

“Servicio de consultoría para implementar acciones de control de dos especies exóticas invasoras de alta prioridad y seguimiento de las actividades de control realizadas en el año anterior dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey.”



Producto 1: Plan de control

Junio 2018

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”

Título: Servicio de consultoría para implementar acciones de control de dos especies exóticas invasoras de alta prioridad y seguimiento de las actividades de control realizadas en el año anterior en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

Objetivo: Reducción de la presencia de las especies exóticas invasoras: Trueno (*Ligustrum lucidum*) y Sombrilla japonesa (*Koeleruteria paniculata*) a través de acciones de control y conocer el estado de las áreas donde fueron controladas en 2016, para salvaguardar la vegetación nativa.

Autor: Líderes Socialmente Ambientales A.C.

Modo de citar el informe: PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Plan de control de Trueno y Sombrilla japonesa en áreas concretas del Parque Ecológico Chipinque. Proyecto 083999 “Aumentar la Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Líderes Socialmente Ambientales A.C. 19 pp.

Área de trabajo: Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

Fechas de Inicio y terminación del proyecto: 15 de enero de 2018 – 31 de agosto de 2018.

Resumen:

En México, como en otras regiones del mundo, se han introducido numerosas especies exóticas que se han tornado invasoras y su impacto sobre la biodiversidad local había pasado casi inadvertido hasta hace pocos años. Actualmente, en el Parque Cumbres de Monterrey, se han identificado 127 EEI, entre ellas, el Trueno (*Ligustrum lucidum*) y la Sombrilla japonesa (*Koeleruteria paniculata*) se han establecido con éxito, creciendo espontáneamente dentro del Parque y, quizás, desplazando a la flora nativa del lugar. El presente documento propone las actividades a realizar para las acciones de control de dichas especies, describiendo los mecanismos de control durante el trabajo en campo y las áreas donde se pretende trabajar, junto con un cronograma de actividades y su proceso de ejecución.

De esta manera, el trabajo se vincula con la **Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México**, con acciones que se enmarcan dentro del **objetivo estratégico 2**: “Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de especies invasoras que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas”, y la **meta 2.2**: “Programas y planes de acción en operación para la erradicación, manejo de especies invasoras más nocivas y mitigación de sus impactos”.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	4
2. Antecedentes	6
3. Objetivos	7
4. Metodología	7
4.1. Monitoreo de áreas tratadas en el 2016.....	7
4.2. Ubicación de sitios para el control 2018.....	8
4.3. Estrategia de control	9
4.3.1. <i>Diagnóstico del ecosistema</i>	10
4.3.2. <i>Implementación del plan de control</i>	11
4.3.3. <i>Evaluación de la estrategia de control</i>	18
5. Informe final.....	19
6. Cronograma de actividades.....	20
7. Estimación de costos de las acciones a realizar	21
8. Referencias bibliográficas	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato de campo para la toma de datos en las áreas tratadas para eliminación.	8
Tabla 2. Cronograma de actividades a realizar para el control de especies invasoras.....	20
Tabla 3. Costo de materiales.	21
Tabla 4. Costo total del proyecto	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hojas y fruto del Trueno (<i>Ligustrum lucidum</i>)	5
Figura 2. Sombrilla japonesa (<i>Koeleuteria paniculata</i>)	6
Figura 3. Mapa del área propuesta para la eliminación en 2018.....	9
Figura 4. Ejemplo de la aplicación del químico en tocón de individuos derribados.....	15
Figura 5. Ubicación de los sitios donde se aplicarán el método de Triclopyr encapsulado (sombreado morado) y las concentraciones de 2% y 25% del Triclopyr en agua (sombreados rosa y azul, respectivamente)	16
Figura 6. Equipo de seguridad para personal.....	17

1. Introducción

A nivel global, las especies exóticas invasoras (EEI) representan la segunda amenaza a la diversidad biológica. Aunque sus impactos son en gran medida específicos, en general las EEI poseen ciertas características que favorecen su éxito: rápida reproducción y crecimiento, alta capacidad de dispersión, la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones, así como la capacidad para sobrevivir con diversos tipos de alimentos y en una amplia gama de condiciones ambientales. Por sus efectos, estas especies representan una amenaza para la integridad y la función de los ecosistemas y, por lo tanto, para el bienestar humano. Además, sus impactos se ven agravados por otros factores, incluyendo el cambio climático, la pérdida de hábitat, la contaminación y otras perturbaciones inducidas por el hombre (Aguirre *et al.*, 2009). Debido a que los efectos de estas EEI pueden ser devastadores en los ecosistemas repercutiendo consecuentemente en el bienestar de la sociedad, resulta imperativo la implementación de programas de sensibilización, prevención, control y erradicación de estas especies (Arriaga *et al.*, 2004).

