

Informe final* del Proyecto F009

Programa de erradicación de la casuarina (*Casuarina sp*) en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an

Responsable:	Biól. Alfredo Arellano Guillermo
Institución:	Amigos de Sian Ka'an AC
Dirección:	Fuego #2 por Sayil, Mz 10 Sm 4, Cancún, Qroo, 77511 , México
Correo electrónico:	ND
Teléfono/Fax:	Tel: (98)84 9583
Fecha de inicio:	Junio 30, 1995
Fecha de término:	Abril 8, 1996
Principales resultados:	Informe final
Forma de citar** el informe final y otros resultados:	Arellano Guillermo, A., García Beltrán, G. y L. A. Manzanero Acevedo. 1998. Programa de erradicación de la casuarina (<i>Casuarina sp</i>) en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Amigos de Sian Ka'an AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. F009. México D. F.

Resumen:

La Casuarina equisetifolia, originaria de Oceanía y Sureste de Asia ha venido invadiendo la zona de dunas costeras y humedales de la zona costera de la Reserva. Su alta tasa de producción y crecimiento, entre otros factores, la hacen altamente competitiva al grado de comportarse como una plaga. El objetivo del programa en el corto plazo es controlar el crecimiento de la población, mediante la eliminación del arbolado, y en el largo plazo erradicar la especie de la zona de reserva. Esta fase del programa se desarrolló durante el segundo semestre de 1995. La metodología empleada requirió la aplicación de un herbicida conocido comercialmente como Garlón 4 al 4% en diesel, aplicado por método de corte y aspersión al tronco, mientras que las plántulas fueron desenraizadas. Los cortes se realizaron con machete con una separación aproximada de tres pulgadas entre cada corte. Tres estaciones de monitoreo fueron establecidas para observar la efectividad del herbicida. Los resultados incluyen un total de 147, 471 individuos de Casuarina sp que recibieron tratamiento o bien fueron desenraizados. Estos individuos fueron 19% adultos, 37% juveniles y 43% plántulas; para ello, se utilizaron 11.5 litros de herbicida en una distancia lineal de costa de aproximadamente 350 km., resultado en promedio al rededor de 40 ml de herbicida por km. Si bien las estaciones de monitoreo mostraron que el efecto del herbicida es cercano al 100% de efectividad en la población juvenil, también se mostraron diferencias en la mortalidad de las hojas de los adultos a partir de la tercera y quinta semana de haberse aplicado el herbicida con variaciones de entre 33 y 53%. El monitoreo se vio interrumpido después de la quinta semana debido a los efectos del huracán Roxana. Las observaciones de la efectividad del método en la actualidad son coincidentes con estos resultados. Observaciones posteriores indican una mayor efectividad en los adultos, realizando un cinchado del tronco y aumentando la concentración del mismo herbicida al 8%. Este programa representa el primer esfuerzo de erradicación de flora exótica en las áreas naturales protegidas del país.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

PROGRAMA DE ERRADICACION DE Casuarina sp
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN,
QUINTANA ROO, MEXICO.

INFORME FINAL
(Febrero, 1996)

PARA:

COMISION NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Presenta:

Gerardo García Beltrán *
Luis Ariel Manzanero Acevedo +
Alfredo Arellano Guillermo ♦

* Amigos de Sian ka'an A.C. Asesor de Proyecto

+ Dirección R.B. Sian ka'an INE SEMARNAP. Coord. Tec. Proyecto

♦ Dirección R.B. Sian ka'an INE SEMARNAP. Respons. del Proyecto

PROGRAMA DE ERRADICACION DE Casuarina sp EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN, ESTADO DE QUINTANA ROO, MEXICO.

INTRODUCCION.

Uno de los problemas más importantes que se tienen en diversas reservas naturales en las zonas tropicales del mundo es la invasión de especies vegetales exóticas (Olmsted, 1983). El clima cálido y las constantes lluvias a través del año brindan a estas plantas el hábitat idóneo para un establecimiento exitoso. Por lo general éstos organismos invasores se ven libres de depredadores y enfermedades, tomando así ventajas competitivas ante las poblaciones vegetales nativas. De esta forma, impiden su crecimiento y ocupan el espacio físico.

Una de las especies exóticas que están causando serios problemas en los humedales y manglares de Florida y América Central es el llamado "pino de mar" (Casuarina sp) el cual es quizá el más ampliamente distribuido en las zonas tropicales y subtropicales de América (Morton, 1980). El género Casuarina es originario de Oceanía y el sureste de Asia y fué reportado por primera vez en América hacia el año de 1852 en México. En los Estados Unidos fueron introducidas siete especies australianas y una del este de la India en los años anteriores a 1924; las semillas fueron distribuidas con nombres erróneos por botánicos y exploradores, causando serios problemas de identificación que hasta la fecha aún persisten.

La introducción de Casuarina por el hombre obedeció a su elevada tasa de crecimiento y su capacidad de desarrollarse en los suelos arenosos de las dunas costeras. Se pensaba por un lado que el rápido crecimiento de ésta especie proveería en poco tiempo de diversos elementos para su utilización. Sin embargo, la madera es quebradiza, difícil de cepillar, propensa a romperse y abrirse, además que es muy susceptible a las termitas. La pulpa presenta fibras demasiado cortas provocando que la fabricación de papel resultara en un producto de poca calidad. La elevada concentración de taninos presentes en sus tejidos la hacen poco recomendable para forraje (Morton, 1980). Tal vez el mejor uso que se le pueda dar es como combustible, que aunque no provoca llama y es difícil hacerla arder, tiene un alto valor calorífico (Morton, 1980).

La Casuarina se ha establecido exitosamente en Barbados, Hawaii, Puerto Rico y en el estado norteamericano de Florida, en nuestro país se encuentra en las costas del Golfo de México y Mar Caribe, así como en algunos puntos aislados continentales.

ANTECEDENTES.

La Casuarina se ha constituido como una de las peores plagas que se han presentado en los parques y reservas nacionales de Florida. Después de un explosivo aumento en la población de Casuarina que provocó el huracán Donna en 1960, se iniciaron programas de control y erradicación en la zona.

En 1975, el Departamento de Recursos Naturales de Florida autorizó la remoción de todos los individuos de Casuarina en los seis parques estatales del sur de Florida (Morton, 1980). De esta forma todas las Casuarinas del parque John Pennekamp en Cayo Largo fueron derribadas.

En 1980, en Cape Florida State Park en una zona no transitada se quemaron intencionalmente 37 hectáreas pobladas por Casuarina, 90% de los árboles murieron y casi no se presentaron retoños. Se repitió la operación en una segunda zona, obteniendo mejores resultados y sin retoños (Morton, 1980). Según Morton (1980), este es "claramente el método más práctico de eliminar completamente a los pinos australianos".

Con el fin de fortalecer las poblaciones vegetales nativas en el parque estatal de Cape Florida, se hicieron cortes en el tronco de los árboles inyectando posteriormente el herbicida denominado 2,4-D (2,4-ácido diclorofenoxiacetil), el árbol moría en un lapso de 6 a 8 meses. La vegetación nativa se repuso favorablemente (Morton, 1980).

En 1979, en Turkey Point, la Florida Power & Light (FPL) asperjó 123 hectáreas con una combinación de 2,4-D y Dicamba (Sal dimetilamina de 2,4-ácido acético diclorofenoxi +sal dimetilamina de 3,6 ácido dicloro-o-anisico), obteniendo una mortalidad en árboles menores a 4.5m de altura de 80 al 90%, y un 20% en árboles mayores a esta talla; según Morton (1980), la aspersion produjo una "ligera" mortalidad entre la población nativa de manglar, y entre un 30% a 40% entre las herbáceas vecinas. El objetivo de la FPL durante los esfuerzos de erradicación realizados por ella era aumentar la eficiencia de la planta de energía, puesto que Casuarina representaba un peligro para las líneas de energía, teniendo importancia secundaria el reestablecimiento de la vegetación nativa (The Nature Conservancy, 1992).

Bancroft cita que en los Everglades National Park, se probó la utilización del 2,4-D por inyección directa en el cámbium, con un hacha hipodérmica (Hypo-hatchet) o bien haciendo cortes en el tronco mediante un machete y colocando bolitas comprimidas de herbicida sólido obteniendo buenos resultados (The Nature Conservancy, 1992). El mismo autor señala que los herbicidas Silvasar y Silvex (ácido propiónico 2-(2,4,5-triclorofenol)) no son efectivos.

El Exotic Pest Plant Council, hace una serie de recomendaciones acerca del uso de diversos herbicidas y su modo de aplicación para el control específico de la Casuarina, en ellos se sugiere que el 2,4-D se aplique por aspersión en las hojas, o bien en el cámbium después de derribado el árbol.

Diversos herbicidas han sido probados para el caso particular de Casuarina. Rochefort (1983), realiza un estudio en Key Largo, Everglades City y Pine Island donde compara dos herbicidas: Velpar-L y Garlon 4; Velpar-L fue aplicado en una concentración de 100% con el método de "corte e inyección"; Garlon 4 fue aplicado en tres diluciones diferentes por el método de aspersión basal del tronco: 2% de Garlon 4 y 98% diesel; 4% de Garlon 4 y 96% diesel; 2% de Garlon 4, 3% Cide-Kick (que funciona como catalizador en la penetración del herbicida a través de la corteza) y 95% diesel; y 2% de Garlon 4, 6% cide-kick y 92% diesel.

El Velpar-L demostró poca efectividad, además que su residualidad es prolongada, por lo que afectaba a plantas que no habían sido inoculadas. Por su parte el Garlon 4 ha sido ampliamente probado a través de los esfuerzos de erradicación de Casuarina; Rochefort encuentra que la efectividad del herbicida asperjado fue muy baja en los árboles mayores a 3" de diámetro medido a la altura del pecho (d.a.p.), se concluye que la corteza en éstos individuos es lo suficientemente gruesa como para que el herbicida por si solo penetre hasta el cámbium, por esta razón fue necesario agregar Cide-kick. Todos los árboles menores a 3" de d.a.p. tratados con la mezcla de 4% de Garlon 4 y diesel murieron con un solo tratamiento dos meses después; la mezcla 2% de Garlon 4 y diesel, también tuvo buenos resultados, sin embargo eran necesarios uno o dos tratamientos posteriores. El autor concluye que la mezcla de 2% de Garlon 4 y diesel aplicada por aspersión basal del tronco es el método más recomendable debido a la baja concentración de herbicida utilizada.

