



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONTROL BIOLÓGICO DEL
PSÍLIDO DEL EUCALIPTO EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

JAIME GARCÍA JIMÉNEZ

Junio 2003



ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONTROL BIOLÓGICO DEL PSÍLIDO DEL EUCALIPTO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Tesis realizada por **Jaime García Jiménez** bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener
el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO

ASESOR:



DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR

ASESOR:



DR. ENRIQUE SERRANO GÁLVEZ

DEDICATORIA

A mí padre José Dolores García Pérez por sus constantes y firmes consejos de superación y persistencia durante mí vida.

A la mujer perfecta del mundo Maricruz Jiménez Robles, por sus comprensión y amor desmedido en todos momentos y por su apoyo en todas las decisiones tomadas.

A mis hermanos Rene, Horacio, Georgina, Juan Manuel por la creación formada de éxito y todo el apoyo que brindan.

Muy sinceramente al Dr. José Luis Romo Lozano, Gustavo Chairez y Eusebio Pedraza por su amistad y apoyo durante mis estudios e invaluable apoyo brindado para la consumación de esta meta.

A todos mis amigos sin acepción, que participan directa e indirectamente en mi formación profesional.

Finalmente dedico esta meta a tres personas muy especiales (esposa e hijos) por su comprensión y tiempo robado, que son la sangre que me permite seguir adelante: Nadia, Janna y Jaime Yamel.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo financiero otorgado en mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), a la Coordinación General de Estudios de Posgrado y a la División de Ciencias forestales, por el apoyo académico y de formación que me brindaron.

A la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por el apoyo financiero al proyecto de investigación “Análisis Económico del Control Biológico del Psílido del Eucalipto en la Ciudad de México”.

A la Dirección de Reforestación Urbana de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México que financio y coordino las etapas de cría, liberación y monitoreo del control Biológico del psílido del Eucalipto en la Ciudad de México.

Al personal del invernadero e insectario de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, que brindaron todo el apoyo e información para la realización de la presente investigación.

Al Dr. José Luis Romo Lozano por la dirección de la presente investigación, su amistad, invaluable calidad moral y fortaleza intelectual.

A los miembros del Comité Asesor y del Jurado, Dr. David Cibrián Tovar y al Dr. Enrique Serrano Gálvez, por la revisión paciente y sugerencias realizadas al presente trabajo.

Al M.C. Abel Aguilera por su valiosa colaboración y orientación en lo que respecta al derribo y remoción de los árboles muertos

A todos los profesores que han colaborado en mi formación profesional.

A todos mis amigos sin excepción y compañeros de FIRA por su experiencia profesional y apoyo brindado para la realización de la presente investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Lugar y fecha de nacimiento

Distrito Federal, México, el 30 de Abril de 1976

Estudios Profesionales

Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, 1990-1997

Experiencia Laboral

Distribuidora Conasupo del Norte (DICONSA), 1997-2000

Comercializadora Cadereyta, SP.R. DE R.L., 1998-1999

Banco de México - Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), 2001 a la fecha.

Índice

	Pag.
1. Introducción	1
2. Objetivos	4
3. Control Biológico	5
4. Control Químico	11
5. Antecedentes del Análisis Económico de Control Biológico	13
6. Indicadores de rentabilidad	16
6.1 Relación Beneficio – Costo (RB/C).....	16
6.2 Valor Actual Neto (VAN).....	18
6.3 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	20
7. Áreas Verdes Urbanas y los Eucaliptos en el Distrito Federal	22
8. Metodología.....	26
8.1 Costo de la Estrategia Control Biológico Clásico del Combate a la Plaga del Psílido en la Ciudad de México.....	27
8.1.1 Cultivo y Cría de Hospedantes (<i>Glycaspis</i>) y Cría de Parasitoides de la Especie <i>Psyllaephagus bliteus</i>	29
8.1.2 Proceso de Liberación de Parasitoides para el de <i>Glycaspis brimblecombei</i>	32
8.1.3 Proceso de Monitoreo de Poblaciones de <i>Glycaspis</i> <i>Brimblecombei</i> y de su Parasitoide <i>Psyllaephagus</i> <i>Bliteus</i>	34
8.2 Costos de la Estrategia Control Biológico con Depredadores	40
8.3 Costo de la Estrategia Control Biológico con Entomopatógenos	41

8.4 Costo de la Estrategia Control Químico	43
8.5 Costo de la Estrategia “Hacer Nada”	45
8.5.1 Identificación, ubicación y caracterización dasométrica de los árboles.....	46
8.5.1.1 Identificación del árbol.....	46
8.5.1.2 Análisis visual de la condición de cada árbol.....	46
8.5.1.3 Análisis visual del ambiente urbano circundante al árbol.....	47
8.5.1.4 Diagnóstico sobre el tipo de derribo que se deberá realizar.....	48
8.5.1.5 Procedimiento para el derribo direccional por caída libre.....	49
8.5.1.5 Procedimiento para el derribo por secciones de fuste y ramas.....	51
9. Análisis de Resultados	55
9.1 Escenario 1: Control Biológico con Parasitoide.....	56
9.2 Escenario 2: Punto de Equilibrio	62
9.3 Escenario 3: Control Biológico con Parasitoide y Depredadores.....	63
9.4 Escenario 4: Control Biológico con Parasitoide, Depredadores y Entomopatógenos	63
9.5 Escenario 5: Control Biológico con Parasitoide, Depredadores, Entomopatógenos y Control Químico	65
10. Conclusiones	66
11. Literatura Citada.....	69
12. Anexos	72

Índice de Cuadros

	Pag.
Cuadro 1 Distribución de Eucaliptos por Categorías de Altura en la Ciudad de México D. F.....	23
Cuadro 2 Distribución de Eucaliptos Infestados en la Ciudad de México, D. F.....	23
Cuadro 3 Distribución Extrapolada por Altura de Eucaliptos Infestados en la Ciudad de México D. F.....	24
Cuadro 4 Distribución Estimada por Altura en árboles de Alineación en la Ciudad de México, D. F.....	24
Cuadro 5 Distribución Estimada por Altura en Parques y Áreas Verdes en la Ciudad de México, D. F.....	25
Cuadro 6 Número de parasitoides liberados por año.....	29
Cuadro 7 Costo Mensual y Anual del Vivero.....	30
Cuadro 8 Costo Mensual y Anual del Invernadero.....	31
Cuadro 9 Costo Mensual y Anual del Insectario.....	32
Cuadro 10 Número de parasitoides <i>Psyllaephagus bliteus</i> y delegaciones de la Ciudad de México en donde se realizaron las liberaciones durante el año parcial 2001 y 2002 y proyectado para 2003.....	33
Cuadro 11 Costo Mensual y Anual de la Liberación.....	34
Cuadro 12 Costo Mensual y Anual del Monitoreo.....	36
Cuadro 13 Costo Mensual y Anual de Gastos de Oficina.....	36
Cuadro 14 Costos Generales	37
Cuadro 15 Costo Mensual y Anual de Mano de Obra.....	37
Cuadro 16. Número de parasitoides <i>Psyllaephagus bliteus</i> , lugar específico y delegaciones de la Ciudad de México en donde se realizaron las liberaciones durante el 2001 y 2002 y proyectado para 2003.....	38
Cuadro 17 Costo Total del Programa de Control con Depredadores.....	41

Cuadro 18 Costo Total de Aplicación del Programa con entomopatógenos	42
Cuadro 19 Costo total del Programa de Control con Entomopatógenos.....	43
Cuadro 20 Costo Total de Control Químico por Árbol.....	44
Cuadro 21 Costo Total para Fumigar 2900 Árboles de Alto Valor en la Ciudad de México, D. F.....	44
Cuadro 22 Costo Total de Derribo por Secciones por Árbol	54
Cuadro 23 Costo Total de Derribo Direccional por Caída Libre por Árbol.....	54
Cuadro 24 Mortandad del 15 % a Febrero de 2002.....	58
Cuadro 25 Mortandad Acumulada del 35 % a Febrero de 2003.....	58
Cuadro 26 Mortandad Acumulada del 65 % a Diciembre de 2003.....	58
Cuadro 27 Costos de Remoción de Árboles de Alineación Muertos Acumulados (65%) a Diciembre de 2003.....	59
Cuadro 28 Costos de Remoción de Árboles de Alineación Muertos Acumulados (35%) a Diciembre de 2003.....	60
Cuadro 29 Costos de Remoción de Árboles de Alineación Muertos Acumulados (15%) a Diciembre de 2003.....	61
Cuadro 30. Resumen de la Relación beneficio-costo en distintos porcentajes de mortandad en Árboles de Alineación.....	61
Cuadro 31 Punto de Equilibrio.....	62
Cuadro 32. Resumen de la Relación beneficio-costo de las alternativas de control.....	65

Análisis Económico del Control Biológico del Psílido del Eucalipto en la Ciudad de México

Economic Analysis on the Biological Control of the Psyllid of Eucalyptus in Mexico City

Jaime García Jiménez¹, José Luis Romo Lozano², David Cibrián Tovar³,
Enrique Serrano Gálvez³

RESUMEN

El psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore, es una amenaza de muerte para millones de eucaliptos distribuidos en el territorio nacional, representa la pérdida de valor económico que incluye dos componentes principales: beneficio comercial y beneficio derivado de las funciones ambientales de los eucaliptos. Esto hace que el análisis económico de las distintas alternativas de control biológico (parasitoides, depredadores y entomopatógenos), químico, incluyendo el hacer nada, sea de interés.

El objetivo principal es Investigar, analizar y comparar la estructura de costos en las alternativas de combate del psílido. La metodología utilizada consistió básicamente en construir escenarios correspondientes a cada tipo de control, consultando experiencias e investigaciones en la materia y realizando entrevistas directas a expertos. La aplicación individual del programa de control con parasitoides, resulta altamente rentable con una relación beneficio-coste de 593.43 para la expectativa pesimista, que implica el costo evitado de derribar y remover 620,373 árboles de alineación muertos.

Palabras clave: análisis económico, control biológico, *Psyllaephagus bliteus*, *Glycaspis brimblecombei* Moore, eucalipto y relación beneficio-coste.

ABSTRACT

The psyllid *Glycaspis brimblecombei* Moore, is a threat for millions of eucalyptuses distributed within the country, whose death would represent the loss of an economic value which includes two main components: commercial benefits and benefits derived from the environmental functions. This makes interesting to carry out the economic analysis on the several alternatives of biological control, which are: parasitoids, predators and pathogens. Other control measures are the chemical control, and the option of making nothing.

The main objective of this research was to analyze and compare the structure of costs for several alternatives of control. The methodology was basically to build scenarios corresponding to each control type by consulting experiences and researches on the matter and collecting information by direct interviews to experts. Results indicate that the control program with parasitoids is highly profitable with a benefit-cost of 593.43 for the pessimistic expectation. This implies the avoided cost of removing around 620,373 dead alignment trees.

Words key: economic analysis, biological control, *Psyllaephagus bliteus*, *Glycaspis brimblecombei* Moore, eucalyptus and benefit-cost.

1 Tesista
2 Director
3 Asesor

1. Introducción

El psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore, es una amenaza de muerte para millones de eucaliptos distribuidos en el territorio nacional, lo cual representa la pérdida de un valor económico que incluye dos componentes principales: beneficio comercial y beneficio derivado de las funciones ambientales que los eucaliptos desempeñan. Estos beneficios provienen de tres usos principales: plantaciones comerciales, restauración, y uso urbano.

El eucalipto es una especie originaria de Australia que fue introducida a nuestro país a principios del siglo XX para reforestar zonas degradadas y con climas semiáridos. Desde entonces y hasta el año de 1995, fue utilizado como arbolado de alineación, en la creación de áreas verdes, introducido en parques y jardines y toda área verde de las principales ciudades del país, asimismo es utilizado en plantaciones forestales comerciales. Se estima que tan solo en la Ciudad de México existen alrededor de 3 millones de eucaliptos, de los cuales el 80% es susceptible de ser atacado por esta plaga.

El psílido del eucalipto, es un insecto originario del sur de Australia, el cual, se transmitió a los Estados Unidos de América en plantas infestadas procedentes de ese país y se registró por primera vez en 1998 en árboles urbanos de la Ciudad de Los Ángeles, California. En México se detectó en el año 2000. A dicho insecto se le identifica taxonómicamente como *Glycaspis brimblecombei* Moore, y comúnmente se le denomina conchuela del eucalipto.

El género *Glycaspis*, pertenece a una familia de psílidos que sólo existe en Australia, se trata de la familia Spondyliaspidae, está fuertemente asociada a eucaliptos y sólo tres géneros de ella se encuentran en otros árboles. Se ha observado una fuerte asociación entre los psílidos y sus hospedantes, al igual que sus parasitoides. Estos últimos han tenido que adaptarse a la presencia de conchuelas para atacar sus presas. Las ninfas o estados inmaduros son los que causan mayor daño al arbolado, forman una conchuela o cubierta que tiene forma de escama cónica y mide hasta 3 mm de diámetro por 2 mm de altura; es de color blanquecino; está formada por azúcares y ceras. Los adultos alcanzan los 3 mm de longitud, son de color verde y rojizo, con alas transparentes, con ciclo biológico rápido (de 4 a 5 semanas).

Los daños de esta plaga se presentan en forma de severas defoliaciones que causan primero la muerte de ramas y posteriormente la muerte del árbol. Otra expresión de la presencia de la plaga es que los árboles con fuertes infestaciones se cubren de hongos, adquiriendo una apariencia ceniza que reduce de manera sustancial su valor estético. Los hospedantes de esta plaga son principalmente los eucaliptos rojos, y de ellos se destaca *Eucalyptus camaldulensis*. Otras especies que en México se han identificado como hospedantes son *E. tereticornis*, *E. rudis* y *E. macrocarpa*, entre las cuales *E. tereticornis* es altamente susceptible (Cibrián, 2002).

