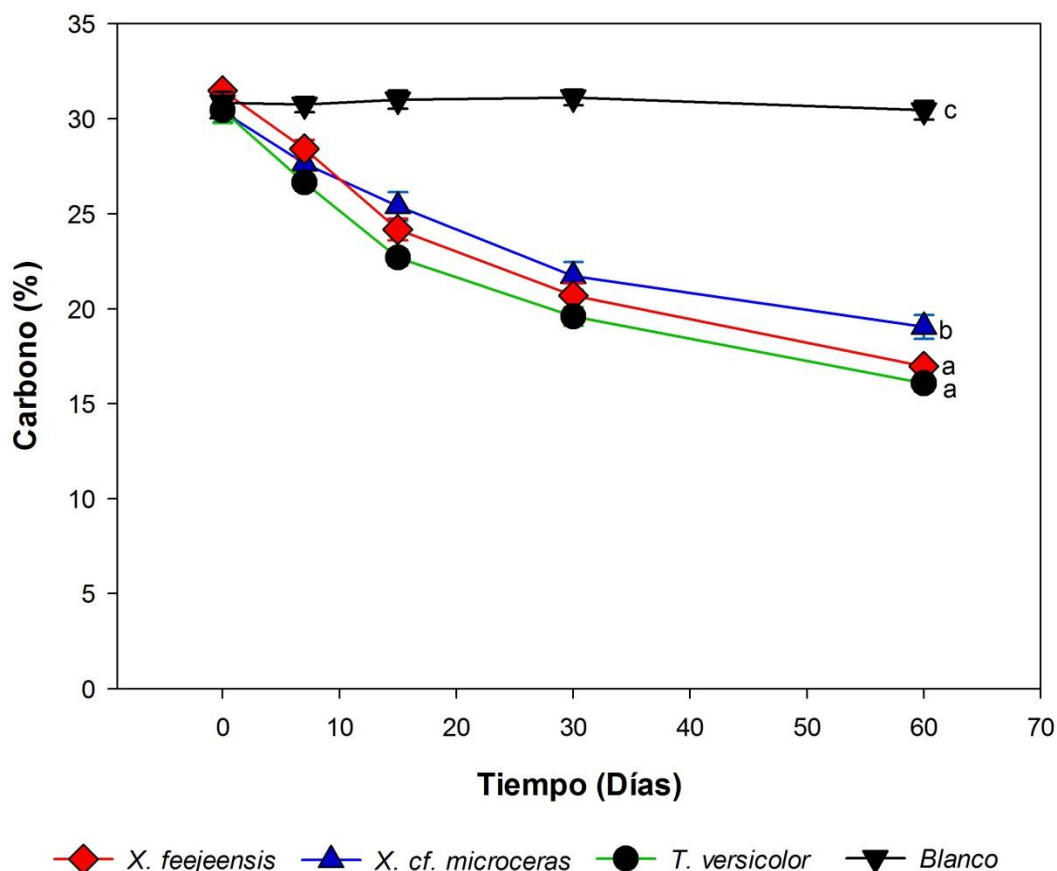


Figura 8.10. Contenidos de carbono en RFBG inoculados con *T. versicolor* (control) y hongos nativos *X. feejeensis* y *Xylaria cf. Microceras* durante el período de incubación. Las barras muestran el error estándar. Los valores medios con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos Anova de una vía;  $P \leq 0.05\%$  y test a posteriori de Tukey).

Tabla 8.14. Porcentaje de pérdida de carbono orgánico del RFBG con respecto al inicial para los distintos muestreos debido a la presencia de los tres hongos ensayados.

Cepa	Días de incubación	Contenido de carbono (%) por día de incubación	Degradación (%)
<i>X. feejeensis</i>	0	31,5	0,0
	7	28,425	9,8
	15	24,175	23,3
	30	20,7	34,3
	60	16,975	46,1
<i>X. cf. microceras</i>	0	30,3925	0,0
	7	27,65	9,0
	15	25,4	16,4
	30	21,725	28,5
	60	19,05	37,3
<i>T. versicolor</i>	0	30,45	0,0
	7	26,65	12,5
	15	22,7	25,5
	30	19,6	35,6
	60	16,075	47,2

### 8.3.4.2. Mineralización del nitrógeno

Estadísticamente se comprobó que hay diferencias significativas con respecto al contenido de nitrógeno durante el tiempo de experimentación donde existe significancia a nivel de  $p$ -valor 0.05. La significancia se debe al blanco donde no se inoculó ninguna cepa; sin embargo, no hay diferencia estadística significativa entre la acción de los hongos.

Tabla 8.15. Análisis de varianza y suma de cuadrados tipo III para el contenido de nitrógeno orgánico, en función de las cepas estudiadas.

Nitrógeno	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,496	3	0,165	52,724	0,000
Intra-grupos	0,041	13	0,003		
Total	0,537	16			

Como se muestra en la Figura 8.11, los contenidos de nitrógeno total en los RFBG en el día 0 de la incubación presentaron variaciones. El rango de los porcentajes de NT determinados para el día 0 de la incubación varió entre 1,14% y 1,25%. A los 30 días de incubación se observa el mayor contenido de NT. *X. feejeensis* fué el que aumentó el contenido de NT en 1,46 %, seguido por *X. cf. microceras* que representó el 1,44%. *T. versicolor* fue el hongo menos eficiente puesto que la cantidad de NT en los RFBG fue de 1,42%. Para el día 60 tanto para *X. feejeensis*, *X. cf. microceras* y *T. versicolor* se produjo una reducción del contenido de NT con valores de 1,43%, 1,43% y 1,38% respectivamente, con respecto al día 60 ratificándose que *T. versicolor* es el hongo menos eficiente. El blanco sin inóculo se mantiene con los contenidos de nitrógeno en todo el periodo del experimento con un promedio de 1,12%. La prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey agrupó a *T. versicolor*, *X. cf. microceas* y *X. feejeensis* en una sola columna ya que no existe diferencia significativa entre ellos ( $p$ -valor 0.54). El blanco se diferencia estadísticamente con respecto a la acción de los hongos estudiados manteniendo un promedio de 1,12% de contenido de nitrógeno durante todo el tiempo de experimentación (Figura 8.11).

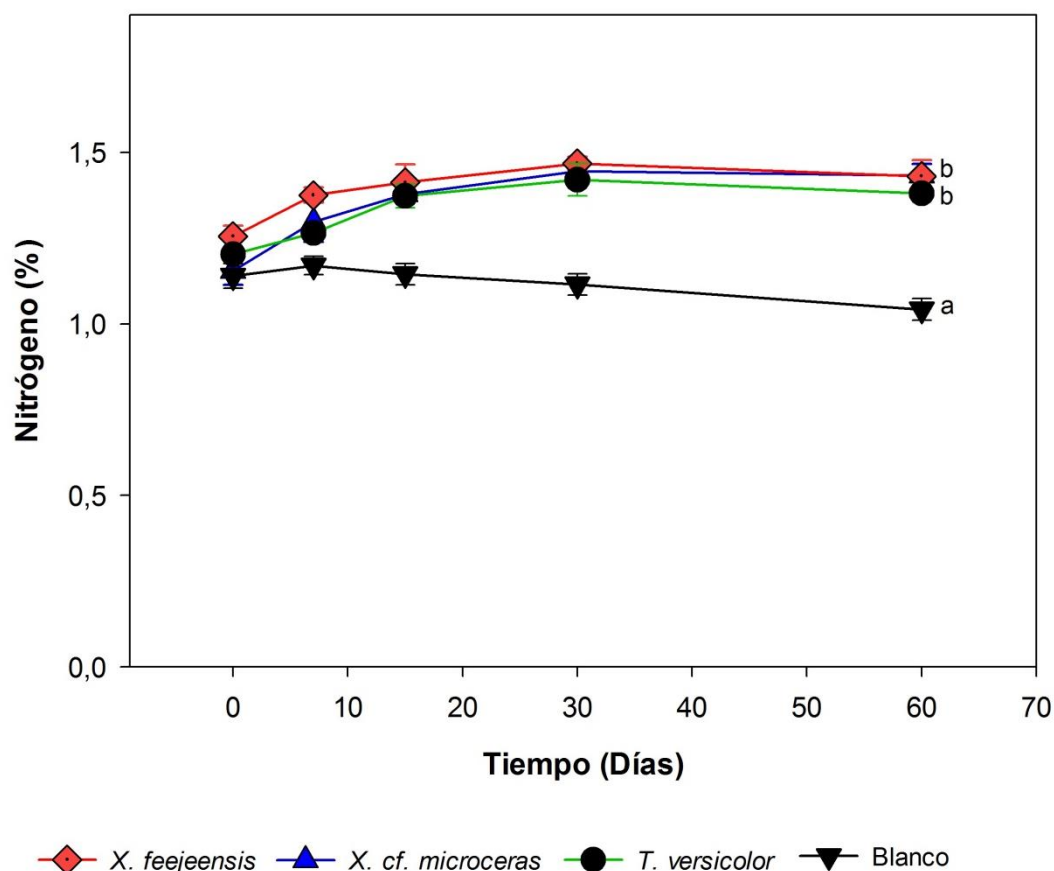


Figura 8.11. Contenidos de nitrógeno en RFBG inoculados con *T. versicolor* (control) y hongos nativos *X. feejeensis* y *Xylaria cf. microceras*. Las líneas muestran el error standar. Los valores medios con la misma letra en cada figura indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05\%$ , HSD de Tukey).

### 8.3.4.3. Contenido de fósforo

Como en el caso del nitrógeno, la diferencia estadística significativa presentada en el análisis de la varianza, se debe a la presencia del blanco sin inóculo. Sin embargo, no hay diferencia estadística significativa por la actividad de los hongos estudiados al nivel de  $p$ -valor 0.05.

Tabla 8.16. Análisis de varianza y suma de cuadrados tipo III para el contenido de fósforo en función de las cepas estudiadas.

Fósforo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,009	3	0,003	14,330	0,000
Intra-grupos	0,003	12	0,000		
Total	0,012	15			

En la Figura 8.12, se muestran las variaciones en el tiempo de los valores porcentuales del contenido de FT en los distintos tratamientos inoculados con los hongos nativos y el control. A los 7 días de incubación se evidencia que los RFBG sometidos a *X. cf. microceras* presentaron mayor contenido de fósforo (0,24%) seguido por *X. feejeensis* (0,23%) y *T. versicolor* (0,23%), esta tendencia de similitud en el contenido durante todo el tiempo de experimentación, demuestra que no hubo un aumento significativo de este nutriente, por los hongos. Cabe indicar que a los 60 días *X. feejeensis* y *T. versicolor* fueron los hongos que aumentaron el porcentaje de FT en un 0,25 y 0,26% respectivamente. El blanco sin inóculo se mantuvo con los contenidos de FT en todo el período del experimento con un promedio de 0,21%. La prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey agrupó a *T. versicolor*, *X. cf. microceas* y *X. feejeensis* en una sola columna ya que no existe diferencia significativa entre ellos ( $p$ -valor 0.31). El blanco se diferencia estadísticamente con respecto a la acción de los hongos estudiados manteniendo un promedio de 0,19 % de contenido de fósforo durante todo el tiempo de experimentación (Figura 8.12).

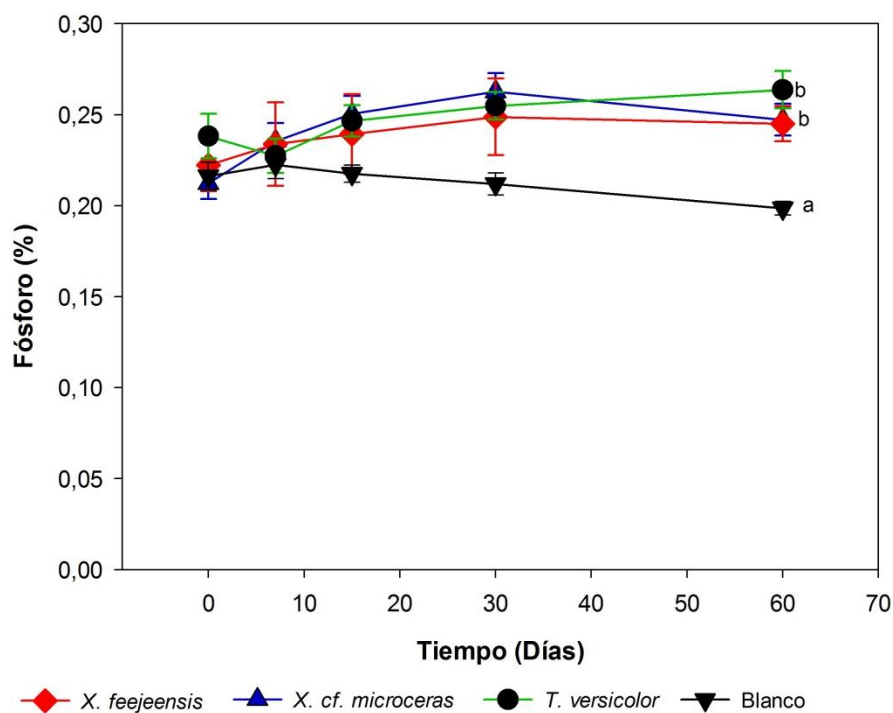


Figura 8.12. Contenidos de fósforo en RFBG inoculados con *T. versicolor* (control) y hongos nativos *X. feejeensis* y *Xylaria cf. microceras*. Las líneas muestran el error standar. Los valores medios con la misma letra en cada figura indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tatamientos ( $P \leq 0.05\%$ , HSD de Tukey).

#### 8.3.4.4. Contenido de potasio

Como lo ocurrido con los otros nutrientes, existe diferencias significativas entre la acción de las cepas ( $p$ -valor 0.0000). Esta diferencia estadística se debe a la presencia del blanco sin inóculo (Tabla 8.17).

Tabla 8.17. Análisis de varianza y suma de cuadrados tipo III para el contenido de potasio (%) en función de las cepas estudiadas.

Potasio	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,328	3	0,109	31,849	0,000
Intra-grupos	,041	12	0,003		
Total	,369	15			

La Figura 8.13 presenta las variaciones en el tiempo de los valores porcentuales del contenido de PT, en los distintos tratamientos inoculados con los hongos nativos y el control. Desde el día 0 hasta el 7, todas las cepas de hongos en estudio incluido el blanco disminuyeron drásticamente el contenido de PT presentando un promedio de 0,75% para *X. cf. microceras*; 0,75% para *X. feejeensis*; 0,73% para *T. versicolor* y 0,74% para el blanco. Esta tendencia se incrementó hasta el día 15 de incubación. Sin embargo, para los 30 días de incubación, se evidencia una predisposición a aumentar los contenidos de PT en los RFBG a excepción del blanco. A los 60 días de incubación *T. versicolor* fue el hongo que aumentó en mayor cantidad el contenido de PT (0,8%), seguido por *X. cf. microceras* (0,79%) y *X. feejeensis* (0,78%) que aumentaron en los RFBG los contenidos de PT. La prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey agrupó a *T. versicolor*, *X. cf. microceas* y *X. feejeensis* en una sola columna ya que no existe diferencia significativa entre ellos ( $p$ -valor 0.96). El blanco se diferencia estadísticamente con respecto a la acción de los hongos estudiados manteniendo un promedio de 0,46% de contenido de nitrógeno durante todo el tiempo de experimentación (Figura 8.13).

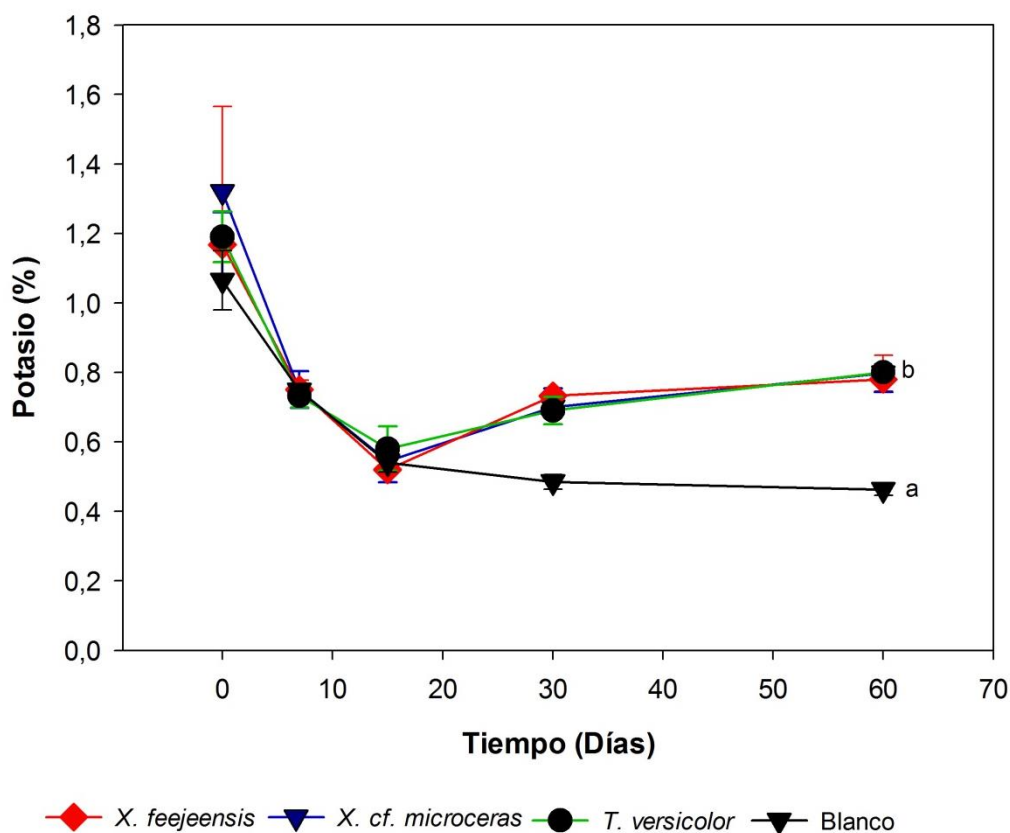


Figura 8.13. Contenidos de potasio en RFBG inoculados con *T. versicolor* (control) y hongos nativos *X. feejeensis* y *Xylaria cf. microceras*. Las líneas muestran el error estándar. Los valores medios con la misma letra en cada figura indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05\%$ , HSD de Tukey).

## 8.4. Discusión

### 8.4.1. Relación C/N y pH

Los RFBG presentaron contenidos de CT y NT de 47.34% y 1.55% respectivamente (relación C/N 31:1). Estos valores se encuentran dentro del rango de valores propuestos por Alkoik & Ghaly (2005) y Zhang *et al.* (2005) para llevar a cabo de forma óptima los ensayos de biodegradación. Así mismo, el pH 7.3 del RFBG no afectó en el desarrollo de los hongos estudiados (hubo visualmente un elevado grado de desarrollo sobre el RFBG), como lo que aconteció en el experimento descrito por Hu *et al.* (2012), quienes mostraron que con un pH de 7.2 se favoreció el crecimiento del hongo *Xylaria hypoxylon* para el aislamiento y obtención de la enzima proteasa.

#### 8.4.2. Contenido de celulosa y lignina en los RFBG antes del tratamiento con hongos

Según la literatura consultada para Ecuador y el mundo, no existen datos referentes a los contenidos bioquímicos en RFBG que sirvan para comparar con nuestros resultados. Los resultados aquí presentados son pioneros para residuos de frutos de *B. graveolens*. Los RFBG antes de ser degradados por los hongos, contienen promedios de celulosa y lignina 19,5% y 9,1%, respectivamente (Tabla 8.7). Estos porcentajes con respecto a otras fuentes de materia orgánica como frutos o subproductos de procesos agroindustriales son considerados como bajos; por ejemplo, el contenido de celulosa en banano (*Musa acuminata*) fue de 34,5% (Cordeiro *et al.* 2004), en paja de arroz (*Oryza sativa*) del 35% (Martin, 1998) y en tallos de uva (*Vitis* sp.) fue del 29,9% (Rodríguez, 1999) y en salvado de cebada (*Hordeum vulgare*) de un 23% (Cruz *et al.* 2000). Esto quizá se deba, a que los RFBG han sido sometidos a un proceso de extracción de aceite y por ello los contenidos de celulosa en los RFBG son bajos ya que la celulosa, es una materia prima utilizada como compuesto para la fabricación de papel y como fibra de refuerzo en varios materiales (Faria *et al.* 2002). En este sentido recomendamos ensayos con otros recursos como cortezas y maderas en los cuales se puede inocular este tipo de hongos.

El contenido de lignina, también resultó bajo en comparación con otros recursos lignocelulósicos. Watkins *et al.* (2015) indicaron que para tallos de alfalfa (*Medicago sativa*) existe en promedio 34%, en paja de pino (*Pinus* spp.) 22,65%, y en paja de trigo (*Triticum* spp.) 20,4%. Así mismo, en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) el contenido de lignina fue de 25,7% (Zadrazil & Puniya, 1995), y en paja de cebada (*H. vulgare*) del 25,5% (Gaitán-Hernandez *et al.* 2011). Por tanto el residuo procedente de la extracción de aceite esencial a partir del fruto del Palo Santo, no sería adecuado para ser utilizado en ensayos de bioabsorción para la recuperación de metales pesados, como el plomo y el zinc (Bailey *et al.* 1999). Por otra parte, los RFBG no serían los más idóneos en la exploración para la producción de biocombustibles y en el desarrollo de cultivos bioenergéticos (Weng *et al.* 2008) tampoco serían los más idóneos. Sin embargo, el contenido de lignina en RFBG fueron ligeramente superiores a los encontrados en la fibra de lino (*Linum* spp.) 14,8% y en poda de viñedo 15,8% (Watkins *et al.* 2015; Gaitán-Hernandez *et al.* 2011).

### 8.4.3. Descomposición de la celulosa y lignina en los RFBG

Los hongos aquí estudiados resultaron ser selectivos para la degradación de la celulosa y lignina de los RFBG dentro del período de tiempo del ensayo (Figuras 8.8 y 8.9). Este resultado sobre el uso de residuos de frutos de *B. graveolens* como sustrato para la producción de enzimas fúngicas extracelulares, es inédito en el Ecuador. Lucas *et al.* (2001) mostraron que la biodegradación de materiales que contienen celulosa, lignina y hemicelulosa se lleva a cabo eficientemente por sistemas enzimáticos presentes en los hongos, destacando entre ellos las enzimas celulasas, lacasas y las xilanasas, esta apreciación concuerda con los resultados de nuestro estudio. Los hongos *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* presentaron actividad enzimática celulosa, lacasa y xilanasas como las indicadas por Lucas *et al.* (2001). Según Fernandes *et al.* (2005), éstas enzimas son importantes por su rol ecológico en el funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, el complejo enzimático especializado de lacasas y celulasas (como la celobiosa deshidrogenasa, CDH) participan de forma importante en el ciclo del carbono y del nitrógeno (Kendrick, 2000; Liers *et al.* 2006; Osono *et al.* 2011; Nghi *et al.* 2012). La enzima lacasa obtenida de los hongos ensayados, atraen una atención especial debido a su posible participación en la transformación de una amplia variedad de compuestos fenólicos (Baldrian, 2006). Igualmente las celulasas se utilizan en la hidrólisis de celulosa lo que podría ser ampliamente aplicado para producir de forma sostenible biocombustibles y productos químicos (Zhang & Lynd, 2006); y, las xilanasas se emplean en el blanqueo de pulpa de papel con el fin de reducir el uso de productos químicos a base de cloro-tóxicos y en la generación de una mejor textura y sabor en las industrias de alimentos y bebidas (Prade, 1996; Sriprang *et al.* 2007).