La mezcla de 2% de Garlon 4 y diesel aplicada mediante aspersión basal o por corte e inyección es la más comunmente usada (Langeland, 1988). Stevenson (The Nature Conservancy, 1992) menciona que el Departamento de Recursos Naturales de Florida promueve el uso de esta mezcla aplicada por aspersión basal, además advierte que es necesaria una segunda aplicación un mes después; así mismo, se menciona que el método de cortar e inyectar causa la muerte rápida del árbol, recomendándose para los individuos más grandes, se sugiere también que se aplique herbicida en las raíces que se encuentren expuestas.

Sprague et al. (1984) realizan un estudio comparativo entre el Garlon 4 y un nuevo herbicida conocido con el nombre comercial de Garlon 3A; se utilizaron tres métodos de aplicación y dos concentraciones diferentes para cada herbicida, se probaron en dos rangos de d.a.p. Garlon 3A se aplicaba al 50% y 100% en agua, mientras que Garlon 4 al 2% y 4% en diesel. El Garlon 3A actúa rápidamente y de manera eficaz; por otro lado, el Garlon 4 tiene una velocidad de acción menor, su eficiencia se desconoce ya que los resultados publicados son preliminares.

Curtis (no publ.) resume los trabajos de diversos investigadores que laboran en programas de control de Casuarina en el Sur de Florida. Recomienda el uso de Garlon 3A o Garlon 4, aplicandolos mediante aspersión basal.

DESCRIPCION BIOLOGIA Y ECOLOGIA DE Casuarina equisetifolia.

La familia Casuarinaceae incluye cuatro géneros y 82 especies segun Woodall & Geary (1985), el genero Casuarina lo constituyen árboles siempre verdes con frutos semejantes a los conos de las verdaderas gimnospermas. Los adultos y subadultos presentan un tronco fuerte de corteza rugosa con ramas principales casi erectas, algunas de las cuales brotan cerca de la base del tronco ensanchandose tanto que se asemejan a un individuo adulto. Presentan ramas secundarias delgadas, el tronco de los juveniles es liso; crecen rápidamente alcanzando en algunas especies hasta 45 metros de altura en su hábitat natural; en Florida C. equisetifolia llega a medir hasta 40 m, mientras que en la Ciudad de Cancún, Quintana Roo, se ha localizado un ejemplar de aproximadamente 30 m (obs. pers.). Las hojas se disponen a manera de escamas en espiral a lo largo de pequeñas ramas verdes llamadas agujas, las cuales se asemejan a las hojas de las coníferas; las escamas no pueden realizar la mayoría de las funciones de las hojas normales, estas funciones son tomadas por las agujas, sin embargo, las escamas son útiles en un ambiente en el que el agua dulce resulta escasa. La ausencia de hojas típicas y la estructura de las agujas retarda la pérdida de agua (Barret, 1986).

Casuarina equisetifolia es monoica, presenta una espiga estaminada terminal con brácteas florales envolviendo a los estambres los cuales no son visibles alrededor de los dientes previos a la antesis. Los conos son abundantes, con tamaño que oscila entre los 10 y los 20 mm de diámetro, ligeramente más largos que anchos y cubiertos por una fina capa pubescente de color blanco mientras el cono es verde; este se torna rojizo con la edad. Los conos se producen dos veces al año, cada uno conteniendo 12 hileras de cápsulas dehiscentes. Las semillas se dispersan por el viento, aunque los conos tambien se dispersan flotando en el agua. La sámara tiene de 6 a 8 mm de largo y es de color café palido.

El fruto antes de liberar las semillas presenta tonalidades de verde a gris y café una vez que las semillas son liberadas. En los Everglades C. equisetifolia florece dos veces al año una vez alcanzada la madurez sexual, la cual lleva de 3 a 5 años después de la germinación. La floración se presenta de febrero a abril y de septiembre a octubre; la liberación de las semillas se presenta en junio y diciembre. Las semillas permanecen fértiles hasta un año, germinando en 4 u 8 días bajo condiciones adecuadas de tipo y porosidad del suelo. Las plántulas son muy sensibles a sequias, inundaciones e incendios; por otra parte, el genero Casuarina es muy tolerante a las sales.

La dispersión de las semillas se ve favorecida con los vientos huracanados; en los Everglades, se presentó un repentino y explosivo crecimiento de la población de Casuarina en los años posteriores a los huracanes Donna (1960) (Morton, 1980; Kemp-Poole, 1987) y Betsy (1965) (Kemp-Poole, 1987), los cuales ayudaron a su expansión al crear nuevas zonas libres de vegetación nativa y dispersando las semillas.

El crecimiento es muy rápido durante los primeros 7 años, declinando poco después. El tamaño máximo se alcanza posteriormente a los 20 años de edad, con una longevidad de 40 a 50 años. En Florida, la tasa de crecimiento es de 1 m a 1.5 m anualmente en condiciones de stress, y a más de 3 m bajo cultivo.

Las especies de Casuarina son capaces de conformar relaciones simbióticas con hongos actinomicetes (Frankia sp) para la fijación de nitrógeno molecular. Así, Casuarina posee la capacidad de ocupar sitios pobres en nitrógeno, como lo son las áreas alteradas y dunas desérticas y costeras; por ésta razón se pensó utilizarla para actividades de readaptación de la tierra, de estabilización de dunas y reforestación.

La densa colonización de Casuarina produce una capa de agujas muertas que en ocasiones llega a ser de hasta 30 cm de espesor, impidiendo la germinación de cualquier otra planta en su vecindad. También se ha demostrado que produce una fitotoxina, la cual inhibe el establecimiento y crecimiento de las plantas nativas.

EL GENERO Casuarina EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN.

En la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an en el estado de Quintana Roo, se ha registrado la presencia de Casuarina equisetifolia, cuya población esta empezando a causar algunos problemas pues está desplazando gradualmente a la vegetación nativa, afectando de manera principal a las comunidades de manglar, entre las que se encuentran el mangle rojo (Rizophora mangle), mangle blanco (Laguncularia racemosa), mangle negro (Avicennia germinans) y mangle botoncillo (Conocarpus erecta) (Cano et al., 1982). Hasta el momento, C. equisetifolia únicamente se encuentra distribuida a lo largo de la línea costera de la Reserva (Fig. 1), estando presente en aproximadamente el 70% de ella.

Aparentemente los primeros individuos de Casuarina fueron introducidos a la zona que más tarde sería declarada como la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an en los terrenos costeros a la Península de Icacos, presentándose ejemplares de gran talla en el Club de Pesca Boca Paila, Club de Pesca Pez Maya, Cabañas el Retiro, Colonia Javier Rojo Gómez y otras localidades a lo largo de la costa como Punta Pájaros y Rancho Tampalán. Posteriormente y en base a los árboles maduros presentes, la Casuarina se dispersó principalmente de manera autónoma por las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo.

La distribución lineal de Casuarina en la Reserva es debida tal vez a los espacios físicos creados por los huracanes Donna y Janet. De acuerdo con entrevistas realizadas a los primeros colonizadores de la colonia Punta Herrero, el "pino de mar" o "ciprés", como es conocido este árbol en la zona, empezó a invadir la Bahía del Espíritu Santo después del paso del Huracán Janet en 1955, antes del cual la Casuarina no existía en la zona.

Para los pobladores de Punta Herrero como para los de la colonia Javier Rojo Gómez en Punta Allen, la Casuarina no representa ningún problema, ni perjudica sus actividades pesqueras, obteniendo en cambio beneficios como rompevientos, creador de sombra y referencia para la navegación costera.

JUSTIFICACION.

La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an cuenta con aproximadamente 528,000 hectáreas, de las cuales un tercio es selva en excelente estado de conservación, lo que la hace una de las últimas zonas de México con esta gran extensión de selva (Greenberg 1989). En ella existe un amplio acervo de especies vegetales y animales, tanto dulceacuícolas como marinas y terrestres, todas ellas constituyendo variadas comunidades que reunidas forman complejos ecosistemas, muchos de ellos únicos en México por su tipo y estado de conservación.

Los habitats mejor conservados e inalterados estan próximos a la costa o en el interior de los humedales; en las 160,000 hectáreas que comprenden las sabanas de la Reserva, se han desarrollado comunidades vegetales caracterizadas por una especie dominante, de esta manera tenemos el saibal, el tular y el carrizal entre otros (Olmsted y Durán, 1986; 1990). Existen además, los humedales o pantanos de zacates y los manglares, todos constituyendo las comunidades vegetales más abundantes dentro de la Reserva. Los manglares se encuentran distribuidos a lo largo del 70% de la línea costera, y representan un ambiente propicio para el refugio y reproducción de innumerables especies de crustáceos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Estas comunidades vegetales actualmente estan siendo afectadas por la invasión de Casuarina sp. la cual se distribuye principalmente en las dunas costeras y el manglar, donde especies como el bejuco rastrero (Erenodea littoralis), la uva de mar (Coccoloba uvifera), el Chit (Thrinax radiata) y las cuatro especies de mangle (Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans y Conocarpus erecta) estan siendo desplazadas paulatinamente y de manera muy efectiva, lo que eventualmente podría conducir a la degradación de estos ecosistemas.

El valor biológico y económico de estos tipos de vegetación es mucho mayor del que pudiera pensarse; Gallegos (1986) comenta que "el manglar constituye un ambiente filtrador de nutrientes, sintetizador de materia orgánica y exportador de detritus, absolutamente decisivo para el mantenimiento de la alta productividad de las zonas

costeras tropicales del mundo y, por tanto, indispensable para la supervivencia humana". Los manglares exportan un 30% de su producción neta a las bahías adyacentes, y contribuyen a la producción de la pesca costera; la langosta espinosa y diversas especies de peces encuentran en el manglar el sitio idóneo para el refugio y desarrollo de los estadios poslarvales y juveniles, las dos terceras partes de las poblaciones de peces en el mundo dependen del manglar (Gallegos, 1986); la actividad pesquera resultaría seriamente afectada si estas comunidades vegetales se vieran reducidas o fueran totalmente destruidas.

El manglar además, ofrece protección y actúa como rompevientos y rompeolas cuando se presentan ciclones o huracanes, estabiliza sedimentos y previene erosiones; son una fuente de recursos que el hombre utiliza como combustible, en la construcción, en productos químicos diversos y aún en medicina y alimentación (Gallegos, 1986).