La preocupación que existe por el deterioro y muerte de los eucaliptos en la ciudad de México tiene su origen en dos aspectos: Por un lado, el deterioro y

muerte de los árboles incrementa el riesgo de que ramas de gran tamaño, o los árboles mismos, se desplomen encima de personas, propiedades, o instalaciones públicas, causando daños de considerable magnitud económica. Por otra parte, la desaparición de una importante cantidad de árboles del escenario urbano implica la pérdida de una amplia cantidad de servicios ambientales disminuyendo la calidad de vida de la población (Romo, 2002). Todo esto hace que el análisis económico de las distintas alternativas de control biológico, químico y hacer nada del psílido del eucalipto sea de interés con el objeto de atender el problema tomando las mejores decisiones posibles, tomando en cuenta la efectividad de cada alternativa a través del tiempo y considerando los costos de cada una de ellas.

2. Objetivo

El objetivo de la presente investigación es:

Investigar, analizar y comparar la estructura de costos de las alternativas de combate de la plaga del psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore en los eucaliptos de la ciudad de México. Las alternativas que se evalúan son:

1.- Control Biológico

- control con parasitoides
- control con depredadores
- control con entomopatógenos

2.- Control Químico

3.- Hacer Nada

3. Control Biológico

El control natural de plagas se define como el mantenimiento de la densidad de una población más o menos fluctuante de un organismo dentro de ciertos límites superiores e inferiores definibles sobre un periodo de tiempo por la acción de factores abióticos y/o factores bióticos ambientales. El control biológico es una fase del control natural, y de ahí que también pueda denominarse control natural, éste se define como acción de parasitoides, depredadores y patógenos para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio mas bajo del que existía en su ausencia (DeBach, 1968).

El termino “control biológico” fue usado por primera vez por Smith (1919), para referirse al uso de enemigos naturales (introducidos o manipulados) para el control de insectos plaga. Se puede entender como el uso de organismos vivos como agentes para el control de plagas (Greathead y Waage, 1983).

Según Huffaker (1985), la premisa del control biológico descansa en que bajo ciertas circunstancias, muchas poblaciones son llevadas a bajas densidades por sus enemigos naturales. Este efecto se origina de la interacción de ambas poblaciones (plaga y enemigo natural), lo cual implica una supresión del tipo densidad-dependiente, que se traduce como el mantenimiento de ambas poblaciones en equilibrio. Bajo este concepto, la población del enemigo natural

depende a su vez de la población de la plaga, es decir, la interacción de las poblaciones significa una regulación y no un control (Summy y French, 1988).

DeBach y Rosen (1991) definieron el control biológico como el uso de poblaciones de los enemigos naturales; parasitoides, depredadores, patógenos competidores o antagónicos para suprimir la población del hospedero o plaga, hacerla menos abundante y por tanto menos dañina comparando con lo que puede ser en la ausencia de los enemigos naturales. Los enemigos naturales se utilizan en tres formas: importación, aumentación y conservación.

El campo del control biológico contempla: el estudio, la importación, el aumento o incremento y la conservación de los enemigos naturales (DeBach, 1968).

Control biológico clásico. En los casos donde se presenta la invasión de una plaga exótica, que llega a un ambiente donde no existen sus enemigos naturales y los nativos no son capaces de efectuar control, se busca la utilización del control biológico clásico, mediante el establecimiento de nuevas especies (Anónimo, 1990). Esta forma de control es usada para el control de plagas exóticas, las cuales normalmente llegan a una nueva área sin factores naturales de control (Greathead y Waage, 1983). Comúnmente implica la búsqueda de los enemigos naturales en el lugar de origen de la plaga e introducirlos al ambiente donde llegó la plaga sin ellos, su cría, multiplicación y liberación en donde la plaga ha invadido. En este tipo de programas se busca

que los organismos liberados realicen un control de la plaga de manera indefinida (Greathead y Waage, 1983; Anónimo, 1990).

Control biológico por aumento o incremento. Este control se utiliza cuando se presenta una plaga ya sea endémica o exótica, que tenga enemigos naturales nativos ó exóticos que puedan hacer control, pero que debido a su número tan reducido, ambiente desfavorable en alguna época del año, o baja sincronía con su presa, no es posible que ocurra control sin incrementar sus poblaciones en campo. El aumento puede ser inoculativo o inundativo. El primer caso requiere de una cantidad inicial de pocos individuos del agente regulador (inóculo) el cual se incrementa de manera inductiva en el lugar donde se encuentra la plaga; el segundo caso requiere de que el agente de control cubra completamente un área con una liberación masiva y periódica de entomófagos. Para lograr control se requiere tener crías masivas y realizar liberaciones periódicas de los enemigos naturales. Este tipo de control es posible siempre y cuando se presente la tecnología que permita la reproducción masiva del parasitoide en gran número y bajo costo. Debido a que esta forma de control puede ser mas cara que las otras, solo se deberá recurrir a ella si las otras formas de control son ineficientes (DeBach y Hagen, 1986)

Control biológico por conservación. En esta estrategia de control se busca proporcionar, a los enemigos naturales establecidos en la zona, las mejores condiciones para que puedan desarrollar su función, es decir hacer el medio ambiente mas adecuado a los enemigos naturales (DeBach, 1968). Se reconoce

que para desarrollar un control exitoso de plagas, los enemigos naturales principalmente en estado adulto, requieren una fuente de proteína, carbohidratos, refugios y lugares de apareamiento, además de la eliminación de factores adversos como es el uso de agroquímicos, y es precisamente en la utilización de herramientas que permitan lograr estas condiciones donde trabaja el control biológico por conservación. Uno de los prerequisites de este tipo de programas es conocer el complejo de enemigos naturales presentes en la zona y determinar que condiciones favorecerían su permanencia y control sobre la plaga objetivo (Anónimo, 1990).

Control con Entomopatógenos. El control microbiano forma parte de las estrategias para combatir plagas de insectos. Este consiste en la utilización dirigida y premeditada de entomopatógenos con el objeto de disminuir las poblaciones de plagas de insectos. Los entomopatógenos forman parte de los factores bióticos que regulan poblaciones de insectos en la naturaleza, junto con los depredadores y parasitoides (Ibarra, 1992).

Dentro de los microorganismos entomopatógenos se consideran cinco grupos que presentan uso potencial como agentes de control biológico: virus, bacterias, hongos, nematodos y protozoarios.

Los virus se definen como entidades submicroscópicas, intracelulares y patogénicos. Su composición básica incluye únicamente la presencia de un ácido nucleico (DNA o RNA, de cadena doble o sencilla) que contiene la

información genética del virus; y una cubierta de naturaleza proteica que contiene el ácido nucleico (cápside), cuya morfología es típica del grupo al que pertenece (Ibarra y del Rincón, 1997).

Las bacterias son microorganismos distribuidos prácticamente en todos los hábitats terrestres. Se reproducen normalmente por fisión binaria con gran profusión, tanto en ambientes aerobios como anaerobios, cálidos o fríos, oscuros o luminosos, secos o húmedos, y ocupando nichos desde totalmente saprofitos hasta obligadamente parásitos (Tanada y Kaya, citado por Ibarra y López, 1997).

Los hongos como alternativa entomopatógena en el control de plagas de insectos tiene algunas propiedades que los hacen atractivos para su uso: (a) su alto poder patogénico suficientemente estable, (b) la conservación de la virulencia en la preparación, antes de su aplicación y después de un período de almacenaje, (c) la especificidad que presenta [definida como la adaptación recíproca entre el entomopatógeno y su hospedero, en relación con las condiciones del medio en el cual se encuentran], (d) sus posibilidades de multiplicación y conservación en condiciones económicamente rentables, (e) su gran poder residual, (f) su inocuidad para insectos parasitoides, depredadores, peces, abejas y vertebrados (Lezama, 1992)

Los nematodos se encuentran agrupados en el phylum Nemata. Existen dos clases, Adenophorea y Secernentea. En la primera clase se encuentra el orden

Mermitida, parásitos de insectos. Por otro lado los Secernentea muestran mayor diversidad incluyendo las órdenes Rhabditida, Diplogasterida, Ascaridida y Tylenchida (Alatorre, 1992).

Se caracterizan de manera general como gusanos redondos con simetría bilateral. Son traslúcidos y alargados, con extremos redondeados o terminados en punta. Su cuerpo está cubierto por cutícula lisa con estrías o anulaciones externas. Los nematodos parásitos de insectos penetran a su hospedero a través de la cutícula o por aberturas naturales (espiráculos, boca y ano); en este caso se trata de una infección activa.

4. Control Químico

El método de control químico que aquí se considera lleva implícito el uso de insecticidas sistémicos e insectistáticos aplicados de diferentes maneras (asperjados, inyectados). Este control es recomendado en fases de contingencia utilizando insecticidas vegetales para que no se tenga un efecto tóxico para los parasitoides depredadores y para las personas. Los compuestos secundarios de las plantas permiten manejar las poblaciones de plagas, como se ha observado y sustentado en varias plagas; el psílido del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* no debe ser la excepción (Rodríguez, 2002)

Dreistadt et al., citados por Martínez (2001) reportan que existen varios insecticidas sistémicos como : Abamectin (Avid), azadirachtin (Azatin, Neemazad) o (Triact) e imidacloprid (Merit) que se puede probar aplicando al suelo y como inyecciones en el tronco. El imidacloprid (Merit) se reporta que es efectivo siempre y cuando se aplique sobre el suelo al final del invierno e inicio de primavera proporcionando riego o bien en la época de lluvias con la finalidad de facilitar la absorción del producto por las raíces y su traslocación hasta el follaje.

Un estudio realizado por Martínez (2001), concluyó que la Azatina 3% C.E., cuyo ingrediente activo es la Azadiractina, no tuvo propiedades antialimentarias en los adultos y en las ninfas del tercero al quinto instar del psílido del eucalipto. Sin embargo, se encontró que en ninfas de primero a segundo instar es efectiva la Azatina 3% C. E. debido a que éstas aun no se encuentran cubiertas por la

conchuela. La mortalidad encontrada fue del 77% con la dosis de 0.75 ml/lit de agua.

La Azadiractina actúa sobre los insectos repeliéndolos, inhibiendo su alimentación, e interrumpiendo su crecimiento, metamorfosis, y reproducción. No matan en forma directa a los insectos, sino que alteran su conducta y reducen el daño a las plantas y disminuye su potencial reproductivo.

5. Antecedentes de Análisis Económico de Control Biológico

Existe una amplia documentación sobre los beneficios y costos que se han alcanzado en diferentes programas de control biológico en el mundo. Los proyectos exitosos de control biológico tienen dos beneficios tangibles obvios: la reducción de los costos de control de plagas y el incremento de la producción de los cultivos, y los intangibles (evitados) que son los difíciles de cuantificar como es la reducción de consultas medicas por intoxicación de productos químicos, contaminación de lagos, contaminación de agua subterránea, etc. La aplicación exitosa de control biológico evita además de los mencionados, la resurgencia de las plagas tratadas, explosiones de plagas secundarias, fitotoxicidad, la mortalidad de los polinizadores, resistencia a los plaguicidas y altos costos (Baddi et al., 1996). Aun los proyectos de éxito parcial como el de la escama roja de los cítricos, donde se da una liberación ocasional de los enemigos naturales y además, se complementa con el control químico y cultural, los costos se reducen en un 75% (DeBach y Rosen, 1991). Los ahorros combinados desde 1928 a 1979 de estos proyectos, sin tomar en cuenta la inflación y/o el descuento del dinero, son casi 987 millones de dólares.

El control de *Harrisinia brillians*, el defoliador occidental de la uva: entre 1945 y 1956 el condado de San Diego gastó \$75,000 solo en insecticidas para erradicar al defoliador occidental de la uva, y solo para el año de 1976 el departamento de alimentos y agricultura del estado de California estimó un costo de \$660,000 por el programa de insecticidas en contra de esta plaga. A la

par, de 1950 y 1979 se inicio un programa de control biológico en donde se ahorro en total \$3,300,000.00 (Badii et al., 2000).

El control biológico exitoso de la escama harinosa de los cítricos, *Pseudococcus fragilis* por *Cocophagus gurneyi* y *Hungariella pretiosa* se realizo dentro de dos años de la introducción de estos enemigos naturales (DeBach y Rosen, 1991). La importación de esta plaga tuvo un costo anual menor a \$2,600 dólares en 1928, sin embargo, el ahorro a los citricultores de la zona ha sido por encima de \$92,000,000.

Otros ejemplos exitosos de la importación de los enemigos naturales de las escamas negra, oscura y del olivo sobre ornamentales; el picudo de la alfalfa y el afido del haba sobre la alfalfa, y las escamas roja, y amarilla sobre los cítricos son beneficios adicionales al control biológico, Aun otros ejemplos exitosos de la importación de los enemigos naturales son el uso de *Dactylopius ceylonicus* sobre el cactus *Opuntia vulgaris* en la Isla de Santa Cruz California, y el uso del escarabajo *Vedalia* sobre la escama algodonosa de los cítricos en el estado de California, y otros países (DeBach y Rosen, 1991).

Dentro de los análisis económicos que se han realizado, la relación beneficio costo estimada de los programas de control ha sido muy variada. En Estados Unidos ésta ha sido de 26.8 a 1; en Australia de 28.1 a 1, y en algunas regiones tropicales (Sri Lanka) ha sido hasta de 346.5 a 1 (Barrera, 1997). Vale la pena mencionar el caso sobresaliente de la Universidad de California donde de cada

peso que gasta para el control biológico en la importación de enemigos naturales, la cría masiva y la liberación de los mismos, ha resultado en 2500% de beneficios en términos de la prevención en la reducción de la cantidad y calidad del rendimiento del cultivo y además en la reducción de los costos del control de las plagas (Badii et al., 2000).

6. Indicadores de rentabilidad

6.1 Relación Beneficio Costo (RB/C)

La relación Beneficio - Costo es el indicador económico más utilizado en el análisis de los distintos programas de control biológico. Esto se debe a que la relación expresa de manera simple y directa la conveniencia o no de los gastos incurridos en los programas. Este se define como el cociente que se obtiene de dividir el valor actualizado de los beneficios entre el valor actualizado de los costos a una tasa de actualización igual al costo de oportunidad.