Estudios para comprobar la degradación de la celulosa y lignina, se han realizado con hongos ascomycetes como *Trichoderma viride*, *Penicillium pinophilum*, *Fusarium solani*, *Talaromyces emersonii* y basidiomycetes como *Pycnoporus cinnabarinus*, *Sporotrichum pulverulentum* y *T. versicolor* (Moreira *et al.* 1997; Babot *et al.* 2011). Investigaciones con el uso de hongos del género *Xylaria* con respecto a la degradación de la celulosa han sido realizadas por Osono & Takeda (2001; 2002) quienes demostraron que *Xylaria* spp. muestran actividad celulolítica cuando se aíslan como endófitos de la hojarasca de *Fagus crenata*. En varias especies se han estudiado a estos hongos con el fin de degradar la celulosa; por ejemplo, en *Opuntia ficus-indica*

(Bezerra *et al.* 2012), en madera de haya (*Fagus sylvatica*) (Liers *et al.* 2006) y en *Eucalyptus grandis* × *urophylla* (Rodríguez *et al.* 2014) donde se ha demostrado la capacidad y eficacia celulolítica de estos hongos. En residuos orgánicos derivados de la actividad agropecuaria se han realizado estudios con especies *Xylaria*. Sutherland & Crawford, (1981) demostraron que estos hongos tienen el poder de degradar la celulosa. Nghi *et al.* (2012) indicaron que las propiedades catalíticas de *Xylaria polymorpha*, combina glicosil hidrolasa con actividades esterasa lo que le permite a este hongo degradar materiales lignocelulósicos como la paja de trigo (*Triticum* spp.) y madera de haya (*Fagus sylvatica*). Esto es semejante con los resultados para la degradación de la celulosa y lignina de los RFBG, pues estos hongos nativos *X. cf. microceras*, *X. feejeensis* y el hongo testigo *T. versicolor* tienen capacidad degradadora de la celulosa y de la lignina. En RFBG existe diferencia significativa en la degradación de la celulosa realizada por los hongos estudiados (Figura 8.8). Durante los primeros 15 días de incubación, el 35% (*X. cf. microceras*), 29% (*X. feejeensis*) y 23% (*T. versicolor*) de la celulosa inicial fue degradada (Tabla 8.9). Estos resultados son semejantes a lo encontrado por Liers *et al.* (2006) quienes demostraron que hongos como *Xylaria hypoxylon* y *Xylaria polymorpha* tienen un alto potencial degradativo de la celulosa. Así mismo Bezerra *et al.* (2012) demostraron que *Xylaria* sp. es el hongo más importante con actividad celulasa positiva, cuando se realizaron ensayos comparativos con otros hongos como *Acremonium terricola*, *Aspergillus japonicus*, *Monodictys castaneae*, *Penicillium glandicola* y *Phoma tropica*. Al parecer *T. versicolor* es una especie específica para degradar la lignina pues produce la podredumbre blanca como lo indican García & Torres (2003), por ello es menos eficaz en la degradación de la celulosa frente a hongos *Xylaria* en los RFBG. Sin embargo, se ha demostrado que *T. versicolor* tiene un modo de degradación de la lignina no selectivo; es decir, esta especie degrada la celulosa, hemicelulosa y lignina simultáneamente (Lucas *et al.* 2001).

En referencia a la degradación fúngica de la lignina investigaciones anteriores dieron resultados consistentes con los nuestros, pues según Osono & Takeda (2001) hallaron que *Xylaria* sp. produce la deslignificación selectiva de la lignina en *Fagus crenata*, comprobándose que estos hongos tienen dicha capacidad ligninolítica. *Xylaria* spp. son considerados como descomponedores de lignina (Osono & Takeda, 2002) y tienen la capacidad de degradar no solamente la lignina sino también la holocelulosa (Koide *et al.* 2005). Sin embargo, Blanchete (1995) manifestó que los hongos *Xylaria* spp., tenían, únicamente, capacidad celulolítica por lo

que se consideraban como hongos de la pudrición blanda. Durante las últimas décadas se está cambiando esta visión y muchos investigadores consideran también a los hongos *Xylaria* como especies potenciales de podredumbre blanca. Conforme la cinética de degradación observada en nuestro estudio, el hongo testigo *T. versicolor* fue el más eficiente en la degradación de la lignina presentando un porcentaje de degradación de 25,2% por encima de *X. cf. microceras* con 23,7% y *X. feejeensis* solamente 6,5% (Tabla 8.11). Los hongos *X. cf. microceras* y *X. feejeensis* fueron menos eficaces y presentaron una diferencia significativa conforme el análisis de varianza ( $p$ -valor 0,000). Esto es semejante a lo encontrado por Asgher *et al.* (2012), Cerrone *et al.* (2011) y Aydmoglu & Sargin (2013) quienes demostraron que este hongo es un descomponedor efectivo de la lignina presente en los residuos de maíz (*Zea mays*) y residuos de árboles de olivo. Además *T. versicolor* es utilizado en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la obtención de bioetanol a partir de la palma (*Elaeis spp.*) que es rica en lignina (Sari *et al.* 2015).

#### **8.4.4. Composición bioquímica del RFBG antes del tratamiento con hongos**

Los RFBG contienen en promedio 30,8% y 1,2% de CT y NT, respectivamente, con una relación C/N de 25,6 (Tabla 8.12). Estos valores parecen ser algo más bajos que los encontrados para otros residuos orgánicos. Por ejemplo, en residuos de olivo (*O. europaea*) se han encontrado contenidos mayores de carbono orgánico total (58,5%) y de nitrógeno (1,87%) (relación 31,2) (Sampedro *et al.* 2007), mientras que en paja de arroz (*O. sativa*) los contenidos de carbono fueron de 57,7%, pero menores de nitrógeno (0,5%) (relación 115) (El-Haddad *et al.* 2014). Algunos investigadores afirman que una relación C/N óptima está alrededor del valor 25:1 (Ndegwa & Thompson, 2000) muy parecidos a los encontrados en nuestro estudio donde los RFBG presentan una relación C/N de 25:6. Al comparar los resultados de este estudio con los residuos de olivo y paja de arroz se evidencia que éstos tienen una relación C/N mayor de 31:1 y 115:1 respectivamente. Este es un valor importante de considerar, puesto que una relación C/N alto (mayor a 25:1) produciría una inmovilización de nutrientes con lo que los procesos biológicos se verían afectados (Tognetti *et al.* 2006). En el caso de los RFBG no presentarían estas afectaciones.

En referencia al contenido de fósforo, existe una gran variabilidad en los contenidos de este elemento en diversos residuos orgánicos. Los RFBG promediaron un contenido de 0,22% muy

similar a lo indicado por Sampedro *et al.* (2007) en residuos del árbol de olivo. Sin embargo, en paja de arroz El-Haddad *et al.* (2014) encontraron valores más altos con contenidos de alrededor del 0,36%. Según Castillo *et al.* (2000) valores de 0,032% son considerados altos; al compararlos con los de este estudio se observa que hay una gran diferencia, por lo que se debe tomar en cuenta esto, en virtud que el exceso de fósforo puede provocar daños en la fisiología de las plantas. Un balance adecuado de este elemento es esencial para el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Fei *et al.* 2011).

El potasio es esencial para el crecimiento de plantas y desarrollo de cultivos (Bertran *et al.* (2004). En los RFBG se encontró que el 0,2% del peso seco es potasio. Soriano *et al.* (2008) encontraron contenidos de este elemento de 4,0% en estiercol de conejo, 0,14% en lodos y 0,17% en vinasas. Según investigaciones realizadas se debe tomar muy en cuenta los contenidos, tanto de la deficiencia como del exceso de potasio, ya que se ha comprobado que en el caso de exceso puede producirse un desarrollo vegetativo de poco vigor, frutos de menor calibre y maduración prematura (Rincón & Giménez, 1989). El exceso también provoca una disminución en la asimilación de fósforo (Valenzuela *et al.* 1994).

#### **8.4.5. Cambios en los contenidos en CT, NT, fósforo y potasio durante la descomposición de RFBG**

La dinámica de degradación del carbono orgánico total fue similar a aquella observada durante la degradación de la celulosa. Nuestros resultados concuerdan con Ljundal & Eriksson (1985) citados por Fogarty & Kelly (1990), quienes indicaron que una reducción de la celulosa en los residuos, va acompañada de una disminución del contenido de carbono. Esta disminución se debe a la conversión del carbono orgánico en dióxido de carbono y metano (Hayawin *et al.* 2010).

Según Sun *et al.* (1999) en general el contenido de carbono disminuye con el tiempo y debido a la conversión en dióxido de carbono de fuentes relativamente lábiles de carbono. Sampedro *et al.* (2007) manifestaron que las pérdidas de carbono orgánico se asocian generalmente con una disminución de la materia orgánica, esto a causa de la mineralización (que está directamente relacionado con la respiración), por ello He *et al.* (2012) afirmaron que durante éste proceso, los microorganismos transforman la materia orgánica en dióxido de carbono y en un producto final

con composición similar a la del humus. Además, esto se podría deber a las cantidades de celulosa en los RFBG que son del 20%, lo que permitió que los hongos degraden este biopolímero y por lo tanto haya una disminución del carbono total. Lindh (2004) encontró que durante la biodegradación de los residuos de paja de trigo (*Triticum* spp.) hubo una clara disminución de ambos carbono y celulosa. Las mayores reducciones de carbono al final del período de incubación en los RFBG se presentó cuando fueron tratados con la cepa *T. versicolor* la cual; aproximadamente mineralizó el 47,2% del carbono al final del período de incubación, siendo este hongo más eficiente que los hongos nativos *X. cf. microceras* (37,3%) y *X. feejeensis* (46,1) (Tabla 8.14). Mikiashvili *et al.* (2005) estudiando a *T. versicolor* informaron que la secreción de enzimas ligninolíticas por este hongo se debe en gran medida a la fuente de carbono y nitrógeno en el medio, resultado muy parecido a los mostrados en este experimento en que este hongo fue el mejor en degradar los contenidos de carbono (Fig. 8.10). Así mismo, Lindh (2004) encontró que *T. versicolor* fue el más eficaz en degradar el carbono en paja de trigo. La disminución de contenido de carbono también ha sido observada en procesos de compostaje. La concentración de carbono orgánico disuelto o carbono orgánico extraíbles en agua (formas lábiles de carbono orgánico), ha sido reportado por algunos investigadores como una variable que disminuye constantemente durante el proceso de compostaje y, por lo tanto, relacionado con el proceso de estabilización del material compostado (Zmora-Nahum *et al.* 2005).

Con respecto a los contenidos de nitrógeno total en los RFBG se observa que hay un ligero incremento. *X. feejeensis* fue la especie más eficaz al aumentar el contenido de nitrógeno con un promedio de 1,4%, seguido por *X. cf. microceras* con un 1,3% y *T. versicolor* con un 1,3%. Estos resultados son parecidos a los reportados por Gómez-Brandón *et al.* (2010) y Nattudurai *et al.* (2014) quienes en procesos de vermicompostaje encontraron que los contenidos de nitrógeno total aumentan a través del tiempo. El-Haddad *et al.* (2014), reportaron que en compost y vermicompost el producto final tuvo un incremento significativo de nitrógeno, con un valor de 1,88%. Estos resultados se asemejan a los nuestros pues los RFBG poseen hasta 1,4%. Según Paul & Clark (1996) valores superiores al 2% de nitrógeno son óptimos; sin embargo, para Schweizer *et al.* (2003), manifiestan que en conformidad con la etiqueta ecológica europea, un abono orgánico no debe exceder del 2 % de nitrógeno, por lo cual los RFBG estarían dentro de estos requerimientos. Por otro lado en el día 0 de incubación en los RFBG se presentaron variaciones, las que sin embargo no difieren en forma significativa. El rango de los porcentajes de

nitrógeno total determinados para el día 0 de la incubación varió 0,22%, estos resultados concuerdan con los señalados por Szegi (1988), quien determinó valores con un rango de 0,24% de nitrógeno total en paja de centeno (*Secale cereale* [L.] M.Bieb.). En nuestro experimento el mayor contenido se evidencia en el día 30 de incubación para los RFBG tratados con *X. feejeensis* (Figura 8.11). Al final del ensayo (60 días) se determinó que las cepas *X. cf. microceras* y *X. feejeensis* fueron los hongos más eficientes. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Away *et al.* (1997) quienes determinaron en residuos de hojas de té (*Camellia sinensis*) inoculadas con *T. pseudokoningii* un incremento en el porcentaje de nitrógeno total y una disminución de la relación C:N. Por otro lado, Alexander (1980) señala que durante la mineralización de materiales vegetales que contienen poco nitrógeno la relación C:N tiende a disminuir, debido a una pérdida gaseosa del carbono y a su vez el porcentaje de nitrógeno del residuo tiende a incrementarse conforme progresa la descomposición. Zafar *et al.* (1989), quienes al realizar pruebas de biodegradación en madera con seis cepas de hongos distintas, entre las cuales utilizaron *T. versicolor*, encontraron un aumento en los contenidos de nitrógeno en la madera parcialmente degradada por los hongos, resultados semejantes a los mencionados en forma anterior fueron los obtenidos por Howart *et al.* (1995) quienes determinaron una acumulación en el contenido de nitrógeno en cañas de pasto conforme existía degradación por parte de los microorganismos.

Los contenidos de fósforo total en los RFBG tuvieron también un ligero incremento. *T. versicolor* fue la especie más eficaz pues aumentó el contenido de fósforo con un promedio de 0,25%, seguido por *X. cf. microceras* con 0,24%. *X. feejeensis* resultó ser la especie menos eficaz pues incrementó el contenido de fósforo en un 0,23% de promedio. Estos resultados concuerdan con los reportados por Nishanth & Biswas (2008), quienes informan que el contenido total de fósforo aumenta más cuando se ha inoculado hongos como *Aspergillus awamori*. Sin embargo, nuestros resultados son inferiores a los reportados para vermicompost. Según Hait & Tare (2011) el contenido fósforo en vermicompost varió desde 1,78 hasta 2,64%. Al parecer en referencia a este nutriente, *E. foetida* en comparación con hongos, aumentan el porcentaje de fósforo. Algunos autores concluyen que en ensayos con lombrices, éstas ingieren la materia orgánica y el producto final excretado contiene un alto contenido de fósforo (Castillo *et al.* 2000). La tendencia al aumento en el contenido de fósforo en nuestro experimento es consistente con los hallazgos de otros investigadores, pero en procesos de compostaje y vermicompostaje (Suthar & Singh, 2008;

Khwairakpam & Bhargava, 2009). Hachicha *et al.* (2006), reportaron que en compost de estiércol de aves de corral y residuos de las fábricas de oliva se ha incrementado el fósforo en un 0,03%, muy inferiores a los obtenidos para nuestros residuos. Según Paul & Clark (1996) valores óptimos de este elemento están dentro del rango de 0,15% a 1,5%; los RFBG estarían dentro de este rango pues presentan como promedio 0,24%, por lo que estos recursos serían adecuados como mejoradores de suelos en lo que corresponde a este elemento.

En referencia al potasio Bertran *et al.* (2004) manifiestan que es esencial para el crecimiento de plantas y desarrollo de cultivos. Distintos autores atribuyen al potasio un papel relevante en el rendimiento (Pinto *et al.* 1995; Pacheco *et al.* 1996). En los RFBG en los primeros días de incubación se observó que hay una drástica disminución de este elemento (Figura 8.13), esto concuerda con lo reportado por Martínez-Cordeiro *et al.* (2013) quienes manifestaron que también este elemento disminuyó significativamente durante los primeros días y durante todo el proceso de vermicompostaje en un 81%. Sin embargo a partir del día 15 se evidencia que el potasio en los RFBG aumentan. Considerando la media total de cada hongo, se constató que *X. feejensis* fue más eficaz al incrementar el contenido ya que al final del experimento los RFBG contienen 0,82%, seguido por *T. versicolor* cuyo contenido resultó ser de 0,81%. *X. cf. microceras* fue menos eficaz con 0,79%. Estos valores son diferentes a los encontrados en tres compost de residuos sólidos municipales donde se reportan valores promedios de 0,39% (Ayuso *et al.* 1996). Sin embargo, nuestros resultados son bajos al compararlos con los obtenidos por El-Haddad *et al.* (2014) quienes en compost maduros de paja de arroz complementados con inóculos de hongos y con enmiendas inorgánicas de potasio, encontraron 1,79%. En este contexto, cabe indicar que el exceso de potasio puede producir un desarrollo vegetativo de poco vigor, frutos de menor calibre y maduración prematura (Rincón & Giménez, 1989), provocando también una disminución en la asimilación de fósforo (Valenzuela *et al.* 1994).

## **8.5. Conclusiones**

En este estudio se ha puesto claramente de manifiesto que los RFBG sirven como sustrato para la producción y evaluación de enzimas extracelulares. Los constituyentes de carbono y nitrógeno son óptimos para realizar ensayos de biodegradación según lo reportado por Alkoaik & Ghaly (2005) y Zhang *et al.* (2005). En los hongos inoculados en los RFBG se detectó producción de

celulasa, lacasa y xilanasa. Los hongos *Xylaria* produjeron la mayor actividad de celulasa, entre 27,2 U/L y 35,7 U/L, bajo las condiciones del presente estudio, presentando mayor actividad celulolítica en comparación con *T. versicolor* que produjo sólo 5,6 U/L. La actividad lacasa fue mayor para el hongo *X. feejeensis* (30,0 U/L), y es considerada baja comparada con otros estudios donde, por ejemplo, *X. polymorpha* produjo cantidades moderadas de lacasa (1100 U/L), pero en sustrato a base de zumo de tomate. Sin embargo, en sustrato sólido *X. polymorpha* que se desarrolla en una reserva natural de un bosque sub-Andino de Colombia, Chaparro *et al.* (2009) determinaron una actividad que oscila entre los 30 U/L, actividad muy similar al de nuestro estudio. El potencial de la enzima xilanasa es evidente en *X. feejeensis* y *X. cf. microceras*; éstos hongos presentaron mayor actividad de xilanasa con valores de 182,5 U/L y 129,0 U/L respectivamente que otros hongos *Xylaria* (120 U/L) reportados por Liers *et al.* (2006) en experimentos en estado sólido. Al parecer la producción en cantidad de enzima celulasa, lacasa y xilanasa depende de dos factores; primero del tipo de especie de *Xylaria* utilizada y segundo del tipo de sustrato utilizado conforme lo confirman otras investigaciones (Elisashvili *et al.* 2011; Bezerra *et al.* 2012). Con los resultados obtenidos en este estudio, se abre la posibilidad de valorar las cepas nativas con el fin de producir enzimas, biotransformar los RFBG y biotransformar otros desechos orgánicos como lo recomienda Polizeli *et al.* (2005). Para el mejor conocimiento de la producción enzimática se recomienda inocular estas cepas en diversos tipos de residuos sólidos de origen agroindustrial y agroforestal, que presenten características y composiciones diferentes.

En nuestro estudio realizamos los primeros reportes sobre los contenidos de químicos orgánicos e inorgánicos en RFBG. Los RFBG contienen promedios de lignina y celulosa de 9,1% y 19,5% respectivamente, son considerados bajos con respecto a otros recursos. Sin embargo, los hongos resultaron ser selectivos para la degradación de estos biopolímeros. En nuestro estudio se ha comprobado que existe diferencia significativa en la degradación de la celulosa y la xilanasa pero no en lacasa. *X. cf. microceras* fue la especie más activa en la degradación de la celulosa presentando un porcentaje de degradación de 35,3%; *X. feejeensis* presentó un 29,4% y *T. versicolor* fue el hongo menos eficaz ya que degradó este biopolímero en menor cantidad, presentando un porcentaje de degradación de la celulosa de 21,8% en los RFBG. El hongo testigo *T. versicolor* fue el más eficiente en la degradación de la lignina presentando una degradación del

25,2% en los RFBG (Tabla 8.11). Los hongos *X. cf. microceras* y *X. feejeensis* fueron menos eficaces en la degradación de la lignina.

Tras la degradación fúngica, el contenido en NT de los RFBG fue en promedio del 1,3% . Según Paul & Clark (1996) valores superiores al 2% de nitrógeno son óptimos para los cultivos. Sin embargo, según la etiqueta ecológica europea, un abono orgánico no debe exceder del 2% de nitrógeno, por lo cual los RFBG estarían dentro de estos requerimientos como los encontrados por Schweizer *et al.* (2003). Así mismo, en fósforo valores óptimos están dentro del rango de 0,15% a 1,5% (Paul & Clark, 1996); los RFBG estarían dentro de este rango pues presentan como promedio 0,24%, por lo que este tipo de recurso sería adecuado como mejoradores con respecto a este elemento. Finalmente, se recomienda el estudio de estas cepas y de nuevas cepas de los bosques de Ecuador en ensayos de degradación, inoculándolos en otros recursos agroforestales, agrícolas y de origen industrial.

## **CAPÍTULO IX**

# **PLAN DE MANEJO PARTICIPATIVO DEL BOSQUE SECO CON ÉNFASIS EN EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE FRUTOS DE PALO SANTO (*B. graveolens*)**

## 9.1. Introducción

El desarrollo agrícola se ha orientado hacia el aumento de la productividad y la explotación de los recursos naturales. Este enfoque ha ignorado las complejas interacciones entre las actividades agrícolas, los ecosistemas locales y la sociedad (Ruiz *et al.* 2006.). Según la FAO (2014), alrededor de 500 millones de personas viven en los bosques en el mundo, y dependen de ellos para obtener sus medios de vida. Esto indica que el desarrollo de un número significativo de personas, entre las que se encuentran aquellas más pobres del planeta, pasan por un mejor, más equitativo y sostenible aprovechamiento de los bosques mundiales (Scherr *et al.* 2004). El manejo forestal sostenible busca mantener y aumentar a largo plazo la salud del ecosistema forestal, mientras proporciona oportunidades medioambientales, económicas, sociales y culturales para el beneficio de las presentes y futuras generaciones (Ivars, 1998). Además busca el reconocimiento, de la crucial importancia, que tiene la participación comunitaria en el proceso del desarrollo sustentable. Sin embargo, también es evidente que los enfoques y métodos utilizados para trabajar hacia el desarrollo sustentable requieren ser adaptados a la necesidad de un desarrollo con una visión holística, en donde los principales actores en el proceso de toma de decisiones sea la gente, quienes viven directamente de y con los recursos naturales, y con los efectos y consecuencias de cualquier acción que se realiza en el sistema humano - recursos naturales (Lujan *et al.* 1999).

En la presente tesis doctoral, se ha logrado recabar información comunitaria de una manera participativa, logrando conocer las necesidades, intereses y potencialidades de campesinos agroforestales y conocer los beneficios de los recursos naturales que ofrece el BST y en especial de los beneficios del árbol *B. graveolens*. Todo este conocimiento, es necesario sintetizarlo en un plan de manejo que permita potenciar a las comunidades estudiadas. Según el COMAFORS (2005), la elaboración de un plan de manejo, es tan importante que es un proceso que no culmina con un documento escrito, debe de contener un sistema de seguimiento y evaluación continua a fin de armonizar las necesidades ambientales y comunales, de forma que el aprovechamiento de un recurso debe ser social, económica y ambientalmente sostenible. Un plan de manejo es un medio, no el fin del aprovechamiento. Es un medio de asegurar el uso sostenible de una especie y estar organizado de forma apropiada para el aprovechamiento de los recursos naturales. Algunos investigadores indican que el desarrollo comunitario participativo permite a la gente definir un

escenario para su desarrollo futuro, de acuerdo a sus necesidades e intereses, y a la vez, establecer los objetivos y metas estratégicas comunes, las cuales servirán de base para definir el conjunto de principios, criterios, indicadores y verificadores que constituyan la base fundamental para la evaluación del progreso hacia un desarrollo sustentable (Kenny *et al.* 1999).