Por su parte, los humedales o pantanos cumplen con otras funciones que pueden considerarse vitales para la vida en el planeta; al atenuar los flujos de agua, amortiguan el efecto de las inundaciones, desaceleran los procesos erosivos y crean complejos nichos en los que viven una gran cantidad de organismos; se calcula que alrededor de la tercera parte de las especies raras o en peligro de extinción de plantas y animales, dependen parcial o totalmente de los humedales; al igual que el manglar, dentro de los humedales se lleva a cabo una intensa actividad metabólica, en la cual se almacena, degrada y mineraliza materia orgánica para convertirla en nutrientes. Investigaciones recientes han demostrado que los humedales funcionan como grandes sistemas de procesos bioquímicos para el reciclamiento de gases como el nitrógeno, el carbono, el azufre y el metano que mantienen la homeostasis en la atmósfera (Toledo et al., 1987).

Otro ecosistema importante dentro de la Reserva es el conformado por las dunas costeras, la vegetación que en ellas se encuentra es única en el país, incluso con algunas especies endémicas y otras de valor etnobotánico (Espejel, 1983). Estos aspectos hacen que este tipo de vegetación tenga una importancia relevante, obligando a su cuidado y conservación.

La vegetación nativa de las dunas costeras es indispensable para su estabilidad, los intrincados sistemas radiculares de varias especies retienen la arena y evitan que la fuerza del oleaje la arrastre, de esta forma previenen la erosión de las playas, las cuales son un elemento fundamental para todos los pequeños desarrollos turísticos que se encuentran a lo largo de la costa Norte de la Reserva Sian Ka'an.

Cabe notar que este tipo de vegetación es una de las comunidades más escasas dentro de la Reserva de la Biósfera ya que a sufrido serias perturbaciones por el establecimiento de cocales destinados a la producción coprera en la costa. Sólo existen dos zonas en la Reserva Sian Ka'an que no fueron plantadas con palmas cocoteras, estas son la Laguna Mosquitero al sur de la Reserva y Rancho San Juan en el norte.

PROGRAMA DE ERRADICACION.

Debido a la problemática detectada con respecto a la invasión de Casuarina en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, la Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales (SEDUE) autoriza a Amigos de Sian Ka'an A.C. mediante oficio 412.(2) 5703 del 24 de noviembre de 1989 la realización de la prospección preliminar del grado de invasión presente en la Reserva.

García y Barrios (1993) elaboraron un estudio del tamaño poblacional del género Casuarina en la Reserva con datos tomados mediante prospecciones visuales aéreas durante 1990 y conteos terrestres en 1993, los resultados de este estudio permitieron elaborar un plan de erradicación similar al utilizado en el Parque Nacional de los Everglades en Florida E.U.

Apoyos financieros.

El treinta de junio de 1995 se firma el convenio para la ejecución del proyecto entre el Secretario Técnico del Fondo para la Biodiversidad, la CONABIO y Amigos de Sian ka'an A.C. como la institución ejecutora en conjunto con la Dirección de la Reserva de la Biosfera de Sian ka'an, con un aporte total de N\$ 47,150.

La gestión de aportes complementarios al proyecto tienen frutos en Agosto de 1995; Amigos de Sian Ka'an A.C. y el Ejecutivo Federal a través del Instituto Nacional de Ecología - SEMARNAP firman el contrato DGAERN-GEF/34CE/03/95, parte del "Proyecto de Conservación de la Biodiversidad en Areas Naturales Protegidas Selectas de México-GEF" financiado parcialmente por el donativo del Fondo Global Ambiental número 28604-ME y en forma paralela al préstamo del Banco Internacional para la Reconstrucción y Fomento número 3461-ME, con un aporte total de N\$ 25,760.

Una vez adquiridos los materiales y suministros, se dio inicio a las actividades de erradicación de Casuarina sp. el día 4 de Agosto de 1995.

OBJETIVO

- Corto plazo. Controlar la plaga de Casuarina de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, mediante la eliminación del arbolado.

- Mediano plazo. Erradicar la especie de la zona de reserva a través del monitoreo de regeneración natural y manejo de la vegetación.

METODOLOGIA

La metodología empleada se basó en la utilizada por Sprague et al. (1984) en el Parque Nacional de los Everglades en Florida. Se utilizó una mezcla de 4% de herbicida conocido con el nombre comercial de Garlon 4 y 96% de diesel, aplicado por el método de corte e inyección. Se realizaron cortes con machete en el tronco de los árboles (Foto 1 y 2) y se aplicó la mezcla por aspersión a cada uno de los cortes (Foto 3). Las inyecciones se hicieron alrededor de toda la circunferencia del tronco con una separación aproximada de 3 pulgadas entre cada una, la dosis fue de 1 ml por inyección.

Desde el inicio del programa y hasta el 6 de octubre se utilizó una lancha IMEMSA de 27 pies de eslora y dos motores fuera de borda de 48 HP cada uno, con la cual se llegó a cada una de las localidades. Además, para tener acceso a las regiones someras como lagunas y canales se requirió de una embarcación de 15 pies de eslora con motor fuera de borda de 25 HP. Debido a que el huracán Roxana dañó la embarcación mayor y ya no se tuvo acceso a la embarcación menor, a partir del 1 de noviembre se utilizaron una lancha ballenera con un motor de 48 HP y otra de 15 pies de eslora con motor de 15 HP propiedad de la Dirección de la Reserva Sian Ka'an.

Durante el desarrollo del programa cada trabajador tomó registros del número de inyecciones aplicadas a cada adulto y juvenil y el número de plántulas desenraizadas en una libreta de campo. Estos datos fueron vaciados a una libreta general al término de cada día de trabajo.

Al inicio de las actividades de erradicación se trabajó con un equipo de cinco personas, sin embargo fué necesario incrementar el personal para aumentar el grado de avance diario a un equipo de 9 personas. Los trabajadores de campo fueron sustituidos voluntariamente en diversas ocasiones, pocos elementos trabajaron por un lapso mayor a 45 días, siendo la causa principal el cansancio físico. Otro factor importante fue el impacto económico del huracán Roxana en los pobladores del lugar; las actividades pesqueras en la colonia Javier Rojo Gómez fueron prácticamente interrumpidas y muchas viviendas fueron destruidas, por lo que gran parte de la población abandonó la zona.

Durante el desarrollo de las actividades de campo laboraron un total de 28 personas, de las cuales 6 pertenecen a la Dirección de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, 22 fueron trabajadores eventuales habitantes de la Colonia Javier Rojo Gómez, en la Punta Allen, y uno más fungió como coordinador general, quien colaboró en las labores de erradicación durante las visitas de inspección. La ficha técnica (Tabla 1) resume las jornadas laboradas por cada uno de los ayudantes, así como las visitas de inspección realizadas.

Las jornadas de trabajo consistieron en 8 horas diarias durante 10 días consecutivos en promedio, después de los cuales el personal descansaba por un período de 3 días. Las visitas de supervisión fueron de cuatro días por cada diez, distribuidos en dos días a la entrada del personal para el inicio de las labores, y los últimos dos días de

AGOSTO

	4	5	6	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	29	30	31	
Aurelio Diaz Jimenez														A	X	X						
Juan Diaz														T								
Luis Ariel Manzanero * (a)														A								
Rafael Sanchez														Q								
Rufino Ucan Chan														U								
Idelfonso Yan Pool *														E								
Manuel Cauich Uitzil														D								
Alfredo Cauich Uitzil														E								
Juan Cauich Uitzil														A								
Rene Trevino Gonzalez														B								
Ignacio Creoglio Burgos														E								
Eulogio Puc Kinil *														J								
Gilmar Cruz Suarez *														A								
Clementino Cauich Uitzil														S								
Gerardo Garcia Beltran (b)																						
TOTAL DE PERSONAL	6	6	6	6	6	6	7	7	9	8	8	8	7		4	8	8	10	9	8	8	

	SEPTIEMBRE													OCTUBRE										
	1	2	3	4	5	6	7	8	13	14	15	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6		
Aurelio Diaz Jimenez																								
Juan Diaz																								
Luis Ariel Manzanero * (a)																								
Rafael Sanchez *																								
Rufino Ucan Chan																								
Manuel Cauich Uitzil																								
Alfredo Cauich Uitzil																								
Juan Cauich Uitzil																								
Pablo Chable Sanchez																								
Carlos Abelardo Salazar Perez																								
Clementino Cauich Uitzil																								
Jose Rafael Perez Ancona																								
Gerardo Garcia Beltran (b)																								
Gilmar Cruz Suarez Jose																								
Salazar Perez																								
Rolando Aguilar*																								
TOTAL DE PERSONAL	9	8	8	8	8	8	9	9	6	8	8	8	8	9	9	9	7	7	7	7	10	10	10	5

	OCTUBRE							NOVIEMBRE									
	9	10	11	12-19	20	21-28	31										
Manual Perez Ancona																	
Carlos Salazar Perez	AVISO	EVACUACION	ENTRADA		VISITA DE INSPECCION	CAMINO	INICIO										
Luis Manzanero * (a)				CAMINO	DE	EN	DE										
Victor Sanches	DE	DE	ATIERRA		EQUIPO	PESIMAS	ACTIVIDADES										
Jose Salazar Perez				BLOQUEADO	CAMINO	CONDICIONES	INSTALACION										
Jesus Puc	HURACÁN	PUNTA	DEL HURACÁN		EN	INSEGURO	DE										
Miguel Canul Puc					PÉSIMAS	TRANSPORT ARSE	CAMPAMENTO										
Jose Luis Lopez		ALLEN	ROXANA		CONDICIONES												
TOTAL DE PERSONAL								7	7	7	6	6	6	8	8	8	

	NOVIEMBRE								
	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Manuel Perez Ancona									
Carlos Abelardo Salazar Perez									
Luis Ariel Manzanero * (a)									
Jesus Torres Manrique									
Jose Salazar Perez									
Eduardo Martin Xool									
Miguel Briceno Rojas									
Victor Sosa Rojas									
Gilmar Cruz Suarez									
Alfredo Cauich Uitzil									
TOTAL DE PERSONAL	10	10	10	9	9	9	10	10	10