Matemáticamente, la relación beneficio – costo puede expresarse como sigue:

$$\frac{\sum_{t=1}^n Y_t / (1+i)^t}{\sum_{t=1}^n (C_t + I_0) / (1+i)^t} = 1 \dots\dots\dots 1$$

donde;

Y_t = Flujo de ingresos de la inversión

C_t = Flujo de egresos de la inversión

$1/(1+i)^t$ = Factor de actualización

i = Tasa de costo de capital (tasa de interés)

t = Período de capitalización (tiempo)

I_0 = Inversión inicial en el momento de la evaluación

Transformando la desigualdad anteriormente expuesta, se tiene que;

si,

$$\left[\sum_{t=1}^n Y_t / (1+i)^t \right] = BA \text{ (Beneficios actualizados)} \quad 2$$

y

$$\left[\sum_{t=1}^n (C_t + I_0) / (1+i)^t \right] = CA \text{ (Costos actualizados)} \quad 3$$

Entonces, la relación beneficio costo se puede expresar como:

$$RB / C = BA / CA \dots\dots\dots 4$$

Bajo la aceptación o rechazo de un proyecto se puede decir que la relación $RB/C = 1$, significa que los beneficios y los costos actualizados son iguales, por lo que el inversionista podría mantenerse indiferente sobre invertir o no, o bien que las ganancias obtenidas por unidad monetaria invertida son de cero. Si $RB / C > 1$, indica que los beneficios actualizados son mayores que los costos actualizados, por lo que el inversionista obtendrá lo invertido, más una ganancia por lo que sea superada la unidad monetaria. Si $RB / C < 1$, significa que los costos actualizados superan a los beneficios actualizados por lo que estará incurriendo en pérdidas en el monto que falte para alcanzar a cubrir la unidad monetaria.

La estimación de la relación beneficio - costo se realiza a través del cociente que se establece entre los ingresos actualizados y los costos actualizados. El resultado que ésta proporciona muestra el beneficio o pérdida por unidad invertida durante el período de la inversión.

Dicha relación, también puede expresarse en la forma porcentual, si el valor obtenido se le multiplica por cien. El valor así obtenido, mostrará el porcentaje de beneficios sobre los costos totales, y además, hasta que porcentaje podrían incrementarse dichos costos a fin de que se iguale a los beneficios. Si se toma el recíproco de la relación beneficio costo y si se le sustrae la unidad y se multiplica por cien, se obtendrá un valor que indicará hasta que porcentaje podrían disminuir los beneficios a fin de que se igualen a los costos.

6.2 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) es la diferencia (medida absoluta) entre el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costos, a una tasa de actualización determinada; es decir, el valor actualizado del flujo de beneficios incrementales netos. Una de las tasas de actualización que se puede utilizar para obtener el VAN es la tasa de interés en la que una empresa puede tener dinero en préstamo.

Los casos anteriores pueden hacer suponer que la empresa inversionista puede obtener fondos al costo del capital (a través de préstamos, ventas de acciones, etc.), mientras que esos fondos puedan ser rentablemente empleados. Si esto

no fuera así, entonces el costo del capital tendría poco significado ya que el costo significa el precio que debe pagar para obtener algo, en este caso capital o fondos para financiar la inversión.

Matemáticamente, el valor actual neto se puede obtener de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{t=1}^n Y_t/(1+i)^t - \left[\left[\sum_{t=1}^n C_t/(1+i)^t \right] + [I_0/(1+i)^0] \right] \quad 5$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n Y_t/(1+i)^t - \left[\sum_{t=1}^n (C_t + I_0)/(1+i)^t \right] \dots\dots\dots 6$$

Si se denomina a :

$$\sum_{t=1}^n Y_t/(1+i)^t = BA \qquad \sum_{t=1}^n (C_t + I_0)/(1+i)^t = CA \dots \quad 7$$

De esta manera, el valor actual neto se expresa de la siguiente manera:

$$VAN = BA - CA \dots\dots\dots 8$$

VAN = Valor Actual Neto

BA = Beneficios actualizados

CA = Costos Actualizados

El criterio formal de decisión para elegir un proyecto, usando el VAN como criterio de decisión, es que sea positivo o mayor que cero al actualizar el costo de oportunidad del capital.

6.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Económicamente, la tasa interna de retorno es el interés que un proyecto o inversión de corto plazo podría generar con los recursos productivos que han de ser utilizados en la producción de un bien o servicio, si se desea que la inversión logre recuperar los montos invertidos y los costos de operación en que se ha incurrido y de todos modos se tengan entradas y salidas de capital iguales. En otras palabras, puede entenderse como la tasa de interés que permite que el valor actual neto sea igual a cero. O bien, es el interés que se forma sobre el saldo no recuperado de una inversión, a tal grado que dicho saldo se convierta en cero al final de la vida útil de la inversión.

En términos concretos, es la tasa media de rendimiento sobre los fondos invertidos y pendientes por período mientras se hallen invertidos en el proyecto, o la tasa de interés que hace que el valor actual neto, utilizando precios de mercado, equivalgan a cero.

Matemáticamente, la TIR puede expresarse formalmente como:

$$\sum_{t=1}^n Y_t/(1+i)^t - \left[\sum_{t=1}^n (C_t+I_0)/(1+i)^t \right] = 0 \dots\dots 9$$

Para decidir la aceptación o rechazo de una inversión, se hace necesario estimar la tasa que facilite que el flujo de caja actualizados sea cero (VAN igual a cero). La tasa que se obtiene se compara con el costo de oportunidad del capital de la empresa y, de esta manera sí:

TIR mayor a cero o igual que la tasa del costo del capital, se acepta la inversión propuesta.

TIR menor o igual que la tasa del costo del capital, la inversión propuesta se rechaza.

7. Áreas Verdes Urbanas y los Eucaliptos en el Distrito Federal

La Ciudad de México tiene una superficie territorial de 146 mil hectáreas, de las cuales el 40% equivalente a 57,558 hectáreas de su territorio son urbanas, mientras que 88,442 hectáreas son rurales consideradas áreas de conservación ecológica y están reconocidas como suelo de conservación (Programa de Protección Ambiental del D.F. 2002-2006).

Las áreas verdes y los bosques urbanos del D.F. cubren en conjunto una superficie de más de 4,900 hectáreas. Están constituidas por los bosques urbanos, plazas, parques deportivos, jardines, barrancas, glorietas, camellones, arriates o cualquier elemento de vegetación que se ubique en suelo urbano y que esté sujeto a la zonificación secundaria en los Programas de Desarrollo Urbano de las Delegaciones (Programa de Protección Ambiental del D.F. 2002-2006).

No existe una estimación exacta de la cantidad y especies de eucaliptos en las áreas verdes del Distrito Federal, sin embargo, apreciaciones conservadoras de especialistas que han trabajado en parques y jardines de la Ciudad, consideran que tres millones de eucaliptos es una estimación aproximada y aceptable (Entrevista personal, 2002). De esta cantidad, se estima que el 80% pertenece a *Eucaliptus camaldulensis*, justo la especie que es más susceptible de ser atacada por *Glycaspis brimblecombei*

Entre Septiembre y Diciembre de 2001, el gobierno del Distrito Federal, a través de la Dirección de Servicios Urbanos y Educación Ambiental, realizó un censo de los eucaliptos con el fin de conocer la distribución de diámetro a la altura del pecho (DAP), las alturas y el grado de infestación. Esta información fue levantada para 101,642 eucaliptos distribuidos en las 16 Delegaciones del Distrito Federal (Documento inédito, 2002). De los resultados del estudio se encontró que las alturas de estos árboles se distribuye de la siguiente manera:

Cuadro 1 Distribución de Eucaliptos por Categorías de Altura en la Ciudad de México D. F.

Altura (m)	Número de Eucaliptos	Porcentaje %
< 5	20,731	20.40
5.1 – 10	35,184	34.62
10.1 – 15	22,184	21.82
15.1 – 20	15,851	15.59
> 20	6,836	6.72
Sin información	862	0.85
Total	101,642	100

Fuente: Censo de Eucaliptos en la Ciudad de México, 2002

Sobre el estado de infestación, se encontró lo siguiente:

Cuadro 2 Distribución de Eucaliptos Infestados en la Ciudad de México, D. F.

Eucaliptos	Cantidad	Porcentaje
Infestados	85,179	83.80
No infestados	14,035	13.80
Sin información	2,428	2.39
Total	101,642	100

Fuente: Censo de Eucaliptos en la Ciudad de México, 2002

De acuerdo con esta información, y considerando que cerca del 80% del total de eucaliptos es susceptible de ser afectado por la plaga, es razonable asumir que el nivel de infestación de los árboles susceptibles de ser atacados es

cercano al 100%. Haciendo una extrapolación de las distribuciones señaladas para una población aproximada de tres millones de árboles, tenemos las siguientes distribuciones totales con porcentajes, por categoría de altura e infestación:

Cuadro 3 Distribución Extrapolada por Altura de Eucaliptos Infestados en la Ciudad de México D. F.

Altura en metros	Número de Eucaliptos Infestados
20 o más	163,019
15 < = 20	414,419
10<=15	587,596
5 <= 10	752,925
<=5	468,090
Total	2,386,049

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

La distribución espacial de los eucaliptos se divide en dos categorías: árboles de alineación y árboles en parques y áreas verdes. El número estimado de árboles de alineación se presenta en el cuadro 4. Asimismo, el número de árboles para la categoría de parques y áreas verdes se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 4 Distribución Estimada por Altura en árboles de Alineación en la Ciudad de México, D. F.

Altura en metros	Número de árboles en Alineación (40%)
20 o más	65,208
15 < = 20	165,768
10<=15	235,038
5 <= 10	301,170
<=5	187,236
Total	954,420

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Cuadro 5 Distribución Estimada por Altura en Parques y Áreas Verdes en la Ciudad de México, D. F.

Altura en metros	Número de árboles en Parques y Áreas Verdes (60%)
20 o más	97,811
15 < = 20	248,651
10<=15	352,558
5 <= 10	451,755
<=5	280,854
Total	1,431,629

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Del total de las áreas infestadas en el Distrito Federal se considera que aproximadamente el 0.03% de estos califican como árboles de alto valor, es decir, aproximadamente 2900, mismos que corresponden a la categoría de árboles de alineación.

8. Metodología

La metodología básica utilizada es la identificación de los costos y beneficios que se generan a partir de la aplicación del programa de control biológico clásico en las áreas verdes de la Ciudad de México, para luego proceder a la estimación de la relación beneficio costo. Los costos y beneficios que aquí se manejan son expresados en valor presente.

En virtud de que ninguna de las estrategias que se consideran en el control de plagas ha sido puesta en práctica de manera completa para el caso del psílido del eucalipto en México, la metodología utilizada en este estudio consistió básicamente en construir los escenarios correspondientes a cada tipo de control (Parasitoides, Depredadores, Entomopatógenos y Químico). Para el caso de la estrategia de control biológico clásico con parasitoide, lo anterior es parcialmente cierto, pues éste ya ha sido aplicado con un avance superior al 66 %, lo cual nos permite señalar que la información que aquí se analiza, de esta estrategia, es bastante apegada a lo real y fue posible gracias a la colaboración del Dr. Cibrián, encargado de la aplicación de esta estrategia de control.

El proyecto de control biológico fue realizado en la Universidad Autónoma Chapingo y los datos que se presentan involucran los costos necesarios para mantener 125 cajas equivalente a 5 unidades de cría, se cuenta con un vivero, una nave de invernadero y un insectario. Caso distinto para las demás estrategias de control biológico que no se han desarrollado en su totalidad en

México, para lo cual, se consultaron experiencias e investigaciones realizadas por expertos, y se realizaron entrevistas directas con investigadores en control biológico con depredadores, entomopatógenos y control químico para acercarse en todo lo posible a lo real.

8.1 Costo de la Estrategia Control Biológico Clásico del Combate de la Plaga del Psílido en la Ciudad de México.

Con la llegada del psílido del eucalipto, *Glycaspis brimblecombei*, a la ciudad de México en 2001, y debido al riesgo de que esta plaga defoliara miles de árboles, el Gobierno de la Ciudad de México decidió que la opción de control biológico era la mejor alternativa para manejar a la plaga. Por lo que se firmó un convenio de colaboración entre el Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría del Medio Ambiente y la Universidad Autónoma Chapingo, para llevar a cabo el control biológico de la plaga del eucalipto a partir del 27 de Agosto hasta el mes de Diciembre de 2001; renovando dicho convenio de colaboración para reforzar el control biológico del 15 de Julio al 31 de Diciembre de 2002.

Para la ejecución de este plan se contó con el conocimiento, de que en la Universidad de California, con sede en Berkeley, se había importado un grupo de ocho especies de parasitoides de *Glycaspis brimblecombei* por el especialista del control biológico, Dr. Dahlsten, el cual desarrolló en los insectarios de cuarentena de la Universidad de California, los estudios de hiperparasitismo y de especificidad de hospedantes, dando como resultado que

el parasitoide *Psyllaephagus bliteus* sólo atacó a *Glycaspis brimblecombei*, nunca parasitó a las otras especies de psílidos ni a otras especies de parasitoides.

En México, a través del responsable de ejecutar dicho control biológico, el Dr. Cibrián de la Universidad Autónoma Chapingo, se solicita a las autoridades responsables de otorgar los permisos de importación y liberación de parasitoides la autorización para importar, criar y liberar al parasitoide *Psyllaephagus bliteus* en la ciudad de México. Estos permisos se obtuvieron de la Dirección de Sanidad Vegetal y se tuvo el visto bueno de Sanidad Forestal, del INE, así como la opinión favorable de la CONABIO para liberar parasitoides en el área urbana de la ciudad.

La aplicación del control biológico clásico en la Ciudad de México requirió de las etapas usuales que incluyen el cultivo, cría del hospedante, liberación y monitoreo. Todas llevadas en vivero, invernadero e insectario de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Proyecto financiado y coordinado por la Dirección de Reforestación Urbana de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México. Dichas etapas se detallan a continuación.

Los costos expuestos consideran erogaciones mensuales para cada etapa, sin embargo se proyecta para los años de ejecución del proyecto, contemplando el año parcial 2001, 2002 y proyectado 2003; considerando diferentes cantidades

de parasitoides liberados por año. Las cantidades de liberación de parasitoides se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6 Número de parasitoides liberados por año

Año	Número de parasitoides liberados
2001 (parcial)	508
2002	47,531
2003 proyectado	95,062
Subtotal	143,101

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

8.1.1 Cultivo y Cría de Hospedantes (*Glycaspis*) y Cría de Parasitoides de la Especie *Psyllaephagus bliteus*.

La cría de parasitoides requiere de actividades de vivero, invernadero y de insectario.