En México, como en otras regiones del mundo, se han introducido numerosas especies exóticas y su impacto sobre la biodiversidad local había pasado casi inadvertido hasta hace pocos años (Aguirre *et al.*, 2009). Actualmente, en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey se han identificado 127 EEI, dos de ellas, el Trueno (*Ligustrum lucidum*) y la Sombrilla japonesa (*Koeleria paniculata*) se han establecido con éxito, creciendo espontáneamente dentro del Parque y, quizás, desplazando a la flora nativa (Flores *et al.*, 2013).

Uno de los impactos más notables ocasionados por estas especies es la alteración del funcionamiento hídrico del ecosistema, disminuyendo el agua disponible debido a su alta demanda de consumo, sobre todo en época seca (Zamora *et al.* 2014 en Hernández, J. y García A., 2016).

Ligustrum lucidum

El trueno (*Ligustrum lucidum*) es un árbol de hoja perenne, de rápido crecimiento, con una talla que va desde 8 a 14 m de altura, con una copa de 8 a 12 m. Posee un denso dosel de ramas, compuestas de hojas verdes brillantes, las cuales tienen márgenes translúcidos y la superficie inferior de color verde más pálido. Las flores, producidas en los meses de verano, son pequeñas, de color crema y fuertemente perfumadas, y se agrupan en grandes racimos. Después de la polinización, sus frutos maduran en racimos pequeños de 1 cm de largo, de bayas oblongas, de color púrpura a negro y son dispersados por insectos y aves (GISD, 2015).

Su éxito como especie invasora puede estar relacionado con una gran tolerancia a condiciones ambientales, así como con su alta producción anual de semillas, y su capacidad de generar nuevos brotes desde la raíz si se elimina el tallo principal. Para los seres humanos, tanto las hojas como los frutos son venenosos. Además, esta especie tiene el potencial de reemplazar a los árboles del dosel medio de los bosques, pudiendo llegar a

dominar por completo un área de selva o bosque si no es controlado (Auckland Regional Council, 1999).



Figura 1. Hojas y fruto del Trueno (*Ligustrum lucidum*) Fotografía: LSA(2017)/A. Mendez

Koelreuteria paniculata

La sombrilla japonesa (*Koelreuteria paniculata*) es un árbol caducifolio de 10 a 12 metros de altura, de copa redondeada y con el tronco con la corteza fisurada longitudinalmente, de color castaño grisáceo a negruzco. Posee hojas alternas, imparipinadas, de 35 a 50 cm de longitud, sobre un peciolo de 3 a 8 cm de largo, cada una con 6 a 9 pares de foliolos opuestos o alternos, de anchamente ovados a elípticos, subsésiles, con pecíolos pelosos de 1-2 mm de largo, con la base de cuneada a subtruncada, el margen a veces ciliado, de irregularmente lobulado a pinnatífido, pareciendo las hojas en ocasiones bipinnadas, y el ápice agudo o cortamente acuminado; son de color verde oscuro, glabros o algo puberulentos por el haz, y pubescentes en la nerviación por el envés. Sus inflorescencias se encuentran en panículas terminales erectas de 15-40 cm de largo, puberulentas, especialmente hacia el ápice, con flores funcionalmente unisexuales (Sánchez, 2001).

Es una especie utilizada principalmente con fines ornamentales; es susceptible a la falta de sol y al exceso de agua en el suelo, lo que le provoca debilitamiento y muerte prematura, también puede ser atacada por hongos o parásitos como, *Nectria cinnabarina*, *Verticillium* spp., *Armillaria mellea*, *Phytophthora* spp. y *Pythium* spp. Es nativo de China, donde se le cultiva desde hace 3000 años. En varias partes del mundo es considerado una especie indeseable, debido a su rápido crecimiento y gran viabilidad de sus semillas en climas

cálidos, lo que le confiere una alta capacidad para desplazar a las especies nativas (Sánchez, 2001).