El objetivo de este capítulo fue el de elaborar un plan de manejo considerando la información recabada en el diagnóstico participativo comunitario ejecutado en esta tesis doctoral (capítulos 2 y 5), donde se ha considerado el conocimiento local y la idiosincracia campesina. Además se ha considerado los resultados obtenidos sobre el uso de los subproductos de los residuos de *B. graveolens* en la obtención de vermicompost y residuos biodegradados (Capítulos 6 y 7) y se ha tenido en cuenta la información recabada sobre otros dos capítulos, aquellos dedicados a las características dasométricas del BST donde se consideró por ejemplo la densidad de otras especies arbóreas y arbustivas que acompañan al Palo Santo en la estructura y composición del BST (capítulos 3 y 4). Lamentablemente, este plan de manejo no ha sido retroalimentado con los campesinos, lo que constituye una debilidad; sin embargo, resume la realidad cultural, biológica y sociológica de la zona de estudio, información obtenida de una manera conjunta con la participación de los campesinos y campesinas de las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos. Lo que se espera con el mismo, es entregar una herramienta que permita la toma de decisiones de los actores políticos y económicos responsables del desarrollo de proyectos comunitarios en el Ecuador.

## **9.2. Materiales y métodos**

### **9.2.1. Elaboración del plan de manejo participativo**

La elaboración del plan de manejo se realizó considerando los resultados obtenidos del diagnóstico participativo descrito en los capítulos 2 a 5 de esta tesis doctoral, donde los campesinos/as participaron aportando sus conocimientos e intereses en el aprovechamiento y manejo del BST, y de los beneficios y potencialidades que ofrece *B. graveolens* tanto en la producción de vermicompost como la biodegradación realizada por los hongos *Xylaria* inoculados en los residuos de los frutos. El establecimiento de objetivos de manejo se realizó en base a la recomendación de Kenny *et al.* (1999) quienes demostraron que es valioso e importante

considerar la sabiduría campesina ya que son ellos los responsables directos de la gestión de los recursos naturales. La priorización de problemas se basó en el resultado del árbol causa y efecto, construido participativamente con miembros de las comunidades y en donde se recabó información sobre los principales problemas ambientales (Capítulo 2, Figura 2.10).

### **9.2.2. Zonificación ecológica**

En base a la zonificación participativa del área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens* en el que se construyó el mapa de usos de los recursos naturales (Capítulo 2, sección 2.3.2.4) y en el cual se logró determinar el uso actual del suelo, se realizó la zonificación ecológica (ZE). La ZE fue elaborada utilizando el programa ArcGis 9.3 (ESRI, Redlands, CA) en base a los datos del diagnóstico participativo. La ZE permitirá el mejoramiento en el manejo de la zona de estudio ya que resume el conocimiento tradicional campesino, las necesidades e intereses de los pobladores de Malvas, Chaquiro y Totumos.

### **9.2.3. Proyectos del plan de manejo**

La elaboración de los proyectos se basó en los resultados de la caracterización socio-productiva de las comunidades campesinas, especialmente sobre temas como uso actual del suelo, causas de la migración, huertas familiares, uso de agroquímicos, principal actividad económica, producto agropecuario que genera mayor beneficio económico, población de cabras y problemas ambientales. Además se consideró las potencialidades de los recursos del BST y los beneficios que tiene *B. graveolens*. Igualmente se incluyó los errores detectados en el aprovechamiento de los PFNM de *B. graveolens* a fin de dar soluciones y ser más eficientes en el aprovechamiento de los frutos de esta especie.

## **9.3. Resultados**

El plan de manejo participativo del BST con énfasis en el aprovechamiento sostenible de frutos de *B. graveolens* persigue los siguientes objetivos.

### **9.3.1. Objetivo general**

Implementar propuestas participativas de manejo de los recursos agroforestales, que contribuyan a la sostenibilidad de los mismos y mejorar el nivel de vida de los campesinos y campesinas de las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos.

### **9.3.2. Objetivos específicos**

- Fortalecer la capacidad organizativa y de gestión de la pre-asociación comunitaria Bolívar Tello, adoptando un enfoque participativo y de igualdad de género y equidad.
- Recuperar y rehabilitar zonas degradadas y proteger los hábitas (por ejemplo cubierta vegetal) dónde se desarrollan las plántulas de distintas especies arbóreas y arbustivas para garantizar la regeneración natural del BST.
- Mejorar la calidad de vida de los pobladores mediante la implementación de tecnologías de producción y control de la cadena de comercialización de los productos agrícolas, pecuarios y PFNM.

### **9.3.3. Limitaciones**

- Ausencia de financiamiento por parte de OG's y ONG's para apoyo y ejecución del plan de manejo.
- Desconocimiento local para desarrollar las actividades propuestas para cada proyecto formulado.

### **9.3.4. Zonificación de manejo**

La ZE del área de recolección silvestre de los frutos de *B. graveolens* permitirá el mejoramiento en el manejo de los recursos naturales. Las principales zonas ecológicas identificadas se muestran en la Figura 9.1. La ZE se realizó bajo el conocimiento que el área de recolección silverte, en la actualidad, y en su mayoría los terrenos comunitarios pertenecen a la Subsecretaría de Tierras de Ecuador. Sin embargo, es necesario recordar que en estas zonas es donde se realiza el aprovechamiento de los recursos de *B. graveolens*, y de otros recursos del BST. Además es un

área de pastoreo extensivo, principalmente de ganado caprino. A fin de mejorar el estado ambiental y económico se plantean cinco zonas para el manejo participativo del área de estudio, que se detallan en el siguiente apartado.

- Zona de producción agroecológica.
- Zona de conservación, investigación y ecoturismo.
- Zona de recuperación natural.
- Zona de pastoreo caprino.
- Zona de reforestación y protección.

### 9.3.5. Descripción de las zonas de manejo

Como se puede observar en la Figura 9.1 las cinco zonas planificadas abarcan todo el territorio del área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens*. En la Tabla 9,1 se describen cada una de estas zonas.

Tabla 9.1. Zonas de manejo del área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens*.

Zonas del área de recolección silvestre	Área (ha)	%	Ubicación y características
Zona de producción agroecológica	289,2	9,6	Está ubicada en las riberas del río Malvas, en donde existe la asociación de árboles con cultivos anuales. Esta zona es conocida por los campesinos como chacras; se siembran especialmente maíz ( <i>Zea mays</i> ), poroto, ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) entre otros, y plantas medicinales.
Zona de conservación, investigación y ecoturismo	524,0	17,4	Se encuentra ubicada en la zona media del área de recolección silvestre de frutos de <i>B. graveolens</i> . La atraviesa la principal carretera que comunica con otras comunidades campesinas del cantón Zapotillo. Esta zona es valiosa por la presencia de árboles y arbustos que conforman el BST.
Zona de recuperación natural	608,3	20,2	Se ubica adyacente a la zona de conservación, investigación y ecoturismo. En esta zona se encuentran árboles y arbustos que conforman el BST cuyo fin es propiciar la recuperación de la regeneración natural de las especies.
Zona de reforestación y protección	445,7	14,8	Se ubica cerca de la comunidad Chaquiro al sur del área de recolección silvestre de frutos de <i>B. graveolens</i> . Esta zona es la más impactada por las actividades antrópicas y por el pastoreo del ganado caprino.
Zona de pastoreo caprino	1144,4	38,1	Se ubica a lo largo del área de recolección silvestre. Esta zona es tradicional para el pastoreo extensivo del ganado caprino.

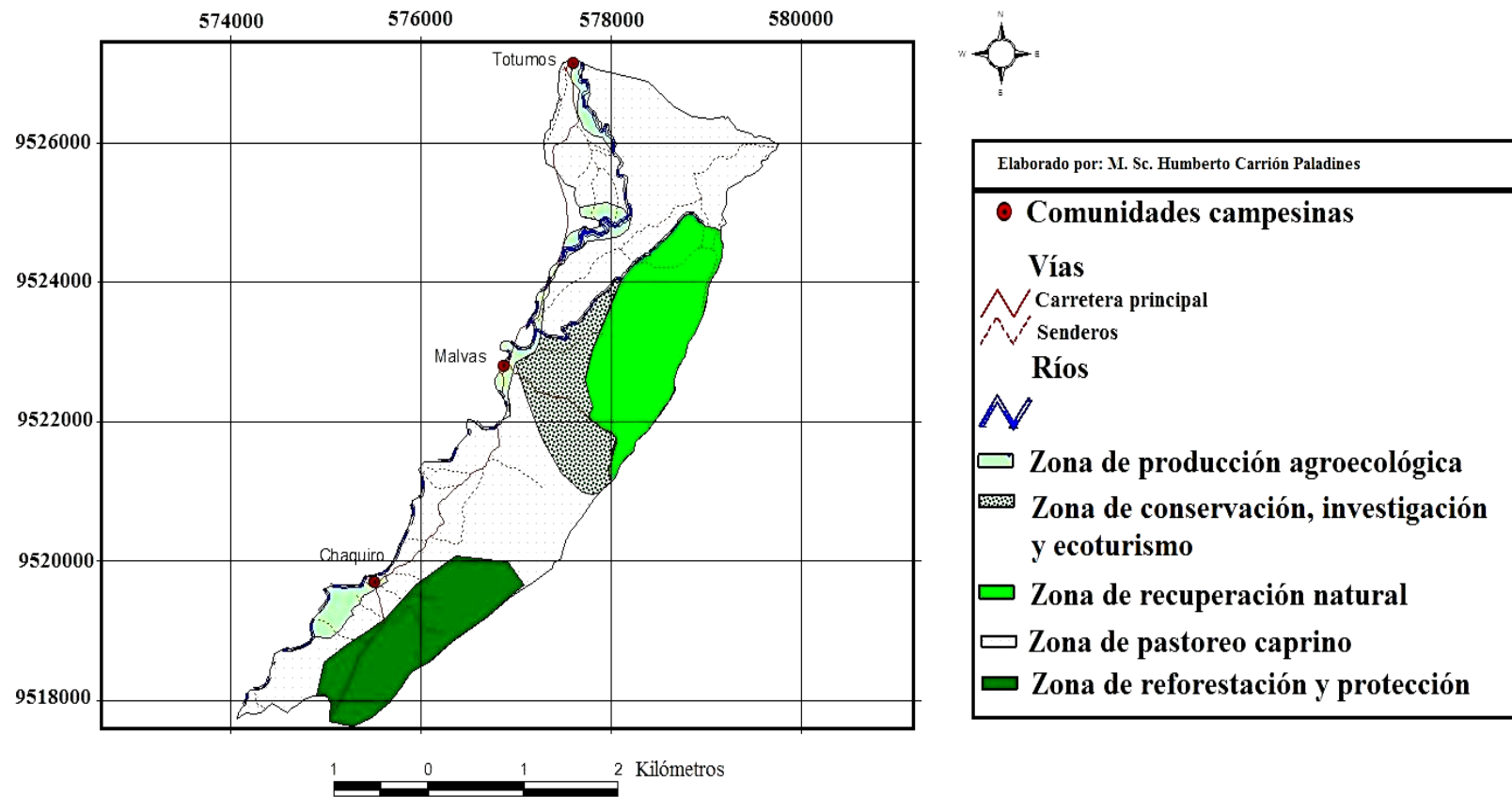


Figura 9.1. Mapa de zonificación ecológica del área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens*.

#### **9.3.5.1. Zona de producción agroecológica**

Esta zona está destinada a la producción y aprovechamiento sustentable de cultivos de ciclo corto como maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), bajo el enfoque de producción agroecológica. Se realizará el mejoramiento de los sistemas agroforestales existentes e implementación de nuevos sistemas combinados con especies leñosas nativas como *B. graveolens*, *Tabebuia chrysantha* y *Caesalpinia glabrata*. Los cultivos asociados corresponden a camote (*Ipomoea batatas*), yuca (*Manihot esculenta*), cebolla (*Allium cepa*), ajo (*Allium sativum*), porotos (*Phaseolus vulgaris*), plátano (*Musa paradisiaca*), mango (*Mangifera indica*), coco (*Cocos nucifera*) y frutales como naranja (*Citrus* sp.) y limón (*Citrus* sp.). En esta zona se iniciará con la cría de ganado caprino en sistema estabulado. La producción agroecológica tiene la finalidad de aportar en primera instancia para la seguridad alimentaria y los excedentes para contribuir a solucionar con las demandas locales y provinciales. Esta zona está destinada además a la siembra de árboles forrajeros nativos del cantón Zapotillo como *Prosopis juliflora*, *Albizia multiflora* y *Caesalpinia glabrata* que puedan servir como raciones alimenticias para el ganado caprino.

#### **9.3.5.2. Zona de conservación, investigación y ecoturismo**

Esta zona se caracteriza por presentar árboles que por su belleza y uso comunitario, requieren ser conservados. Especialmente el árbol de guayacán (*Tabebuia chrysantha*) constituye la especie para ser visitada por las personas que les gusta observar, cómo se transforma el BST en una zona de coloración amarilla (Imagen 9.1). En esta zona habitan también especies como *Caesalpinia glabrata* y *Piscidia carthagenensis* especies que podrían ser investigados con el fin de conocer los beneficios y potencialidades. Igualmente en esta zona habita el Palo Santo (*B. graveolens*), del cual los campesinos podrían enseñar cómo se realiza la recolección sostenible de los frutos a turistas extranjeros como nacionales. Así mismo la fauna que se puede apreciar de manera inmediata es variada: pericos (*Aratinga erithrogenis*), palomas (*Leptotila* sp.), urracas (*Cyanocorax mystacalis*), murciélagos (*Desmodus* sp.), mirlos (*Turdus* sp.) y ardillas (*Callosciurus* sp.). En esta zona, las ardillas (*A. erithrogenis*) son fácilmente observables por la presencia de los árboles cuyos frutos son apetecidos. Igualmente, se pueden observar reptiles, mariposas y en casos excepcionales al puma nativo (*Puma concolor*) del BST. Esta zona se

encuentra ubicada en la parte media del área de recolección silvestre, por donde la atraviesa la vía principal de acceso que une con otras comunidades del cantón Zapotillo.

#### **9.3.5.3. Zona de recuperación natural**

Está conformada por bosques muy ralos en los que predominan árboles como *B. graveolens*, *Tabebuia chrysantha* y *Caesalpinia glabrata* y que tradicionalmente ha sido utilizado para el pastoreo extensivo del ganado caprino. En esta zona las personas desarrollan actividades de explotación de PFSM.

#### **9.3.5.4. Zona de reforestación y protección**

Es la zona mayormente impactada por el aprovechamiento de productos maderables de especies como *Tabebuia chrysantha* y *Caesalpinia glabrata* y por el pastoreo extensivo del ganado caprino. Se ubica cerca de la comunidad de Chaquiro y se caracteriza por contener en su mayoría matorrales, que no son aptos para el desarrollo de actividades agropecuarias. Por lo cual es necesario priorizar la restauración de esta zona con la reforestación de especies nativas locales como *B. graveolens*, *Tabebuia chrysantha*, *Caesalpinia glabrata*, *Loxopterygium huasango*, *Eriotheca ruizii*, *Simira ecuadorensis* y *Geoffroea spinosa*.

#### **9.3.5.5. Zona de pastoreo caprino**

En vista que el pastoreo extensivo de cabras es una tarea tradicional que realizan los campesinos, la zona de pastoreo caprino está destinada como espacio donde se realice rotativamente y en forma racional el pastoreo a fin de minimizar los impactos en la regeneración natural de las especies.



Imagen 9.1. El árbol del guayacán (*Tabebuia chrysantha*). **a**, **b** y **c**. Fotografías representativas de la zona de conservación, investigación y ecoturismo.

### **9.3.6. Proyectos para el plan de manejo**

Los seis proyectos creados de acuerdo a la zonificación y problemática del área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens*, son:

- Proyecto de fortalecimiento organizacional de la pre – asociación comunitaria Bolívar Tello Cano.
- Proyecto de aprovechamiento sostenible de frutos y aceite esencial de *B. graveolens*.
- Proyecto de instalación de un vivero forestal en la comunidad Chaquiro.
- Proyecto de recuperación del área degradada a través de la reforestación de plántulas del BST y de *B. graveolens*.
- Proyecto de producción agroecológica.
- Proyecto turismo comunitario sostenible.

#### **9.3.6.1. Proyecto de fortalecimiento organizacional de la pre – asociación comunitaria Bolívar Tello Cano**

##### ***Objetivo general***

Contribuir al fortalecimiento de la capacidad organizativa de la pre-asociación comunitaria Bolívar Tello, permitiendo la correcta administración y gestión de sus recursos, con el fin de mejorar el buen vivir de las comunidades involucradas.

##### ***Objetivos específicos***

- Fortalecer la capacidad de gestión y dirigencia en la organización a través de la ejecución de un plan de fortalecimiento comunitario que permita mejorar el buen vivir de las comunidades.
- Establecer estrategias para resolver conflictos internos de la pre-asociación con el fin de mantener una correcta administración y gestión de sus recursos.
- Impulsar a la niñez y juventud que acceda a la educación primaria, secundaria y superior para que exista mejoría en la conservación de los recursos naturales existentes.

### *Descripción del proyecto*

El presente proyecto está encaminado al desarrollo social del área de estudio. El proyecto pretende fortalecer las capacidades organizativas de la población inmersa en la pre-asociación comunitaria denominada Bolívar Tello, de forma que tengan la capacidad de administrar y gestionar los recursos acorde a las necesidades de la población. La ejecución del proyecto se fundamenta en tres objetivos; i) fortalecimiento de la capacidad de gestión de los dirigentes de forma que estos actores puedan identificar, priorizar y gestionar propuestas sostenibles mediante la elaboración y desarrollo de cursos de capacitación, reestructuración y fortalecimiento de la pre-asociación dándole un marco legal y jurídico. Se espera contar al menos con tres líderes capacitados por comunidad con equidad de género, ii) búsqueda de las mejores estrategias para resolver conflictos dentro de la población, sin generar una situación que favorezca la perpetuación de los conflictos sociales, para tener una población que trabaje en conjunto por un solo fin, el bienestar de ellos mismos, por medio de la realización de talleres y dinámicas sobre la importancia de cooperar como sociedad, la identificación y solución de los conflictos e incrementar la participación comunitaria, y finalmente, iii) mejorar del nivel educativo de la población. Para ello se pretende impulsar el involucramiento de niños y jóvenes a la educación, mediante su participación en campañas de motivación a continuar con sus estudios secundarios y superiores tal como corresponda. Además se llegará a convenios interinstitucionales para poder buscar mejorar la infraestructura educativa, incrementar los docentes y demás actividades que se requieran.

El resumen del proyecto se presenta en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2. Resumen del proyecto de fortalecimiento de la capacidad organizativa de la asociación comunitaria Bolívar Tello.

OBJETIVOS	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo General: Contribuir al fortalecimiento de la capacidad organizativa de la pre-asociación comunitaria Bolívar Tello, permitiendo la correcta administración y gestión de sus recursos, con el fin de mejorar el buen vivir de las comunidades involucradas.</p>	<p>Al final del proyecto, la población campesina cuenta con la asociación Bolívar Tello fortalecida con suficiente capacidad para gestionar y administrar sus recursos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros, actas de constitución</li> <li>• Mapa organizacional de las comunidades campesinas</li> <li>• Informes técnicos bimestrales de la gestión realizada por parte de la asociación Bolívar Tello</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe el apoyo activo de instituciones públicas y privadas en el desarrollo de actividades enfocadas a la organización campesina</li> </ul>
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecer la capacidad de gestión y dirigencia en la organización a través de la ejecución de un plan de fortalecimiento comunitario que permita mejorar el buen vivir de las comunidades.</li> <li>• Establecer estrategias para resolver conflictos internos de la pre-asociación con el fin de mantener una correcta administración y gestión de sus recursos.</li> <li>• Impulsar a la niñez y juventud que acceda a la educación primaria, secundaria y superior para que exista mejor hacia la conservación de los recursos naturales existentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al finalizar el proyecto se dispone de al menos 6 líderes capacitados que permiten la gestión óptima de los recursos del BS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planes de trabajo de los representantes de las organizaciones.</li> <li>• Registro de participantes en reuniones de planificación y trabajo.</li> <li>• Registros de matrícula y asistencia a las instituciones educativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe el apoyo OG's como el Gobierno Provincial de Loja, Gobierno descentralizado del cantón Zapotillo, Universidad Técnica Particular de Loja para la ejecución de talleres de capacitación y formación de líderes comunitarios.</li> <li>• Los centros educativos ofrecen todo su apoyo.</li> </ul>
<p>Resultados esperados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirigentes de la organización han mejorado su capacidad para identificar, priorizar y gestionar propuestas sostenibles acordes a los intereses comunitarios.</li> <li>• Los problemas son tratados y resueltos sin generar una situación de permanente conflicto social.</li> <li>• La mayoría de niños y jóvenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A los seis meses de ejecución del proyecto, las comunidades cuentan con al menos dos líderes capacitados para gestionar los recursos que necesite la población.</li> <li>• Al cabo de ocho meses, alrededor del 80 % de niños y jóvenes que no estudian, acceden a centros educativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libro de registro de participantes con su respectiva firma, en mesas y reuniones de trabajo.</li> <li>• Lista de asistencia a cursos y talleres de capacitación con los respectivos certificados de aprobación.</li> <li>• Registros de matrícula y asistencia a las instituciones educativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gobierno nacional apoya con infraestructura educativa y becas.</li> </ul>

<p>ingresan a los centros educativos vigentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al año de ejecución del proyecto, el 80 % de la población participa organizadamente para resolver sus conflictos.</li> </ul>		
<p>Actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Elaboración y desarrollo de cursos de capacitación para los líderes.</li> <li>Reconocimiento legal y jurídico de la asociación comunitaria agroforestal Bolívar Tello Cano.</li> <li>Implementación de talleres sobre la importancia de trabajar en conjunto.</li> <li>Incrementar la participación ciudadana para llegar a consensos por medio de conferencias.</li> <li>Realización de campañas de alfabetización.</li> <li>Planificación y ejecución de actos sociales que permitan la integración de la gente.</li> </ol>	<p><b>COSTO DEL PROYECTO (USD)</b></p> <p>Subtotal (1) (10 cursos) \$ 12000</p> <p>Subtotal (2) \$ 2000</p> <p>Subtotal (3) (5 talleres) \$ 2500</p> <p>Subtotal (4) \$ 4000</p> <p>Subtotal (5) (5 campañas) \$ 5500</p> <p>Subtotal (6) (4) \$ 2000</p> <p><b>SUBTOTAL</b> \$ 28000</p> <p>Imprevistos (10%) \$ 2800</p> <p>IVA* 12 % \$ 3360</p> <p><b>TOTAL</b> \$ 34160</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuestas</li> <li>Facturas</li> <li>Lista de participantes a reuniones de trabajo</li> <li>Memorias de visitas de campo por medio de evaluadores.</li> <li>Fotografías</li> <li>Firmas de convenios interinstitucionales</li> <li>Registros y firmas de asistencia de escuelas y colegios</li> <li>Comprobantes de pago de sueldos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instituciones privadas y estatales contribuyen con información técnica y financiamiento</li> <li>El Gobierno provincial de Loja y el Gobierno autónomo descentralizado de Zapotillo apoyan el desarrollo del proyecto</li> <li>Instituciones locales y regionales están interesadas para brindar su apoyo.</li> <li>La Universidad Técnica Particular de Loja ayuda a capacitar a las miembros de la asociación comunitaria Bolívar Tello.</li> <li>El Gobierno nacional mejora el sistema educativo nacional, y brinda incentivos para que más personas puedan acceder a los diferentes centros educativos.</li> </ul>

\* Impuesto al valor agregado

### 9.3.6.2. Proyecto de aprovechamiento sostenible de frutos y aceite esencial de *B. graveolens*

#### *Objetivo general*

Obtener aceite esencial proveniente del aprovechamiento sostenible de los frutos de *B. graveolens*.