Vivero: Se hizo uso de las instalaciones del vivero con el fin de mantener más de 2000 árboles de eucalipto. En esta infraestructura se les proporciona las condiciones propicias para su desarrollo uniforme en altura y en cantidad de follaje, con el objetivo fundamental de tener siempre árboles disponibles para ser infestados por los psílicos para la siguiente etapa de cría. Los costos que corresponden a esta etapa se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7 Costo Mensual y Anual del Vivero

Concepto*	\$ Mensual	\$ Anual
Consumibles	123.24	1,478.88
Equipo	112.22	1,346.64
Instalaciones	145.57	1,746.84
Materiales por 5 unidades de cría	7,023.30	84,279.60
Subtotal	7,404.33	88,851.96

*Los detalles de cada concepto se presentan en el anexo 1.

Invernadero: Los árboles que produce el vivero son llevados al invernadero para que sean infestados al máximo por los psílicos, posteriormente quedan listos para meterlos a la cajas de cría, en donde se introducen los parasitoides para iniciar el proceso de cría, mediante los siguientes procesos:

- Proceso de inoculación con parasitoides. En las cajas que contienen planta con abundantes psílicos se introducen de 10 a 20 parejas de parasitoides por caja, tanto hembras como machos; en cada caja deben existir al menos 500 ninfas de diferentes instares en cada planta, también se eliminan los organismos que puedan venir en el sustrato manualmente.
- Desarrollo y cosecha de los parasitoides. Las cajas con parasitoides en desarrollo permanecen en observación continua, sólo se asegura el riego y que no existan condiciones extremas de temperatura.
- Cosecha de parasitoides. Los nuevos adultos de parasitoides inician su emergencia a las 3 semanas después de que se introdujeron sus padres. La

captura se hace con un aspirador entomológico, cada uno se pasa a tubos de vidrio, los cuales se llevan al insectario.

Los costos correspondientes a esta etapa se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8 Costo Mensual y Anual del Invernadero

Concepto*	\$ Mensual	\$ Anual
Consumibles	1,881.90	22,582.80
Equipo	5,736.39	68,836.68
Instalaciones	596.35	7,156.20
Subtotal	8,214.64	98,575.68

*Los detalles de cada concepto se presentan en el anexo 1.

Insectario. Este consiste en habitaciones donde se mantiene una temperatura entre 10 y 15 grados centígrados, la cual es la adecuada para llevar acabo el almacenado de los parasitoides, una vez que han sido cosechados de las cajas de cría.

Para proporcionar alimento a los parasitoides, se requiere de un aplicador y una tira de papel encerado, sobre el papel encerado se colocan pequeñas gotas de miel al 80% diluida en agua, que se introducen en los tubos de cristal donde se encuentran los parasitoides cosechados, cada tubo contiene aproximadamente 30 parasitoides de ambos sexos, los tubos se colocan dentro de unas gradillas; cada dos días se les proporciona nuevo alimento. Con la atención y el cuidado debido pueden sobrevivir almacenados hasta 2 semanas. Los costos del insectario se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9 Costo Mensual y Anual del Insectario

Concepto*	\$ Mensual	\$ Anual
Consumibles	1,503.30	18,039.60
Equipo	1,282.08	15,384.96
Instalaciones	40.53	486.36
Subtotal	2,825.91	33,910.92

*Los detalles de cada concepto se presentan en el anexo 1.

8.1.2 Proceso de Liberación de Parasitoides para el Control de *Glycaspis brimblecombei*.

Este proceso consiste en liberaciones masivas de individuos para que ellos se establezcan en los nuevos sitios y se propaguen por si solos, con el objetivo de que se de una reducción de las poblaciones de psílido a niveles aceptables. Las liberaciones se hicieron en sitios estratégicos de la ciudad, designados por la Dirección de Reforestación Urbana de acuerdo con la prioridad asignada por la misma Dirección.

Los parasitoides adultos listos para liberar, se conservaron en tubos de ensayo, los cuales estuvieron etiquetados con el número de parasitoides y su proporción de sexos. Estos se mantienen en un termo refrigerante a una temperatura de 10 a 15 grados centígrados. Se transportan para idealmente liberarlos al medio día. Para la liberación, se buscan árboles con follaje abundante y completamente infestados, los tubos se sacan para liberar a los insectos, la boca del tubo debe estar junto al follaje infestado por el lado sombreado de las hojas. Los insectos al salir buscan el follaje y casi de inmediato las hembras

encuentran a los psílidos y comienza su trabajo de oviposición. El número de parasitoides y delegaciones donde se realizaron las liberaciones, desde el año parcial 2001, 2002 y proyectado para 2003 se muestran el Cuadro número 10.

Cuadro 10 Número de parasitoides *Psyllaephagus bliteus* y delegaciones de la Ciudad de México en donde se realizaron las liberaciones durante el año parcial 2001 y 2002 y proyectado para 2003.

Delegación	2001	2002	Proyectado 2003
Álvaro Obregón		924	1,848
Azcapotzalco	112	1,919	3,838
Benito Juárez	225	2,121	4,242
Coyoacán	105	7,711	15,422
Cuajimalpa		1,444	2,888
Cuauhtémoc		3,459	6,918
Gustavo A. Madero		4,353	8,706
Iztacalco		6,514	13,028
Iztapalapa		4,050	8,100
Magdalena Contreras		3,781	7,562
Miguel Hidalgo	66	6,133	12,266
Venustiano Carranza		663	1,326
Xochimilco		4,459	8,918
TOTAL	508	47,531	95,062
	GRAN TOTAL	143,101	

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Se tuvieron liberaciones masivas de parasitoides para el año 2001 de 508 individuos, en el año 2002 de 47,531 individuos y para el año 2003 proyectado se esperan liberaciones por 95,062 individuos, los cuales fueron liberados en 32 localidades de 14 Delegaciones. En las acciones de liberación se hicieron observaciones sobre la presencia del parasitoide; los avistamientos de orificios de salida y de presencia de momias, ninfas parasitadas y adultos, lo cual confirma la presencia del parasitoide en la ciudad.

Los costos de la liberación se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11 Costo Mensual y Anual de la Liberación

Concepto*	\$ Mensual	\$ Anual
Consumibles	1,033.04	12,396.48
Equipo	1,176.14	14,113.68
Subtotal	2,209.18	26,510.16

*Los detalles de cada concepto se presentan en el anexo 1.

8.1.3 Proceso de Monitoreo de Poblaciones de *Glycaspis brimblecombei* y de su Parasitoide *Psyllaephagus bliteus*.

El sistema de trampeo y muestreo de follaje se hace para tener un control de calidad en la evaluación de la actividad del parasitoide *Psyllaephagus bliteus* en las poblaciones del psílido *Glycaspis brimblecombei* a través del tiempo.

Para esto, se estableció una red de monitoreo formada por un total de 16 sitios; cada sitio consta de un conjunto de 10 trampas amarillas. En estos sitios se escogieron cinco árboles y de ellos se tomaron muestras de follaje para evaluar la presencia de pupas, momias y orificios de emergencia de los parasitoides. Los objetivos principales de este producto son conocer el comportamiento de las poblaciones de *Glycaspis brimblecombei* y de su parasitoide *Psyllaephagus bliteus*, así como, medir la presencia y efecto del parasitoide sobre el psílido.

Para cada sitio se tiene un conjunto de 10 trampas amarillas; cada trampa está formada por dos discos de plástico de 10 cm de diámetro, el primero es el disco base que recibe al segundo disco, queda fijo en el mismo lugar, el siguiente disco se pinta con pintura vinílica de color amarillo cadmio intenso, se le recorta la pestaña y se hacen 5 o 6 cortes equidistantes en su periferia. El 2º disco que cubre al anterior, no tiene pintura, pero se cubre con una capa muy fina de aceite de motor para que queden atrapados los insectos.

La colocación de las trampas se pone entre el follaje de la copa de los árboles infestados, a una altura de 2 a 5 metros, según las facilidades de acceso. Las trampas se cambian cada semana, sólo se remueve el 2º disco que es el que contiene los insectos atrapados y en su lugar se coloca uno nuevo. Cada semana, de cada sitio, los 10 discos se apilan y se protegen tapando el último con una tapa limpia, se unen con cinta adherible y se anota el número de trampa a la que pertenece cada disco, sitio y fecha de colecta.

Posteriormente, los discos se transportan a un centro de observación y registro, en este lugar y con ayuda de microscopio estereoscópico se cuentan los insectos capturados, las lecturas que se toman son: número de adultos, tanto hembras como machos de *Glycaspis brimblecombei*, número de adultos ausentes, de los cuales sólo quedan las alas y se considera que fueron depredados por aves, número de insectos depredadores, número de parasitoides. Se realizan análisis de los datos y se generan tablas de frecuencia y gráficos de distribución de la población.

Se realiza una inspección mensual en ramillas, colectadas de los sitios de monitoreo, se hace con el propósito de verificar el establecimiento del parasitoide en los lugares de la liberación. Se colectan 5 ramillas de 30 cm de longitud, escogiendo al azar 5 árboles de los 10 que tienen trampas, en cada sitio de monitoreo de la Ciudad de México. En el Cuadro 12 se presentan los costos correspondientes a esta etapa.

Cuadro 12 Costo Mensual y Anual del Monitoreo

Concepto*	\$ Mensual	\$ Anual
Consumibles	593.04	7,116.48
Equipo	1,087.73	13,052.76
Materiales por 16 sitios	2,668.32	32,019.84
Subtotal	4,349.09	52,189.08

*Los detalles de cada concepto se presentan en el anexo 1.

Por otra parte, la aplicación de esta estrategia implicó la ocurrencia de costos de oficina, costos de mano de obra y otros costos generales. La información correspondiente a estos conceptos se presenta en los siguientes Cuadros.

Cuadro 13 Costo Mensual y Anual de Gastos de Oficina

Concepto*	\$ Mensual	\$ Anual
Consumibles	314.13	3,769.60
Equipo	112.36	1,348.32
Subtotal	426.49	5,117.92

*Los detalles de cada concepto se presentan en el anexo 1.

Cuadro 14 Costos Generales

Concepto*	\$ Mensual	\$ Anual
Equipo	34.72	416.64
Instalaciones	50.86	610.32
Subtotal	85.58	1026.96

*Los detalles de cada concepto se presentan en el anexo 1.

Cuadro 15 Costo Mensual y Anual de Mano de Obra

Concepto*	Costo Mensual	Costo Anual
Responsable del proyecto	14,000.00	168,000.00
Auxiliar general	10,000.00	120,000.00
Administrativo	4,000.00	48,000.00
Responsable de cría	12,000.00	144,000.00
Responsable de vivero	10,000.00	120,000.00
Responsable de invernadero	10,000.00	120,000.00
Técnico de monitoreo	6,000.00	72,000.00
Responsable de liber. y monit.	12,000.00	144,000.00
Técnicos de monitoreo	6,000.00	72,000.00
Subtotal	84,000.00	1,008,000.00

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Dichos costos aseguraron la liberación de 48,039 individuos hasta Diciembre del 2002, en parques, avenidas y unidades habitacionales de 14 delegaciones de la Ciudad de México, y para Diciembre del 2003 se proyectan liberar 95,062 individuos más, como complemento de este control. La información correspondiente a los lugares específicos y número de parasitoides liberados en el 2001, 2002 y proyectado para 2003 se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Número de parasitoides *Psyllaephagus bliteus*, lugar específico y delegaciones de la Ciudad de México en donde se realizaron las liberaciones durante el 2001 y 2002 y proyectado para 2003.

Lugar	Delegación	2001	2002	2003
Plutarco Elías Calles	Iztacalco		939	1,878
Tlaltelolco (Unidad Habitacional, Tercera sección)	Cuauhtémoc		1,081	2,162
Parque Alameda Oriente	Venustiano Carranza		663	1,326
Zoológico de los Coyotes	Coyoacán		1,064	2,128
Av. Churubusco y Tlalpan	Coyoacán		1,164	2,328
Plaza Río de Janeiro, López Velarde y Eje 2 Norte	Cuauhtémoc		1478	2,956
Parque Ecológico Cuitláhuac	Iztapalapa		266	532
Foro Cultural	Magdalena Contreras		1,630	3,260
Bosque Residencial	Xochimilco		524	1,048
Parque Ecológico las Águilas 1ª sec.	Álvaro Obregón		762	1,524
Parque Ecológico las Águilas 2ª sec.	Álvaro Obregón		162	324
Parque Hundido	Benito Juárez	90	2,121	4,242
San Juan de Aragón	Gustavo A. Madero		1,556	3,112
Cuitláhuac	Iztapalapa		2,434	4,868
Glorieta de Peralvillo a Eje Central	Cuauhtémoc		900	1,800
Parque Tetlameya	Coyoacán	105		
Jardín Hacienda El Dorado, Parque Tezozomoc Zona I y II	Azcapotzalco	112	813	1,626
Pedregal de San Francisco, Cerro Dos Conejos y Av. Miguel A. de Quevedo	Coyoacán		685	1,370
Campo Militar N° 1 E	Iztapalapa		855	1,710
Parque San Francisco, Parque Ensueño y Curva del Diablo	Cuajimalpa		1,444	2,888
Parque María Teresa, Camellón Río Guadalupe. y Gran Canal	Gustavo A. Madero		2,055	4,110
El Carcamo, Lago Menor y Museo de Historia Natural (Bosque de Chapultepec)	Miguel Hidalgo	40	2,715	5,430

Lugar	Delegación	2001	2002	2003
Batán Norte y Batán Sur	Magdalena Contreras		2,151	4,302
Ampliación Periférico (Calle 7), entre Vicente R. y retorno a la Perla	Iztacalco		1,631	3,262
Ampliación Periférico (Calle 7), entre Vicente R. y Avenida Xochimilco	Iztacalco		3,944	7,888
Sobre Av. Miguel A. de Quevedo entre Av. Universidad y Prolongación Zaragoza	Coyoacán		4,798	9,596
Glorieta de Vaqueritos, Museo Dolores Olmedo y Vivero la Loma	Xochimilco		3,935	7,870
Alameda del Norte	Azcapotzalco		1,106	2,212
Bosque de Chapultepec	Miguel Hidalgo	26	3,418	6,836
Parque Cuitlahuac	Iztapalapa		495	990
Bosque San Juan de Aragón	Gustavo A. Madero		742	1,484
Parque de los venados	Benito Juárez	135		
TOTAL		508	47,531	95,062

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Durante las liberaciones, se tuvo el apoyo del personal de la Dirección de Reforestación Urbana y de las Delegaciones en donde se hizo la liberación.