Figura 2. Sombrilla japonesa (*Koeleuteria paniculata*) Fotografía: LSA(2017)/A. Mendez

2. Antecedentes

En 1993, México se integró al Tratado de Cooperación Ambiental de Norteamérica cuando se celebró el Tratado de Libre Comercio de América del Norte entre Canadá, Estados Unidos y México. En este tratado se establecieron las restricciones sanitarias y fitosanitarias para contribuir con la protección de la biodiversidad (ACAAN, 1993). En el 2003, la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA) creó el Grupo de Trabajo para la Conservación de la Biodiversidad (GTCB) y produjo el Plan Estratégico de Cooperación de América del Norte para la Conservación de la Biodiversidad, en el cual se identificó claramente la prioridad de abordar la problemática de las especies invasoras (CCA, 2003).

Por su parte, en 2010 se presentó la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, la cual identifica las acciones que prioritariamente deben emprenderse para atajar el problema de las EEI entre todos los sectores, desde el gobierno hasta la sociedad civil (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

En el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, la presencia del trueno y la sombrilla japonesa representan un grave problema debido a la presión hídrica que ejercen en los ecosistemas donde crecen (Matthews & Brand, 2005; Zamora *et al.*, 2014).

Desde el año 2013 se han realizado acciones de monitoreo y control de especies de plantas exóticas invasoras, en particular de las especies *Koelreuteria paniculata* y *Ligustrum lucidum* dentro del Parque Ecológico Chipinque, en la localidad denominada Olinalá, donde ambas especies conviven en el mismo espacio. El área trabajada mostró una abundancia de individuos con un tronco promedio de 4 pulgadas de grosor, con una distribución dispersa y medianamente abundante, con presencia de comunidades de individuos aglomerados en toda el área (Hernández-Peña & García-Solís, 2016).

3. Objetivos

Objetivo general

Reducir la presencia de las especies exóticas invasoras Trueno (*Ligustrum lucidum*) y Sombrilla japonesa (*Koelreuteria paniculata*) para salvaguardar la vegetación nativa del Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

Objetivos particulares

- Realizar el control de las especies exóticas invasoras Trueno (*Ligustrum lucidum*) y Sombrilla japonesa (*Koelreuteria paniculata*) mediante métodos químicos y mecánicos.
- Conocer el estado actual de las áreas en donde se llevaron a cabo las acciones de control en el año 2016, con el fin de dar un seguimiento adecuado a las acciones implementadas y así evitar la dispersión de estas especies en los ecosistemas del Parque.

4. Metodología

Se realizará una revisión bibliográfica, desde publicaciones científicas, textos especializados y colecciones de especies exóticas, con el fin de reforzar el conocimiento sobre la biología y la ecología de las especies y con ello mejorar las acciones para el control de las especies a tratar.

4.1. Monitoreo de áreas tratadas en el 2016

Se realizará la evaluación del éxito de control en las áreas del Parque Chipinque donde fue controlado el Trueno (20 ha) y la Sombrilla japonesa (10 ha) durante el 2016. Tomando como base los reportes entregados sobre los trabajos de control realizados, se llevarán muestreos dirigidos, utilizando parcelas de 100 m² donde se registrarán datos de campo sobre indicadores de éxito (mencionados en el numeral 4.3.3.1.), los cuales nos muestren la efectividad del trabajo que se llevó a cabo (véase PNUD México, 2018). Para cada

conglomerado de árboles exóticos se tomará la ubicación geográfica para tener el registro exacto y poder dar seguimiento oportunamente.

Como indicadores para evaluar la efectividad del control se valorará en cada ejemplar la presencia de los siguientes criterios:

- tejido vivo o muerto (se realiza un ligero corte entre la corteza para ver la coloración y determinar su estado);
- signos de vida arriba o debajo de los cortes hechos para el tratamiento; en qué etapa de vida se encuentra (plántula, joven o adulto);
- condición de las hojas;
- rebrotes y/o floración;
- cierto rango de daño (basado en cuatro categorías que representan el porcentaje de daño: de 0 a 25% se considera rango 1, de 26% a 50% rango 2, de 51% a 75% rango 3, y de 76% a 100% rango 4).