#### *Objetivos específicos*

- Recolectar sosteniblemente frutos de árboles de *B. graveolens* en las comunidades campesinas de Malvas, Chaquiro y Totumos del cantón Zapotillo.
- Producir aceite esencial proveniente de la destilación de frutos de *B. graveolens*.

#### *Descripción del proyecto*

El proyecto de aprovechamiento sostenible de los frutos de *B. graveolens* está encaminado al establecimiento de normas de mejoramiento desde la recolección óptima de este recurso hasta la obtención de aceites esenciales. El aprovechamiento se basa en el potencial productivo de frutos que tienen los árboles femeninos por clases diamétricas (capítulo 4) proponiéndose normas de extracción sostenibles. La recolección del fruto la realizarán diariamente 62 personas miembros de la pre – asociación Bolívar Tello a razón de 5 kg cada uno y durante 40 días. La cantidad de fruto diario a extraer es de 310 kg y durante los 40 días de recolección se extraerá una cantidad total de 12400 kg, siendo esta la cantidad de fruta requerida para obtener el aceite esencial necesario para abastecer a los compradores. Previamente a la extracción es necesario realizar dos pruebas de laboratorio que permitan identificar si el fruto se encuentra en las condiciones óptimas de cosecha, para esto se utilizará 21 kg de fruta. El cálculo de la cantidad de frutos y aceite esencial ha<sup>-1</sup> se muestra en la figura 10.2. Como por hectárea hay 21 individuos femeninos y el promedio de producción de todas las clases diamétricas es de 4,05 kg por árbol de *B. graveolens* (Capítulo 4), se tendría por ha<sup>-1</sup> una cantidad de 85 kg de fruta. Como el rendimiento de obtención del aceite esencial es del 3,3 % (es decir 0,033 kg de aceite en 1 kg de fruta) se obtendría por ha<sup>-1</sup> 2,8 kg de aceite. Como el área total de recolección es 3011,6 ha<sup>-1</sup> habría aproximadamente 256136,6 kg de fruta en el área de recolección, lo que correspondería a unos 8452,5 kg de aceite en el área de recolección. Como los compradores requieren extraer aceite esencial de 12400 kg de fruta, se obtendría 409,2 kg de aceite para la venta.

Como en promedio se obtendría 256136,6 kg de fruta en el área de recolección (100 %) lo que se necesita recolectar es 12400 kg correspondería al 4,8 % de colecta en cada campaña de aprovechamiento de la fruta. Las 62 personas que trabajan diariamente se distribuirán en las 3 comunidades campesinas esencialmente en la zona de pastoreo caprino (Figura 9.2), previamente delimitada a lo largo del área de recolección. La tarea en campo se la realizará en parejas para apoyarse durante la labor de cosecha y para precautelar el bienestar físico de todos los participantes. Cada persona cosechará un total de 5 kg, 10 kg por pareja, y utilizarán sacos acondicionados para recolectar 1 kg y sacos de 5 kg para la recolección de cada persona por día. Existirán además 6 supervisores (2 por zona de recolección) que estarán a cargo de vigilar que se cumplan las recomendaciones técnicas indicadas en el plan de manejo. Además se prevé que haya un técnico comunitario quien será el encargado de recibir, pesar y registrar el producto en el centro de acopio de Malvas y embalar el fruto en sacos de 30 kg. El técnico comunitario trabajará los 40 días que dura la campaña. La cosecha se iniciará a finales del mes de marzo y culminará a mediados del mes de mayo, dependiendo del estado de madurez de los frutos para establecer si es antes o después de los tiempos planteados. El fruto será transportado en sacos de yute durante todo el proceso. En el centro de acopio que se ubicará en la comunidad Malvas, cada uno de los sacos de 30 kg se embalará en recipientes plásticos para evitar el maltrato durante el transporte. En cada recipiente se colocará la respectiva etiqueta en donde constan datos generales del producto y que puedan servir para un posible proceso de certificación orgánica.

### ***Normas para la recolección del fruto de *B. graveolens****

Las siguientes normas se han discutido con los pobladores de las comunidades en los talleres realizados para el levantamiento de información del capítulo 4. Estas normas serán socializadas y puestas en consideración durante las charlas de capacitación que se hará antes de cada cosecha.

#### **Normas antes de la recolección**

- Puntualidad en asistir a la hora de recolectar la fruta (6 a.m.) en el centro de acopio de Malvas y asistir los días asignados.
- Cumplir con la cantidad de fruto establecido (kg) a fin de evitar contratiempos al final del día y de la campaña.

- Cada recolector o recolectora contará con bolsos en donde se recogerá la fruta en buen estado y completamente limpios.
- La recolección de la fruta se realizará en la zona asignada en el mapa de zonificación ecológica (zona de pastoreo caprino, Figura 10.1). Esto permitirá que la recolección no se concentre en un área única y no afecte el desarrollo normal de las especies del sector.
- Cada recolector o recolectora debe contar con un gancho (garabato) que permita acercar las ramas que se encuentran altas y así evitar el trepado a los árboles y posibles accidentes.

### **Normas durante la recolección**

- Recolectar únicamente los frutos que se encuentren en estado de cosecha, o como los campesinos los reconocen en el campo en estado pintón. Se conoce este estado cuando el fruto empieza a tomar una tonalidad marrón.
- La cosecha de cada fruto se debe realizar con presencia de un pedúnculo (guato), considerando que nunca sea mayor a 2 cm.
- Cada fruto se colectará independientemente y no se cosechará la infrutescencia.
- Para realizar la cosecha, se evitará doblar las ramas fuertemente a fin de evitar la ruptura de las ramas y provocar el daño al árbol y facilitar de esta forma la infestación de posibles hongos y bacterias.
- Se evitará trepar al árbol a fin de evitar accidentes.
- Jamás se cosechará más del 30% de fructificación de cada árbol, prefiriéndose que sea 0,5 kg recolectado por cada árbol femenino.
- Evitar cosechar a un mismo árbol durante la misma campaña, para esto se utilizará cintas de duración temporal y biodegradables que permitan su identificación.
- Al momento de movilizarse y de realizar la cosecha, evitar el pisoteo de la regeneración natural de *B. graveolens* y otras especies, a excepción de hierbas.

### **Normas posteriores a la recolección**

- Entregar la cantidad de fruto en kg indicada por persona y por pareja.

- Llegar antes de las 16H00 al centro de acopio comunitario establecido en la comunidad de Malvas.
- Llenar los registros previamente establecidos y que estarán a cargo del Técnico comunitario.

Las personas que realizan la recolección en los sectores de Totumos y Chaquiro, entregar el producto al supervisor encargado de realizar el transporte hasta el centro de acopio de Malvas. El supervisor que reciba este producto está en la obligación de hacer firmar el registro y llevar el producto al centro de acopio comunitario en el mismo estado que entregó el recolector. Por otro lado se plantea instalar dos destiladores de arrastre de vapor, a fin de obtener el aceite esencial de los frutos de *B. graveolens* (Imagen 9.2). Para ello se espera la capacitación de dos campesinos quienes se dedicarían a la obtención de aceites esenciales de la especie durante el periodo fenológico que va desde enero a junio de todos los años.

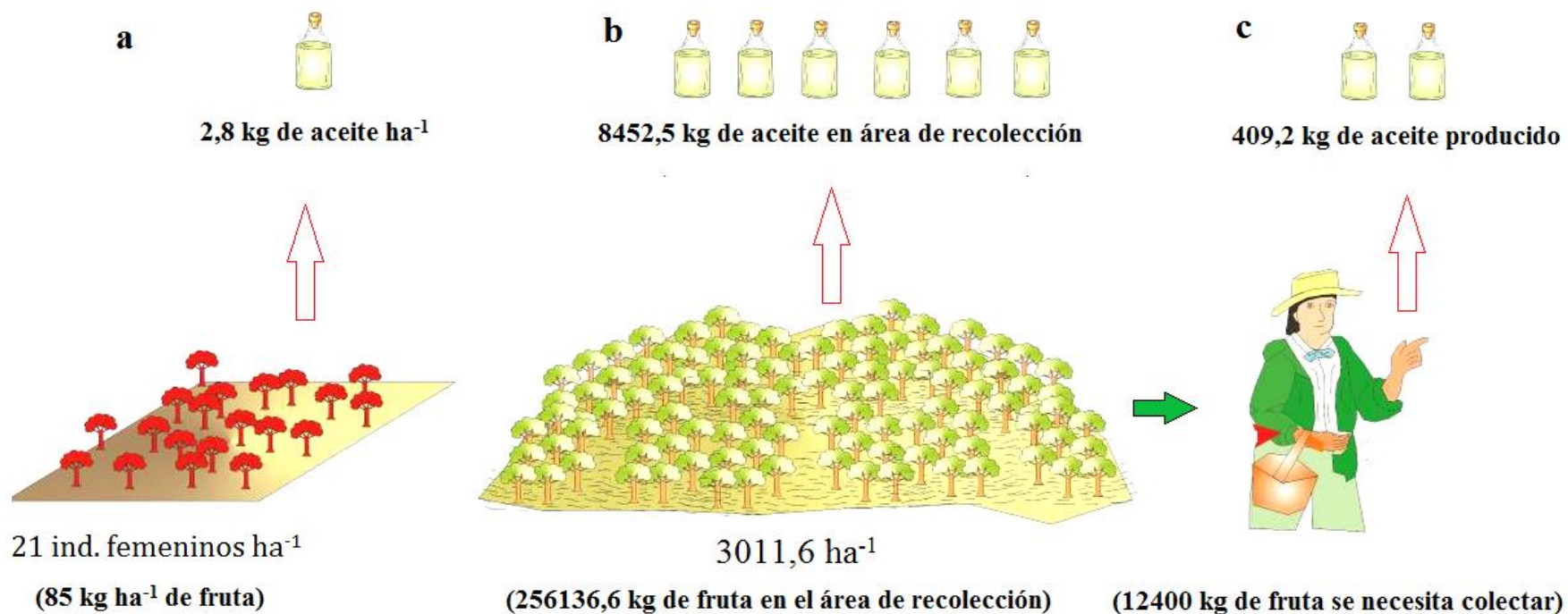


Imagen 0.2. Destilador con capacidad de 60 kg. Tomado de la Planta de Productos naturales de la UTPL.

El resumen del proyecto se presenta en la Tabla 9.3.

1

2



3

4 Figura 9.2. Productividad de frutos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y aceite esencial ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de *B. graveolens*. a. Cantidad de frutos y de aceite por hectárea. b.  
5 Cantidad de frutos y aceite esencial en el área de recolección. c. Cantidad necesaria de frutos y aceite esencial para la  
6 comercialización.  
7  
8  
9

Tabla 9.3. Resumen del proyecto de aprovechamiento sostenible de frutos y aceite esencial de *B. graveolens*.

OBJETIVO	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo general: Obtener aceite esencial proveniente del aprovechamiento sostenible de los frutos de <i>B. graveolens</i>.</p>	<p>Al final del proyecto, la población campesina se beneficia del aprovechamiento sostenible de los frutos y de la venta de aceite esencial de <i>B. graveolens</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facturas sobre compra de destiladores.</li> <li>• Flujograma de producción de aceite esencial.</li> <li>• Informes técnicos bimestrales sobre la productividad de aceite esencial.</li> <li>• Informes de inspección de la agencia certificadora orgánica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe el apoyo activo de instituciones públicas y privadas en el desarrollo de del proyecto.</li> </ul>
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolectar sosteniblemente frutos de árboles de <i>B. graveolens</i> en las comunidades campesinas de Malvas, Chaquiro y Totumos del cantón Zapotillo.</li> <li>• Producir aceite esencial proveniente de la destilación de frutos de <i>B. graveolens</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al finalizar el proyecto se dispone de al menos 2 destiladores funcionando.</li> <li>• Al finalizar el proyecto las comunidades campesinas cuentan con 2 líderes capacitados en la producción de aceite esencial.</li> <li>• Al finalizar el proyecto las comunidades campesinas están capacitadas para la autogestión y sostenibilidad del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros de colecta de frutos de <i>B. graveolens</i>.</li> <li>• Informes técnicos referentes al aprovechamiento de los frutos de <i>B. graveolens</i>.</li> <li>• Árboles plus señalados en el BS.</li> <li>• Registros de productividad de aceite esencial por campaña de aprovechamiento .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) otorga anualmente el permiso de explotación de los frutos <i>B. graveolens</i>.</li> <li>• Existe el apoyo OG's como el Gobierno Provincial de Loja, Gobierno descentralizado del cantón Zapotillo, Universidad Técnica Particular de Loja en la ejecución del proyecto.</li> </ul>
<p>Resultados esperados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicos campesinos de la pre-asociación comunitaria Bolívar Tello están capacitados para la producción de aceite esencial proveniente de los frutos de <i>B. graveolens</i>.</li> <li>• Los ingresos económicos se han mejorado a nivel familiar en las comunidades involucradas en el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A los seis meses de ejecución del proyecto, al menos dos técnicos campesinos miembros de las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos están capacitados para la producción de aceite esencial.</li> <li>• Al cabo de ocho meses, la pre-asociación comunitaria Bolívar Tello cuenta con ingresos económicos que le permitirá iniciar con la formación de una caja de ahorro comunitaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificados de aprobación sobre técnicas de extracción de aceites esenciales pertenecientes a los técnicos campesinos.</li> <li>• Actas de constitución de la caja de ahorro y crédito comunitaria.</li> <li>• Registros de asistencia a reuniones comunitarias.</li> </ul>	
<p><b>Actividades:</b> 1. Contratación de dos técnicos</p>	<p><b>COSTO DEL PROYECTO (USD)</b> Subtotal (1) (2 meses) \$ 1200</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentos de contratos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Gobierno provincial de Loja y</li> </ul>

comunitarios durante un mes para la extracción de aceite esencial, que serán elegidos en la asamblea comunitaria.				
2. Construcción del centro de acopio en la comunidad Malvas con materiales del lugar.	Subtotal (2)	\$ 20000		
3. Adquisición de dos destiladores de arrastre a vapor con capacidad de 60 kg.	Subtotal (3)	\$ 12000		
4. Compra de materiales para la destilación como licuadoras, balones, manqueras, espátulas, embudos etc. y reactivos.	Subtotal (4) (global)	\$ 5000		
5. Participación de los técnicos comunitarios en dos cursos de capacitación referente a la extracción de aceite esencial.	Subtotal (5) (global)	\$ 600		
6. Pago a recolectores por campaña de aprovechamiento de frutos de <i>B. graveolens</i> (62 personas en 40 días).	Subtotal (6)	\$ 37200		
7. Adquisición de bolsos y ganchos para la colecta de frutos.	Subtotal (7)	\$ 1000		
8. Suministros de oficina.	Subtotal (8) (5 campañas)	\$ 3000		
9. Computadora.	Subtotal (9)	\$ 2000		
10. Reconocimiento legal y jurídico de la caja de ahorro comunitaria.	Subtotal (10)	\$ 2000		
11. Gestión de la certificación orgánica del aceite esencial.	Subtotal (11)	\$ 2000		
12. Elaboración de 2046 kg de aceite esencial (409,2 kg de aceite esencial x 5 años).	Subtotal (12) (5 campañas)	\$ 72000		
13. Realización de campañas de comercialización del producto obtenido.	Subtotal (13) (5 campañas)	\$ 3000		
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 161000</b>		
	<b>Imprevistos (10%)</b>	<b>\$ 16100</b>		
	<b>IVA* 12 %</b>	<b>\$ 19320</b>		
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 196420</b>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facturas de compra equipos, suministros, materiales, etc.</li> <li>• Certificados de aprobación cursos de capacitación</li> <li>• Memorias de visitas de campo por medio de evaluadores.</li> <li>• Fotografías.</li> <li>• Documento de certificación orgánica.</li> <li>• Firmas de convenios interinstitucionales</li> <li>• Registros y firmas de asistencia de escuelas y colegios</li> <li>• Comprobantes de pago de sueldos.</li> </ul>	<p>el Gobierno autónomo descentralizado de Zapotillo apoyan el desarrollo del proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones locales y regionales están interesadas para brindar su apoyo al proyecto.</li> <li>• La Universidad Técnica Particular de Loja ayuda a capacitar a las miembros de la asociación comunitaria Bolívar Tello en la extracción del aceite esencial.</li> <li>• El Gobierno nacional ayuda a través del MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda) en la implementación del centro de acopio.</li> </ul>

En la Tabla 9.4 se presenta los costos de producción del aceite esencial de frutos de *B. graveolens*.

Tabla 9.4. Costos de producción aceite esencial de frutos de *B. graveolens*.

<b>Rubros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
<b>RECOLECCIÓN DE FRUTOS</b>				<b>38000</b>
Técnico campesino	mes	2	400	800
Mano de obra comunitaria	jornales	2480	15	37200
<b>MATERIALES DE RECOLECCIÓN</b>				<b>1000</b>
Sacos	unidad	130	5	650
Balanzas	unidad	5	50	250
Material para embalaje	global	1	100	100
<b>TRANSPORTE</b>				<b>1760</b>
Movilización zona recolección (interna)	transporte	40	40	1600
Movilización residuos destilación	transporte	40	4	160
<b>EXTRACCIÓN</b>				<b>9000</b>
<b>Mano de obra</b>				
Técnico campesino	mes	2	600	1200
<b>Equipos</b>				
Uso de destiladores y licuadoras	día	40	75	3000
<b>Servicios básicos</b>				
Agua	día	40	60	2400
Gas (GLP industrial)	día	40	60	2400
<b>PERMISOS AMBIENTALES</b>				<b>2300</b>
Licencias ambientales	global	1	300	300
Certificación orgánica	global	1	2000	2000
<b>OTROS RUBROS</b>				<b>5000</b>
Estudio de mercado	unidad	1	5000	5000
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN TOTAL</b>				<b>57060</b>
<b>kg ACEITE ESENCIAL DE <i>B. graveolens</i></b>				<b>409,2</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>139,4</b>

### 9.3.6.3. Proyecto de instalación de un vivero forestal en la comunidad Chaquiro

#### *Objetivo general*

Abastecer de plántulas de buena calidad y cantidad que permitan la regeneración natural y la protección e implementación de sistemas agroforestales en el área de recolección silvestre de frutos de *B. graveolens*.

#### *Objetivos específicos*

- Establecer un vivero forestal en la parte baja de la zona de estudio, por medio de la participación activa de los moradores con el fin de producir plántulas en cantidad y calidad de especies adecuadas a los requerimientos de los diferentes proyectos a ejecutarse para mejorar los componentes ecológicos de la misma.
- Producir plántulas forestales para la implementación de sistemas agroforestales y reforestación que permita la recuperación de 445,7 has de la zona estudiada.

#### *Descripción del proyecto*

Los árboles cumplen un papel fundamental en la recuperación de áreas degradadas, protección del recurso hídrico, hábitat de fauna silvestre, entre otros beneficios ambientales. Es por eso que el proyecto tiene como finalidad producir plantas para abastecer las necesidades de los distintos proyectos que requieren del producto para cumplir con las metas propuestas. El vivero será instalado en la comunidad Chaquiro cercano al río Malvas a fin de aprovechar del caudal del río. Constará con la producción de 200 000 plántulas incluido el 50 % de plántulas de *B. graveolens*. Se distribuirá 100 000 plántulas para la zona de reforestación y protección, y 100 000 plántulas para la implementación de sistemas agroforestales entre especies forestales y frutales sembradas en la zona de producción agroecológica (Figura 9.1). Las especies destinadas a la producción son: *B. graveolens*, *Tabebuia chrysantha*, *Loxopterygium huasango*, *Eriotheca ruizii*, *Simira ecuadorensis*, *Geoffroea spinosa* y de árboles forrajeros nativos del cantón Zapotillo como *Prosopis juliflora*, *Albizina multiflora* y *Caesalpinia glabrata*.

El resumen del proyecto se presenta en la Tabla 9.5.

Tabla 9.5. Resumen del proyecto de instalación de un vivero forestal en la comunidad Chaquiro.