La aplicación de esta estrategia desde Octubre del 2001 a Diciembre del 2002, implico incurrir en costos por un monto de \$ 2,272,311.14, y proyectado para el año 2003 \$ 1,406,309.22 dando un total del proyecto de \$3,678,620.35.

Con dicha inversión se asegura la liberación total de 143,101 parasitoides *Psyllaephagus bliteus* esperando con esto la regulación de la población de psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore en la Ciudad de México.

8. 2 Costos de la Estrategia Control Biológico con Depredadores

Esta estrategia incluye una etapa de investigación, distinto del caso del control biológico con parasitoides donde se contaba con los antecedentes realizados por el Dr. Dalsthen en la Universidad de California en Berkeley. En México la etapa de la investigación fue realizada por el Dr. Equihua y su equipo de trabajo, del Colegio de Postgraduados (Entrevista personal, 2002). En los resultados de esta investigación se destaca la identificación de al menos tres depredadores con importante actividad contra el psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore, estos son: *Harmonia axiridis* Pallas, *Olla v-nigrum* y tres familias de arañas Araneidae, Theriididae, Thomisidae con especies no determinadas. Los primeros dos pertenecientes a la orden Coleoptera y familia Coccinellidae .

Una vez identificados los depredadores, se planeó la producción de aproximadamente cinco millones de individuos para ser liberados durante el mes de Enero del 2003 en tentativamente siete sitios distribuidos dentro del área del Distrito Federal (Bosque de San Juan de Aragón, Bosque de Chapultepec, segunda sección, Parque Hundido, Parque de los Álamos, Bosque de Tetlameya, Parque Tezozómoc, Parque de los Venados). La actividad de monitoreo se plantea realizar de manera semejante a la realizada en el control con parasitoides. Los costos correspondientes a esta estrategia se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17 Costo Total del Programa de Control con Depredadores

Concepto	Costo
Investigación	120,000.00
Cría masiva de Enemigos Naturales*	50,000.00
Programa de Liberación	20,000.00
Monitoreo	52,189.08
Total	242,189.08

*La cría masiva de los depredadores se haría en uno de los Centros de Reproducción de Insectos Benéficos, dependiente de Sanidad Vegetal.

8.3 Costo de la Estrategia de Control Biológico con Entomopatógenos

Para el caso específico de *Glycaspis*, existe solo una investigación realizada en México por Alatorre, et al., (2002) en donde desarrolla el control microbiano con hongos entomopatógenos específicos (*Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus*) y generalistas (*Beauveria bassiana*), encontrando que *Paecilomyces* mostró mayor agresividad contra *Glycaspis* en cuanto a que: a las 48 horas presenta abundante desarrollo; a las 72 horas presenta la esporulación, tiene la capacidad de diseminación siendo capaz de causar epizootias; siendo un candidato potencial para el control biológico con entomopatógenos del psílido del eucalipto.

Con los resultados mencionados, se plantea la estrategia de aplicar el entomopatógeno *Paecilomyces* con una técnica similar a la que se aplican los químicos, por lo que la estructura de ésta es similar en conceptos y costos.

El proceso de aplicación incluye los siguientes pasos:

Identificación de los árboles a asperjar. Se identifican los árboles y su ubicación, distribuidos estratégicamente dentro de los espacios que corresponden a árboles de alineación y árboles en parques y áreas verdes. Para este caso, se podría considerar el tratamiento para un número aproximado de 50,000 árboles.

Preparación del producto. Se prepara la mezcla del polvo *Paecilomyces*, combinando 200 litros de agua por cada paquete de 200 gr.

Aplicaciones. Se debe realizar dos aplicaciones, preferentemente en épocas no lluviosas, con poco viento.

Los costos por árbol se presentan en el Cuadro 18, y en el Cuadro 19 se presenta el costo total que implicaría el programa de entomopatógenos. Se considera la aplicación del tratamiento a 50,000 árboles, distribuidos de manera tal que se busque la mayor expansión posible del efecto del hongo aplicado.

Cuadro 18 Costo Total de Aplicación de *Paecilomyces* por Árbol

Concepto	Costo unitario por aplicación (\$)	Aplicaciones por año	Costo por Concepto* por año
Mano de obra	46.25	2	92.50
Equipo	3.20	2	6.40
Transporte	14.21	2	28.42
Insecticida	15.00	2	30.00
Costo total por árbol por año	78.66	2	157.32

*El detalle de cada concepto se presenta en los cuadros del Anexo II.

Cuadro 19 Costo total del Programa de Control con Entomopatógenos

Concepto	Costo
Investigación	125,000
Aplicación de <i>Peacilomyces</i> 50,000 árboles	7,866,000
Monitoreo	52,500
Total	8,043,500

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

8.4 Costo de la Estrategia Control Químico

Esta consiste en aplicar control químico a aquellos árboles considerados de alto valor por su función, distribuidos en la categoría de alineación. El número estimado de éstos es de 2,900 árboles, los cuales tienen una altura mayor de 25 metros.

Tomando en cuenta que los insecticidas sistémicos proporcionan buen control de la plaga, se propone el uso de la Azatina 3% que contiene como ingrediente activo la Azadiractina, la cual afecta la fisiología de los insectos y la producción de huevos y las tasas de nacimiento (Martínez, 2001).

El proceso de aplicación de esta estrategia incluye los siguientes pasos:

Identificación de los árboles de alto valor. Detectar los eucaliptos considerados de alto valor en la categoría de alineación.

Preparación del producto. Se utiliza 0.75 ml/lit de agua de azatina 3% (porcentaje de concentración) y se les adiciona 1.0ml/lit de dispersante y adherente BIONEX, agitando hasta homogenizar las sustancias, esto debiendo ser unas horas antes de su aplicación.

Aplicaciones. Se debe realizar el control preferentemente en épocas no lluviosas, realizando dos aplicaciones de azatina 3% C.E. con intervalos de 7 días entre aplicaciones.

Los costos involucrados en la aplicación del insecticida se presentan en los Cuadros 20 y 21.

Cuadro 20 Costo Total de Control Químico por Árbol.

Concepto	Costo unitario por aplicación (\$)	Aplicaciones por año	Costo por Concepto* por año
Mano de obra	46.25	2	92.50
Equipo	5.52	2	11.03
Transporte	14.21	2	28.42
Insecticida	81	2	162
Costo total por árbol por año	146.90	2	293.96

*El detalle de cada concepto se presenta en los cuadros del Anexo III.

Cuadro 21 Costo Total para Fumigar 2900 Árboles de Alto Valor en la Ciudad de México, D. F.

Costo total por árbol por año	Número de árboles	Costo total
293.96	2900	\$852,484.00

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

8.5 Costo de la Estrategia “Hacer Nada”

En un sentido estricto, el “hacer nada” no es en sí una estrategia, pero como opción de omisión, permite establecer los costos en que se incurriría al ignorar el problema de la plaga, información que después será utilizada para estimar los beneficios que se derivan del control biológico del psílido del eucalipto.

El resultado que se esperaría ocurriera al ignorar el problema, es la muerte de un número significativo de eucaliptos. Dado el riesgo y los diferentes problemas que puede representar la presencia de eucaliptos muertos en una Ciudad como la de México, D. F., la pronta remoción de los mismos sería una tarea obligada para las autoridades de la Ciudad.

Para estimar los costos de remoción del arbolado muerto y árboles con alto grado de infestación, se utilizaron dos procedimientos: derribo direccional por caída libre y derribo por secciones, con descenso dirigido de trozas de 2.00 a 2.50 metros de largo, con cables y poleas. Ambos corresponden a condiciones de distinta de los árboles.

El procedimiento general para los árboles a derribar incluye los siguientes pasos:

8.5.1.- Identificación, ubicación y caracterización dasométrica de los árboles.

8.5.1.1 Identificación del árbol

Entre las diferentes especies que componen al bosque urbano, se identificarán a los individuos del género *Eucalyptus* y se ubica la posición de cada uno de ellos con estación total.

Se registran las siguientes variables dasométricas para cada uno de los árboles: a) Diámetro a la altura del pecho (D.A.P.) en rangos de 10 centímetros, usando cinta diamétrica y/o forcípula, y b) Altura total en rangos de cinco metros, usando pistola Haga y/o Clinómetro.

8.5.1.2. Análisis visual de la condición de cada uno de los árboles

Análisis visual de los siguientes indicadores de la condición de cada árbol:

- a) Las características estructurales del andamio de cada árbol (ramas primarias y secundarias).
- b) Equilibrio de la copa.

- c) Posición de las horquetas estrechas con diámetro basal de la rama igual o superior a 25 centímetros.
- d) Diámetro mayor del perímetro de la línea de goteo.
- e) Vigor del árbol.

8.5.1.3. Análisis visual del ambiente urbano circundante al árbol

Tomando como marco de referencia el resultado de las características encontradas con el diagnóstico indicado en el punto anterior, los resultados se relacionan visualmente con:

- a) La ubicación de los diferentes tipos de infraestructura urbana, tanto a nivel del suelo como en la parte aérea y que además se encuentren comprendidos dentro de un radio igual a la altura del mismo árbol, tomando como centro al propio fuste.
- b) De la misma forma se indica la cantidad de árboles aledaños dentro del área del círculo estimado, precisando si se trata de un área verde o son árboles de alineación.

8.5.1.4. Diagnóstico sobre el tipo de derribo que se deberá realizar

Con las conclusiones y la interacción de los puntos anteriores (1.2 y 1.3), se dictamina el procedimiento por el cual el árbol deberá ser derribado:

a) Derribo direccional por caída libre.

Se realiza únicamente cuando no existen obstáculos en la dirección de la caída libre del árbol, pero además deberá excluirse este procedimiento cuando existan riesgos de que el impacto del árbol sobre el suelo, pueda ocasionar desperfectos a la infraestructura urbana y/o a los espacios construidos.

b) Derribo por secciones, con descenso dirigido de trozas de 2.00 a 2.50 metros de largo, con cables y poleas.

Este procedimiento se realiza cuando existe la presencia de obstáculos en la dirección de la caída libre del árbol, lo cual se manifiesta por las condiciones de peligro y por la dificultad que presente la ubicación y dimensiones del árbol en relación con la interferencia de la infraestructura urbana y/o los espacios construidos en la dirección idónea de la posible caída libre del árbol.

8.5.1.5 Procedimiento para el derribo direccional por caída libre

(No se debe realizar en presencia de viento)

a) Diagnóstico de la dirección de la caída libre del árbol en función de sus dimensiones, inclinación y distribución del peso de la copa y ramas principales.

b) Delimitación de la zona de derribo, incluyendo las áreas de posibles variaciones imprevistas de la dirección de la caída libre del árbol.

En dicha delimitación se utiliza listones amarillos de plástico indicadores de peligro, sostenidos sobre soportes de 1.20 metros y/o sobre los árboles existentes en el sitio, incluyendo a los postes de la infraestructura urbana.

c) Colocación de vallas al inicio de las calles de acceso al sitio del derribo, para desviar el tránsito vehicular.

d) Colocación y distribución de personal de guardia debidamente identificado visualmente, alrededor de la zona de peligro para evitar el posible acceso de transeúntes y/o vehículos.

e) Ejecución del derribo direccional.

- f) Desrame sobre el suelo del árbol derribado.
- g) Troceo de las ramas previamente separadas del árbol, en secciones de 1.00 a 3.00 metros de largo, según el grosor de las ramas.
- h) Troceo del fuste sobre el suelo, en trozas de 1.00 a 3.00 metros de largo de acuerdo al diámetro de dicha sección del tronco, o a mayor longitud de troza en función del tipo de uso que se determine.
- i) Corte y selección de las ramas con diámetros menores a 20 centímetros.
- j) Triturado en el mismo sitio con astilladora mecánica, a las ramas seleccionadas anteriormente.
- k) Eliminación del tocón a 40 o 50 centímetros de profundidad, con destocoadora mecánica.
- l) Nivelación del suelo en el sitio de la extracción del tocón, con tierra del lugar y complementada con astillas de las mismas ramas.
- m) Carga y acarreo libre del material producto del derribo y del desrame: follaje, ramas con diámetro superior a 20 centímetros, trozas y tocón, a un sitio de acopio dentro del área de operación.

- n) Carga y acarreo libre de las astillas producto de la trituración de las ramas con diámetro inferior a 20 centímetros, a un sitio de acopio dentro del área de operación.
- o) Limpieza del sitio de derribo y desrame del árbol.
- p) Carga y acarreo libre de escombros producto de las fracturas de pavimentos, banquetas y guarniciones, originado por la extracción del tocón, a un sitio de acopio dentro del área de operación.

8.5.1.6 Procedimiento para el derribo por secciones de fuste y ramas.

- a) Diagnóstico de la dirección del descenso de trozas o ramas del árbol, en función de sus dimensiones, inclinación y distribución del peso de la copa y ramas principales.
- b) Delimitación de la zona de derribo, incluyendo las áreas de posibles variaciones imprevistas de la dirección del descenso de trozas o ramas del árbol. En esta delimitación se utilizan listones amarillos de plástico indicadores de peligro, sostenidos sobre soportes de 1.20 metros y/o sobre los árboles existentes en el sitio, incluyendo a los postes de la infraestructura urbana.

- c) Colocación de vallas al inicio de las calles de acceso al sitio del derribo, para desviar el tránsito vehicular.
- d) Colocación y distribución de personal de guardia debidamente identificado visualmente, alrededor de la zona de peligro para evitar el posible acceso de transeúntes y/o vehículos.
- e) Ejecución del derribo por secciones de fuste y ramas, con cables y poleas para el descenso dirigido de trozas de 2.00 a 2.50 metros de largo, según el diámetro de la troza.
- f) Desrame sobre el suelo de las secciones derribadas del fuste y/o ramas.
- g) Troceo de las ramas previamente separadas del árbol, en secciones de 1.00 a 2.50 metros de largo, según el grosor de las ramas.
- h) Troceo del fuste sobre el suelo, en trozas de 1.00 a 2.50 metros de largo de acuerdo al diámetro de dicha sección del tronco.
- i) Corte y selección de las ramas con diámetros menores a 20 centímetros.
- j) Triturado en el mismo sitio con astilladora mecánica, a las ramas seleccionadas anteriormente.