Tabla 1. Formato de campo para la toma de datos en las áreas tratadas para eliminación.											
Ind.	Tratamiento	Vivo		Muerto	Etapa de vida		Rango de daño	Condición de hoja	Rebrotes	Flores	Semillas
		Abajo	Arriba		Joven	Adulto					
1											
2											
3											

4.2. Ubicación de sitios para el control 2018

Posteriormente se ubicarán los sitios en donde se realizará el monitoreo y el control del Trueno (*Ligustrum lucidum*) y de la Sombrilla japonesa (*Koeleruteria paniculata*). Se establecerá contacto con personas cercanas al parque, y algunos habitantes de poblados cercanos a las áreas que se designen para las actividades planeadas y posteriormente se realizará el reconocimiento del área, esto con la finalidad de facilitar el acceso a las áreas que se van a tratar, además de cumplir con el propósito de inclusión y apoyo a comunidades cercanas.

Una vez ubicados los sitios se establecerán un mínimo de 10 parcelas de 100 m² para realizar el diagnóstico de la presencia de las dos especies, en las cuales se tomarán los datos de altura, cobertura y diámetro de las especies que se ubiquen dentro, esto para determinar la abundancia, dominancia, frecuencia e Índice de Valor de Importancia (I.V.I.). Se establecerá un formato de registro con los siguientes datos: fecha, especie, cobertura.

En la figura 3 (y Anexo 1) se muestra el área en donde se establecerán los sitios para realizar las labores de eliminación, el polígono delimitado es parte del Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM) en donde se han ubicado sitios con presencia con las dos EEI.