Tabla 1. Ficha tecnica. Dias laborados por persona en el campo durante el programa de erradicacion. (*) Personal de la Direccion General de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. (a) Coordinador de campo, (b) Coordinador general, solo visitas de supervision, (X) Personal en recuperation atacado por las abejas.

cada campaña durante la salida del personal. En estas visitas se hicieron algunas recomendaciones al inicio del programa, las cuales fueron implementadas de inmediato; las recomendaciones hechas fueron sido las siguientes:

- 1) Vestir la ropa adecuada durante la aplicación del herbicida. Debido a las altas temperaturas predominantes en el área y por aspectos culturales, algunos elementos ocasionalmente no vestían la ropa adecuada.
- 2) Aplicar la cantidad correcta de herbicida. En el caso de los árboles más grandes con un diámetro de tronco considerable (existen árboles de más de 1.5m de diámetro de tronco) se subestimaba el efecto del herbicida y generalmente se aplicaba más de 1 ml en cada corte de machete. El personal fué instruido para que sólo aplique la cantidad requerida en cada corte y, en caso de que considere que la cantidad de herbicida no ha sido suficiente por la magnitud del tronco, entonces realice nuevos cortes e inyecte 1 ml en cada uno.
- 3) Llevar adecuadamente los datos de registro en su libreta de campo. Puesto que muchos de los trabajadores de campo nunca habían tomado datos sistemáticamente, en ocasiones se presentaba desorganización en la manera de registrar los datos en el campo. Además, las incomodidades que el trabajo representaba hacían que la gente olvidara el registrar los datos, por lo que se optó por sólo anotar el número de árboles de cada clase de edad que estaban siendo inoculados.

AREA DE TRABAJO.

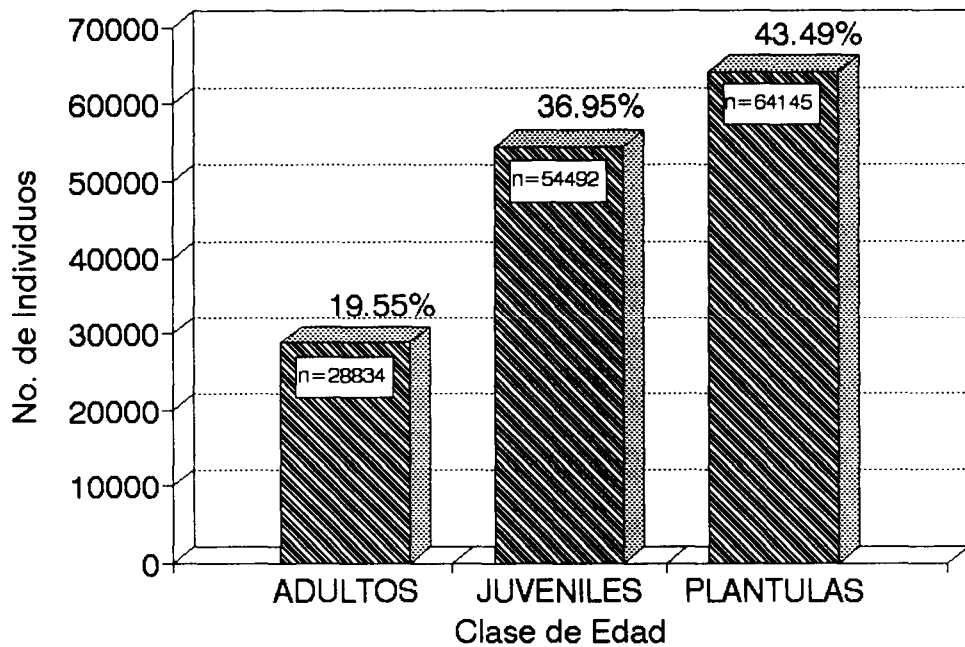
El área cubierta comprendió la totalidad de la Bahía de la Ascensión y hacia el sur de Punta Pájaros hasta la Punta Santa Rosa, y sobre la línea costera el Hotel Pez Maya y a partir de la localidad "El Retiro" hasta la Punta Allen. En la última fase de trabajo se atendió la zona de canales situada al sur de la Bahía de la Ascensión, la Laguna de Tres Marías, Cayo Lagartijas y Punta Venado (Fig. 2).

RESULTADOS

Los resultados finales incluyen un total de 147,471 individuos de Casuarina sp que recibieron tratamiento o bien fueron, desenraizados. Los porcentajes de acuerdo a la etapa de desarrollo fué de 19.55% de adultos, 36.95% juveniles y 43.49 % plántulas (Gráfica 1, Tabla 2). Durante estas labores se utilizaron 11.5 lt de herbicida y 287.25 lt de diesel para un total de 298.75 lt de mezcla.

El número de individuos tratados por día fue extremadamente variable debido a las condiciones del clima y del terreno que afectaron de manera directa el desarrollo del programa. En las localidades de duna costera en las que se trabajó los primeros días de agosto, el rendimiento fue de 130 individuos erradicados por hora/hombre, incluyendo las

Individuos erradicados por clase de edad



Gráfica 1. Número de individuos por clase de edad de Casuarina sp que recibieron tratamiento en la Bahía de la Ascensión y la Península de Icacos. El método de erradicación de adultos y juveniles es por corte e inyección; las plántulas por desenraizamiento.

FECHA	CLASE DE EDAD				HOMBRES	HORARIO DE		HORAS DE TRABAJO	CLIMA DOMINANTE	LOCALIDAD TRABAJADA	
	ADULTOS	JUVENILES	PLANTULAS	TOTAL		INICIO	FIN				
Ago.	4	108	494	3628	4230	5	9:00	3:30	6.5	Caluroso	Pta. Gaytanes
	5	63	741	2325	3129	5	9:00	4:00	7	Nublado	Pta. Gaytanes
	6	89	346	232	667	4			7		
	7	58	93	55	206	4			7		
	8	210	705	160	1075	5			7		
	9	No se laboro. Rafagas de viento muy fuerte.									
	10	344	793	546	1683	5			7		
	11	307	190	204	701	5			7		
	15	412	699	831	1942	9	8:00	17:00	9	Caluroso	Pta. Gorda, Vigia Chico
	16	484	575	804	1863	8	8:00	16:00	8	Caluroso	Vigia Chico
	17	610	1097	126	1833	8	8:00	15:00	7	Lluvioso	Vigia Chico
	18	795	1464	864	3123	8	8:00	16:00	8	Lluvioso	Vigia Chico
	19	396	691	736	1823	7	8:00	17:00	9	Caluroso	Norte de Vigia Grande
	20	No se laboro. Incidente con abejas africanizadas.									
	21	231	627	328	1186	4	7:00	16:00	9	Caluroso	Pta. Allen, Col. Rojo Gomez
	22	754	1896	317	2967	8	8:00	15:00	7	Caluroso	Pta. Allen
	23	490	1334	299	2123	8	8:00	16:00	8	Caluroso	Pta. Allen, Rancho Ancona
	24	332	1251	143	1726	9	7:30	14:00	6.5	Caluroso	Pta. Xoquen
	29	548	2854	577	3979	9	8:00	14:00	6	Caluroso	Pta. Xoquen
	30	841	3510	632	4983	8	8:00	16:00	8	Caluroso	Pta. Xoquen
31	Instalacion del Campamento en Vigia Grande.										
Sept.	1	411	1748	2344	4503	9	8:00	16:00	8	Caluroso	Vigia Grande
	2	347	1108	1298	2753	8	9:30	16:30	7	Caluroso	Vigia Grande
	3	804	1330	1178	3312	8	8:00	16:00	8	Nublado	Vigia Grande
	4	190	2216	207	2613	8	8:00	16:00	8	Nublado	Pta Pajaros
	5	320	2992	183	3495	8	8:00	14:30	6.3	Nublado	Pta Pajaros
	6	777	719	212	1708	9	8:30	16:00	7.7	Nublado	Xoque, Sn. Juan, El Retiro
	7	147	800	578	1525	9	9:00	17:00	8	Caluroso	Pta. Hualaxtoc, Pta Pajaros
	8	89	69	11	169	6	8:00	12:00	4	Caluroso	Col. Rojo Gomez
	13	439	1156	1813	3408	8	8:00	15:30	7.5	Caluroso	Vigia Grande
	14	381	960	1399	2740	8	8:00	16:00	8	Caluroso	Vigia Grande
	15	252	494	401	1147	5	8:00	12:00	4	Lluvioso	Punta Pajaros
	26	Instalacion del Campamento en Vigia Grande.									
	27	Lluvia abundante todo el dia, no hubo actividades.									
	28	322	633	1326	2281	9	8:00	15:00	7	Nublado	Vigia Grande
29	234	331	535	1100	7	8:00	16:00	7	Nublado	Vigia Grande	
30	473	698	2483	3654	7	8:00	16:00	7	Nublado	Vigia Grande	
Oct.	1	342	430	403	1175	7	8:00	16:00	7	Nublado	Vigia Grande
	2	772	727	1659	3158	7	8:00	16:00	8	Nublado	Vigia Grande
	3	1001	1533	544	3078	10	9:00	15:00	6	Nublado	Vigia Grande
	4	1194	1478	1142	3814	10	8:00	15:00	7	Nublado	Vigia Grande
	5	232	342	2077	2651	10	8:00	12:00	4	Caluroso	Vigia Grande
	6	314	492	2962	3768	5	14:00	18:00	4	Templado	Hotel Pez Maya
11	Entrada del Huracan Roxana										
31	Instalacion del Campamento										
Nov.	1	785	832	1061	2678	7	7:00	15:00	8	Caluroso	Vigia Grande
	2	517	792	712	2021	7	7:30	16:00	8.5	Caluroso	Vigia Grande
	3	694	752	1012	2458	7	7:00	15:00	8	Caluroso	Vigia Grande
	4	486	526	396	1408	6	8:00	15:00	7	Caluroso	Vigia Grande
	5	417	581	900	1898	6	9:00	15:00	6	Nublado	Cayo Xhobon
	6	366	415	482	1263	6	8:00	15:00	7	Caluroso	Los Canales
	7	559	679	550	1788	8	7:00	15:00	8	Caluroso	Los Canales
	8	914	1276	1864	4054	8	8:00	16:00	8	Caluroso	Los Canales
	9	1125	1447	1428	4000	8	7:00	15:00	8	Caluroso	Los Canales
	15	954	853	2371	4178	10	8:00	16:00	8	Caluroso	Laguna Tres Marias
	16	695	935	3217	4847	10	7:00	15:00	8	Caluroso	Laguna Tres Marias
	17	698	615	2557	3870	10	7:00	15:00	8	Nublado	Laguna Tres Marias
	18	746	936	2562	4244	9	7:00	15:00	8	Nublado	Laguna Tres Marias
19	864	616	2121	3601	9	8:00	16:00	8	Nublado	Laguna Tres Marias	
20	686	886	1996	3568	9	8:00	16:00	8	Caluroso	Laguna Tres Marias	
21	960	1184	2621	4765	10	7:00	15:00	8	Caluroso	Laguna Tres Marias	
22	596	873	1360	2829	10	8:00	16:00	8	Nublado	Cayo Lagartijas Sur	
23	659	678	1373	2710	10	7:00	15:00	8	Caluroso	Cayo Lagartijas Sur	
TOTAL	28834	54492	64145	147471							