- k) Eliminación del tocón a 40 o 50 centímetros de profundidad, con destocoadora mecánica.
- l) Nivelación del suelo en el sitio de la extracción del tocón, con tierra del lugar y complementada con astillas de las mismas ramas.
- m) Carga y acarreo libre del material producto del derribo y del desrame: follaje, ramas con diámetro superior a 20 centímetros, trozas y tocón, a un sitio de acopio dentro del área de operación.
- n) Carga y acarreo libre de las astillas producto de la trituración de las ramas con diámetro inferior a 20 centímetros, a un sitio de acopio dentro del área de operación.
- o) Limpieza del sitio de derribo y desrame del árbol.
- p) Carga y acarreo libre de escombros producto de las fracturas de pavimentos, banquetas y guarniciones, originado por la extracción del tocón, a un sitio de acopio dentro del área de operación.

El costo de los conceptos anteriores para el caso de derribo por secciones de fuste y ramas, se presenta en el Cuadro 22, considerando las cinco categorías de altura de los árboles. De igual modo, los costos correspondientes al derribo direccional por caída libre, se presentan en el Cuadro 23.

Cuadro 22 Costo Total de Derribo por Secciones por Árbol

Altura	Mano de Obra (\$)	Maquinaria y Equipo (\$)	Total*
Altura 25 m + - 5	3,536.25	2,950.00	6,486.25
Altura 17.5 m + -2. 5	3152.75	2,655.00	5,807.75
Altura 12.5 m + -2. 5	2455.75	2,065.00	4,520.75
Altura 7.5 m + -2. 5	1420.25	1,180.00	2,600.25
Altura 2.5 m + -2. 5	384.75	295.00	679.75

* El detalle de los costos para los conceptos se puede ver en los cuadros del anexo IV.

Cuadro 23 Costo Total de Derribo Direccional por Caída Libre por Árbol

Altura	Mano de Obra (\$)	Maquinaria y Equipo (\$)	Total*
Altura 25 m + - 5	1,586.25	2,600.00	4,186.25
Altura 17.5 m + -2. 5	1397.75	2,340.00	3,737.75
Altura 12.5 m + -2. 5	1090.75	1,820.00	2,910.75
Altura 7.5 m + -2. 5	640.25	1,040.00	1,680.25
Altura 2.5 m + -2. 5	189.75	260.00	449.75

*El detalle de los costos para los conceptos se puede ver en los cuadros del anexo IV.

9. Análisis de Resultados

Dado el conocimiento actual de las distintas opciones de control biológico para atacar la plaga del psílido, la aplicación exclusiva de alguna de éstas no se considera recomendable debido a que se incrementarían los riesgos de mortandad de los eucaliptos y se disminuiría la posibilidad de responder de manera rápida y eficiente al problema. Aun cuando la opción de control con parasitoide presenta las expectativas más atractivas en términos de efectividad, aquí se incluyen algunas variantes de las otras opciones, con la finalidad de reforzar los resultados esperados de la misma, y de ese modo observar el efecto económico de su inclusión.

Los beneficios que aquí se consideran consisten en los costos evitados gracias a la aplicación del control biológico, es decir, al evitar la muerte de eucaliptos, se estará evitando los costos que implican su necesaria remoción.

Otro componente importante de los beneficios es evitar que se pierdan los servicios ambientales al salvar la vida de los árboles. Estos se derivan de las funciones ambientales de los eucaliptos y el papel que desempeñan en el escenario urbano. Sin embargo, debido a que éstos pertenecen a la categoría de bienes sin mercado, su cuantificación implica una investigación más compleja que va más allá de los objetivos de la presente investigación. Por tal motivo, aquí sólo consideraremos los beneficios que se refieren a los costos

evitados de remoción. Esto significa que los beneficios estimados constituyen apenas el piso del valor que se obtiene al aplicar el control biológico.

La forma de desarrollar el análisis consiste en la construcción de diferentes escenarios posibles del control biológico del psílido del eucalipto, incluyendo las distintas estrategias que aquí se consideran.

9.1 Escenario 1: Control Biológico con Parasitoide.

Se considera la cría masiva del parasitoide *Psyllaephagus bliteus*, así como su liberación y monitoreo en lugares estratégicos distribuidos en el territorio del Distrito Federal, tal como se describe en la estrategia detallada en el punto 8.1.

Los logros que se espera tener con esta estrategia son: alcanzar un nivel de parasitismo en ninfas de quinto instar del 70% en promedio de la ciudad de México. En este nivel se considera que el árbol no muere y continua cumpliendo sus funciones ambientales.

La duración de la estrategia se plantea con un periodo que va desde Octubre de 2001 a Diciembre de 2003. Los correspondientes costos totales se muestran en el Cuadro I.20a y I.20b del Anexo I, los cuales ascienden a \$3,678,620.35.

La estimación de los beneficios se hace a partir de cuantificar los costos en los que se hubiese incurrido si no se hubiese aplicado ningún control. Estos se

estiman cuantificando los costos de remoción de arbolado muerto ocurridos en la categoría de árboles de alineación, distribuidos en las distintas alturas consideradas, bajo tres expectativas de mortandad ocurrida entre Octubre de 2001 y Diciembre de 2003.

Para la categoría de árboles en parques y áreas verdes, no se considera costo alguno ya que existe el antecedente de que empresas interesadas en la madera de este arbolado muerto, estarían dispuestas a asumir los costos de derribo y remoción, a cambio de apropiarse de la madera resultante.

- (a) Beneficios obtenidos considerando la condición pesimista: mortandad acumulada del 65%.

Asumimos que de Marzo de 2001 a Febrero de 2002, muere un 15%, de Marzo de 2002 a Febrero de 2003, se tiene acumulado del 35%, y de Marzo a Diciembre de 2003, el acumulado de árboles muertos es del 65%. Las cantidades y distribuciones por alturas y categoría se presentan en los Cuadros 24, 25 y 26.

Cuadro 24 Mortandad del 15 % a Febrero de 2002

	Número de Árboles (15%)	Número de Árboles (15%)
Alturas en m de Alineación muertos		Muertos en Parques y A. V.
20 o mas	9,781	14,672
15< = 20	24,865	37,298
10< = 15	35,256	52,884
5< = 10	45,176	67,763
< = 5	28,085	42,128
Total	143,163	214,744

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Cuadro 25 Mortandad Acumulada del 35 % a Febrero de 2003

	Número de Árboles (35%)	Número de Árboles (35%)
Alturas en m de Alineación muertos		Muertos en Parques y A. V.
20 o mas	22,823	34,233.99
15< = 20	58,019	87,027.99
10< = 15	82,263	123,395.16
5< = 10	105,410	158,114.25
< = 5	65,533	98,298.9
Total	334,047	501,070.29

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Cuadro 26 Mortandad Acumulada del 65 % a Diciembre de 2003

	Número de Árboles (65%)	Número de Árboles (65%)
Alturas en m de Alineación muertos		Muertos en Parques y A. V.
20 o mas	42,384.94	63,577.41
15< = 20	107,748.94	161,623.41
10< = 15	152,774.96	229,162.44
5< = 10	195,760.5	293,640.75
< = 5	121,703.4	182,555.1
Total	620,372.74	930,559.11

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

Finalmente, en el Cuadro 27 se presentan los costos de remoción correspondientes a los acumulados por altura para la categoría de alineación.

Cuadro 27 Costos de Remoción de Árboles de Alineación Muertos Acumulados (65%) a Diciembre de 2003.

Altura en m	Costo por Árbol	Número de Árboles (65 %) de Alineación muertos	Costo/categoría de Altura
20 o más	6,486	42,385	274,919,317
15 <= 20	5,808	107,749	625,778,906
10 <= 15	4,521	152,775	690,657,400
5 <= 10	2,600	195,761	509,026,240
<= 5	680	121,703	82,727,886
Total		620,373	2,183,109,750

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

La relación Beneficio-Costo estimada para el escenario de mortandad acumulada del 65 %, es la siguiente:

$$\text{Relación B/C} = \frac{2,183,109,750.00}{3,678,620.35} = 593.46$$

Esto significa, que los beneficios que se obtienen son bastante superiores a los costos. Específicamente, por cada peso que se gasta en el control, se obtiene un beneficio de 593.46 pesos.

(b) Beneficios obtenidos considerando la condición media: mortandad acumulada del 35%.

La información que corresponde a esta condición se presenta en el Cuadro 28, donde se expresa el número de árboles muertos y el costo de su remoción.

Cuadro 28 Costos de Remoción de Árboles de Alineación Muertos
Acumulados (35%) a Diciembre de 2003.

Alturas en m	Número de Árboles (35%) de Alineación muertos	Costo por Árbol	Costo/categoría de Altura
20 o mas	22,823	6,486	148,033,478.4
15< = 20	58,019	5,808	336,957,872.6
10< = 15	82,263	4,521	371,892,446.4
5< = 10	105,410	2,600	274,091,052.4
< = 5	65,533	680	44,545,784.9
Total	334,047		1,175,520,634.6

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

El indicador beneficio-costo es:

$$\text{Relación B/C} = \frac{1,175,520,634.60}{3,678,620.35} = 319.55$$

(c) Beneficios obtenidos considerando la condición optimista: mortandad acumulada del 15%.

Los costos evitados, en este caso, se muestran en el Cuadro 29.

Cuadro 29 Costos de Remoción de Árboles de Alineación Muertos

Acumulados (15%) a Diciembre de 2003.

Alturas en m	Mortandad del 15% a Febrero de 2002	Costo por Árbol	Costo/categoría de Altura
20 o mas	9,781	6,486	63,442,919.3
15< = 20	24,865	5,808	144,410,516.8
10< = 15	35,256	4,521	159,382,477.0
5< = 10	45,176	2,600	117,467,593.9
< = 5	28,085	680	19,091,050.7
Total	143,163		503,794,557.7

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

La relación beneficio-costo correspondiente es:

$$\text{Relación B/C} = \frac{503,794,557.70}{3,678,620.35} = 136.95$$

En resumen se muestran en el Cuadro 30 la Relación beneficio-costo de los distintos porcentajes de mortandad del Control Biológico con Parasitoide, considerando el costo total para esta estrategia que asciende a \$3,678,620.35

Cuadro 30. Resumen de la Relación beneficio-costo en distintos porcentajes de mortandad en Árboles de Alineación.

Conceptos	Mortandad Acumulada del 65% a Dic del 2003	Mortandad Acumulada del 35 % a Febrero de 2003	Mortandad del 15% A Febrero de 2002
Número de Árboles de Alineación muertos	620,373	334,047	143,163
Costo de remoción de Altura	2,183,109,750	1,175,520,634.6	503,794,557.7
RB/C	593.43	319.55	136.95

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

9.2 Escenario 2: Punto de Equilibrio.

El escenario de equilibrio permite identificar el punto en el cual se igualan costos y beneficios, es decir, cuando la relación beneficio costo es igual a 1. La importancia del punto de equilibrio es que muestra el punto, a partir del cual, se justifica el gasto realizado en el control. En otras palabras, responde la pregunta: ¿Cuántos árboles tienen que ser salvados para efecto de que se justifique el costo del control biológico?.

Por otra parte, debido a que hay diferencias en la percepción de expectativas de mortandad de árboles en la opción de “hacer nada”, el punto de equilibrio es útil para ubicar la percepción de costos y beneficios independientemente de cual sea la expectativa de mortandad de eucaliptos.

El Cuadro 30 muestra la distribución por altura y número mínimo de árboles de alineación (1,647) que habría que salvar para justificar el gasto en el control biológico de la Ciudad de México.

Cuadro 31 Punto de Equilibrio

Alturas En metros	Número de Árboles	Costo de derribo/árbol	Costo por Categoría de altura
20 o mas	48	6,486.25	311,340.00
15< = 20	135	5,807.75	784,046.25
10< = 15	231	4,520.75	1,044,293.25
5< = 10	365	2,600.25	949,091.25
< = 5	867.745	679.75	589,849.60
Total	1647		3,678,620.35

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

9.3 Escenario 3: Control Biológico con Parasitoides y Depredadores

Este escenario consiste en agregar la estrategia de control con depredadores al control con parasitoide. La variante, en términos de beneficio-costos es que se agregan los costos de la estrategia de depredadores. Se reconoce que los depredadores son insectos nativos, ya están presentes en todas las zonas donde existe eucalipto y las liberaciones de ellos son simplemente por garantizar su presencia en las áreas infestadas. Se asume que éstos darán una mayor seguridad a los logros que se esperaba obtener únicamente con la estrategia de parasitoides. Los costos que aquí se agregan corresponden a los detallados en el punto 8.2, Cuadro 17.