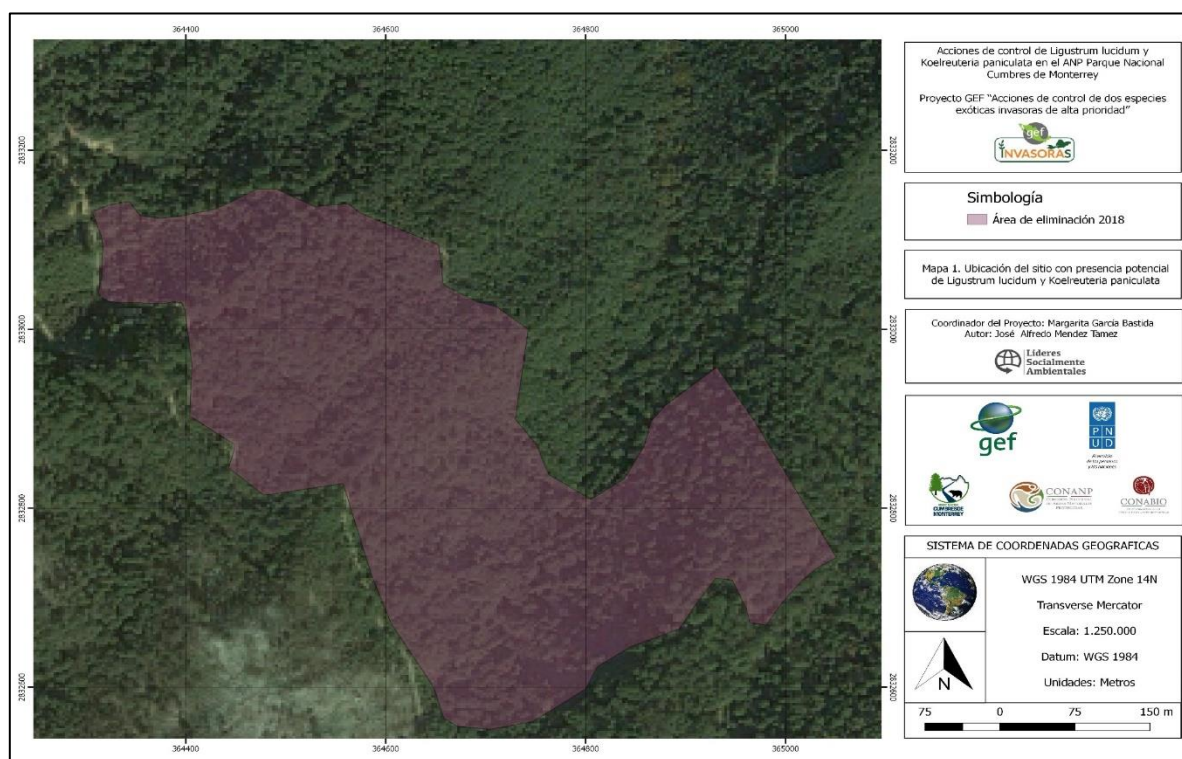


Figura 3. Mapa del área propuesta para la eliminación en 2018 (Fuente: LSA/A. Mendez).

4.3. Estrategia de control

Para realizar el control y manejo de las especies invasoras se contemplará la afectación y la alteración que éstas han causado sobre el ecosistema y las especies nativas que se encuentran en el lugar, por lo tanto, el programa de control considerará las medidas adecuadas para tratar de erradicar a las especies invasoras sin dañar al ecosistema.

Este plan de control incluirá como base los siguientes puntos:

- A) Diagnóstico del ecosistema previo a las acciones de control: se tomarán datos para estimar la abundancia y riqueza de especies en el área de trabajo.
- B) Implementación de los métodos de control: se hará un registro georreferenciado de los árboles a los que se aplique algún método de control.
- C) Indicadores de éxito del plan de control: se hará una segunda visita al área de control para tomar datos sobre rebrotes, mortalidad y regeneración de plantas nativas como indicadores de éxito.

4.3.1. Diagnóstico del ecosistema

Para caracterizar la estructura vegetal se obtendrán la frecuencia, la dominancia y la abundancia de las especies y se estimará el índice de valor de importancia de cada especie encontrada. También se estimará la diversidad y el Índice de Valor de Importancia para toda el área basado en Curtis & McIntosh (1951). Para ello se utilizarán las herramientas de análisis del programa Excel.

4.3.1.1. Estimación de frecuencia, abundancia, dominancia e IVI

El Índice de Valor de Importancia (IVI) fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie de flora en un ecosistema determinado y se calcula de la siguiente manera:

$$IVI = \text{Dominancia relativa} + \text{Abundancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

La **Dominancia relativa** se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área muestreada}} \times 100$$

El área basal (AB) de los árboles se obtiene con la fórmula siguiente:

$$AB = \frac{\pi}{4} DAP^2$$

La **Frecuencia relativa** se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de parcelas en las que ocurre una especie}}{\text{Total de ocurrencias en todas las parcelas}} \times 100$$

La **Abundancia relativa** se calcula de la siguiente manera:

$$Abundancia\ relativa = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Número\ total\ de\ individuos\ de\ todas\ las\ especies} \times 100$$

4.3.1.2. Estimación de índices de diversidad

Los índices de diversidad incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitatividad. En algunos casos el valor del índice de diversidad estimado puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitatividad. Para este proyecto se utilizarán los índices de Simpson (1949) y de Shannon-Weaver (1949) como indicadores de diversidad.

Índice de Simpson

$$D = \frac{\sum S n(n-1)}{N(N-1)}$$

Donde:

S es el número de especies

N es el total de organismos presentes

n es el número de ejemplares por especie

Índice de Shannon

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

S es el número de especies

p_i es la proporción de individuos de la especie entre la abundancia relativa

4.3.2. Implementación del plan de control

Para la eliminación de las especies se propone la combinación de dos métodos, el primero es mediante el uso de químicos y el segundo la extracción mecánica o manual. Para los individuos con un diámetro menor a 4 cm se aplicará el método manual o mecánico. Los árboles que tengan un diámetro mayor a 4 cm se eliminarán utilizando el método químico, que consiste en la aplicación de un herbicida posterior al derribo con serrucho o motosierra.