Tabla 2. Resumen de las actividades realizadas en la Bahía de la Ascension y Peninsula de Icacos.

tres clases de edad; algo similar sucedió en el Hotel Pez Maya, donde se presentan condiciones óptimas de terreno y existía abundancia de plántulas (Foto 4), lográndose un rendimiento de 190 individuos erradicados por hombre por hora. Sin embargo, la moda se encontró de 20 a 60 individuos por hora/hombre, y en algunas ocasiones, valores inferiores a los 20 ind./hora/hombre en las zonas de acceso más difícil (Gráfica 2), por ejemplo en la Bahía de Gaytanes y en la Laguna Punta Pájaros el terreno está cubierto por fango con alturas de hasta 1m. En estos lugares el desplazamiento de unos pocos metros requiere de varios minutos de caminata.

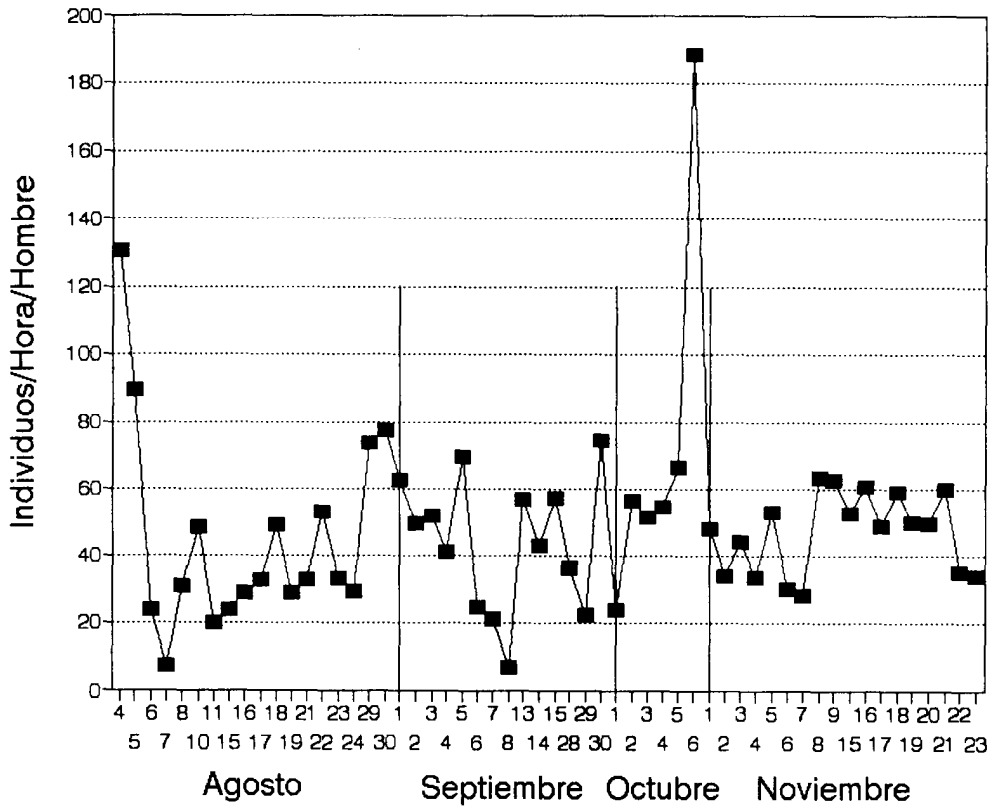
En el mes de septiembre, así como a principios de agosto, las intensas lluvias propias de la época, así como las relacionadas con el huracán "Opalo", retrasaron las actividades significativamente, debido a que no fue posible aplicar la mezcla de herbicida durante las lluvias. Asimismo, el huracán "Roxana" retrasó notablemente el trabajo, ya que el camino de acceso a la Colonia Rojo Gómez estuvo bloqueado por varios días, la embarcación sufrió daños severos y los trabajadores debieron atender asuntos personales. En total se suspendieron las labores por espacio de 17 días, comprendidos del 7 al 23 de octubre.

Durante las labores realizadas entre agosto y octubre, correspondientes a los dos primeros reportes se encontró una tendencia constante en el porcentaje de individuos erradicados por clase de edad, sin embargo en la fase correspondiente a noviembre los porcentajes de adultos y juveniles cambiaron significativamente. El porcentaje de adultos aumentó de una media de 17.87% entre agosto y octubre a 22.64% en noviembre; por otro lado, el porcentaje de juveniles erradicados entre agosto y octubre (42.77%) disminuyó hasta 26.47% en el mes de noviembre (tabla 3). Esto se debe a que en este mes se trabajó en zonas con predominancia de ejemplares adultos y plántulas, las cuales se presentaron en un 50.87% en contraste al 39% de las fases anteriores.

Edad	agosto	septiembre- octubre	noviembre	TOTAL
Adultos	18.65%	17.09%	22.64%	19.55%
Juveniles	41.93%	43.62%	26.47%	36.35%
Plántulas	39.4%	39.27%	50.87%	43.49%

Tabla 3. Porcentaje de individuos erradicados por período.

Durante las primeras semanas del programa de erradicación, se observó en los ejemplares juveniles una fuerte reacción al herbicida, los individuos menores a 5 m de altura con diez días de haber sido tratados presentaron entre 90 a 100 % de hojas secas (Foto 5); los ejemplares juveniles de mayor altura tuvieron aproximadamente 60 a 70 %



Gráfica 2. Rendimiento del personal evaluado por la cantidad de árboles tratados por hora hombre. Los valores más altos se presentaron en condiciones de terreno y clima favorables o cuando existió un gran número de plántulas en un área reducida. Por otro lado existen valores de 5 a 20 individuos por hora, que se obtienen en los lugares menos accesibles. La moda estadística se encuentra entre 20 a 60 individuos por hora por trabajador.

de hojas color café (Foto 6), por lo que fué necesario esperar más tiempo para observar la mortalidad del total de las hojas; esto sin embargo, no ha sido posible definir, ya que los daños ocasionados por el Huracán Roxana, no hacen posible diferenciar la verdadera afectación. Algunos ejemplares adultos presentaron un 20% de hojas amarillas y de 5 a 10% de hojas color café (Foto 7), aunque en general se observaron pocas hojas secas en la mayoría de los individuos (Foto 8).

En recientes visitas de inspección se pudo observar que el efecto del herbicida en algunos árboles no presentaba avance. Las hojas de la zona apical estaban secas, sin embargo las hojas de la zona basal aún estaban verdes, después de varias semanas de haber sido tratadas con el herbicida (Foto 9).

En muchos individuos adultos que no fueron derribados por el huracán y los cuales fueron tratados con herbicida un mes antes, presentan un color verde cenizo de las hojas y pocas hojas amarillas o cafés, lo que puede ser una indicación de poca o lenta efectividad del herbicida. Es necesario hacer estudios a nivel sistémico para definir si la coloración ceniza se debe a los efectos del herbicida, o bién por el azote de los vientos del huracán.

DISCUSION

Tamaño de la población de Casuarina sp.

Los 147,471 individuos tratados durante el transcurso del programa, supera ámpliamente las expectativas del proyecto basadas en la estimación de García y Barrios (1993), acerca de la población de Casuarina spp en Sian ka'an (47,000). Sin embargo, este análisis que sirvió de base para la propuesta del proyecto, presenta diferencias significativas respecto al tamaño actual de la población de esta especie al interior de la Reserva; de tal forma, por una parte se superó el objetivo respecto al número de individuos afectados, pero por otra, no se logró cubrir la extensión total del área de Reserva.

La subestimación inicial de la abundancia de plántulas y juveniles localizados durante el programa de erradicación así como la proporción de las estructuras de edades puede ser el resultado de varios elementos:

- a) El reclutamiento de nuevos individuos que no existían en 1993 y que ahora se presentan como plántulas.
- b) El número de plántulas estimadas en 1993 pasaron a ser juveniles.
- c) Los vuelos de reconocimiento de estratos de abundancia fueron realizados en enero y febrero de 1990, lo que da un intervalo de 5 años en el que se presentaron nuevos reclutas o paso de un rango de edad al siguiente.

d) Durante los reconocimientos aéreos el rango de error fué relativamente alto. Las plántulas no son visibles y muchos estratos que fueron evaluados como poco densos correspondían realmente a estratos de mayor densidad.

e) Existen lugares que no fueron registrados durante los reconocimientos aéreos, entre ellos varios estratos de juveniles muy densos.

Más del 43% de los ejemplares de Casuarina sp que han sido erradicados son plántulas, mientras que García y Barrios (1993) estimaron un 29.6% de plántulas en el total de la población. Esta diferencia de casi un 15% puede deberse al incremento de individuos reproductores en los tres años comprendidos entre 1993 a 1995. A pesar de ser considerados como juveniles por su corta edad, muchos de estos individuos son productores de semillas; de esta forma se estima que una parte del 36.35% de juveniles erradicados produjeron semillas.

El rápido crecimiento de Casuarina sp es una causa posible del alto número de juveniles que se ha registrado durante el desarrollo de las actividades. Es probable que la población de plántulas calculada por García y Barrios (1993) haya pasado a formar parte del rango de edad juvenil en tan solo 3 años; en Florida se han registrado tasas de crecimiento de 1m a 1.5m anualmente bajo condiciones de stress, a más de 3m en condiciones de cultivo, igualmente en la India se han registrado tasas de crecimiento de 3m anuales (Ad Hoc Panel, 1984), esto sugiere la posibilidad de crecimiento de al menos 3m en la altura de las plántulas censadas de 1993 a 1995, a la vez que presumiblemente muchos individuos alcanzaron la madurez sexual en ese lapso.