OBJETIVO	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo general: Abastecer de plántulas de buena calidad y cantidad que permitan la reforestación, protección e implementación de sistemas agroforestales en el área de recolección silvestre de frutos de <i>B. graveolens</i>.</p>	<p>Al final del proyecto, se encuentra establecido el 100 % del vivero forestal permitiendo una producción permanente para la recuperación de la zona de reforestación y protección y en la implementación de sistemas agroforestales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vivero instalado y en funcionamiento.</li> <li>• Fotografías.</li> <li>• Registros de producción y venta de plántulas.</li> <li>• Informe técnico del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los gobiernos locales apoyan económicamente el funcionamiento del proyecto.</li> </ul>
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un vivero forestal en la parte baja de la zona de estudio, por medio de la participación activa de los moradores con el fin de producir plántulas en cantidad y calidad de especies adecuadas a los requerimientos de los diferentes proyectos a ejecutarse para mejorar los componentes ecológicos de la misma.</li> <li>• Producir plántulas forestales para la implementación de sistemas agroforestales y reforestación que permita la recuperación de 445,7 has de la zona estudiada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega del 100 % de plántulas para los diferentes proyectos durante 2 años dentro de 8 trimestres, tiempos establecidos para los mismos.</li> <li>• Después de 15 meses de iniciado el proyecto se ha entregado el 90 % de plantas para la reforestación e implementación de sistemas agroforestales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías de las plántulas.</li> <li>• Testimonios de trabajadores y administrativos del vivero.</li> <li>• Facturas de compras de insumos fitosanitarios.</li> <li>• Actas de entrega.</li> <li>• Informes técnicos.</li> <li>• Fotografías de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de ONG's con apoyo técnico para el manejo del vivero.</li> <li>• Se controla efectivamente todos los brotes de plagas y enfermedades dentro del vivero.</li> <li>• Condiciones climáticas favorables para la producción de plántulas en vivero.</li> </ul>
<p>Resultados esperados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vivero forestal implementado.</li> <li>• Producción de plántulas en cantidad requerida y en cantidad.</li> <li>• Oferta de plántulas para cubrir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A los 6 meses de iniciado las labores de construcción del vivero estará totalmente implementado y en funcionamiento.</li> <li>• Finalizado el proceso silvicultural se cuenta con la producción del 100 % de plántulas requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías actuales del vivero.</li> <li>• Registros de producción.</li> <li>• Facturas de compras de insumos y materiales.</li> <li>• Facturas de venta de plántulas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moradores del sector muestran interés por participar en el desarrollo del proyecto.</li> <li>• Existencia de demanda para la producción de plántulas.</li> <li>• Estabilidad del mercado local</li> </ul>

<p>la demanda local.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de un reservorio artificial para almacenamiento de agua del río Malvas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de demanda existente de plántulas para cada uno de los proyectos.</li> <li>• A los seis meses de iniciado el proyecto, se construye un reservorio artificial para el almacenamiento de agua del río Malvas con capacidad para 30 m<sup>3</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testimonios de pobladores locales y clientes.</li> <li>• Fotografías de construcción del reservorio</li> </ul>	<p>para la venta de plántulas.</p>
<p><b>Actividades:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selección y arriendo del área para el vivero forestal.</li> <li>2. Adquisición de materiales para la construcción y producción de plántulas.</li> <li>3. Mantenimiento y protección del área del vivero. Construcción de infraestructura.</li> <li>4. Preparación de sustratos y llenados de fundas. Obtención escarificación y siembra de semillas. Control de plagas y enfermedades. Manejo silvicultural.</li> <li>5. Construcción de reservorio de 30 m<sup>3</sup> de capacidad.</li> </ol>	<p><b>COSTO DEL PROYECTO (USD)</b></p> <p>Subtotal (1) Personal administrativo      \$ 28000 Arriendo del local              \$ 3600</p> <p>Subtotal (2) Materiales e insumos          \$ 21000</p> <p>Subtotal (3) Infraestructura                  \$ 7000</p> <p>Subtotal (4) Mano de obra                    \$ 15000</p> <p>Subtotal (5) Global                              \$ 15000</p> <p>SUBTOTAL                        \$ 89600 Imprevistos (10%)              \$ 8960 IVA* 12 %                        \$ 10752</p> <p><b>TOTAL                              \$ 109312</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato de arriendo.</li> <li>• Facturas de gastos para la implementación del vivero.</li> <li>• Facturas y notas de venta de materiales e insumos.</li> <li>• Planos de construcción del vivero.</li> <li>• Planificación y cronograma de actividades realizadas.</li> <li>• Fotografías de avances del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semillas de buena calidad.</li> <li>• Apoyo de autoridades para el desarrollo del local.</li> <li>• El MAE apoya en la implementación del proyecto.</li> </ul>

#### **9.3.6.4. Proyecto de recuperación del área degradada a través de la reforestación de plántulas de *B. graveolens***

##### ***Objetivo general***

Contribuir a recuperar las áreas degradadas a través de la reforestación, a fin de reducir los impactos negativos sobre el ecosistema BST.

##### ***Objetivo específico***

Recuperar la cobertura vegetal de la zona de reforestación y protección mediante actividades de reforestación con especies nativas para garantizar la protección del recurso suelo y agua.

##### ***Descripción del proyecto***

Los bosques secos ecuatorianos han sido sometidos a fuertes presiones por sobreexplotación e incendios lo cual ha reducido los bosques a pequeños relictos (Aguirre *et al.* 2011), existiendo aislamiento de especies. En otros casos se ha explotado a tala rasa y los suelos se han dedicado a la agricultura durante 5-6 años luego de lo cual son abandonados. Los suelos son cubiertos por vegetación de sucesión secundaria y especies pioneras. En el primer caso se forman los denominados bosques secundarios o degradados y en los demás casos los llamados chaparros o matorrales. En la zona de estudio existen áreas que han sido sobre explotadas y actualmente se encuentran cubiertas por vegetación secundaria, forman los denominados matorrales bajos. La importancia de recuperar las áreas degradadas radica en mejorar las características físicas y químicas del suelo, mejorando la capacidad de retención y regulación hídrica, además de rescatar la cobertura vegetal nativa. En estas áreas existe la posibilidad de mejorar la estructura, recuperación y la composición florísticas, mediante la plantación de especies forestales nativas provenientes del vivero y o del fomento de la regeneración natural existente en dicha zona.

- El resumen del proyecto se presenta en la Tabla 9.6.

Tabla 9.6. Resumen del proyecto de recuperación del área degradada a través de la reforestación de plántulas de *B. graveolens*.

OBJETIVO	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo general: Contribuir a recuperar las áreas degradadas a través de la reforestación, a fin de reducir los impactos negativos sobre el ecosistema BS</p>	<p>Al final del proyecto, se han recuperado alrededor del 90 % de suelo degradado con la reforestación de especies nativas y se disminuirán los impactos negativos por efecto del sobre pastoreo caprino y tala discriminada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acuerdos de manejos individuales e institucionales con grupos sociales e instancias de gestión.</li> <li>• Informe de evaluación de calidad del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión conjunta ante organismos financieros por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG's para ejecución del proyecto.</li> </ul>
<p>Objetivo específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperar la cobertura vegetal de la zona de reforestación y protección mediante actividades de reforestación con especies nativas para garantizar la protección del recurso suelo y agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al primer año del proyecto se ha sembrado 100 000 plántulas de <i>B. graveolens</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías de las plántulas.</li> <li>• Testimonios de trabajadores.</li> <li>• Especies de plántulas sembradas en la zona de reforestación y recuperación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con el apoyo económico del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG's.</li> <li>• Condiciones climáticas (periodo lluvioso) favorecen la el prendimiento de plántulas en la zona de reforestación y recuperación.</li> <li>• La accesibilidad es favorable para realizar la actividad de reforestación.</li> </ul>
<p>Resultados esperados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de actividades de protección, conservación y enriquecimiento de la zona degradada con especies <i>B. graveolens</i>, en un área de 445,7 has, provocando de este modo el mejoramiento del suelo.</li> <li>• Implementación de estrategias de protección y control a través del cerramiento con postes de madera y alambre de púas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El 100 % del área degradada será reforestada <i>B. graveolens</i> (100000 plántulas).</li> <li>• Al cumplir el primer año del proyecto el prendimiento total de plántulas será del 80 %.</li> <li>• A los nueve meses los campesinos y campesinas valoran la importancia de sembrar <i>B. graveolens</i>.</li> <li>• A los 6 meses se habrá cercado la zona de reforestación y recuperación con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listado de plántulas sembradas en la zona.</li> <li>• Registros de producción de plántulas forestales listas para ser plantadas.</li> <li>• Fotografías de actividades de reforestación</li> <li>• Testimonios de pobladores locales y clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG's en la adquisición de herramientas e insumos para la implementación del proyecto.</li> </ul>

	postes de madera y alambre de púas a fin de evitar que el ganado caprino ingrese a la zona.		
<b>Actividades:</b>	<b>COSTO DEL PROYECTO (USD)</b>		
1. Establecimiento de cercos de protección con postes de madera y alambre de púas.	Subtotal (1) Adquisición de postes \$ 30000 Adquisición de alambre \$ 10000 Grapas \$ 600 Martillos \$ 200 Barretas \$ 1000 Mano de obra \$ 20000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facturas de adquisición de materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semillas de buena calidad.</li> <li>• Apoyo de autoridades para el desarrollo del local.</li> <li>• El MAE apoya en la implementación del proyecto.</li> </ul>
2. Reforestación de la zona planificada.	Subtotal (2) Mano de obra \$ 45000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratos mano de obra.</li> <li>• Facturas pagos jornaleros.</li> </ul>	
3. Mantenimiento silvicultural de las plántulas sembradas.	Subtotal (3) Mano de obra \$ 1000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías de avances del proyecto.</li> <li>• Informes técnicos.</li> </ul>	
	SUBTOTAL \$ 112800 Imprevistos (10%) \$ 11280 IVA* 12 % \$ 13536		
	<b>TOTAL \$ 137616</b>		

### 9.3.6.5. Proyecto de producción agroecológica

#### *Objetivo general*

Fomentar la producción agroecológica a través de la implementación de sistemas agroforestales , huertas familiares, uso de insumos de origen orgánico, producción caprina estabulada a fin de reducir los impactos negativos sobre la salud humana y el ecosistema BST.

#### *Objetivo específico*

- Implementar sistemas agroforestales con especies forrajeras nativas del lugar y que crecen en el cantón Zapotillo.
- Potenciar y establecer huertas familiares a fin de aumentar la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria de las comunidades campesinas.

Establecer 5 módulos familiares de cabras (establos) demostrativos para la producción caprina con el objeto de minimizar el sobre pastoreo del BS.

#### *Descripción del proyecto*

Otro uso importante del suelo es el establecimiento de cultivos o chacras en sistemas agroforestales y/o monocultivos (Capítulo 2, Tabla 2.1). Estas chacras están establecidas en las riberas y en el lecho del río Malvas (Imagen 2.7). Actualmente las chacras corresponden tan sólo al 2,2%. Con la implementación de este proyecto lo que se aspira es aumentar más estas áreas fundamentados en las bases de producción agroecológica y establecimiento de sistemas agroforestales. Se espera iniciar con un proceso de preparación de insumos naturales como vermicompost, que en la zona no se ha evidenciado que los campesinos estén capacitados para realizar este tipo de enmiendas orgánicas en el suelo. El uso de estiércol de la producción caprina, residuos de la destilación de los frutos de *B. graveolens* y el uso de otros insumos locales, serán potenciados en la zona. Así mismo, el uso y control fitosanitario se lo realizará con preparados naturales; la producción agroecológica constituye ser la premisa para la producción y seguridad alimentaria. Por otro lado, se ha evidenciado que en la zona de estudio hay muy pocas huertas familiares establecidas por lo que la seguridad alimentaria se ve limitada. En la comunidad de Malvas hay pocas huertas familiares (33,3%); sin embargo en Chaquiro (62,5%) y Totumos

(45,5%) existe mayor evidencia de establecimiento de esta alternativa productiva (Tabla 3.12) pero conforme al diagnóstico participativo, se logró conocer que en Malvas el 44,4% de las familias utilizan agroquímicos, en Chaquiro el 50% y en Totumos el 45,5%; estos son valores muy altos y los riesgos en la salud humana, suelo, cultivos, fauna nativa y agua podrían ser elevados. Por ello, con la implementación de este proyecto se espera que los campesinos disminuyan el uso de químicos sintéticos e inicien con la conversión hacia la producción agroecológica. Por otro lado, con este proyecto se iniciará la producción caprina estabulada, en la cual se prevé que en los sistemas agroforestales adyacentes, se siembren árboles forrajeras nativos del cantón Zapotillo como *Prosopis juliflora*, *Albizia multiflora* y *Caesalpinia glabrata* que sirvan como raciones alimenticias.

Este proyecto se ejecutará en la zona de producción agroecológica, con un área aproximada de 289,2 has (Figura 9.1).

El resumen del proyecto se presenta en la Tabla 9.7.

Tabla 9.7. Resumen del proyecto de producción agroecológica.

OBJETIVO	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo general: Fomentar la producción agroecológica a través de la implementación de sistemas agroforestales, huertas familiares, uso de insumos de origen orgánico, producción caprina estabulada a fin de reducir los impactos negativos sobre la salud humana y el ecosistema BS.</p>	<p>Al final del proyecto, se han establecido 100 has con sistemas agroforestales sembradas con especies nativas forrajeras.</p> <p>Al final del proyecto el 90 % de familias de la zona tienen en sus casas implementadas huertas familiares.</p> <p>Al final del proyecto 5 establos están instalados para la producción caprina.</p> <p>Al final del proyecto el 90 % de familias utilizan productos de origen orgánico para la producción de cultivos y huertas familiares.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías de mingas.</li> <li>• Fotografías de plántulas sembradas.</li> <li>• Lista sistemas agroforestales implementados.</li> <li>• Lista de huertas familiares establecidos.</li> <li>• Lista de especies producidas en las huertas familiares.</li> <li>• Fotos de los establos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión conjunta ante organismos financieros por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG´s para ejecución del proyecto.</li> </ul>
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar sistemas agroforestales con especies forrajeras nativas del lugar y que crecen en el cantón Zapotillo.</li> <li>• Potenciar y establecer huertas familiares a fin de aumentar la agrodiversidad y seguridad alimentaria de las comunidades campesinas.</li> <li>• Establecer establos demostrativos para la producción caprina con el objeto de minimizar el sobre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al primer año del proyecto se ha sembrado 100000 plántulas entre <i>Tabebuia chrysantha</i>, <i>Loxopterygium huasango</i>, <i>Eriotheca ruizii</i>, <i>Simira ecuadorensis</i>, <i>Geoffroea spinosa</i> y de árboles forrajeros nativos del cantón Zapotillo como <i>Prosopis juliflora</i>, <i>Albizina multiflora</i> y <i>Caesalpina glabrata</i> en sistemas agroforestales.</li> <li>• Al primer año del proyecto se han establecido 75 huertas familiares.</li> <li>• En el primer año del proyecto se han establecido 5 establos demostrativos para la producción pecuaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías de las plántulas.</li> <li>• Testimonios de trabajadores.</li> <li>• Especies de plántulas sembradas en sistemas agroforestales.</li> <li>• Lista de beneficiarios del proyecto.</li> <li>• Fotografías de los establos.</li> <li>• Facturas de compras de materiales e insumos para la producción caprina estabulada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con el apoyo económico del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG´s.</li> <li>• Existe la participación del 80 % de miembros de la pre – asociación Bolívar Tello.</li> <li>• La accesibilidad es favorable para realizar la actividad de reforestación.</li> </ul>

pastoreo del BST.			
<p>Resultados esperados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de sistemas agroforestales con especies forrajeras nativas en un área de 289,2 has.</li> <li>• Las familias campesinas cuentan con huertas familiares establecidas en sus hogares.</li> <li>• Establecimientos de módulos familiares de cabras (establos) demostrativos para la producción caprina.</li> <li>• Establecimiento de un módulo comunitario de producción de vermicompost.</li> <li>• Dos técnicos comunitarios capacitados en producción agroecológica, sistemas agroforestales y producción caprina estabulada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El 100 % del área planificada será reforestada con <i>Tabebuia chrysantha</i>, <i>Loxopterygium huasango</i>, <i>Eriotheca ruizii</i>, <i>Simira ecuadorensis</i>, <i>Geoffroea spinosa</i> y de árboles forrajeros nativos del cantón Zapotillo como <i>Prosopis juliflora</i>, <i>Albizina multiflora</i> y <i>Caesalpina glabrata</i> (100000 plántulas).</li> <li>• Al cumplir el primer año del proyecto el prendimiento total de plántulas será del 80 %.</li> <li>• A los nueve meses el 90 % de familias campesinas tienen establecidos huertas familiares en sus casas.</li> <li>• A los 6 meses se habrá construido 3 módulos (establos) para la producción caprina.</li> <li>• A los seis meses de transcurrido el proyecto la Asociación comunitaria Bolívar Tello cuenca con un centro de producción de vermicompost.</li> <li>• A los 5 meses de iniciado el proyecto al menos 2 técnicos comunitarios estarán capacitados para asesorar a los campesinos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros de producción de plántulas forestales listas para ser plantadas.</li> <li>• Listado de plántulas sembradas en la zona.</li> <li>• Fotografías de actividades de reforestación.</li> <li>• Fotografías de los establos establecidos.</li> <li>• Testimonios de pobladores locales y clientes.</li> <li>• Fotografías del módulo comunitario para la producción de vermicompost.</li> <li>• Certificados de aprobación de los cursos de capacitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG's en la adquisición de herramientas e insumos para la implementación del proyecto.</li> </ul>

Actividades:	COSTO DEL PROYECTO (USD)			
1. Curso de capacitación de dos técnicos comunitarios.	Subtotal (1) Curso sistemas agroforestales \$ 600 Curso producción de insumos orgánicos \$ 600 Curso producción estabulada de caprinos \$ 800		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facturas de adquisición de materiales.</li> <li>• Contratos mano de obra.</li> <li>• Facturas pagos jornaleros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semillas de buena calidad.</li> <li>• Apoyo de autoridades para el desarrollo del proyecto.</li> <li>• El Ministerio de Agricultura apoya en la implementación del proyecto.</li> </ul>
2. Reforestación en la zona para la implementación de sistemas agroforestales con especies forrajeras nativas.	Subtotal (2) Preparación del sitio (hoyado) \$ 2000 Transporte de plántulas \$ 2000 Mano de obra \$ 10000		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías de avances del proyecto.</li> </ul>	
3. Mantenimiento silvicultural de las plántulas sembradas.	Subtotal (3) Mano de obra \$ 15000		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes técnicos.</li> </ul>	
4. Implementación de huertas familiares.	Subtotal (3) Compra semillas \$ 1000 Mano de obra \$ 5000			
5. Establecimiento de 3 módulos familiares de cabras (establos) demostrativos para la producción caprina (leche y quesos).	Subtotal (5) Módulos (tres) \$ 45000 Insumos veterinarios \$ 5000			
6. Establecimiento de un módulo comunitario para la producción de vermicompost.	Subtotal (6) Módulo \$ 10000			
	SUBTOTAL \$ 97000 Imprevistos (10%) \$ 9700 IVA* 12 % \$ 11640			
	<b>TOTAL \$ 118340</b>			

### **9.3.6.6. Proyecto turismo comunitario sostenible**

#### ***Objetivo general***

Fomentar el ecoturismo comunitario a través de la implementación de cabañas, zonas de camping y recorridos guiados a los proyectos sostenibles propuestos en el plan de manejo.

#### ***Objetivos específicos***

- Desarrollar la capacitación y profesionalización del talento humano comunitario, mediante el apoyo de las entidades públicas y privadas, a fin de mejorar la calidad en presentación de servicios y productos turísticos.
- Promover el mejoramiento de la planta turística comunitaria, viabilidad y conectividad mediante la autogestión de los líderes locales para alcanzar el mejoramiento de la calidad de vida de la población.
- Lograr la generación y fomento de fuentes de trabajo mediante la implementación de actividades comunitarias, con la participación activa de los miembros de la asociación comunitaria Bolívar Tello y de esta forma lograr la disminución de la emigración de los habitantes y satisfacer los gustos y preferencias de los turistas.

#### ***Descripción del proyecto***

En los últimos años el turismo es considerado como una de las industrias con mayor crecimiento y generadora de divisas en los distintos países del mundo. El Ecuador no se queda aislado de esta estadística ya que a nivel productivo, este sector se ubica en el tercer lugar superado por la exportación petrolera y remesas de los emigrantes. El turismo constituye un sector estratégico que genera bienestar social puesto que combate la pobreza, mediante la prestación de servicios y productos turísticos. La alternativa de generar fuentes de trabajo en los sectores rurales y comunidades campesinas es un reto, para ello es necesario efectuar trabajos técnicos planificados en el ámbito turístico que logre la dinamización turística de forma eficiente y eficaz dentro y fuera de las comunidades, logrando así un desarrollo sostenible. El presente proyecto tiene como propósito diseñar un sistema que permita el crecimiento turístico dentro de las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos de forma armónica, solidaria e integral, considerando para ello como potenciales

los recursos forestales que cuenta la zona. Se pretende valorar las fases fenológica de especies, como *Tabebuia chrysantha* que presenta una floración que llama la atención por su belleza, así como de otras especies como *B. graveolens* que en la fructificación se extrae por arrastre a vapor aceite esencial de sus frutos. El proyecto diseña un sistema de recorridos a campo abierto, con la implementación de señalética y cabañas para que los turistas puedan descansar y se establecerá zonas de camping. Los recorridos comprenden visitas a los proyectos que se relacionan con esta iniciativa, como son el proyecto sostenible de frutos y aceites esenciales y el proyecto de producción agroecológica .

Las zonas previstas para ejecutar el proyecto de turismo comunitario sostenible son la zona de recuperación natural y la zona de conservación, investigación y ecoturismo, comprendiendo un área aproximada de 1132,3 has. Las zonas estarán libres de la presencia del ganado caprino, puesto que los perímetros estarán protegidos por cercos, elaborados con postes y alambres de púas, que tendrán la finalidad de evitar el pastoreo de este ganado.

El resumen del proyecto se presenta en la Tabla 9.8.

Tabla 9.8. Resumen del proyecto de turismo comunitario sostenible.

OBJETIVO	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo general: Fomentar el ecoturismo comunitario a través de la implementación de cabañas, zonas de camping y recorridos guiados a los proyectos sostenibles propuestos en el plan de manejo</p>	<p>Al final del proyecto, la asociación comunitaria Bolívar Tello cuenta con 5 personas capacitadas para realizar actividades de guía e interpretación ambiental.</p> <p>Al final del proyecto se han establecido 7 cabañas con materiales del lugar ubicadas en las zonas de conservación, investigación y ecoturismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lista de asistencia a cursos y talleres de capacitación con los respectivos certificados de aprobación.</li> <li>• Registros de matrícula y asistencia a los cursos de capacitación en temas de guía turísticos.</li> <li>• Fotografías de construcción de cabañas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión conjunta ante organismos financieros por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG's para ejecución del proyecto.</li> </ul>
<p>Objetivo específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar la capacitación y profesionalización del talento humano comunitario, mediante el apoyo de las entidades públicas y privadas, a fin de mejorar la calidad en presentación de servicios y productos turísticos.</li> <li>• Promover el mejoramiento de la planta turística comunitaria, vialidad y conectividad mediante la autogestión de los líderes locales para alcanzar el mejoramiento de la calidad de vida de la población.</li> <li>• Lograr la generación y fomento de fuentes de trabajo mediante la implementación de actividades comunitarias, con la participación activa de los miembros de la asociación comunitaria Bolívar Tello y de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante los primeros 2 años se establecerá seguimiento y capacitación continua del talento humano con el fin de lograr la calidad en presentación de servicios turísticos a los clientes que adquieran el producto.</li> <li>• En 2 años las comunidades campesinas ejecutarán el proyecto de planta turística comunitaria, vialidad, conectividad y servicios básicos en todos los ámbitos de actuación contribuido al progreso, mejoramiento de calidad de vida y bienestar socioeconómico.</li> <li>• Dentro de 3 años los habitantes del sector crearán actividades productivas que permitirán la generación y fomento de fuentes de trabajo mediante la implementación de empresas turísticas comunitarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testimonios de trabajadores.</li> <li>• Fotografías</li> <li>• Facturas de compras de materiales e insumos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con el apoyo económico del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG's.</li> <li>• Existe el interés del 80 % de miembros de la pre – asociación Bolívar Tello.</li> <li>• La accesibilidad es favorable para diseñar los recorridos de interpretación turística ambiental.</li> </ul>

<p>esta forma lograr la disminución de la emigración de los habitantes y satisfacer los gustos y preferencias de los turistas</p>			
<p>Resultados esperados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirigentes o delegados comunitarios de la organización han mejorado su capacidad para realizar actividades de guía e interpretación ambiental ecoturística.</li> <li>• Construcción de una casa de visitantes ubicada en la comunidad de Malvas construida con materiales de la zona.</li> <li>• Implementación de siete cabañas implementadas con materiales del lugar para el descanso de los turistas ubicadas en el área de conservación, investigación y ecoturismo distribuidas en los 524,0 has.</li> <li>• La zona estará debidamente señalada, mejorados los senderos para llegar a lugares de interés ecológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A los seis meses de ejecución del proyecto, las comunidades cuentan con al menos cinco líderes capacitados o delegados en temas de interpretación y guía turística.</li> <li>• Al cumplir el primer año del proyecto las comunidades cuentan con el centro de visitantes e interpretación ambiental.</li> <li>• A los 10 meses están construidas las siete cabañas de estancia para visitantes.</li> <li>• A los 6 meses se habrá mejorado los senderos y colocado letreros para la interpretación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificados de capacitación.</li> <li>• Informes de la participación a cada evento de capacitación.</li> <li>• Fotografías de la construcción del centro de visitantes.</li> <li>• Fotografías de la construcción de las cabañas para estancia de los visitantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo y ONG's en la adquisición de herramientas e insumos para la implementación del proyecto.</li> </ul>

<b>Actividades:</b>	<b>COSTO DEL PROYECTO (USD)</b>			
1. Curso de capacitación a cinco técnicos comunitarios.	Subtotal (1) Curso interpretación ambiental \$ 1500 Guía turística \$ 1500 Gastronomía local \$ 1500		• Facturas de adquisición de materiales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo de autoridades locales y provinciales para el desarrollo del proyecto.</li> <li>• El Ministerio de Turismo de Ecuador apoya en la implementación del proyecto.</li> </ul>
2. Construcción de una cabaña centro para visitantes.	Subtotal (2) Global \$ 15000		• Contratos mano de obra.	
3. Construcción de siete cabañas con materiales del lugar para el descanso de los visitantes.	Subtotal (3) Global \$ 56000		• Facturas pagos jornaleros.	
4. Implementación de dos zonas de camping para el descanso de los visitantes.	Subtotal (4) Global \$ 2000		• Fotografías de avances del proyecto.	
5. Señalamiento para la interpretación ambiental.	Subtotal (5) Global \$ 2500		• Informes técnicos.	
6. Cuatro campañas de difusión dos en Ecuador y dos en el norte de Perú	Subtotal (g) Global \$ 3000			
	SUBTOTAL \$ 83000 Imprevistos (10%) \$ 8300 IVA* 12 % \$ 9960			
	<b>TOTAL \$ 101260</b>			

### **9.3.6.7. Cronograma de ejecución del plan de manejo**

En la Tabla 9.10 se presenta el cronograma de acción de los proyectos del plan de manejo participativo del bosque seco con énfasis en el aprovechamiento sostenible de frutos de palo santo (*B. graveolens*).