4.3.2.1. Método manual

Los individuos que tengan un diámetro menor a 4 cm serán extraídos de raíz debido a la facilidad que implica esto, cuando sea necesario se apoyaran en herramientas como picos o palas para facilitar el proceso. En el caso que no se puedan arrancar debido a que sus raíces se encuentren muy adheridas al suelo o a las rocas, se procederá a aplicar el herbicida para garantizar su eliminación. El acomodo de las plantas extraídas será en una posición en la que la raíz no toque el suelo, debido a que las características de estas especies les permiten continuar con vida aún después de ser arrancadas.

4.3.2.2. Método químico

El proceso de selección de este método está basado en las experiencias previas del uso de herbicidas para control de las especies en cuestión, donde los resultados obtenidos mostraron baja efectividad del control químico en relación a la mortalidad de individuos. Para tal efecto, se revisaron los procedimientos llevados a cabo anteriormente y los productos utilizados para su aplicación (Hernández-Peña, J. & García Solís, A. 2016) y se estableció contacto con el Dr. Sergio Galindo Hernández, encargado del laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), quien, junto con su equipo de trabajo, brindó asesoría para proponer una nueva estrategia en el uso del herbicida. Debido a que este método no ha sido probado para especies como *Ligustrum lucidum* y *Koeleuteria paniculata*, se propone la aplicación del Triclopyr dividiendo el área a tratar en tres pruebas que se describen a continuación, esto con la finalidad de documentar la eficacia y poder realizar posteriormente una comparación entre las concentraciones y la reformulación.

4.3.2.2.1 Aplicación mediante aspersión de Triclopyr al 2% (marca comercial Garlon® 4)

Para esta primera prueba se seguirán las recomendaciones hechas por el Instituto Horus (Ziller, S., *com. pers.*, 2018), utilizando el herbicida Triclopyr a una concentración del 2% diluido en agua. Para la preparación del químico se tomará en cuenta las especificaciones de la ficha técnica del herbicida (en este caso la concentración del Triclopyr en Garlon® 4 es de 616 g/L; ver ficha Anexa); utilizando una regla de tres simple se multiplica: $2 \times 1000 / 616$, resultando ~32 ml/L.

Para este proyecto se utilizarán aspersores manuales con una capacidad de 16 L, por lo que la preparación quedará de la siguiente manera:

- Utilizando un recipiente con graduación, se medirán 510 ml de Garlon® 4 y se colocarán en el aspersor;
- posterior al herbicida, se añadirán 80 ml de colorante específico;
- y por último se rellenará con agua hasta completar los 16 L (~15.4 L).

Tanto durante el proceso de preparación como al momento de la aplicación del herbicida, el personal encargado del manejo siempre portará el equipo de protección personal necesario (traje, guantes, lentes y mascarilla). Para esta concentración se tiene contemplado abarcar el 35% del área total donde se llevará acabo el control de las especies a tratar, representando una superficie de 7 ha, como se ve en la figura 5.

4.3.2.2.2 Aplicación mediante aspersión de Triclopyr al 25% (marca comercial Garlon® 4):

El método para la preparación de esta concentración será la misma que la anterior, con la diferencia que para lograr el 25% se utilizarán ~ 405 ml/L de Garlon® 4.

La decisión de utilizar esta concentración del herbicida es debido, por una parte, a que esta concentración se ha reportado efectiva para el control de plantas leñosas como *Ligustrum* (Enloe *et al.*, 2018), además de que con el uso de otras concentraciones de Triclopyr (4, 6 y 8 L de Garlon® 4 por cada 100 L de agua) se ha tenido poca efectividad en trabajos realizados en años anteriores (Dirección del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, *com. pers.*, 2018). Es muy importante señalar que con estas concentraciones solo se aplicó el método de anillamiento, siendo un factor primordial para considerar el derribo de árboles para este proyecto.

Al igual que la concentración al 2%, la concentración de 25% se aplicará en una extensión de 7 ha (Figura 5).

4.3.2.2.3 Aplicación con piseta de Triclopyr al 25-30% (marca comercial Garlon® 4)

La nueva propuesta, basada en la asesoría del Dr. Galindo, consiste en el uso de los principales activos químicos del herbicida potencializados mediante una técnica de encapsulado, dando como producto una sustancia más espesa (cremosa), la cual al secarse creará una capa fina que quedará fijada en la zona de aplicación liberando los activos durante un lapso de tiempo más prolongado, estimado entre 7 y 8 días después de la aplicación (a diferencia de la solución líquida) y por ende, logrando una mayor eficacia.