El hecho de que los vuelos para la determinación de estratos hayan sido realizados con cinco años de anterioridad al programa de erradicación, es un argumento que refuerza las dos hipótesis anteriores. En cinco años la estructura de la población pudo haber variado mucho, presentándose nuevos reclutas o cambios de clase de edad.

Los vuelos también pueden haber causado una subestimación en la determinación del tamaño poblacional. Los estratos fueron catalogados de acuerdo a la densidad foliar que se observaba desde el aire; de esta forma, si la abundancia foliar era alta, el estrato era clasificado como denso y viceversa. También es posible que estratos clasificados desde el aire como densos, en realidad hayan sido grupos poco densos de individuos muy grandes que originaban una muy amplia cobertura foliar. Por el otro lado, es probable que los estratos clasificados como poco densos hayan sido agrupaciones grandes de juveniles de mediana altura, que de acuerdo a las observaciones de campo llegan a crecer muy juntos entre sí, lo que da la apariencia de ser sólo un individuo.

Durante el desarrollo de la erradicación también se detectó la existencia de gran cantidad de individuos juveniles en algunas zonas alejadas de la playa, evidenciando la incipiente invasión del género hacia las partes interiores. Asimismo varios estratos densos y muy densos de juveniles que no fueron registrados en 1990 mediante los registros aéreos fueron registrados durante los trabajos de campo.

PROGRAMA DE MONITOREO INTRODUCCION

Dahl (1981) define el monitoreo ecológico como la colecta de información acerca de un ecosistema y sus cambios en una escala temporal. Los objetivos del monitoreo consisten en discernir y evaluar los cambios de origen natural y aquellos cuyos impactos son generados por las actividades humanas (Hellowell, 1991), para de esta forma estar en capacidad de elaborar y fundamentar los planes de manejo y recuperación de los ecosistemas.

El efecto producido durante el proceso de erradicación de Casuarina tiene que ser evaluado para sentar las bases de programas posteriores a nivel regional. La erradicación es en sí misma un plan de recuperación del ecosistema, el cual naturalmente no incluye entre sus especies a organismos exóticos.

Para conocer la efectividad del método empleado durante la erradicación de Casuarina sp en la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, se implementó el siguiente programa de monitoreo a mediano plazo.

METODOLOGIA

Se establecieron tres estaciones de monitoreo para evaluar los efectos producidos por el herbicida. Dichas estaciones tienen diferentes características definidas por la asociación vegetal que invaden. Cada estación cuenta con un lote de 30 individuos incluyendo adultos y juveniles. El planteamiento de las estaciones se resume en la siguiente tabla:

Estación	Asociación Vegetal	No. de Ejemplares
1	Manglar	30
2	Duna Costera	30
3	Rancho Privado	30

Las primeras dos estaciones corresponden a zonas alejadas de la influencia humana, en la que Casuarina sp se ha establecido de manera natural, mientras que la última zona se divide en quince ejemplares adultos localizados en las instalaciones de la Secretaría de Marina en la colonia Rojo Gómez (Foto 8) y quince individuos juveniles en el Rancho propiedad de la familia Ancona (Foto 10), en ambos sitios la Casuarina ha sido cultivada por los propietarios sin tener ninguna asociación vegetal circundante.

Todos los individuos fueron marcados con pintura en aerosol para dar seguimiento adecuado a cada uno de ellos. Las estaciones fueron establecidas el día 22 de agosto; fueron revisadas en la tercera semana (12 de septiembre) y en la quinta semana (25 de septiembre). En este lapso se evaluó visualmente la cantidad de hojas secas que presentaba cada individuo; esta evaluación se desarrolló de manera intuitiva, subdividiendo imaginariamente el árbol en diversos segmentos se calculó el porcentaje de hojas de color café que presentaba. La tercera revisión estaba programada para el día 9 de septiembre, sin embargo la predicción de la entrada del huracán Roxana hizo necesaria la cancelación de la visita.

RESULTADOS

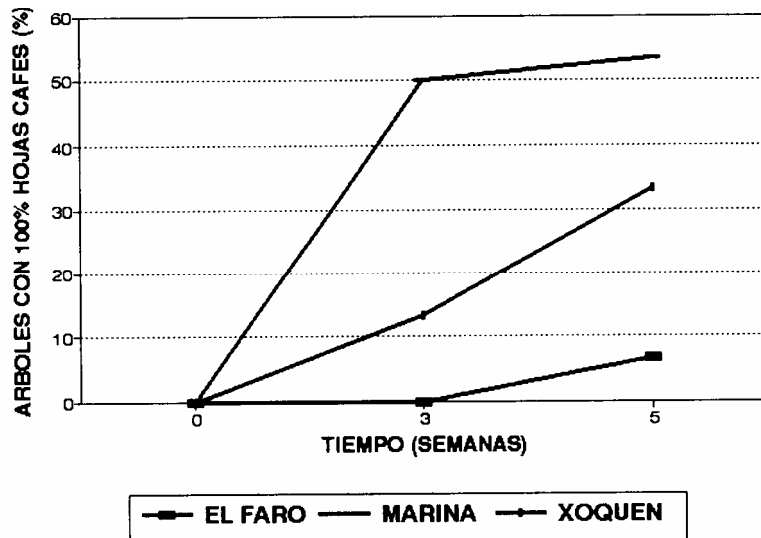
Los daños causados por Roxana en el área de trabajo fueron considerables, ya que destruyó totalmente las estaciones de monitoreo, dejando los árboles con el tronco y las ramas rotas, sin hojas, desenraizados o derribados (Fotos 11 y 12). Por esta razón se presentan los resultados obtenidos hasta la fecha de la segunda revisión de las estaciones y algunas conclusiones finales.

Hasta el día 25 de septiembre de 1995, la estación Xoquén presentó un 13.33% de árboles con la totalidad de las hojas muertas a la tercera semana; este porcentaje aumento a 33.33% en la quinta semana (Gráfica 3). Xoquén se encuentra en duna costera, donde se desarrollan especies vegetales rastreras al borde de la playa y otras arbustivas y leñosas de baja altura a pocos metros de ella. La foto 13 corresponde a la estación Xoquén tomada 5 semanas después de la aplicación del herbicida donde los ejemplares presentan 100% de hojas color café. Posterior al paso del huracán Roxana, esta estación presentaba un panorama totalmente distinto (Foto 14).

La estación que registró un mayor número de individuos con un 100% de hojas muertas es la estación denominada Marina (Gráfica 3), en la cual se alcanzó un valor de 50.0% en la tercer semana y 53.33% a la quinta semana después de tratar con herbicida el arbolado. El lote experimental consta de 15 individuos adultos y 15 juveniles. Los ejemplares adultos de esta estación se encuentran en el campamento de la Secretaría de Marina de la Colonia Javier Rojo Gómez, mientras que los juveniles estan situados en el Rancho San Miguel a 500m del campamento de Marina. Todos los individuos se encuentran en un sustrato de arena fina y compactada; estos fueron plantados y cultivados por los infantes de marina y los dueños del rancho San Miguel respectivamente.

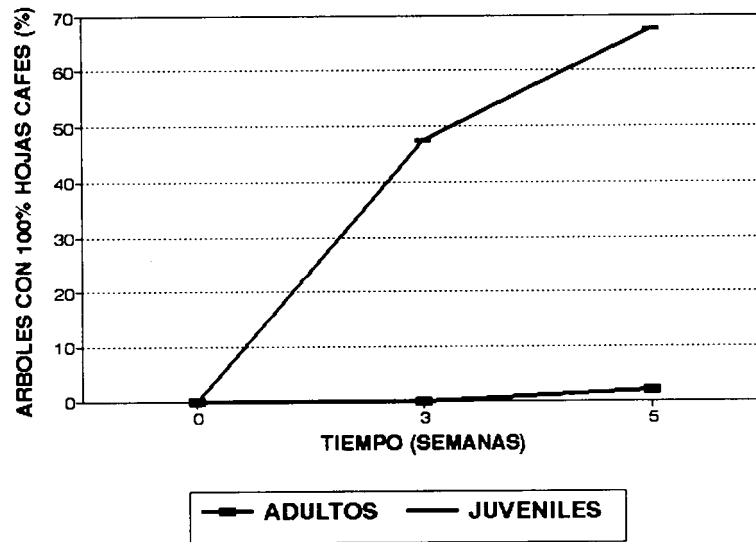
Todos los ejemplares juveniles presentaban 100% de hojas muertas a la tercera semana, representando el 50% del total del lote experimental (Gráfica 3). Sólo un ejemplar adulto registró afectación por el herbicida en la semana 5, aumentando el porcentaje a 53.33%. La foto 8 fue tomada al inicio del programa de monitoreo, mientras que la foto 15 se tomó 5 semanas después, donde no se observa ningún efecto debido al herbicida. Después del paso del huracán Roxana los árboles presentan una

EFFECTO DEL HERBICIDA
POR ESTACION DE MONITOREO



Grafica 3. Porcentaje de arboles con 100% de hojas muertas con respecto al tiempo. N=30 por estacion.

EFFECTO DEL HERBICIDA
POR CLASE DE EDAD



Grafica 4. Porcentaje de arboles con 100% de hojas muertas por clase de edad. Adultos N=50, Juveniles N=40.

disminución de 40% en la cobertura foliar (Fotos 16 y 17).

La estación "El Faro" presentó valores significativamente menores; aún en la semana número cinco se presentaron pocos efectos del herbicida, con solo 2 ejemplares juveniles con el 100% de las hojas muertas, mientras que 20 individuos más presentaron algún grado de afectación, sin embargo esta no fue mayor al 20% de hojas muertas (Foto 18).

Por clase de edad, los juveniles mostraron más signos de afectación, con un 68% de individuos con la totalidad de las hojas secas (Gráfica 4). Por otro lado, los adultos fueron poco afectados al registrar un 2% de individuos con la totalidad de hojas secas, sin embargo, ninguno de ellos presenta hojas nuevas.