Tabla 9.10. Plan operativo de los proyectos del plan de manejo participativo del bosque seco con énfasis en el aprovechamiento sostenible de frutos de palo santo (*B. graveolens*).

Proyecto	Actividades	Año 1			Año 2			Año 3			Año 4			Año 5			
		trimestre			trimestre			trimestre			trimestre			trimestre			
a).	<b>Proyecto de fortalecimiento de pre asociación bolívar Tello</b>																
1.	Elaboración y desarrollo de cursos de capacitación para los líderes.																
2.	Reconocimiento legal y jurídico de la asociación comunitaria agroforestal Bolívar Tello Cano.																
3.	Implementación de talleres sobre la importancia de trabajar en conjunto.																
4.	Incrementar la participación ciudadana para llegar a consensos por medio de conferencias.																
5.	Realización de campañas de alfabetización.																
6.	Planificación y ejecución de actos sociales que permitan la integración de la gente.																
b).	<b>Proyecto de aprovechamiento sostenible de frutos y aceite esencial de <i>B. graveolens</i>.</b>																
1.	Contratación de dos técnicos comunitarios durante un mes para la extracción de aceite esencial, que serán elegidos en la asamblea comunitaria																
2.	Construcción del centro de acopio en la comunidad Malvas con materiales del lugar.																
3.	Adquisición de dos destiladores de arrastre a vapor con capacidad de 60 kg.																

4.	Compra de materiales para la destilación como licuadoras, balones, manueras, espátulas, embudos etc. y reactivos.																			
5.	Participación de los técnicos comunitarios en dos cursos de capacitación referente a la extracción de aceite esencial.																			
6.	Pago a recolectores por campaña de aprovechamiento de frutos de <i>B. graveolens</i> (62 personas en 40 días).																			
7.	Adquisición de bolsos y ganchos para la colecta de frutos.																			
8.	Suministros de oficina.																			
9.	Computadora.																			
10.	Reconocimiento legal y jurídico de la caja de ahorro comunitaria.																			
11.	Gestión de la certificación orgánica del aceite esencial.																			
12.	Elaboración de 2046 kg de aceite esencial (409,2 kg de aceite esencial x 5 años).																			
13.	Realización de campañas de comercialización del producto obtenido.																			
c).	<b>Proyecto de instalación de un vivero forestal en la comunidad Chaquiro</b>																			
1.	Selección y arriendo del área para el vivero forestal.																			
2.	Adquisición de materiales para la construcción y producción de plántulas.																			
3.	Mantenimiento y protección del área del vivero. Construcción de infraestructura.																			

4.	Preparación de sustratos y llenados de fundas. Obtención escarificación y siembra de semillas. Control de plagas y enfermedades. Manejo silvicultural.																			
5.	Construcción de reservorio de 30 m <sup>3</sup> de capacidad.																			
<b>d).</b>	<b>Proyecto de recuperación del área degradada a través de la reforestación de plántulas de <i>B. graveolens</i>.</b>																			
1.	Establecimiento de cercos de protección con postes de madera y alambre de púas.																			
2.	Reforestación de la zona planificada.																			
3.	Mantenimiento silvicultural de las plántulas sembradas.																			
<b>e).</b>	<b>Proyecto de producción agroecológica</b>																			
1.	Curso de capacitación de dos técnicos comunitarios.																			
2.	Reforestación en la zona para la implementación de sistemas agroforestales con especies forrajeras nativas.																			
3.	Mantenimiento silvicultural de las plántulas sembradas.																			
4.	Implementación de huertas familiares.																			
5.	Establecimiento de 3 módulos familiares de cabras (establos) demostrativos para la producción caprina (leche y quesos).																			
6.	Establecimiento de un módulo comunitario para la producción de vermicompost.																			
<b>f).</b>	<b>Proyecto turismo comunitario sostenible</b>																			

1.	Curso de capacitación a cinco técnicos comunitarios.	■	■	■																
2.	Construcción de una cabaña centro para visitantes.		■	■																
3.	Construcción de siete cabañas con materiales del lugar para el descanso de los visitantes.		■	■	■	■														
4.	Implementación de dos zonas de camping para el descanso de los visitantes.			■	■															
5.	Señalamiento para la interpretación ambiental.				■	■														
6.	Cuatro campañas de difusión dos en Ecuador y dos en el norte de Perú					■			■			■			■					

## 9.4. Discusión

### 9.4.1. Formulación del plan de manejo

El levantamiento de información participativa realizada en los capítulos 2 a 4, sirvió de base para formular la zonificación ecológica y los perfiles de proyectos que se presentan en este capítulo y que persiguen el desarrollo sostenible de la zona. Sin embargo, en la formulación del presente plan de manejo, existe una limitación especialmente por la carencia de no haber socializado la información obtenida con los campesinos; esto podría haber enriquecido aún más lo propuesto en este documento. Según Kenny *et al.* (1999) la retroalimentación es esencial al momento de formular una propuesta participativa. De esta forma, se consigue alcanzar que haya coherencia entre las necesidades, prioridades y expectativas que tienen las comunidades, con los proyectos que se plantean en el plan de manejo, lográndose de esta forma formular un verdadero proyecto de desarrollo comunitario. A pesar de ello y aunque existen dos tipos de enfoques de planificación<sup>13</sup>, el presente plan de manejo refleja las necesidades de las comunidades estudiadas.

En los capítulos 2, 3 y 4 se determinó con la participación de los campesinos, la composición florística y estructura del BST, las potencialidades y beneficios de *B. graveolens* y se conoció el uso actual del suelo, principales problemas ambientales y el estatus socioeconómico de la población. Esta información recabada de forma participativa concuerda con lo que manifiestan De Camino (2001) y Chevalier & Buckles (2006) quienes indican que en la formulación de toda propuesta de desarrollo comunitario, debe existir un diálogo de saberes y consensos para obtener una adecuada planificación. Por ello, los proyectos planteados en este plan de manejo no son el producto de información solamente técnica, sino que responde al trabajo conjunto entre los miembros de las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos, con el propio conocimiento del facilitador, por lo que reflejan la visión y necesidades percibidas desde las comunidades campesinas.

---

<sup>13</sup> El primer enfoque consiste en planificar primero e implementar después; y el otro, que es el sustento de este trabajo, consiste en planificar de manera continua en base a procesos participativos entre el facilitador y las comunidades campesinas, donde se respeta y valora el conocimiento endógeno comunitario y se levanta información conjunta del estado actual de los recursos naturales de la zona.

#### **9.4.2. La importancia de considerar o quitar los intereses campesinos en la gestión de los recursos naturales**

Algunos investigadores han comprobado que durante las fases de recolección de información participativa y en donde se involucra a campesinos y se valora el conocimiento local, existe una sensación de desconfianza entre los actores sociales. Tal desconfianza, es habitual en los proyectos (De Camino, 2001). La desconfianza es utilizada con frecuencia por algunos actores dentro del proceso, que quieren reforzar su oposición al cambio que se propone alcanzar. Conseguir la manera de implicar paulatinamente aquellos grupos que son claves para los procesos, y vencer simultáneamente la resistencia social planteada por los actores que sienten que pierden con la ejecución del proyecto, ha supuesto el segundo gran esfuerzo para desarrollar esta parte de la Tesis Doctoral. En este caso, y con la mayor preocupación se ha tenido que desechar algunas propuestas campesinas que fueron carentes de coherencia y visión del colectivo, y que por estas razones no forman parte de ninguno de los proyectos planteados en el plan de manejo. Sin embargo, con la información construida participativamente, se comprobó que es posible conseguir un resultado útil y que llena las expectativas de los campesinos en referencia al manejo del BS y aprovechamiento sostenible de *B. graveolens*. Para ello, contar con el conocimiento de cómo interactúan los actores en función de sus intereses ha resultado ser una importante ventaja a la hora de gestionar los procesos. Esta parte de la investigación ha demostrado que el conocimiento local no es el único conocimiento requerido para la toma de decisiones y diseño de proyectos, sino que es necesario realizar una crítica cuando las propuestas manifestadas por los campesinos resultan ser inadecuadas para el bienestar de la población y para el manejo de los recursos del BS. En este contexto, Merino (2000) manifiesta que el conocimiento que disponen los campesinos, muchas de las veces resulta ser insuficiente. Incluso si se recurre solamente al conocimiento de “expertos”, sigue existiendo un importante vacío. Por ello, lo que se presenta en el plan de manejo refleja lo que realmente se necesita hacer para el adecuado mantenimiento de los recursos del BS y en el aprovechamiento de los recursos de *B. graveolens* tomando en cuenta del conocimiento local lo positivo y transformando lo aspectos negativos para encontrar un adecuado desarrollo de las comunidades.

#### **9.4.3. Impacto de la zonificación ecológica**

La zonificación ecológica planificada (Figura 9.1) puede mejorar las condiciones ambientales de la zona de estudio. En otras regiones donde campesinos han decidido realizar actividades para

mejorar la condición ambiental de sus territorios, han demostrado que se puede generar iniciativas de conservación de la biodiversidad; tal es el caso de los pueblos de Chamela y Lacandona (México) donde implementaron corredores biológicos y lograron interconectar remanentes de bosques que representaban una pequeña fracción del paisaje total (Muench, 2006; Sánchez-Azofeifa *et al.* 2009; Domínguez Torres, 2011; Ávila-Cabadilla *et al.* 2012; Roldán Velasco, 2012). Sin embargo, y a pesar de este esfuerzo comunitario es importante que las comunidades de Malvas, Chaquiro y Totumos tengan alicientes que permitan aplicar este tipo de iniciativas. Por ejemplo, el pago por servicios ecosistémicos y la conservación de biodiversidad, tales como REDD+ (programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación forestal; además de la conservación, el manejo sostenible y el mejoramiento de los almacenes de carbono de los bosques en los países en desarrollo) ajustado al gobierno de instituciones locales (Phelps *et al.* 2010), puede ser un aliciente para establecer corredores biológicos y zonas de conservación siempre y cuando compensen las ganancias que se obtienen de las otras actividades económicas. En esta misma línea cuando se ha decidido conservar los bosques impactados, Maza-Villalobos *et al.* (2011, 2012) demostraron que las tasas de reclutamiento de plántulas de especies leñosas aumenta, esto es notorio gracias a la sucesión natural que se reactiva en las parcelas de conservación; esto podría acontecer también en el BST estudiado, ya que se tiene previsto proteger comunitariamente varias hectáreas a través de la implementación de las las zonas de recuperación natural (608,3 has), conservación, investigación y ecoturismo (524,0 has) y la zona reforestación y protección (445,7 has) (Figura 9.1) planteadas en el presente plan de manejo. Al establecer estas áreas de conservación, se puede lograr una rápida recuperación del BS, puesto que algunos estudios demostraron que la regeneración natural es más rápida en los BS que en los bosques húmedos (Murphy & Lugo, 1986). De no actuar con prontitud, la capacidad de regeneración en la zona de estudio puede disminuir debido a varios ciclos de uso del suelo (Coomes *et al.* 2000, da Conceição *et al.* 2009, Karthik *et al.* 2009).

Dalle & Blois (2006) y Holl (2007) recomiendan cuando hay diferentes regímenes de uso del suelo en los BS, evaluar la resiliencia así como el efecto de estos regímenes sobre la cantidad y calidad de servicios ecosistémicos ya que se ha visto que la condición de precipitación (cantidad de lluvia) de un año a otro es diferente. Ya que la disponibilidad de agua de lluvia juega un papel crítico en la dinámica de la sucesión secundaria de los BS (Maza-Villalobos *et al.* 2011), es importante contemplar el uso de especies vegetales que sean tolerantes a la sequía en acciones de

restauración. En este contexto, en los diferentes proyectos se ha previsto utilizar especies nativas como *B. graveolens*, *Tabebuia chrysantha*, *Loxopterygium huasango*, *Eriotheca ruizii*, *Simira ecuadorensis*, *Geoffroea spinosa* y de árboles forrajeros nativos del cantón Zapotillo como *Prosopis juliflora*, *Albizina multiflora* y *Caesalpina glabrata*, con esto se asegura el éxito del plan de manejo en la restauración ecosistémica del BST.

#### **9.4.4. Impacto de los proyectos**

Por otro lado, al implementar los proyectos como el vivero forestal, establecimiento de sistemas agroforestales, la disminución del uso de agroquímicos y potenciación de la zona de reforestación y conservación, la fauna nativa se vería beneficiada. La fauna aporta funciones críticas como polinizadores, dispersores de semillas y reguladores de plagas, lo que constituye una acción básica como instrumento de restauración. Introducir semillas y protegerlas de depredadores ayudaría a la restauración de sitios donde la lluvia y el banco de semillas es reducido o cuando la depredación de semillas fuese elevada (García-Orth & Martínez-Ramos, 2008). El uso de árboles aislados como núcleos de atracción de animales dispersores de semillas y que se tiene previsto en la ejecución de este plan de manejo, son prácticas que pueden promover tanto el desarrollo de especies nativas trasplantadas (Rodríguez Velázquez 2005, Peñaloza 2008, García Orth 2008) como catalizar la regeneración natural de las zonas degradadas (Parrotta *et al.* 1997, Guevara *et al.* 2004). El proyecto de producción agroecológica también beneficiará al proveer de alimento libre de químicos a través de la implementación de las huertas familiares que aumentarán el bienestar de las familias campesinas; de los sistemas agroforestales con la siembra de especies forrajeras y del maíz se cuenta con reserva alimenticia para la producción caprina. Cuenca (2011) demostró que la ración compuesta por Charán (*Caesalpina glabrata*) y Angolo (*Albizina multiflora*) de acuerdo a los análisis bromatológicos contiene 8,43% de PB y 13,04% de FC, esta ración resultó ser más palatable para la alimentación del ganado caprino. Según lo enunciado por Castillo Alberca (2002), el charán es preferido por las cabras en un 26,3 % en los meses invernales, en tanto que en las épocas secas el consumo es de 1,3 kg/día. Al iniciar con el proyecto piloto de establecimiento de módulos (establos) familiares para la producción caprina, con este tipo de raciones lo que se espera es minimizar el pastoreo extensivo y disminuir la presión en la regeneración natural del BST. Por otro lado, la producción de vermicompost a base de los residuos de los frutos de *B. graveolens* como mejorador del suelo, acrecienta los beneficios

de este proyecto, puesto que en los resultados de esta tesis doctoral, los subproductos contienen alto contenido de nitrógeno y carbono. El proyecto de turismo comunitario se connota con el proyecto de aprovechamiento sostenible de frutos y producción de aceite esencial, esta iniciativa mejorará el incremento de rédicos económicos para las familias campesinas, y la regeneración del bosque no se ve afectado puesto que se estima que se extraerá el 5 % del potencial de fructificación en toda la zona de estudio.

## **9.5. Conclusiones**

La conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la capacidad del BST de proveer servicios ecosistémicos, así como la restauración de la zona degradada, necesariamente debe surgir de la toma de decisiones comunes que consideren la participación de los diferentes actores involucrados, principalmente los propietarios de la tierra, instituciones de gobierno, organizaciones no gubernamentales y académicos (Castillo *et al.* 2005). En la zona de estudio ésta es una tarea urgente por desarrollar ya que, como se indicó aunque no es tan eficiente falta por potenciar la autogestión y toma de decisiones colectivas de la pre-asociación comunitaria Bolívar Tello; esta realidad también acontece en otras comunidades campesinas como los reportados por Schroeder, (2006). El levantamiento de información participativa realizada, sirvió de base para formular la zonificación ecológica y perfiles de proyectos; sin embargo, en la formulación del presente plan de manejo, existe una limitación especialmente por la carencia de no haber socializado la información obtenida con los campesinos; esto podría haber enriquecido aún más lo propuesto en este documento. A pesar de ello y aunque existen dos tipos de enfoques de planificación, el presente plan de manejo refleja las necesidades de las comunidades estudiadas. Esta parte de la investigación ha demostrado que el conocimiento local no es el único conocimiento requerido para la toma de decisiones y diseño de proyectos, sino que es necesario realizar una crítica cuando las propuestas manifestadas por los campesinos resultan ser inadecuados para el bienestar de la población y para el manejo de los recursos del BST. Merino (2000) manifiesta que el conocimiento que disponen los campesinos, muchas de las veces resulta ser insuficiente por lo que se debe realizar un diálogo de saberes al momento de la toma de decisiones trascendentales. La zonificación ecológica planificada (Figura 9.1) puede mejorar las condiciones ambientales de la zona de estudio. En otras regiones donde campesinos han decidido realizar actividades para mejorar la condición ambiental de sus territorios, demostraron que pueden recuperar zonas afectadas por tala

excesiva y mejorar la biodiversidad. Los proyectos como el vivero forestal, establecimiento de sistemas agroforestales, la disminución del uso de agroquímicos y potenciación de la zona de reforestación y conservación, mejoraría la diversidad biológica tanto vegetal como de fauna nativa. El proyecto de producción agroecológica también beneficiará al proveer de alimento libre de químicos, aumentar la seguridad alimentaria con hortalizas, carne y leche del ganado caprino y la producción de vermicompost a base de los residuos de *B. graveolens* que propiciaría a disminuir el uso de agroquímicos. Finalmente la economía campesina se vería mejorada con la elaboración y venta de aceite esencial de *B. graveolens* y la implementación del proyecto de turismo comunitario. Estos proyectos necesitan ser socializados a nivel provincial y nacional para procurar el apoyo del gobierno ecuatoriano.

**CAPÍTULO X**  
**CONCLUSIONES**

## 10. Conclusiones

1. Históricamente el BST ha sufrido transformaciones en la composición y estructura durante largos periodos de tiempo, donde se presentaron varios cambios climáticos extremos. Actualmente las actividades antropogénicas que impactaron y produjeron mayor gravedad se inicia desde el año 1940 cuando ingresaron a habitarlo campesinos mestizos de Ecuador. Actividades como la tala indiscriminada, cambio del uso del suelo, quemas para el establecimiento de cultivos y el pastoreo extensivo de cabras (*C. hircus*) son las principales causas de la perturbación de este ecosistema. El área actualmente está perturbada encontrándose en mayor porcentaje el bosque seco muy ralo (88,8%) usado para el pastoreo extensivo de cabras y pequeños remanentes de conservación (0,7%). Para los campesinos la principal actividad que reporta beneficios económicos es el pastoreo extensivo de cabras; sin embargo, esta actividad limita la regeneración natural de especies forestales. En la zona se ha identificado que existe una población de 1771 cabras, las cuales necesitarían 2036,6 kg día<sup>-1</sup> para estar debidamente alimentadas; sin embargo, esta cantidad podría estar disponible solamente en los meses lluviosos, lo que acarrea problemas en la productividad de esta especie y en la regeneración del bosque. La seguridad alimentaria se ve truncada ya que solamente existe el 2,2% de chacras establecidas en la zona, las mismas que cumplen la función de autoconsumo y los pequeños excedentes son utilizados para la venta.
2. El BST se caracteriza por tener 12 especies pertenecientes a 12 géneros y 11 familias, siendo las familias más importantes Burseraceae, Bignoniaceae y Caesalpiniaceae con 69,3; 57,1 y 53,0 de importancia de valor por familias. Las especies con mayor IVI fueron *B. graveolens*, *T. chrysantha* y *C. glabrata*. El área basal promedio de las especies estudiadas fue de 11,4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, mientras que el volumen total promedio fue de 66,35 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Las especies que aportaron con mayor volumen y producción de área basal fueron *B. graveolens*, *C. glabrata* y *Eriotheca ruizii*. La mayoría de los árboles examinados en este estudio se agrupan en las tres primeras clases diamétricas determinadas por una tendencia de "J" invertida, lo que indica que el bosque está perturbado. La cantidad acumulada de biomasa aérea y carbono promediaron 68.06 Mg ha<sup>-1</sup> y 33.04 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Estas cantidades se encuentran dentro de los rangos normales para los bosques tropicales estacionalmente secos. El BST estudiado tiene una baja capacidad de regeneración; esto se debe a la condición ecológica referente a la caída de producción primaria neta que está asociada al mayor estrés hídrico al que están sometidos los BST y en especial a la presión antrópica, explotación ilegal de maderas, incremento de zonas de cultivo y al pastoreo extensivo de cabras que están llevando a este bosque a sobrepasar las posibilidades de recuperación natural. Los resultados obtenidos indican que es necesario implementar un plan de manejo que considere el establecimiento de zonas de protección comunitaria, producción de plántulas en vivero y mejorar el manejo del ganado caprino (*C. hircus*) con el fin de precautelar la regeneración de éste ecosistema.