Por el lado de los beneficios, sólo se estimará los costos evitados que corresponden a un escenario medio (Cuadro 28), es decir una mortandad del 35% de árboles, acumulado a Diciembre de 2003. Esto genera la siguiente relación beneficio-costos:

$$\text{Relación B/C} = \frac{1,175,520,634.60}{3,920,809.43} = 299.82$$

9.4 Escenario 4: Control Biológico con Parasitoides, Depredadores y Entomopatógenos.

Al igual que el caso anterior, la relación beneficio-costos en este caso se obtiene agregando a los costos del control con parasitoides, los costos del control de

depredadores y el entomopatógeno *Peecilomyces*. Los costos que se agregan corresponden al Cuadro 19 y los beneficios que se consideran corresponden a la expectativa media. El considerar su aplicación en 50,000 árboles es un tanto arbitraria, pero presenta un parámetro de referencia para la posibilidad de aplicación en la totalidad del área que corresponde a la Ciudad de México. En realidad la aplicación podría hacerse a un número más reducido y en algunas áreas específicas donde se considerara la necesidad de un mayor refuerzo al trabajo de las otras opciones del control biológico. La estimación de los costos por árbol permite recalcular de manera sencilla los costos globales. Conviene aquí hacer un comentario sobre esta estrategia. En opinión de los especialistas en parasitoides, al aplicar esta estrategia se debe tener la plena seguridad del carácter específico del entomopatógeno utilizado. Se acepta que los patógenos pueden tener efectos colaterales no deseados, tales como afectar a los otros enemigos naturales. También se tiene la desventaja de aplicaciones repetidas o de efectos del ambiente en la supervivencia de los patógenos. Esto para asegurar que no vaya a actuar en contra del parasitoide, ocasionando resultados contrarios a los esperados. De este modo, el supuesto que subyace en esta estrategia es que *Paecilomyces* no ataca al parasitoide. Bajo este supuesto, la relación beneficio-costo es:

$$\text{Relación B/C} = \frac{1,175,520,634.60}{11,964,309.43} = 98.25$$

9.5 Escenario 5: Control Biológico con Parasitoides, Depredadores, Entomopatógenos y Control Químico Parcial.

En este escenario, a los costos totales se le acumulan los correspondientes al control químico aplicado al número de árboles considerados de alto valor (Cuadro 21). La idea de esta aplicación es apoyar temporalmente estos árboles mientras se consolida la acción del parasitoide. La relación beneficio costo estimada, se hace considerando los beneficios de la expectativa media.

$$\text{Relación B/C} = \frac{1,175,520,634.60}{12,816,793.43} = 91.72$$

Finalmente el Cuadro 32 muestra la Relación beneficio-costos de los diferentes escenarios posibles del control del psílido del eucalipto en la Ciudad de México.

Cuadro 32. Resumen de la Relación beneficio-costos de las alternativas de control

Escenarios de control	RB/C
Control biológico con parasitoides con mortandad en árboles de alineación del 35% (expectativa media)	319.55
Control biológico con parasitoides y depredadores	299.82
Control biológico con parasitoides, depredadores y entomopatógenos	98.25
Control biológico con parasitoides, depredadores, entomopatógenos y control químico parcial	91.72

Fuente: Elaboración directa del autor 2002

10. Conclusiones

De los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye:

Los Beneficios que genera la aplicación del control Biológico del psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore, plaga de eucalipto en la Ciudad de México justifican los gastos del programa.

La relación beneficio-costo, estimada para la aplicación individual del programa de control de parasitoides, resulta altamente rentable.

Bajo el supuesto de una expectativa pesimista, lo que implica la necesidad de derribar y remover 620, 373 árboles de alineación (65 %) distribuidos en las cinco categorías distintas de altura, produce una relación beneficio-costo de 593.43, es decir, por cada peso gastado, se generan 593.43 de beneficio.

En la expectativa media, donde se estima la muerte de 334,047 árboles de alineación (35%), la relación beneficio costo es de 319.55 pesos de beneficio por cada peso invertido.

La expectativa optimista, que equivale a suponer la muerte de 143,163 árboles de alineación, produce la estimación de 136.95 pesos de beneficio por peso invertido.

El punto de equilibrio, denotado por el punto donde beneficios y costos son iguales, ocurre cuando el número de árboles de alineación muertos es de 1,647. A partir de este número de árboles salvados por el programa de control biológico, se justifica la aplicación del mismo.

La decisión de agregar las distintas opciones disponibles, para efecto de reforzar los resultados alcanzables por el programa de control con parasitoides, es de carácter técnico y económico. Bajo el supuesto de que los argumentos técnicos así lo justifican, los beneficios que se generan con su inclusión, aunque en proporción descendente, continúan justificándose económicamente. De este modo, considerando una expectativa media de mortandad de eucaliptos por la ausencia de control, la agregación de la opción de control de depredadores produce una relación beneficio costo de 299.82. Cuando se agrega la opción de entomopatógenos, esta relación desciende a 98.25. Finalmente, al agregarse la opción de control químico parcial, la relación baja a 91.72. Denotando, de esta manera, que los resultados que se generan siguen siendo altamente rentables. Sin embargo, hay impactos no deseados, como contaminantes.

Los beneficios que aquí se han estimado constituyen únicamente un componente del total de los beneficios de los programas de control biológico del psílido del eucalipto. Falta incluir los beneficios que corresponden a los servicios ambientales tales como: belleza escénica, captura de carbón, producción de oxígeno, captura de partículas en el aire, regulación climática, etc., cuyo monto monetario seguramente es de una magnitud considerable.

En resumen, de los resultados obtenidos, la sola consideración de los costos evitados por la remoción del arbolado muerto justifica ampliamente la decisión de aplicar control biológico de la plaga del eucalipto. Sin embargo, resulta también de interés el conocer los beneficios estimados de los servicios ambientales, no para justificar las decisiones de control, sino para ubicar en dimensiones más justas la importancia de los árboles urbanos en particular, y no urbanos en general.

11. Literatura Citada

- Alatorre, R. R. Y M. A. Hernández G. 2002. Métodos Alternativos de Control del Psílido del Eucalipto. Ponencia presentada en la reunión NAPO/SEAMARNAT sobre intercambio técnico para el control del psílido del eucalipto. Cuernavaca, Morelos.
- Alatorre, R. R. 1992. Nematodos Entomopatógenos. pp. 137-150. En: Memorias del III Curso de Control Biológico. México.
- Anónimo. 1990. Manual de Capacitación en Control Biológico. CENICAFE/CIBC. Colombia. 174 pp.
- Badii, M. H. et al. 2000. *Fundamentos y Perspectivas del Control Biológico*. 462 p. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Barrera, J. F. 1997. Introducción, Filosofía y Alcance del Control Biológico. pp. 1- 11. En: Memorias del VIII Curso Nacional de Control Biológico. México.
- Bravo M.,H. 1999. Artrópodos depredadores de plagas agrícolas pp 48-64 En: H. González H., J. L. Leyva V., L. A. Rodríguez del B. y A. R. Valle de la P. (eds.) *Memorias del X Curso Nacional de Control Biológico*. SMCB-CP. Montecillo, Edo. de México 25 a 27 de octubre de 1999.
- Censo de Eucaliptos en la Ciudad de México D. F. 2001. Documento Inédito.
- Cibrián T. , D. 2002. *Glycaspis Brimblecombei Moore* (Homoptera: Psylloidea; Spondyliaspidae): Caso de control biológico en el valle de Mexico. Ponencia presentada en la reunión NAPO/SEAMARNAT sobre intercambio técnico para el control del psílido del eucalipto. Cuernavaca, Morelos.
- DeBach. P. y K.S. Hagen. 1968. Manipulación de especies entomófagas. En: *Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas*, P. DeBach, ed. CECSA, México. p. 515-546.
- DeBach. P. 1968. *Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas*, P. DeBach, ed. CECSA, México.
- DeBach. P. y D. Rosen, 1991. *Biological Control by Natural Enemies*. (2da ed.). Cambridge University press Cambridge. UK.
- Daly, H.V., J.T. Doyen and P.R. Ehrlich. 1978. *Introduction to insect biology and diversity*. McGraw-Hill. Kogakusha, Tokio.

- Dreistadt, S.1999. Parásitos nuevos del eucalipto. Horticulture/Nursery Ambiental. (USA).
- Entrevista Personal con Biol. Teresa Cantoral. 2002.
- Entrevista Personal con el Dr. Armando Equihua. 2002.
- Evans, H.E. 1984. *Insect biology, a textbook of entomology*. Addison Wesley Publishing Co. Reading Mass.
- Gittinger, J. P. 1982. Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. 532 p.. Ed. Instituto de Desarrollo, Económico del Banco de México. Madrid, España.
- Greathead, D.J. y J. K. Waage. 1983. Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. The World Bank, Washington, D.C., World Bank Technical paper Number 11, 44 pp
- Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids: Behavioral and evolutionary ecology*. Princeton University Press, New Jersey.
- Hill, D. 1994. *Agricultural entomology*. Timber Press Oregon, USA.
- Huffaker. C.B. 1985. Biological control in integrated pest management: an entomological perspective. En : Biological control in agriculture IPM systems, M. A. Hoy y D. C. Herzog, eds. Academic Press, N. Y. p. 13-23
- Ibarra, J. E. M. C. Del Rincón. 1997. Virus Entomopatógenos. pp. 144-155. En: Memorias del VIII Curso Nacional de Control Biológico. México.
- Ibarra, J. E. y J. E. López Meza. 1997. Bacterias Entomopatógenas. pp. 127-143. En Memorias del VIII Curso Nacional de Control Biológico. México.
- Ibarra, J. E. 1992. Corta Historia Sobre Patología de Insectos y el Control Microbiano. pp. 152-165. En Memorias del III Curso de Control Biológico. México.
- Lezama, G. Roberto. 1992. Biología y Aplicación de los Hongos Entomopatógenos. pp. 166-186. En Memorias del III Curso de Control Biológico. México.
- Martínez, J. U. 2001. Efecto de la Azadiractina sobre la Conchuela del Eucalipto (*Glycaspis brimblecombei* Moore HOMOPTERA: *psyllidae*). UACH. DICIFO. Chapingo. México. Tesis de Licenciatura. 47 p.
- Newnan, G. D. 1986. *Análisis Económico en Ingeniería* 541 p. Ed. McGraw Hill. México.

Programa de Protección Ambiental del D.F. 2002-2006. Gobierno del Distrito Federal. México.

Rodríguez, H. C. 2002. Insecticidas Vegetales Comerciales. Ponencia presentada en la reunión NAPO/SEAMARNAT sobre intercambio técnico para el control del psílido del eucalipto. Cuernavaca, Morelos.

Romo L. J. L. 2002. Consideraciones Económicas sobre el Valor de los Servicios Ambientales del Eucalipto. Ponencia presentada en la reunión NAPO/SEAMARNAT sobre intercambio técnico para el control del psílido del eucalipto. Cuernavaca, Morelos.

Summy, K.R. y J.V. French. 1988. Biological control of agricultural pests: concepts every producer should understand. *J. Rio Grande Valley Hort. Soc.* 41: 119-133

Anexos

Anexo I

1. Costos de la Estrategia de Control Biológico Clásico

1.1 Detalle de Información sobre Costos de Vivero

Cuadro I.1 Costo de Consumibles en Invernadero

Concepto	Costo Unitario	No. de veces usado	Costo total
Aplic. mensual herbicida fusilade	22.98	1	22.98
Gasolina premium litro	5.57	18	100.26
Subtotal	22.98		123.24

Cuadro I.2 Costos de Equipo en Vivero

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Vida útil en meses	Depreciación mensual
Mochila aspersora	3	600.00	1,800.00	36	50.00
Aspersor de agua	1	100.00	100.00	30	3.33
Carretilla	1	700.00	700.00	60	11.67
Manguera para riego 10 m	1	55.00	55.00	30	1.83
Pala	1	300.00	300.00	36	8.33
Tijeras para podar	1	300.00	300.00	12	25.00
Perforadora de bolsa	1	50.00	50.00	36	1.39
Libreta registro	1	7.00	7.00	3	2.33
Navaja	1	100.00	100.00	12	8.33
Subtotal					112.22

Cuadro I.3 Costos de Instalaciones del Vivero

Concepto	Costo con iva	Vida útil en meses	Depreciación mensual	Depreciación p/caja*	Depreciación p/U. de cría**
Estructura cochera	3,627.01	60	60.45		
Plásticos cochera	906.75	24	37.78		
Camas	15,390.00	24	641.25		
Subtotal	19,923.76		739.48	5.82	145.57

* Un total de 127 cajas

**La unidad de cría equivale a 25 cajas

Cuadro I.4 Materiales por Unidad de Cría

UNIDAD DE CRIA: 188 PLANTAS PARA ABASTECER 25 CAJAS
DURACION DE LA UNIDAD DE CRIA: 2 MESES

Concepto	Cantidad	unidad	Costo por Planta	cantidad requerida	Costo unit. de cría	Cto. Mensual por U. de cría
Planta de eucalipto 3 m	1	planta	300.00	5 planta	1,500.00	750.00
Osmocote(1bulto=22.6k)	190	gr	1.67	950 gr	8.35	4.18
Planta eucalipto pequeña (1,128 plantas anuales)	1	planta	3.00	188 planta	564.00	282.00
Sustrato corteza de pino (1bulto=19k)	1	k	2.65	188k	498.20	249.10
Bolsas (20x20cm)	1	pza	0.25	188 pza	47.00	23.50
Osmocote	19	gr	0.67	3,572 gr	125.96	62.98
Urea (\$11/k)	32	gr	0.35	6,016 gr	65.80	32.90
(1aplicac. semanal 4 gr)						
Subtotal			308.59		2,809.31	1,404.66

Costo Mensual por 5 Unidades de cría

1404.66x5

7023.275

1.2 Detalle de Información sobre Costos de Invernadero

Cuadro I.5 Costo de Consumibles en Invernadero

CONCEPTO	Costo Unitario	No. de veces usado	Costo Total
Diagramas de registro semanal	294.00	4	1176
Plumilla de fieltro tinta violeta	150.00	1	150
Rollo fotográfico	46.00	4	184
Revelado rollo fotográfico	64.00	4	256
Pila cámara fotográfica	110.00	1	110
Cinta	5.90	1	5.9
Subtotal	684.90		1881.9

Cuadro I.6 Costos de Equipo en Invernadero

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Vida útil en meses	Depreciación mensual
Manta p/colecta	1	20.00	20.00	6	3.33
Ventiladores	3	700.00	2,100.00	120	17.50
Calentadores	3	700.00	2,100.00	24	87.50
Dosificador de agua	1	100.00	100.00	60	1.67
Rociador	1	44.90	44.90	8	5.61
Obturador	1	84.90	84.90	6	14.15
Brazo	1	25.90	25.90	48	0.54
Conector	1	34.90	34.90	48	0.73
Extensión eléctrica 10m	2	25.00	50.00	72	0.69
Lupa con mango	1	43.13	43.13	72	0.60
Lupa de bolsillo	3	50.00	150.00	72	2.08
Aspirador	2	38.10	76.20	6	12.70
Humidificador	1	919.00	919.00	60	15.32
Termómetro Taylor	1	479.00	479.00	36	13.31
Control John eléc. De temp	1	627.00	627.00	48	13.06
Cajas	125	994.74	124,342.50	24	5,180.94
Mesas	5	1,000.00	5,000.00	36	138.89
Humidistato	1	524.86	524.86	48	10.93
Libreta registro	1	7.00	7.00	3	2.33
Tijeras para podar	1	300.00	300.00	12	25.00
Guantes gamuza	6	18.50	111.00	6	18.50
Mascarilla	6	25.00	150.00	2	75.00
Bata	6	192.00	1,152.00	12	96.00
Subtotal					5,736.39