DISCUSION

El huracán Roxana entró a tierra seis kilómetros al sur de Tulúm, con un radio de aproximadamente 35 km, influyendo de manera significativa la vegetación en toda la región (datos preliminares SEMARNAP Quintana Roo). El fenómeno prácticamente destruyó las estaciones de monitoreo establecidas, desenraizando completamente varios árboles juveniles y adultos, y rompiendo el tronco de la gran mayoría de los árboles adultos.

El 90% de los individuos tienen la totalidad de las hojas color café, sin embargo no es posible discernir si esto fue causado por el huracán o por el tratamiento con herbicida, a excepción de los juveniles que hasta antes del huracán ya tenían la totalidad de sus hojas de color café.

Una vez que se aplicó el herbicida a los individuos juveniles, éstos fueron casi inmediatamente afectados, esto puede ser causa del pequeño grosor de la corteza que permite que el herbicida penetre adecuadamente en el cámbium (Sprague, *et al.*, 1984). El diámetro del tronco de los individuos adultos que presentan signos de afectación es mayor a los 40cm y con una altura superior a los 10m. Sprague *et al.*, (1984) obtuvieron los primeros resultados hasta la semana número 16 en árboles mayores a 7 pulgadas de diámetro. Stevenson (citado en The Nature Conservancy, 1992) recomienda una segunda aplicación de Garlon 4 en individuos adultos, ya que en esta clase de edad el índice de mortalidad es bajo.

Muchos árboles adultos mostraron claros signos de afectación, en particular por el amarillamiento de las hojas situadas en zona apical que posteriormente se tornan color café. Esta afectación sin embargo, parece no avanzar en los días subsecuentes en algunos individuos.

No se puede generalizar hasta ahora sobre el éxito del tratamiento en esta clase de edad, esto se sustenta en el hecho de que no existen hojas nuevas aún después del

paso del huracán en que -como en todos los fenómenos naturales de efectos desastrosos- la mayor parte de la energía aprovechable por el árbol es destinada a los procesos de regeneración y crecimiento.

Es recomendable esperar la muerte total del árbol o en su caso su recuperación, para poder determinar con mayor precisión los efectos del herbicida. Es de suponerse que el diámetro y la altura del árbol son factores que retardan los efectos del herbicida. En caso de haber recuperación de los árboles deben hacerse pruebas de dosificación para determinar si la altura o el número de ramas son factores limitantes para su efectividad. De acuerdo con los resultados obtenidos por Sprague et al. (1984) los efectos del herbicida son obvios hasta 6 semanas después de la aplicación, lapso en el cual un porcentaje de los individuos presentan un 100% de hojas de color café indicación de muerte celular, y hasta 16 semanas después la gran mayoría presentan la totalidad de las hojas color café. Sin embargo estos datos así como la mayoría de los trabajos disponibles son preliminares, por lo que es pertinente proseguir con los programas de monitoreo en un plazo mayor.

Aún cuando se revisó intensivamente toda el área durante los trabajos de erradicación, es un hecho que muchas plántulas no hayan sido removidas debido a su pequeño tamaño y a que se mezclan con el resto de la vegetación. Por otro lado, el banco de semillas que permanece latente en el sustrato generará en poco tiempo nuevos reclutas que tampoco serán visibles. Estos individuos serán susceptibles de erradicar hasta que alcancen una altura que supere el dosel de la vegetación arbustiva, es decir en uno o dos años.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante los trabajos en la Bahía de la Ascensión se utilizaron 11.5 lt de herbicida para erradicar 147,471 árboles en una distancia lineal de costa de 350km aproximadamente, lo que resulta en un promedio de 40 ml de herbicida por kilómetro lineal, representando una cantidad muy pequeña que no representa riesgos al ecosistema.

El tratamiento con herbicida da excelentes resultados en los ejemplares juveniles, sin embargo en los individuos adultos los efectos no presentan un avance significativo, para asegurar su erradicación se deben implementar dos medidas:

- 1.- Dar un segundo tratamiento a los árboles adultos. Los individuos adultos deberán ser continuamente revisados, de no presentarse los resultados esperados será necesario repetir la aplicación de herbicida. Esta segunda campaña de tratamiento deberá realizarse en el primer semestre de 1996, con el fin de hacerlo antes de la liberación de las semillas (junio y diciembre) para evitar que ingresen nuevas semillas al sustrato. Los resultados de esta campaña deberán asimismo ser sometidos a un programa de seguimiento para evaluar el avance.

2.- Incrementar la dosis. Para evitar al máximo la realización de segundas aplicaciones es necesario aumentar la dosificación en un 100% con la misma concentración para aumentar la tasa de mortalidad en los árboles adultos. Es decir, los individuos adultos deberán ser tratados con Garlon 4 al 4% en diesel en una dosis de 1 ml por cada 1.5 pulgadas de circunferencia del tronco.

Es necesario esperar al menos un año para realizar visitas de erradicación de juveniles que sean generados por el banco de semillas o plántulas ahora existentes y que pasaron desapercibidas durante los trabajos de esta primera fase. En este lapso dichos individuos alcanzarán una talla suficientemente grande para ser visibles a la distancia y ser fácilmente localizables. Las visitas de erradicación de juveniles serán llevadas a cabo cada año por un lapso de 1 mes y durante 5 años consecutivos, para asegurar que todos los individuos esten totalmente erradicados en el año 2001 (Tabla 4). En base a esto y a las experiencias obtenidas se sugieren las siguientes recomendaciones:

a) Continuar con el método de desenraizamiento a las plántulas. Este método demostró su eficiencia evitando el uso de herbicidas sin requerir de mucha inversión de tiempo y personal. Sin embargo se debe aguardar a que pasen a ser juveniles no reproductivos de poca altura ($> 4m$) para que sean visibles a la distancia.

b) La alta mortalidad observada en el programa de seguimiento y monitoreo indica que el método de corte e inyección es adecuado para el tratamiento de los juveniles.

c) Utilizar el herbicida Garlon 4 al 4% en diesel en una dosis de 1 ml por cada 3 pulgadas de circunferencia de tronco en los ejemplares juveniles. Los resultados de esta dosis que arrojó el programa de monitoreo, aunque fueron interrumpidos por el huracán, resultaron positivos en esta clase de edad.

d) Para un segmento de la población de adultos es necesario una segunda aplicación, el lapso en el cual debe realizarse esta repetición estará dado por los resultados que arroje el programa de seguimiento y por la fenología de la especie. Se recomienda realizar el retratamiento antes de la liberación de las semillas (Tabla 4).

e) Para obtener resultados permanentes se debe asegurar que todos los individuos dentro de los límites de la Reserva y en la costa sur del estado han sido removidos. Un método para lograr esto lo son las campañas de erradicación de juveniles, las cuales se llevarán a cabo cada año durante un período de 5 años, en los que se prevee que el género Casuarina sea totalmente erradicado de la zona.

f) Llevar a cabo las labores de erradicación en el resto de la zona costera de la Reserva SianKa'an en el primer semestre de 1996, adelantándose a los eventos de liberación de las semillas (Tabla 4).

g) Los esfuerzos de erradicación deben extenderse a las zonas vecinas a la Reserva, especialmente a lo largo del corredor Pulticub-Xcalak puesto que los vientos y corrientes dominantes de la zona son factor fundamental para que las semillas lleguen nuevamente a la zona de Sian Ka'an. Asimismo, el Area de Protección de Flora y Fauna Uaymil esta propensa a sufrir la invasión de Casuarina ya que la línea costera del corredor presenta una alta densidad poblacional del género. La realización de un programa de erradicación en esta zona es muy factible, debido a que los caminos e infraestructura existentes facilitarían mucho los trabajos.

Existe interés por parte de los representantes de la Reserva Marítimo Terrestre de Bacalar Chico del vecino país de Belice por conocer más sobre este programa y evaluar la posibilidad de llevar a cabo proyectos similares en la zona. Esto brindaría un área de amortiguamiento para las costas mexicanas manteniendo alejados a los posibles reproductores de nuestra frontera sur.

h) Se debe proseguir con el seguimiento de los efectos del herbicida en los ejemplares inoculados. Los programas de monitoreo evalúan los efectos de cualquier índole a través del tiempo para poder implementar planes de acción y manejo cuando sea necesario.

i) Las labores en el campo para la realización de proyectos de este tipo son árduas y difíciles, se requiere de personal experimentado en las caminatas en los manglares y humedales. Estas personas bién pueden ser miembros de las comunidades de la zona en que se trabaja, un ejemplo lo constituyen los chicleros y cazadores de la zona maya quienes estan ámpliamente familiarizados con la vida en campo; el trabajo que estas personas pueden realizar es más rápido y efectivo, además de que conocen a la perfección lo que hay que hacer en caso de alguna eventualidad debida al clima, flora o fauna. Sin embargo, se debe tener en cuenta a los habitantes de las comunidades pesqueras de la zona, quienes se ven beneficiados al brindales fuentes de trabajo alternativas que les son importantes para momentos en los que la actividad pesquera es baja; por otro lado también son hábiles en el trabajo de campo, si bién no poseen la experiencia de un cazador o un chiclero tienen la capacidad para realizar un buén trabajo.

j) Es importante programar cuidadosamente los trabajos de campo para la erradicación, poniendo énfasis en los descansos, sueldos, alimentación, seguridad y comodidad del personal. Este tipo de labores agotadoras y prolongadas causan "stress" en el personal después de un tiempo, entonces se presentan abandonos y es necesario reclutar nuevo personal. El programa debe de llevarse a cabo de tal manera que el personal labore eficientemente y se mantenga motivado.

k) Llevar a cabo campañas de información y concientización en las comunidades antes y durante los programas de erradicación, con el fin de evitar confrontaciones con los pobladores y vecinos de la zona. Además, se puede lograr la cooperación de los pobladores que benefician tanto al programa como a las comunidades mismas.

PRESUPUESTO PROGRAMA DE ERRADICACION DE Casuarina sp EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN

En base al número de individuos localizados y a los porcentajes por clase de edad obtenidos durante el desarrollo del programa en la Bahía de la Ascensión se hace una estimación del tamaño poblacional de Casuarina sp en la Bahía del Espíritu Santo.