3. *B. graveolens* se caracteriza por tener una alta variabilidad de tamaño, diámetro y densidad debido al tipo de suelos, cantidad de precipitación y en especial por el impacto ocasionado por las actividades humanas provocadas por campesinos agroforestales que se benefician de sus recursos no maderables. El área basal de la especie fue de  $4,49 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , mientras que el volumen fue de  $16,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . La mayor cantidad de individuos se agrupan en la clase de DAP 0,31 – 0,4 m notándose que existe menor cantidad en las clases inmediatamente inferiores (clases 0,1 – 0,2 m y 0,21 – 0,3 m) por lo que la capacidad de regeneración es limitada. La cantidad acumulada de biomasa aérea corresponde a  $8,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  y  $4,147 \text{ Mg ha}^{-1}$  de carbono almacenado. La cantidad acumulada de necromasa fue de  $0,590 \text{ Mg ha}^{-1}$  considerada como muy escasa debido a que es muy utilizada por la población local. La regeneración natural de la especie ( $197 \text{ ind ha}^{-1}$  con una altura promedio de 6,4 cm) se ve afectada por el pastoreo de cabras (*C. hircus*). La fenología depende de las lluvias tempranas y la cantidad de agua que se encuentra en el suelo, lo que hace que este proceso sea diferente durante varios años.
4. *B. graveolens* tiene una diferencia significativa en la producción de frutos por clases diamétricas, correspondiendo la mayor cantidad de producción a la clase 0,41 – 0,5 con  $4,8 \text{ kg/árbol}$ . Sin embargo, se ha verificado que hay una pequeña diferencia en la producción de frutos cada año, posiblemente debido a la cantidad de agua del suelo ya que existen años secos y años lluviosos, evidenciándose que la escases de lluvia es un factor limitante para los procesos fenológicos de la especie. Los frutos en promedio miden de 0,9 cm de largo y

0,9 cm de ancho, con un peso promedio de 0,4 gr. Los frutos cuentan con una sola semilla, cuyo tamaño promedio corresponde a 0,5 cm de largo y 0,5 cm de ancho, con un peso promedio de 0,04 gr.; en un kg existen aproximadamente 22809 semillas. En el estudio se comprobó que el potencial productivo de árboles femeninos de *B. graveolens* en toda el área de recolección es de 256136,6 kg; anualmente los campesinos recogen 12400 kg de frutos (corresponde al 4,8% del área de recolección), esto significa que el BST no se vería impactado ya que se cosecharía en promedio el 4,8% de los frutos, lo que implica que no existe un impacto significativo a este ecosistema. Con este porcentaje de explotación (4,8%) existe la posibilidad incluso de explotar hasta un 10% (25613,6 kg) y mejorar con ello la economía campesina. Estos resultados pueden ser la base para implementar un plan de manejo que considere el aprovechamiento de los frutos tomando en cuenta las plantas de mayor DAP e iniciar con un programa de protección de la regeneración natural y de producción de plántulas en vivero a fin de precautelar la regeneración de este árbol que es valioso para las comunidades estudiadas.

5. Los campesinos agroforestales son conscientes de la necesidad de conservar el árbol *B. graveolens*, puesto que sirve como hábitat y suministro de alimentos para la fauna silvestre y doméstica que se alimentan de los frutos, hojas y cortezas. Todas las familias campesinas aprovechan los recursos del árbol, aunque son los hombres (80%) quienes realizan la mayor cantidad de labores en la explotación de la especie. Todos los hogares utilizan los PFNM de la especie, evidenciándose que la madera (100%) y los frutos (30%) son los recursos más explotados por la familia. Los campesinos tienen normas para la recolección de los frutos, recolectan una cantidad diaria de 5 kg hasta obtener una cantidad de 12400 kg durante una campaña de 40 días de explotación, cantidad que abastece a los compradores. Considerando que el salario mínimo vital para Ecuador es de \$ 366.04 al mes, los campesinos ganan \$ 4392.48 al año, sin embargo, con la recogida de frutos para la comercialización, la familia tiene un ingreso de \$ 2400 por trabajar durante 40 días realizando la labor de recogida de frutos. Esto constituye un ingreso económico para el bienestar familiar. La técnica de cosecha corresponde al trepado en los árboles y a la recolecta manual de los frutos (100 %), comprobándose que no utilizan ningún equipo mecánico; sólo herramientas como escaleras (50%), podadora manual (10%) y ganchos (40%). Los frutos son cosechados en los periodos lluviosos entre febrero y abril de cada año, preferentemente en las primeras horas

de la mañana. Sin embargo por los beneficios que otorga, hay un peligro evidente referente a su sobreexplotación. Por ello, es importante implementar medidas de aprovechamiento de impacto reducido, que permitan mejorar la conservación a través de la gestión y utilización correcta de la especie. La introducción de estas prácticas abrirían las posibilidades de uso sostenible e industrial de los frutos, para la elaboración de jabones, cremas, repelentes y abonos orgánicos. Así mismo el aprovechamiento de las cortezas y hojas son potenciales para la elaboración de suplementos alimenticios veterinarios. De este estudio se deriva que es crucial un manejo sostenible y cuidadoso para controlar la cosecha de los recursos de *B. graveolens*. Se considera que el desarrollo de estrategias y métodos para la conservación y aprovechamiento sostenible es una herramienta vital para asegurar la presencia de la especie en el futuro. Esto fortalecería los aspectos positivos de *B. graveolens*, en virtud que estamos tratando con un recurso natural que por sus beneficios y potencialidades está arraigado en la cultura campesina.

6. Los vermicompost elaborados con los residuos de frutos de *B. graveolens* (RFBG) fueron productos valiosos para la utilización agrícola. El contenido de nitrógeno total fue relativamente alto (> 2,63%) y contenidos relativamente bajos de la relación C/N (<13.3), lignina (<3,8%) y polifenoles (<1,8%). La disponibilidad de N se incrementó en los suelos franco y arenoso tras la adición de los vermicompost. Sin embargo, la aplicación del RFBG en los suelos, inmovilizó el N durante su descomposición. Éste comportamiento es valioso cuando se requiere que el N disponible sea retenido, principalmente debido al contenido de N relativamente bajo y cuando hay una alta relación C-N como en el caso del RFBG. Además, la relativamente baja descomposición de C del RFBG hizo que su aplicación al suelo sea altamente recomendable como estrategia para aumentar los niveles de materia orgánica y C, y recuperar de esta forma los suelos de los BST de Ecuador que se caracterizan por contener bajos niveles de materia orgánica.
7. El estudio morfológico y molecular ha permitido identificar hongos Xylariales (Sordaromicetes) que se desarrollan como saprófitos en *B. graveolens*. Los hongos corresponden a *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* que son descritos por primera vez y de forma inédita para bosques secos de Ecuador. *X. feejeensis* es similar a los hongos descritos desde Brasil y México (Denis, 1956; Medel *et al.* 2008). *X. cf. microceras* se asemejan con

*X. microceras* (Mont.) Berk reportada desde la Guayana Francesa (Denis, 1956; Rogers *et al.* 1988). La variabilidad de tamaños de las estructuras es debido, probablemente, a las adaptaciones ambientales de los diferentes ecosistemas (Læssøe & Hansen, 2007; Nagy *et al.* 2011). El clado formado en ITS 5.8 S se agrupa fuertemente con un 90% de soporte de bootstrap con otras secuencias para *X. feejeensis* obtenidas desde ascomas en diferentes sustratos presentes en Norte América, Europa y Asia (Tabla 7.2). El clado formado para *X. cf. microceras* está soportado de 100 y 80 % para las regiones ITS-5.8S y LSU parcial respectivamente. En la región ITS-5.8S se muestra el clado de *X. cf. microceras* (Figura 7.8) distante de la única secuencia nombrada como *X. microceras* (código de acceso GU300086) disponible en GenBank obtenida desde un cultivo puro sin referencia de su teleomorfo (Hsieh *et al.* 2010). Análisis moleculares de estos hongos (ascomicetes) en el Ecuador solo se han efectuado hasta nivel de orden, i.e Xylariales y familia Xylariaceae. Por la carencia de datos moleculares como secuencias desde material tipo y la falta de revisión de especímenes de herbario, sugerimos al espécimen ecuatoriano que crecen en *B. graveolens* como *X. cf. microceras*. Así mismo, por la falta de datos moleculares, la presencia de un hongo no identificado que pertenece a los Xylariales y que es muy distinto a los hongos *Xylaria* aquí descritos se lo ha clasificado dentro de este orden. El hongo perteneciente a los Tubeufiales solamente se ha podido clasificar a nivel de orden con los datos morfológicos y los escasos datos moleculares existentes. Finalmente, se sugiere realizar muestreos e investigaciones adicionales en este tipo de bosque decíduo, para confirmar las especies encontradas y realizar la determinación molecular a nivel de género y de especie. Además se recomienda realizar el estudio de capacidad enzimática de los hongos *X. feejeensis* y *X. cf. microceras* a fin de determinar su posible uso biotecnológico.

8. En este estudio se ha puesto claramente de manifiesto que los RFBG sirven como sustrato para la producción y evaluación de enzimas extracelulares. Los constituyentes de carbono y nitrógeno son óptimos para realizar ensayos de biodegradación. En los hongos inoculados en los RFBG se detectó producción de celulasa, lacasa y xilanasa. Los hongos *Xylaria* produjeron la mayor actividad de celulasa, entre 27,2 U/L y 35,7 U/L, bajo las condiciones del presente estudio, presentando mayor actividad celulolítica en comparación con *T. versicolor* que produjo sólo 5,6 U/L. La actividad lacasa fue mayor para el hongo *X. feejeensis* (30,0 U/L), y es considerada baja comparada con otros estudios donde, por

ejemplo, *X. polymorpha* produjo cantidades moderadas de lacasa (1100 U/L), pero en sustrato a base de zumo de tomate. Sin embargo, en sustrato sólido *X. polymorpha* que se desarrolla en una reserva natural de un bosque sub-Andino de Colombia, se ha determinado una actividad que oscila entre los 30 U/L, actividad muy similar al de nuestro estudio. El potencial de la enzima xilanasa es evidente en *X. feejeensis* y *X. cf. microceras*; éstos hongos presentaron mayor actividad xilanasa con valores de 182,5 U/L y 129,0 U/L respectivamente que otros hongos *Xylaria* (120 U/L) reportados por Liers *et al.* (2006) en experimentos en estado sólido. Al parecer la producción en cantidad de enzima celulasa, lacasa y xilanasa depende de dos factores; primero del tipo de especie de *Xylaria* utilizada y segundo del tipo de sustrato utilizado conforme lo confirman otras investigaciones. Con los resultados obtenidos en este estudio, se abre la posibilidad de valorar las cepas nativas con el fin de producir enzimas, biotransformar los RFBG y biotransformar otros desechos orgánicos. Para el mejor conocimiento de la producción enzimática se recomienda inocular estas cepas en diversos tipos de residuos sólidos de origen agroindustrial y agroforestal, que presenten características y composiciones diferentes. En nuestro estudio realizamos los primeros reportes sobre los contenidos de químicos orgánicos e inorgánicos en RFBG. Los RFBG contienen promedios de lignina y celulosa de 9,1% y 19,5% respectivamente, son considerados bajos con respecto a otros recursos. Sin embargo, los hongos resultaron ser selectivos para la degradación de estos biopolímeros. En nuestro estudio se ha comprobado que existe diferencia significativa en la degradación de la celulosa y hemicelulosa pero no en lignina. *X. cf. microceras* fue la especie más activa en la degradación de la celulosa presentando un porcentaje de degradación de 35,3%; *X. feejeensis* presentó un 29,4% y *T. versicolor* fue el hongo menos eficaz ya que degradó este biopolímero en menor cantidad (21,8% en los RFBG). El hongo testigo *T. versicolor* fue el más eficiente en la degradación de la lignina presentando una degradación del 25,2% en los RFBG (Tabla 8.11). Los hongos *X. cf. microceras* y *X. feejeensis* fueron menos eficaces en la degradación de la lignina.

9. Tras la degradación fúngica, el contenido en NT de los RFBG fue en promedio del 1,3%. Valores superiores al 2 % de nitrógeno son óptimos para los cultivos. Sin embargo, según la etiqueta ecológica europea, un abono orgánico no debe exceder del 2% de nitrógeno, por lo cual los RFBG estarían dentro de estos requerimientos. Así mismo, en fósforo valores

óptimos están dentro del rango de 0,15% a 1,5%, los RFBG estarían dentro de este rango pues presentan como promedio 0,24%, por lo que este tipo de recurso sería adecuado como mejoradores con respecto a este elemento. Finalmente, se recomienda el estudio de estas cepas y de nuevas cepas de los bosques de Ecuador en ensayos de degradación, inoculándolos en otros recursos agroforestales, agrícolas y de origen industrial.

10. La conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la capacidad del BST de proveer servicios ecosistémicos, así como la restauración de la zona degradada, necesariamente debe surgir de la toma de decisiones comunes que consideren la participación de los diferentes actores involucrados, principalmente los propietarios de la tierra, instituciones de gobierno, organizaciones no gubernamentales y académicos (Castillo *et al.* 2005). En la zona de estudio ésta es una tarea urgente por desarrollar ya que, como se indicó aunque no es tan eficiente, falta por potenciar la autogestión y toma de decisiones colectivas de la pre-asociación comunitaria Bolívar Tello; esta realidad también acontece en otras comunidades campesinas como los reportados por Schroeder, (2006).
11. El levantamiento de información participativa realizada, sirvió de base para formular la zonificación ecológica y perfiles de proyectos; sin embargo, en la formulación del plan de manejo, existe una limitación especialmente por la carencia de no haber socializado la información obtenida con los campesinos; esto podría haber enriquecido aún más lo propuesto en este documento. A pesar de ello y aunque existen dos tipos de enfoques de planificación, el presente plan de manejo refleja las necesidades de las comunidades estudiadas. Esta parte de la investigación ha demostrado que el conocimiento local no es el único conocimiento requerido para la toma de decisiones y diseño de proyectos, sino que es necesario realizar una crítica cuando las propuestas manifestadas por los campesinos resultan ser inadecuados para el bienestar de la población y para el manejo de los recursos del BST. Merino (2000) manifiesta que el conocimiento que disponen los campesinos, muchas de las veces resulta ser insuficiente por lo que se debe realizar un diálogo de saberes al momento de la toma de decisiones trascendentales. La zonificación ecológica planificada (Figura 9.1) puede mejorar las condiciones ambientales. Los proyectos como el vivero forestal, establecimiento de sistemas agroforestales, la disminución del uso de agroquímicos y potenciación de la zona de reforestación y conservación, mejoraría la

diversidad biológica tanto vegetal como de fauna nativa. El proyecto de producción agroecológica también beneficiará al proveer de alimento libre de químicos, aumentar la seguridad alimentaria con hortalizas, carne y leche del ganado caprino y la producción de vermicompost a base de los residuos de *B. graveolens* que propendería a disminuir el uso de agroquímicos. Finalmente la economía campesina se vería mejorada con la elaboración y venta de aceite esencial de *B. graveolens* y la implementación del proyecto de turismo comunitario. Estos proyectos necesitan ser socializados a nivel provincial y nacional para procurar el apoyo del gobierno ecuatoriano.

**CAPÍTULO XI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

### 11.1. Bibliografía

- Anderson, J., and Ingram, J. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. CAB International, Oxon, 221 pp.
- Andrade, M., Armijos, Ch., Merchan, Ch., Malagón, O., Bracco, F., Vita Finzi, P., and Vidari, G. 2010. Valorización química de la materia prima y residuos (torta) del proceso de extracción de aceite esencial de frutos de Palo Santo (*Bursera graveolens*) empleado en la industria cosmética - Loja – Ecuador. SILAE - Abstract Book of XIX Congress “Fernando Cabieses Molina” - ISBN: 88-8160-2180.
- Aguirre, Z., Cueva, E., Merino, B., Quizhpe, W. & Valverde, A. 2000. Formaciones Vegetales de los bosques secos de la Ceiba y Romeros, Provincia de Loja. Loja, Ecuador. 34 p.
- Aguirre, Z., and L. P. Kvist. 2005. Floristic composition and conservation status of the dry forests in Ecuador. *Lyonia* 8:41 - 67.
- Aguirre, Z., Kvist, L., and Sánchez, O. 2006. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. En: Morales. M. R., Øllgaard, B., Kvist, L.P., Borchsenius, F., Balslev, H. (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. pp.:162-187, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Ajwa, H., and Tabatabai, M. 1994. Decomposition of different Experiment I organic materials in soils. *Biol. Fertil. Soils* 18:175–182.
- Alonso-Castro A, Villareal M, Salazar-Olivo L, Gomez-Sanchez M, Dominguez F, Garcia-Carranca A. Mexican medicinal plants used for cancer treatment: pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *J Ethnopharmacol.* 2011; 133: 945 – 972.
- Arnold A, Henk D, Eells R, Lutzoni F, Vilgalyz R. Diversity and phylogenetic affinities of foliar fungal endophytes in loblolly pine inferred by culturing and environmental PCR. *Mycologia.* 2007; 99 (2): 185–206.
- Baggs, E., Rees, R., and Smith, k., and Vinten, J. 2000. Nitrous Our results suggest that the assumption that legume oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil cropping produces N Use Manage.* 16:82–87.
- Baraban E, Morin J, Phillips G, Phillips A, Strobel S, Handelsman J. Xyolide, a bioactive nonenolide from an Amazonian endophytic fungus, *Xylaria feejeensis*. *Tetrahedron Letters.* 2013; en prensa.

- Barr M. Prodomus to non lichenized; pyrenomycetous members of the class Hymenoascomycetes. *Mycotaxon*. 1990; 39: 43-184.
- Bayman P, Angulo-Sandoval P, Báez-Ortiz Z, Lodge J. Distribution and dispersal of *Xylaria* endophytes in two tree species in Puerto Rico. *Mycol. Res.* 1998; 102 (8): 944–948.
- Balvanera, P., S. Quijas, A. Pe, D. Me, C. Universitaria, and D. Federal. 2011. Distribution Patterns of Tropical Dry Forest Trees Along a Mesoscale Water Availability Gradient. *Biotropica* 43:414–422. doi: 10.1111/j.1744-7429.2010.00712.x.
- Banderhorst, S. 2006. Goats (*Capra hircus*), the Khoekhoen and Patoralism: Current evidence from southern Africa. *Afr Archaeol Rev.* 23:45–53
- Bernal H, Correa J (Ed). *Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andrés Bello*. Tomo III. Burseraceae. Secretaria Ejecutiva del Convenio Andrés Bello (SECAB)., 1990.
- Bertoncini, A., & Rodrigues, R. 2008. Forest restoration in an indigenous land considering a forest remnant influence (Avaí, Sao Paulo State, Brasil. *Forest Ecology and Management* 255: 513-521.
- Best, B., & Kessler, K. 1995. Biodiversity and conservation in tumbesian Ecuador and Peru. Page 218 *BirdLife I*. BirdLife International, Wellbrook Court, Girton Road, Cambridge CB3 0NA, U.K.
- Blain, D., and M. Kellman. 1991. The Effect of Water-Supply on Tree Seed-Germination and Seedling Survival in a Tropical Seasonal Forest in Veracruz, Mexico. *Tropical Ecology* 7:69-83.
- Bitzer J, Læssøe Th, Fournier J, Kummer V, Decock C, Tichy H, Piepenbring M, Peršoh, D, Stadler M. Affinities of *Phylacia* and the daldinoid *Xylariaceae*, inferred from chemotypes of cultures and ribosomal DNA sequences. *Mycological Research*. 2008; II2: 251–270.
- Borja, C. & Lasso, S. 1990. Plantas nativas para reforestación en el Ecuador. Fundación Natura. AID, EDUNAT III. Quito.
- Callan B, Rogers J. Teleomorph-anamorph connections and correlations in some *Xylaria* species. *Mycotaxon*. 1990; 36: 343–369.
- Clark DA, Clark DB. Effects of dispersal by animals on the regeneration of *Bursera graveolens* (Burseraceae) on Santa Fe Island, Galápagos. *Oecologia*. 1981; 49: 73–75.
- Cañadas, L. 1983. Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. M.A.G., Quito, Ecuador.

- Cruz D, Suárez J, Kottke I, Piepenbring M. Cryptic species revealed by molecular phylogenetic analysis of sequences obtained from basidiomata of *Tulasnella*. *Mycologia*. 2014, 106 (4): 1-15:
- Chaparro D, Rosas D, Varela A. Aislamiento y evaluación de la actividad enzimática de hongos descomponedores de madera (Quindío, Colombia). *Rev Iberoam Micol*. 2009; 26 (4): 238-243.
- Davis E, Franklin J, Shaw A, Vilgalys R. Endophytic *Xylaria* (Xylariaceae) among liverworts and angiosperms: Phylogenetics, distribution, and symbiosis. *American Journal of Botany*. 2003; 90 (11): 1661–1667.
- Dennis R. Some *Xylarias* of tropical America. *Kew Bulletin*. 1956; 11: 401-444.
- Dirzo, R., Young, H., Mooney, A., & Ceballos, G. 2011. Seasonally Dry Tropical Forests ecology and conservation. Island Press, Washington, DC 20009, USA.
- Eckhart L, Bach J, Ban J, Tschachler E. Melanin binds reversibly to thermostable DNA polymerase and inhibits its activity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2000; 271: 726–730.
- Espinosa, C., De la Cruz, M., & Escudero, A. 2012. Estructura y funcionamiento de ecosistemas secos del Sur de Ecuador. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution*. 1985; 39 (4): 783-791.
- Fukasawa Y, Osono T, Takeda H. Effects of attack of saprobic fungi on twig litter decomposition by endophytic fungi. *Ecol Res*. 2009; 24: 1067–1073.
- Fukasawa Y, Tateno O, Hagiwara Y, Hirose D, Osono T. Fungal succession and decomposition of beech cupule litter. *Ecol Res*. 2012; 27: 735-743
- Furley, P., & Ratter., J. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development.
- Gazis R, Rehner S, Chaverri P. Species delimitation in fungal endophyte diversity studies and its implications in ecological and biogeographic inferences. *Molecular Ecology*. 2011; 20: 3001–3013.
- Gómez-Muñoz, B., Bol, R., & García-Ruiz, R. 2011. Carbon mineralization and distribution of nutrients within different particle-size fractions of commercially produced olive mill pomace. *Bioresource Technology* 102: 9997–10005

- Goyal, S., Dhull, S., and Kapoor, K. 2005. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresour. Technol.* 96 (14): 1584–1591.
- González M, Anaya A, Glenn A, Macías-Rubalcava M, Hernández-Bautista B, Hanlin R. *Muscodor yucatanensis*, a new endophytic ascomycete from Mexican chakah, *Bursera simaruba*. *Mycotaxon.* 2009; 110: 363-372.
- González, E., García, J. & Correa, J. 2005. Especies forestales del bosque seco “Cerro Negro – Cazaderos”: Zapotillo – Puyando – Loja, Ecuador. Fundación Ecológica Arcoiris.
- Gotsch, S. G., J. S. Powers, and M. T. Lerdau. 2010. Leaf traits and water relations of 12 evergreen species in Costa Rican wet and dry forests: patterns of intra-specific variation across forests and seasons. *Plant Ecology* 211:133-146.
- Hanlin R. Combined keys to illustrated genera of ascomycetes (3rd ed.). APS press. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, 2001.
- Herrera P, Suárez J, Kottke I. Orchids keep the ascomycetes outside: a highly diverse group of ascomycetes colonizing the velamen of epiphytic orchids from a tropical mountain rainforest in Southern Ecuador. *Mycology.* 2010; 4: 262-268.
- Hladki A, Romero A. A preliminary account of *Xylaria* in the Tucuman Province, Argentina, with a key to the known species from the northern provinces. *Fungal Diversity.* 2010; 42: 79–96.
- Ho M, Chung W, Huang H, Chung W, Chung W. Identification of endophytic fungi of medicinal herbs of Lauraceae and Rutaceae with antimicrobial property. *Taiwania.* 2012; 57 (3): 229-241.
- Holdridge L. Life zone ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 1967.
- Hsieh H, Lin Ch, Fang M, Rogers J, Fornier J, Lechat Ch, Ju Y. Phylogenetic status of *Xylaria* subgenus *Pseudoxylaria* among taxa of the subfamily Xylarioideae (Xylariaceae) and phylogeny of the taxa involved in the subfamily. *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 2010; 54: 957–969.
- Huang W, Cai Y, Surveswaran S, Hyde K, Corke H, Sun M. Molecular phylogenetic identification of endophytic fungi isolated from three *Artemisia* species. *Fungal Diversity.* 2009; 36: 69-88.
- Iotti M, Zambonelli A. A quick and precise technique for identifying ectomycorrhizas by PCR. *Mycological Research.* 2006; 110 (1): 60-65.