Cuadro I.7 Costo de Instalaciones en el Invernadero

Concepto	Costo	Vida útil en meses	Depreciación mensual	Depreciación p/caja*	Depreciación p/U. de cría**
Estructura nave	104,000.00	60	1,733.33		
Plásticos nave	26,000.00	24	1,083.33		
Unidad de cría	3,803.54	18	211.31		
Contacto	89.90	60	1.50		
Subtotal	133,893.44		3,029.47	23.85	596.35

* Un total de 127 cajas

**La unidad de cría equivale a 25 cajas

1.3Detalle de Información sobre Costos de Insectario

Cuadro I.8 Costo de Consumibles en Insectario

CONCEPTO	Costo unitario con IVA	No. de veces usado	Costo Total
Miel	0.01	30	0.3
Hule espuma	0.05	30	1.5
Papel encerado	0.05	30	1.5
Día climatizado	50.00	30	1500
Subtotal	50.11		1503.3

Cuadro 1.9 Costo de Equipo en el Insectario

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Vida útil en meses	Depreciación mensual
Lámpara mano negra	1	234.00	234.00	60	3.90
Bolsas refrigerantes	2	20.00	40.00	12	3.33
Hielera	2	97.00	194.00	12	16.17
Refrigerador	1	2,000.00	2,000.00	60	33.33
Gradilla	2	218.50	437.00	24	18.21
Libreta registro	1	7.00	7.00	3	2.33
Tapones de hule #3	100	1.44	144.00	6	24.00
Tubos de ensayo	100	34.50	3,450.00	6	575.00
Termómetro Taylor	1	479.00	479.00	36	13.31
Pinzas relojero	2	350.00	700.00	30	23.33
Pinzas de disección	2	35.00	70.00	30	2.33
Aplicador miel	2	0.50	1.00	6	0.17
Computadora	1	12,000.00	12,000.00	36	333.33
Estereoscopio	1	28,000.00	28,000.00	120	233.33
Subtotal					1,282.08

Cuadro I.10 Costo de Instalaciones en el Insectario

Concepto	Costo con iva	Vida útil en meses	Depreciación mensual	Depreciación p/caja*	Depreciación p/U. de cría**
Chapa de seguridad	264.50	60	4.41		
Contacto	89.90	60	1.50		
Cuarto climatizado	12,000.00	60	200.00		
Subtotal	12,354.40		205.91	1.62	40.53

* Un total de 127 cajas

**La unidad de cría equivale a 25 cajas

1.4 Detalle de Información sobre Costos de Insectario

Cuadro I.11 Costo de Consumibles en la Liberación

Concepto	Costo unitario con iva	No. de veces usado	Costo total
Rollo fotográfico	46.00	4	184
Revelado rollo fotográfico	64.00	4	256
Peaje	48.00	4	192
Gasolina premium litro	5.57	72	401.04
Subtotal	163.57		1033.04

I.12 Costo de Equipos en la Liberación

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Vida útil en meses	Depreciación mensual
Hielera	1	97.00	97.00	12	8.08
Escalera	1	800.00	800.00	36	22.22
Automóvil	1	110,000.00	110,000.00	96	1,145.83
Subtotal					1,176.14

1.5 Detalle de Información sobre Costos de Monitoreo

Cuadro I.13 Costo de Consumibles en Monitoreo

Concepto	Costo unitario con iva	No. de veces usado	Costo total
Gasolina premium litro	5.57	72	401.04
Peaje	48.00	4	192
Subtotal	53.57		593.04

Cuadro I.14 Costo de Equipos en Monitoreo

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Vida útil en meses	Depreciación mensual
Aplicador de aceite	2	59.80	119.60	12	9.96
Estereoscopio	2	28,000.00	56,000.00	120	466.66
Computadora	1	22,000.00	22,000.00	36	611.11
Subtotal					1,087.73

Cuadro I.15 Costo de Materiales por Sitio de Monitoreo

UNIDAD DE CRIA: 1 SITIO							
Concepto	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo por Sitio	Cantidad Anual	Costo mensual por sitio	Costo Anual/sitio
Tapa amarilla	10	mes	2.89	28.90	120	28.90	346.76
Repuesto por pérdida tapa amarilla	1	semestre	2.89	2.89	52	11.56	150.26
Tapa transparente	10	semestre	2.50	25.00	520	100.00	1,300.00
Repuesto por pérdida tapa transparente	1	semestre	2.50	2.50	52	10.00	130.00
Prensa trampa mediana	10	año	2.50	25.00	10	2.08	25.00
Repuesto por pérdida Prensa	1	semestre	2.50	2.50	52	10.00	130.00
Aceite multigrado (ml)	10	semestre	0.03	0.30	520	1.20	15.60
Plumón	1	mes	8.00	1.60	12	1.60	19.20
Masking tape(1 rollo)	0.25	mes	22.90	1.43	3	1.43	17.16
Subtotal						166.77	2,133.99

Costo Mensual por 16 sitios 166.77x16 2,668.31

1.6Detalle de Información sobre Costos de Oficina

Cuadro I.16 Costos de Oficina en Consumibles

Concepto	Costo Unitario	No. de veces usado	Costo total
Cd's	18.63	1	18.63
Discos ZIP 100	123.95	1	123.95
Hojas cartas	0.06	1	0.056
Cartulina	6.20	1	6.2
Rollo fotográfico	46.00	1	46
Revelado rollo fotográfico	64.00	1	64
Papel calidad fotográfico HP			0
Pegamento Pritt	16.50	1	16.5
Papel albanene en rollo			0
Block papel albenene			0
Folder	1.00	1	1
Lápices	2.60	1	2.6
Plumas	2.60	1	2.6
Gomas	5.50	1	5.5
Puntillas	4.10	1	4.1
Clips	0.09	1	0.087
Grapas	0.01	1	0.01
Masking tape sencillo	22.90	1	22.9
Masking tape doble			0
Subtotal	314.133		314.133

Cuadro I.17 Costos de Oficina en Equipo

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Vida útil en meses	Depreciación mensual
Computadora	2	20,000.00	40,000.00	36	1,111.11
Cutter	1	15.00	15.00	12	1.25
Subtotal					1,112.36

1.7 Detalle de Información sobre Costos Generales

Cuadro I.18 Costos Generales en Equipo

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Vida útil en meses	Depreciación mensual
Escalera	1	800.00	800.00	36	22.22
Caja herramientas	1	600.00	600.00	48	12.50
Subtotal					34.72

Cuadro I.19 Costos Generales en Instalaciones

Concepto	Costo	Vida útil en meses	Depreciación mensual	Depreciación p/caja*	Depreciación p/U. de cría**
Cerca de malla	15,503.25	60	258.39	2.03	50.86
Subtotal	15,503.25		258.39	2.03	50.86

* Un total de 127 cajas

**La unidad de cría equivale a 25 cajas

Cuadro 1.20 a. Costos totales del programa hasta Diciembre del 2002

Concepto	2001				2002											
	Octubre	Nov.	Dic.		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Vivero	7,804.33	7,804.33	7,804.33		7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33
Invernadero	8,214.64	8,214.64	8,214.64		8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64
Insectario	2,825.91	2,825.91	2,825.91		2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91
Liberación	2,209.91	2,209.91	2,209.91		2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91
Monitoreo	4,349.09	4,349.09	4,349.09		4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09
Gastos de Oficina	426.49	426.49	426.49		426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49
Mano de Obra	84,000.00	84,000.00	84,000.00		84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00
Otros Costos	85.58	85.58	85.58		85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58
ptal Mensual	109,915.95	109,915.95	109,915.95		109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95
					Subtotal											
					1,648,739.25											
					Rentación de Patronato Universitario											
					247,310.89											
					Aportación Patrimonial a la UACH en inf. y equipo											
					376,281.00											
					Total											
					2,272,311.14											

Cuadro 1.20 b. Costos de Continuación del Programa Hasta Diciembre del 2003

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Vivero	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	7,804.33	...	...	...	...	...	...
Invernadero	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	8,214.64	...	...	...	...	...	...
Insectario	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91	2,825.91
Liberación	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91	2,209.91
Monitoreo	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09	4,349.09
Gastos de Oficina	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49	426.49
Mano de Obra	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00
Otros Costos Grales.	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58	85.58
Total Mensual	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	109,915.95	93,896.98	93,896.98	93,896.98	93,896.98	93,896.98	93,896.98
Subtotal											1,222,877.58	
Retencion de Patronato Universitario											183,431.64	
Total											1,406,309.22	
Gran Total											3,678,620.35	

Anexo II.

2.1 Detalle de Costos en la Estrategia de Entomopatógenos

Cuadro II.1 Costo de Mano de Obra

Concepto	Cantidad	Salario por Día	Árboles por Día	Costo por Árbol
Técnico	1	250	8	31.25
Ayudante	2	120	8	15
Costo total por árbol				46.25

Cuadro II.2 Costo de Equipo

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Árboles a Fumigar	Costo por Árbol
Aspersor de pariguela	1	16,000	5,000	3.2
Costo total por árbol				3.2

Cuadro II.3 Costo de Transporte

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo por mes y/o depreciación	Costo por Árbol
Vehículo	1	110,000	1833.33	9.55
Consumibles	400	7	2800	4.66
Costo Total árbol				14.21

Cuadro II.4 Costo de Insecticida

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Rendimiento por dosis (árboles)	Costo por Árbol
Peacilomyces	100 gr	150	10	15
Costo total árbol				15

Anexo III

III.1 Detalle de Costos del Programa de Control Químico

Cuadro III.1 Costo de Mano de Obra

Concepto	Cantidad	Salario por Día	Árboles por Día	Costo por Árbol
Técnico	1	250	8	31.25
Ayudante	2	120	8	15
Costo total por árbol				46.25

Cuadro III.2 Costo de Equipo

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Árboles a Fumigar	Costo por Árbol
Aspersor de pariguela	1	16,000	2,900	5.52
Costo total por árbol				5.52

Cuadro III.3 Costo de Transporte

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo por mes y/o depreciación	Costo por Árbol
Vehículo	1	110,000	1833.33	9.55
Consumibles	400	7	2800	4.66
Costo Total árbol				14.21

Cuadro III.4 Costo de Insecticida

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Rendimiento por Litro (árboles)	Costo por Árbol
Azatina	1 Litro	1500	20	75
Bionex	1 Litro	30	5	6
Costo total árbol				81

Anexo IV

IV.1 Detalle de Costos de Derribo por Secciones

Cuadro IV.1 Costo de Mano de Obra

Concepto	Altura 25 m + - 5 Importe (\$)	Altura 17.5 m + - 2.5 Importe (\$)	Altura 12.5 m + - 2.5 Importe (\$)	Altura 7.5 m + - 2.5 Importe (\$)	Altura 2.5 m + - 2.5 Importe (\$)
Inventario	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75
Diagnóstico del árbol y del sitio	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
Derribo	2,800.00	2,520.00	1,960.00	1,120.00	280.00
Carga y descarga del producto de la trituración	165.00	148.50	115.50	66.00	16.50
Carga y descarga de trozas	220	198	154	88	22
Excavación para destoconado	200	180	140	80	20
Limpieza	125	80	60	40	20
Subtotal	3,536.25	3,152.75	2,455.75	1,420.25	384.75

Cuadro IV.2 Costo de Maquinaria y Equipo

Concepto	Altura 25 m + - 5 Importe (\$)	Altura 17.5 m + - 2.5 Importe (\$)	Altura 12.5 m + - 2.5 Importe (\$)	Altura 7.5 m + - 2.5 Importe (\$)	Altura 2.5 m + - 2.5 Importe (\$)
Maquina Destoconadora	400.00	360.00	280.00	160.00	40.00
Maquina Trituradora	450.00	405.00	315.00	180.00	45.00
Motosierra (incluye consumibles)	200.00	180.00	140.00	80.00	20.00
Transporte (Material triturado y trozas)	1,400.00	1,260.00	980.00	560.00	140.00
Equipo de Seguridad	250.00	225.00	175.00	100.00	25.00
Equipo de trepa de árboles	250.00	225.00	175.00	100.00	25.00
Subtotal	2,950.00	2,655.00	2,065.00	1,180.00	295.00

IV.1 Detalle de Costos de Derribo Direccional por Caída Libre

Cuadro IV.3 Costo de Mano de Obra

Concepto	Altura 25 m + - 5 Importe (\$)	Altura 17.5 m + - 5 Importe (\$)	Altura 12.5 m + - 5 Importe (\$)	Altura 7.5 m + - 5 Importe (\$)	Altura 2.5 m + - 5 Importe (\$)
Inventario	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75
Diagnóstico del árbol y del sitio	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
Derribo	850.00	765.00	595.00	340.00	85.00
Carga y descarga del producto de la trituración	165.00	148.50	115.50	66.00	16.50
Carga y descarga de trozas	220	198	154	88	22
Excavación para destoconado	200	180	140	80	20
Limpieza	125	80	60	40	20
Subtotal	1,586.25	1,397.75	1,090.75	640.25	189.75

Cuadro IV.4 Costo de Maquinaria y Equipo

Concepto	Altura 25 m + - 5 Importe (\$)	Altura 17.5 m + - 2. 5 Importe (\$)	Altura 12.5 m + - 2. 5 Importe (\$)	Altura 7.5 m + - 2. 5 Importe (\$)	Altura 2.5 m + - 2. 5 Importe (\$)
Maquina Destoconadora	400.00	360.00	280.00	160.00	40.00
Maquina Trituradora	450.00	405.00	315.00	180.00	45.00
Motosierra (incluye consumibles)	100.00	90.00	70.00	40.00	10.00
Transporte (Material triturado y trozas)	1,400.00	1,260.00	980.00	560.00	140.00
Equipo de Seguridad	125.00	112.50	87.50	50.00	12.50
Equipo de trepa de árboles	125.00	112.50	87.50	50.00	12.50
Subtotal	2,600.00	2,340.00	1,820.00	1,040.00	260.00