Aun falta por tratar algunos pequeños islotes al sur de la Bahía dentro de la Laguna de Punta Pájaros, la cual presenta condiciones de terreno extremadamente difíciles. De los individuos erradicados en esta zona 19.55% fueron adultos, 36.95% juveniles y 43.49% plántulas. La Bahía del Espíritu Santo cuenta con 261 km de costa aproximadamente. Considerando que en esta Bahía existen las mismas condiciones de terreno, y el grado de invasión es similar al de la Bahía de la Ascensión podemos obtener el tamaño poblacional aproximado mediante una extrapolación simple.

$$ICBES = DCBES * ICBA / DCBA$$

Donde:

ICBES= Individuos de Casuarina en la Bahía del Espíritu Santo.

DCBES =Distancia Costera de la Bahía del Espíritu Santo.

ICBA = Individuos de Casuarina en la Bahía de la Ascensión.

DCBA = Distancia Costera de la Bahía de la Ascensión.

De esta forma encontramos que el tamaño poblacional aproximado del género Casuarina en el resto de la Reserva Sian Ka'an es:

En la Bahía del Espíritu Santo 97,680 individuos expresado en números redondos, de los cuales 19,020 son adultos, 40,610 juveniles y 38,050 plántulas.

Utilizando el mismo método podemos calcular que de Punta Herrero a Punta Pulticub existen 30km de línea costera, en la cual se estima que hay 11,675 individuos, divididos en 2,273 adultos, 4,853 juveniles y 4,547 plántulas.

En la Bahía de la Ascensión restan pocas zonas, muy localizadas con estratos poco densos o individuos aislados, sin embargo las condiciones para navegación y caminata son extremadamente difíciles, ya que se encuentran en pequeños islotes pantanosos con aguas someras de no mas de 0.5m de profundidad. Se estima que en esta zona restan alrededor de 250 individuos adultos, 400 juveniles y aproximadamente 600 plántulas.

Por otro lado, restan 35km de la costa de la Península de Icacos a partir de los límites de la Reserva y hacia el sur, en esta región se estima que existen 13,618 individuos, subdivididos en 2,653 adultos, 5,662 juveniles y 5,303 plántulas. Estos valores pueden estar subestimados ya que en la región se presentan gran cantidad de propiedades privadas en las que se promueve el desarrollo de nuevos individuos de Casuarina.

Por tanto, en toda la Reserva se estima que resta un total de 124,223 individuos por erradicar, entre ellos 24,196 adultos, 51,525 juveniles y 48,500 plántulas. El cuadro 5 resume el número estimado de individuos restantes por clase de edad y zona geográfica.

Tabla 5. Número estimado e individuos de Casuarina sp que restan por erradicar en la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an.

	Bahía del Espíritu Santo	Punta Herrero-Punta Pulticub	Bahía de la Ascensión	Península de Icacos	TOTAL
ADULTOS	19,020	2,273	250	2,653	24,223
JUVENILES	40,610	4,853	400	5,662	51,525
PLANTU LAS	38,050	4,547	600	5,303	48,500
TOTAL	97,680	11,673	1,250	13,618	124,223

En los trabajos de erradicación en la primera visita en la Bahía de la Ascensión se hizo un gasto total de N\$ 89,655.5 lo que representa un costo por unidad árbol de N\$ 0.79. Con base en esto se considera que para terminar el primer tratamiento en la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an es necesario contar con un presupuesto de N\$ 127,577.02 para la primera visita programada en cada lugar considerando un 35% de incremento, por lo que el costo por individuo de Casuarina es de N\$ 1.027.

Para el desarrollo de las repeticiones en los tratamientos, se considera que atender al 50% de los adultos que fueron tratados previamente en la Bahía de la Ascensión y aquellos que se encuentran en el resto de la Reserva; de esta forma del total de 53,057 adultos, a 26,528.5 deberá dárseles un segundo tratamiento. El costo por unidad árbol es de N\$ 3.16 así el total de la fase de retratamiento será de N\$ 83,830.06.

LITERATURA CITADA

Ad Hoc Panel of the Advisory Committee Technology Innovation, Board on Science and Technology for International Development, Office of International Affairs National Research Council. (Report) 1984. Casuarinas: Nitrogen-Fixing Trees for Adverse Sites, Innovations in Tropical Reforestation. Washington, D.C. 1984.

Bezaury, J. 1989. La Casuarina, una amenaza a la flora y fauna de nuestras costas. Boletín Amigos de Sian Ka'an. No. 5. Dic. 1989.

Bezaury, J., A. Saldivar y A. Arreola. 1990. Plano General Invasión de Casuarina escala 1:250 000 y Mapas de Campo Escala 1:50 000. Reporte Interno Amigos de Sian Ka'an. Sin publicar.

Cano, C.E., M. S. Sánchez y O. T. Valdés. Imagenes de la Flora Quintanarroense. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. México D.F. 1982. 224 pp.

Centro de Monitoreo para la Conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (Ed). 1986. Actividades de WWF US en el Programa de Plantas en Latinoamérica. No. 17. IUCN Conservation Monitoring Centre.

Curtis, A. 1990. Casuarina Control. Sin Publicar. Oregon, U.S.A.

Dahl, A. L. 1993. Organizing the Global Monitoring of Coral Reefs. In: Richmond, R. (Ed.) Proceed. of the Seventh International Coral Reef Symposium. Vol. I. University of Guam/IUCN. pp: 85-89.

Espejel, I. 1983. La vegetación de las dunas costeras (Primera etapa - marzo a mayo de 1983). En: Sian Ka'an. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) (Ed.). pp. 85-102. Puerto Morelos Quintana Roo, 1983.

Gallegos, M. Petroleo y Manglar. Centro de Ecodesarrollo. México 1986. 102 pp.

Garcia, B. G. y C. B. Martínez. 1993. Programa de Erradicación de Casuarina sp en la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Estado de Quintana Roo, México. Amigos de Sian Ka'an A.C. 1993. Documento Interno.

Giles, R.H. (Ed.). 1971. Wildlife Management Techniques. The Wild Life Society. 633 pp.

Greenberg, R. 1989. Forest Migrants in Non-forest habitats on the Yucatan Peninsula. In: Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds. Hagan, J.M. and D.W. Johnston (Ed.). 1989. Smithsonian Institution Press. Washington U.S.

Hellawell, J. M. 1991. Development for a rationale monitoring. In: Goldsmith (Ed.). Monitoring for conservation and ecology. Chapman y Hall. 1-14.

Langeland, K. (Ed.). 1990. Exotic Woody Plant Control. Florida Cooperative Extension Service, Inst. Food Agric. Scien., Univ. of Fla.

Monsanto Co. 1992. Roundup & Rodeo Herbicides Material Safety Data. Monsanto Company. St Louis, Missouri, U.S.A.

Morton, J.F. 1980. The Australian Pine or Beefwood (Casuarina equisetifolia L.), an Invasive "Weed" Tree in Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 93:87-95.1980.

National Wildlife Federation. 1984. 34 Plaguicidas: es posible su uso seguro?. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Washington E.U. 1984.

Nature Conservancy (Ed.). 1992. Casuarina equisetifolia. Element Stewardship Abstract. Olmsted, I. 1983. Exotic Threat. Fairchild Tropical Garden Bulletin. July 1983.

Olmsted, I., Ercilla, M.J. 1988. Historia Natural de las Palmas chit y Nakax en Quintana Roo. Cuadernos de Sian ka'an, No. 2, 1988.

Olmsted I. R. Durán. 1986. Aspectos ecológicos de la selva baja inundable de la Reserva Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Biotica, Vol 11, No. 3, 1986.

Olmsted I., R. Durán. 1990. Vegetación de Sian Ka'an. En: Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an Quintana Roo, México. Navarro y Robinson (Ed.). Chetumal, Quintana Roo, México. pp 1-11.

Pennington, T.D. y J. Sarukhan. Arboles Tropicales de México. Inst. Na. Inv. Forest., S.A.G. México y Org. Nac. Unidas para la Agric. y Aliment. México 1968. pp 102-103.

Poole, L. K. 1987. Florida's Troublesome Trio. In: ENFO. 1987. Fla. Conserv. Found.

Rocheftort, R. M. 1983. Casuarina Herbicide Feasibility Studies. Sin Publicar. Florida, U.S.A.

Sprague L.J., Hougham T y Douglass N. 1984. Herbicide Comparision Study. National Park Service, Biscayne Natinal Park, Florida.

Toledo, A., A. V. Botello y M. Herzig. El Pantano: Una Riqueza Que se Destruye. Centro de Ecodesarrollo. México 1987. 140 pp.



Foto 1. Realización de los cortes al árbol con machete.



Foto 2. Los cortes deben tener una separación aproximada de 3 pulgadas entre si.



Foto 13. Estación Xoquén. Juveniles de Casuarina 5 semanas después de ser tratados.



Foto 14. Estación Xoquén. Los fuertes vientos de Roxana y los efectos del herbicida provocaron la caída de todas las hojas de los individuos juveniles.



Foto 15. Estación Marina. Ejemplares adultos cinco semanas des^Pués del tratamiento.



Foto 16. Estación Marina. Efectos del huracán Roxana, la cobertura foliar disminuyó en un 40% aproximadamente.



Foto 17. Estación Marina. Los fuertes vientos rompieron la parte superior del tronco y gran cantidad de ramas.



Foto 18. Estación El Faro. Los adultos presentaron poca reacción al herbicida cinco semanas después del tratamiento.



Foto 11. Efectos del paso del huracán Roxana sobre algunos ejemplares de Casuarina sp.



Foto 12. Muchos ejemplares adultos fueron desenraizados totalmente por los fuertes vientos del huracán Roxana.



Foto 9. La zona apical es la primera en presentar signos de afectación por el herbicida.



Foto 10. Los juveniles de la estación Rancho Ancona presentaron amarillamiento a los 10 días de ser tratados.



Foto 7. Algunos adultos presentaron 20% de hojas amarillas y del 5 al 10% de hojas color café a los 10 días del tratamiento.



Foto 8. En general se observaron poca hojas muertas en los ejemplares adultos 10 días después de la aplicación del herbicida.



Foto 5. Los juveniles menores a 5m de altura presentaron de 90 a 100% de hojas muertas a la quinta semana de ser tratados.



Foto 6. Los juveniles mayores a 5m de altura presentaron entre 60 a 70% de hojas muertas a la quinta semana del tratamiento.



Foto 3. Aplicación de la mezcla de herbicida en los cortes.



Foto 4. El desarrollo de las plántulas se ve especialmente favorecido en las construcciones turísticas en donde la maleza es desechada.