- Islas-Flores I, Peraza-Echeverría L, Canto-Canché B, Rodríguez-García C. Extraction of high-quality, melanin-free RNA from *Mycosphaerella fijiensis* for cDNA preparation. *Molecular Biotechnology*. 2006; 34: 45-50.
- Ju Y, Hsieh H. *Xylaria* species associated with nests of *Odontotermes formosanus* in Taiwan. *Mycologia*: 2007; 99 (6): 936–957.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical Dry Forest the most endangered major tropical Ecosystem.
- Jiggins, C., Andrade, P., Cueva, E., Dixon, S., Insherwood, I. & Willis, J. 1999. The conservation of three forests in South - West Ecuador. Biosphere Publications Research Report N° 2, Otley, U.K.
- Josse, C. 1997. Dinámica de un bosque seco semideciduo y secundario en el oeste del Ecuador. Pp. 241-254. En: Valencia R y H. Balslev (Eds.). Estudios sobre diversidad y ecología de plantas. Memorias del 11 Congreso Ecuatoriano de Botánica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Klitgaard, B., P. Lozano, Z. Aguirre, B. Merino, N. Aguirre, T. Delgado & F. Elizalde. 1999. Composición florística y estructural del bosque petrificado de Puyango. *Estudios Botánicos en el sur del Ecuador*. Universidad de Loja, Herbario Loja (3): 25-49.
- Kendrick B. *The fifth kingdom* (3rd ed.). Focus Publishing, Newbury, MA, 2000.
- Kirk P, Cannon P, Minter D, Stalpers J. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (10 ed.). CAB International, Wallingford, 2008.
- Ko W, Kunimoto R. Quick decline of Macadamia trees: association with *Xylaria arbuscula*. *Plant Pathology*. 1991; 40 (4): 643-644.
- Læssøe T, Hansen K. Truffle trouble: what happened to the Tuberales?. *Mycological Research*. 2007; 111 (9): 1075-1099.
- Læssøe T, Srikukulchai P, Luangsa-ard J, Stadler M. *Theissenia* reconsidered, including molecular phylogeny of the type species *T. pyrenocrata* and a new genus *Durotheca* (Xylariaceae, Ascomycota). *Ima Fungus*. 2013; 4 (1): 57-69.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Cooperación Técnica República Federal de Alemania, Traducción Antonio Carrillo.
- Leal-Pinedo J, Linares-Palomino R. Los bosques secos de la reserva de biósfera del noroeste (Perú): Diversidad arbórea y estado de conservación. *Caldasia*. 2005; 27 (2): 195-211.

- Leyva M, Martínez J, Stashenko E. Composición química del aceite esencial de hojas y tallos de *Bursera graveolens* (Burseraceae) de Colombia. *Scientia et Technica*. 2007; 33: 201-202.
- Liers C, Ullrich R, Steffen KT, Hatakka A, Hofrichllter M. Mineralization of <sup>14</sup>C-labelled synthetic lignin and extracellular enzyme activities of the wood-colonizing ascomycetes *Xylaria hypoxylon* and *Xylaria polymorpha*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2006; 69: 573–579.
- Linares-Palomino R, Kvist LP, Aguirre-Mendoza Zh, Gonzales-Inca C. Diversity and endemism of woody plant species in the equatorial pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*. 2010; 19: 169-185.
- Lima, a. L. a., and M. J. N. Rodal. 2010. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 74:1363-1373.
- Linares-Palomino, R., Kvist, L.P., Aguirre-Mendoza, Z., Gonzales-Inca, C. 2010. Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation* 19:169-185.
- López, R., Alcázar, D., & Macía, M. 2006. The arid and dry plant formations of South America and their floristic connections: new data, new interpretation? *Darwiniana* 44:18-31.
- López-Barrera, F., Manson, R., & Landgrave, R. 2014. Identifying deforestation attractors and patterns of fragmentation forseasonally dry tropical forest in central Veracruz, Mexico. *Land Use Policy* 41 (2014) 274–283.
- Luján-Hidalgo M, Gutiérrez-Miceli F, Ventura-Canseco L, Mendoza-López M, Cruz-Sánchez S, García-Barradas O, Abud-Archila M. Composición química y actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de hojas de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* de Chiapas, México. *Gayana Bot.* 2012; 69: 7-14.
- Lyons J, Newell S, Buchan A, Moran M. Diversity of ascomycete laccase gene secuencias in a southeastern US salt marsh. *Microbial Ecology*. 2003; 45: 270-281.
- Madsen, J. 1987. Las plantas y el hombre en la Isla Puná. En: Ríos, M. & Borgtoft, H. (1991). *Las plantas y el hombre. Memorias del Primer Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica*. Ediciones Abya – Yala, Quito, Ecuador.
- Manzano P, Miranda M, Gutiérrez Y, García G. Efecto antiinflamatorio y composición química del aceite de ramas de *Bursera graveolens* Triana & Planch (palo santo) de Ecuador. *Revista Cubana de plantas medicinales*. 2009; 14 (3): 45-53.

- Marulanda, L., Uribe, A., Velásquez, P., Montoya, M., Idárraga, A., López, M., & López, Jh. 2003. Estructura y composición de la vegetación de un fragmento de bosque seco en San Sebastián, Maganaleña (Colombia). I. Composición de plantas vasculares. *Actual Bio.* 25 (78): 17-30.
- Maass, M., Burgos, A. 2011. Water Dynamics at the Ecosystem Level in Seasonally Dry Tropical Forests. En: Dirzo, R., Mooney, H., Ceballos, G., Young, H. (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*, pp. 141-156. Island Press. Washington, DC 20009, USA.
- Medina-Lemos, R. 2008. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM.
- Millar, N., and Baggs, E. (2004). Chemical composition, or quality, of agroforestry residues influences N<sub>2</sub>O emissions after their addition to soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(6), 935-943.
- Mole, S., and Waterman, P. 1986. Tannic acid and proteolytic enzymes: enzyme inhibition or substrate deprivation?. *Phytochemistry*, 26(1), 99-102.
- Moral, R., Paredes, C., Bustamante, M., Marhuenda-Egea, F., and Bernal, M. 2009. Utilization of manure composts by high value crops: safety and environmental challenges, *Bioresource Technology*, No. 100, pp. 5454-5460.
- Mooney, H. A., E. R. Fuentes, and B. I. Kronberg. 1993. *Earth System Response to Global Change*. Page (H. A. Mooney, E. R. Fuentes, and B. I. Kronberg, Eds.). Academic Press.
- Motto, P. 2006. Plantas medicinales del bosque seco: cantón Zapotillo y Macará. UE – COSV, UNL.
- Martin P. Studies in the Xylariaceae: VIII. Xylaria and ITS Allies. *The Journal of South African Botany*. 1970; 36 (2): 73-138.
- Medel R. Nuevos registros de Pyrenomycetes (Ascomycotina) en México. *Boletín de la sociedad botánica de México*. 2002; 70: 79-85.
- Medel R. Especies de Ascomycetes citados de México IV: 1996-2006. *Revista Mexicana de Micología*. 2007; 25: 69-76.
- Medel R, Castillo R, Guzmán G. Species of Xylaria (Ascomycota, Xylariaceae) known from Veracruz, México and discussion of new records. *Revista Mexicana de Micología*. 2008; 28: 101-118.

- Medel R, Castillo R, Guzmán G. Adiciones al conocimiento de Xylaria (Ascomycota, Xylariales) en México. *Revista Mexicana de Micología*. 2010; 31: 9-18.
- Möhlenhoff P, Müller L, Gorbushina A, Petersen K. Molecular approach to the characterisation of fungal communities: methods for DNA extraction, PCR amplification and DGGE analysis of painted art objects. *FEMS Microbiology Letters*. 2001; 195: 169-173.
- Morgan M, Shibu J. Increasing seed germination of *Bursera graveolens*, a promising tree for the restoration of tropical dry forests. *Tree Planters' Notes*. 2013; 56 (1): 74-83.
- Mugambi G, Huhndorf S. Molecular phylogenetics of Pleosporales: Melanommataceae and Lophiostomataceae re-circumscribed (Pleosporomycetidae, Dothideomycetes, Ascomycota). *Studies in Mycology*. 2009; 64: 103–121.
- Nagy L, Walther G, Házi J, Vágvölgy C, Papp T. Understanding the evolutionary processes of fungal fruiting bodies: Correlated evolution and divergence times in the Psathyrellaceae. *Syst. Biol.* 2011; 60 (3): 303–317.
- Nazareno M, Martínez M, Cabello M, Arambarri A. Screening for ligninolytic enzymes in autochthonous fungal strains from Argentina isolated from different substrata. *Rev Iberoam Micol.* 2002; 19: 181–5.
- Nghi D, Bittner B, Kellmer H, Jehmlich N, Ullrich R, Pecyna M, Nousiainen P, Sipilä J, Huong L, Hofrichter M, Liers Ch. The wood rot ascomycete *Xylaria polymorpha* produces a novel GH78 glycoside hydrolase that exhibits  $\alpha$ -L-Rhamnosidase and feruloyl esterase activities and releases hydroxycinnamic acids from lignocelluloses. *Applied and Environmental Microbiology*. 2012; 78 (14): 4893–4901.
- Murphy, P., & Lugo, E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. En: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests*, pp 9-34, Cambridge University Press, New York. USA.
- Nakanishi, T., Inatomi, Y., Murata, H., Shigeta, K., Iida, N., Inada, A., Murata, J., Pérez Farrera, M., Iinuma, M., Tanaka, Y., Tajima, S. & Oku, N. 2005. A New and Known Cytotoxic Aryltetralin-Type Lignans from Stems of *Bursera graveolens*. *Chem. Pharm. Bull.* 53 (2): 229—231.
- Nowak, R.M. 1991. *Walker's mammals of the world*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, EUA.
- Noge, K., & Becerra, J. 2009. Germacrene D, A common sesquiterpene in the genus *Bursera* (Burseraceae). *Molecules*, 14: 5289-5297.

- García-Villacorta, R. 2009. Diversidad, composición y estructura de un hábitat altamente amenazado: los bosques estacionalmente secos de Tarapoto, Perú. *Rev. peru. biol.* 16(1): 081- 092.
- Gentry, A. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. Pages 146– 194. in S. H. Bullock, H. A. Mooney, and E. Medina, editors. *Seasonally Dry Tropical Forests*. E (eds). Cambridge University Press, : Cambridge, UK.
- Okane I, Nakagiri A. Taxonomy of an anamorphic xylariaceous fungus from a termite nest found together with *Xylaria angulosa*. *Mycoscience*. 2007; 48: 240–249.
- Okane I, Srikitikulchai P, Toyama K, Læssøe T, Sivichai S, Hywel-Jones N, Kakagiri A, Potacharoen W, Suzuki K. Study of endophytic Xylariaceae in Thailand: diversity and taxonomy inferred from rDNA sequence analyses with saprobes forming fruit bodies in the field. *Mycoscience*. 2008; 49:359–372.
- Okane I, Srikitikulchai P, Tabuchi Y, Sivichai S, Nakagiri A. Recognition and characterization of four thai xylariaceous fungi inhabiting various tropical foliages as endophytes by DNA sequences and host plant preference. *Mycoscience*. 2012; 53: 122–132.
- Oses R, Valenzuela S, Freer J, Sanfuentes E, Rodríguez J. Fungal endophytes in xylem of healthy Chilean trees and their possible role in early wood decay. *Fungal Diversity*. 2008; 33: 77-86.
- Osono T, To-Anun Ch, Hagiwara Y, Hirose D. Decomposition of wood, petiole and leaf litter by *Xylaria* species from northern Thailand. *Fungal Ecology*. 2011; 4: 210-218.
- Park S, Eom A. Effects of mycorrhizal and endophytic fungi on plant community: a microcosm study. *Mycobiology*. 2007; 35(4): 186-190.
- Palm, C. and Sanchez, P. 1991. Nitrogen release from leaves of some tropical legumes as affected by their lignin .and polyphenol contems. *Soil Bioi. Biochtm.* 23 : 83-88.
- Pennington, R., Lavin, M., Prado, D., Pendry, C., Pell, S., & Butterworth, C. 2004. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both tertiary and quaternary diversification. *Philosophical transactions of the Royal Society of London* 359:515-37. doi: 10.1098/rstb.2003.1435.
- Pennington, R., Prado, D., & Pendry, C. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27:261-273. doi: 10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x.

- Pointing SB, Parungao MM, Hyde KD. Production of wood-decay enzymes, mass loss and lignin solubilization in wood by tropical Xylariaceae. *Mycological Research*. 2003; 107: 231-235.
- Predesur, 1975. Inventario y aprovechamiento de los bosques del sur ecuatoriano. Diagnóstico general y propuesta para la segunda fase. Informe de Síntesis. MAG, Dirección de Desarrollo Forestal, Loja, Ecuador.
- Primo, A. 1992. El ganado bovino ibérico en las américas: 500 años después. *Arch. Zootec*. 41 (extra): 421-432. 1992.
- Proyecto Manejo Comunitario de Bosques Secos y Microcuencas de la parte Suroccidental de la Provincia de Loja. 2001. Zonificación y determinación de los tipos de vegetación del Bosque Seco en el sur occidente de la Provincia de Loja. Centro de Informática Agropecuaria, Herbario Loja, Unisig: 1 – 147.
- Prado, D., & Gibbs, P. 1993. Patterns of Species Distributions in the Dry Seasonal Forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80:902-927. doi: 10.2307/2399937.
- Quesada, M., Stoner, K.E., 2004. Threats to the conservation of the tropical dry forest in Costa Rica. In: Frankie, G.W., Mata y, A., Vinson, S.B. (Eds.), *Biodiversity Conservation in Costa Rica: Learning the Lessons in a Seasonal Dry Forest*. University of California Press, Berkeley, CA, pp. 266–280.
- Ramesh V, Thalavaipandian A, Karunakaran C, Rajendran A. Identification and comparison of *Xylaria curta* and *Xylaria* sp. from Western Ghats-Courtallum Hills, India. *Mycosphere*. 2012; 3 (5): 607–615
- Rehm H. Exotische Ascomyceten. En: *Hedwigia. Organ für Kryptogamenkunde nebst repertoriuni für kryptogamische literatur*. Dresden, Verlag und Druck von C. Heinrich. 1889; 20-21.
- Reid DA, Pegler DN, Spooner BM. Annotated list of the fungi of the Galapagos Islands. *Kew bulletin*. 1981; 847-892.
- Rodrigues D, Fernandes T, De Souza J, Sansflogo C, De Almeida M, Furtado E. Biodegradation of *Eucalyptus urograndis* wood by fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2014; 89: 95-102.
- Rogers J, Callan B, Rossman A, Samuels G. *Xylaria* (Sphaeriales, Xylariaceae) from cerro de neblina, Venezuela. *Mycotaxon*. 1988; 31 (1): 103-153.

- Rogers J, Ju Y, Lehmann J. Some *Xylaria* species on termite nests. *Micología*. 2005; 97 (4): 914–923.
- Rogers J, Ju Y. The Xylariaceae of the Hawaiian Islands. *North American Fungi*. 2012; 7 (9): 1–35.
- Rzedowsky, J., Medina, R., Calderón, G. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana* 66: 23-151.
- Rouse, J.E. 1977. The criollo, Spanish cattle in the Americas. University of Oklahoma. Press: Norman, pp. 303.
- Ruthenberg, H. 1980. Farming systems in the tropics. Page 424. Oxford University Press., New York.
- Sánchez, O., Peter, L. & Aguirre, Z. 2006. Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles. *Botánica Económica de los Andes Centrales* 2006: 188-204.
- Sánchez-Azofeifa, A., Daily, G., Pfaff, A., & Busch, Ch. 2003. Integrity and isolation of Costa Rica's national parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change. *Biological Conservation* 109:123–135.
- San Martín F, Rogers J. A preliminary account of *Xylaria* of Mexico. *Mycotaxon*. 1989; 34: 283–373.
- Sánchez-Rodríguez A, Portal O, Rojas L, Ocaña B, Mendoza M, Acosta M, Jiménez E, Höffe M. An efficient method for the extraction of high-quality fungal total RNA to study the *Mycosphaerella fijiensis*–*Musa* spp. interaction. *Mol Biotechnol*. 2008; 40: 299–305.
- Shoeman M. Physiological ecology of the Xylariaceae and other ascomycetes at Cuyabeno. *Mycologist*. 1996; 10: 118-120.
- Schoch C, Sung G, López-Giráldez F, Townsend J, Miadlikowska J, Hofstetter V, Robbertse B, Matheny P, Kauff F, Wang Z, Gueidan C, Andrieu R, Trippe K, Ciuffetti L, Wynns A, Fraker E, Hodkinson B, Bonito G, Groenewald J, Arzanlou M, De Hoog G, Crous P, Hewitt D, Pfister D, Peterson K, Gryzenhout M, Wingfield M, Aptroot A, Suh S, Blackwell M, Hillis D, Griffith G, Castlebury L, Rossman A, Thorsten H, Lücking R, Büdel B, Rauhut A, Diererich P, Ertz D, Geiser D, Hosaka K, Inderbitzin P, Kohlmeyer J, Volkmann-Kohlmeyer B, Mostert L, O'Donnell K, Sipman H, Rogers J, Shoemaker R, Sugiyama J, Summerbell R, Untereiner W, Johnston P, Stenroos S, Zuccaro A, Dyer P, Crittenden P, Cole M, Hansen K, Trappe J, Yahr R, Lutzoni F, Spatafora J. The Ascomycota tree of life:

- A phylum-wide phylogeny clarifies the origin and evolution of fundamental reproductive and ecological traits. *Syst. Biol.* 2009; 58 (2): 224–239.
- Schoch C, Seifert K, Huhndorf S, Robert V, Spouge J, Levesque A, Chen W, Fungal barcoding consortium. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *PNAS Early Edition.* 2012; 1-6.
- Smith G, Liew E, Hyde D. The Xylariales: a monophyletic order containing 7 families. *Fungal Diversity.* 2003; 13: 185–218.
- Srisapoomi T, Ichiyanagi T, Nakajima H, Aimi T, Boonlue S. Biological activities of integric acid isolated from the wood-decay fungus *Xylaria feejeensis* 2FB-PPM08M. *Chiang Mai J. Sci.* 2015; 42 (1): 71-79.
- Stadler M, Wollweber H, Fournier J. A host-specific species of *Hypoxylon* from France, and notes on the chemotaxonomy of the “*Hypoxylon rubiginosum* complex”. *Mycotaxon.* 2004; 90:187–211.
- Stadler M, Fournier J, Læssøe T, Lechat Ch, Tichy H, Piepenbring M. Recognition of hypoxyloid and xylarioid *Entonaema* species and allied *Xylaria* species from a comparison of holomorphic morphology, HPLC profiles, and ribosomal DNA sequences. *Mycol Progress.* 2008; 7:53–73.
- Stadler M, Fournier J, Læssøe Th, Chlebick A, Lechat Ch, Flessa F, Rambold G, Peršoh D. Chemotaxonomic and phylogenetic studies of *Thamnomycetes* (*Xylariaceae*). *Mycoscience.* 2010; 51:189–207.
- Stadler M, Læssøe Th, Fournier J, Decock C, Schmieschek B, Tichy H, Peršoh D. A polyphasic taxonomy of *Daldinia* (*Xylariaceae*). *Studies in Mycology.* 2014; 77: 1–143.
- Stamatakis A. RAxML-VI-HPC: maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics Applications Note.* 2006; 22 (21): 2688-2690.
- Suetrong S, Hyde K, Zhang Y, Bahkali A, Jones E. *Trematosphaeriaceae* fam. nov. (Dothideomycetes, Ascomycota). *Cryptogamie, Mycologie.* 2011; 32 (4): 343-358.
- Sampaio, E. 1995. Overview of the Brazilian caatinga. Pages Pages 35–63 in H. Bullock, H. A. Mooney, and E. Medina, editors. *Seasonally dry tropical forests.* Island Press, Cambridge University.
- Sierra, R. 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

- Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, Kumar S. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol. Biol. Evol.* 2011; 28 (10): 2731–2739.
- Tene V, Malagón O, Vita P, Vidari G, Armijos Ch, Zaragoza T. An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora-Chinchipec, Ecuador. *Journal of Ethnopharmacology.* 2007; 111 (1): 63 – 81.
- Thomas S, Crozier J, Aime M, Evans H, Holmes K. Molecular characterisation of fungal endophytic morphospecies associated with the indigenous forest tree, *Theobroma gileri*, in Ecuador. *Mycol. Research.* 2008; II2: 852-860.
- Trierveiler-Pereira L, Romero A, Baltazar J, Loguercio-Leite C. Addition to the knowledge of Xylaria (Xylariaceae, Ascomycota) in Santa Catarina, Southern Brazil. *Mycotaxon.* 2008; 107 (1): 139-156.
- Van Soest, P. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 46(5), 825.
- Velasquez, M. 1998. Identificación, fenología, usos y clasificación de los árboles y arbustos del bosque seco de Guápalas Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 122 p.
- Vicente F, Basilio A, Platas G, Collado J, Bills G, González del Val A, Martín J, Tormo J, Harris G, Zink D, Justice M, Nielsen Kahn J, Peláez F. Distribution of the antifungal agents sordarins across filamentous fungi. *Mycological Research.* 2009; II3: 754-770.
- Vilgalys R, Hester M. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology.* 1990; 172: 4239-4246.
- Visser A, Ros V, De Beer W, Debets A, Hartog E, Kuypers T, Læssøe T, Slippers B, Aanen D. Levels of specificity of Xylaria species associated with fungus-growing termites: a phylogenetic approach. *Molecular Ecology.* 2009; 18: 553–567.
- Whalley A. The xylariaceous way of life. *Mycol. Res.* 1996; 100: 897–922.
- Webster H, Weber R. *Introduction to Fungi* (3rd ed.) Cambridge University Press. 2007.
- White TJ, Bruns TD, Lee SB, Taylor JW. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand H, Sninsky JS, White TJ

- (eds) PCR-protocols and applications: a laboratory manual. Academic, San Diego, 1990: 315–332.
- Weeks, A. & Tye, A. 2009. Phylogeography of palo santo trees (*Bursera graveolens* and *Bursera malacophylla*; Burseraceae) in the Galápagos archipelago. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 396–410.
- Young D, Chao S, Casablanca H, Bertrand M, Minga D. Essential Oil of *Bursera graveolens* (Kunth) Triana et Planch. from Ecuador. *J. Essent. Oil Res.* 2007; 19: 525–526.
- Yukawa C, Imayoshi Y, Iwabuchi H, Komemushi S, Sawabe A. Chemical composition of three extracts of *Bursera graveolens*. *Flavour and Fragrance Journal.* 2006; 21: 234–238.
- Zeder, M., & Hesse, B. 2000. The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *SCIENCE*. Vol. 287.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., and De Bertoldi, M. A. R. C. O. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, 22(2), 54-57.