El encapsulado promueve la distribución uniforme de los activos en los productos finales cuando se utilizan en baja concentración –permitiendo aumentar la capacidad de eliminación de los individuos a los que se les aplica este método–, y al mismo tiempo permite reducir la reactividad de dichos compuestos con el ambiente (i.e. agua, luz, oxígeno) y disminuir su evaporación o su transferencia hacia el medio natural y así evitar los daños secundarios a otras especies. Estos sistemas de encapsulado son partículas sólidas (microesferas) o pequeñas gotas de líquido rodeado de una pared constituida por polímeros (microcápsulas) naturales o sintéticos; éstos presentan diferente peso molecular y grado de permeabilidad, permitiendo así la liberación de una cantidad controlada de activo (Armendáris *et al.*, 2016).

Este método tiene como finalidad compensar la pérdida de eficacia de las formulaciones convencionales de los herbicidas, mediante formulaciones de liberación controlada,

liberando de manera gradual el activo de una sustancia durante un periodo de tiempo más prolongado, y controlando la cantidad utilizada, reduciendo con ello las cantidades de residuos y ahorros en la mano de obra, (Chevallard *et al*, 2012). La manera en cómo se logra dicha liberación es mediante el uso de polímeros orgánicos como pectina, lignina, almidón o alginato, estos, tienen algunas propiedades como son la gelificación, la capacidad de incrementar su viscosidad, la estabilización de suspensiones, la capacidad de formar emulsiones y de retener agua (Aguilar, 2007).

La concentración que tendrá el herbicida, principio activo Triclopyr (marca comercial Garlon® 4), tendrá un rango de entre 25% y 30% del activo. A este producto se agregará un colorante especial con el fin de que puedan ser visualizados rápidamente los individuos a los que se les aplique, con la finalidad de identificar con mayor facilidad a los mismos, además de evitar omisiones.

Debido a la consistencia del herbicida modificado –cremosa–, su aplicación se llevará a cabo mediante pisetas; esta consistencia nos es de gran utilidad para la seguridad de los trabajadores que realicen la actividad de aplicación, ya que no requiere de una protección especializada debido a que es muy difícil su dispersión por viento o algún otro agente, no obstante, el personal encargado de dicha labor portará guantes y cubre bocas durante el tiempo de aplicación, además de camisa larga, todo esto como medidas preventivas para evitar el contacto directo en caso de que llegase a ocurrir.

Este método se aplicará en el 30% de la superficie total del proyecto, dando un área de 6 ha (Figura 5).

4.3.2.2.4. Derribo de árboles

Las tres variantes del método serán aplicadas inmediatamente después del derribo de cada árbol. La técnica para el derribo de los árboles será basándonos en el diámetro de cada individuo, para los individuos con diámetros de entre 5 y 10 cm se utilizará un serrucho de poda para el derribo completo y la posterior aplicación del herbicida sobre el tocón. Los individuos con diámetros mayores a 10 cm, de igual manera se derribarán completamente, pero esta vez utilizando motosierra. Una vez realizado el derribo, se les aplicará por igual el químico en la superficie del tocón, asegurándonos de cubrir completamente toda el área como se puede apreciar en la figura 4 (Palazuelos & Venegas, 1999). Los cortes deberán ser los más cercanos a la base del suelo, esto para evitar los rebrotes por debajo de donde se realizó la tala.



Figura 4. Ejemplo de la aplicación del químico en tocón de individuos derribados.

Fotografía: Instituto Hórus / S. Ziller

Aprovechando que en las fechas que se ejecutaran las acciones de control la producción de semilla es baja, una vez realizado el derribo de los individuos a eliminar, se procederá al troceo de estos, separando las ramas más pequeñas del fuste con el uso de machetes para que de esta manera quede libre y poder aprovechar los troncos para formar barricadas para retención de suelo en áreas cercanas que requieran de esto, mientras que las ramas serán cortadas lo más pequeño posible para esparcirse en el área para que el suelo no quede expuesto.

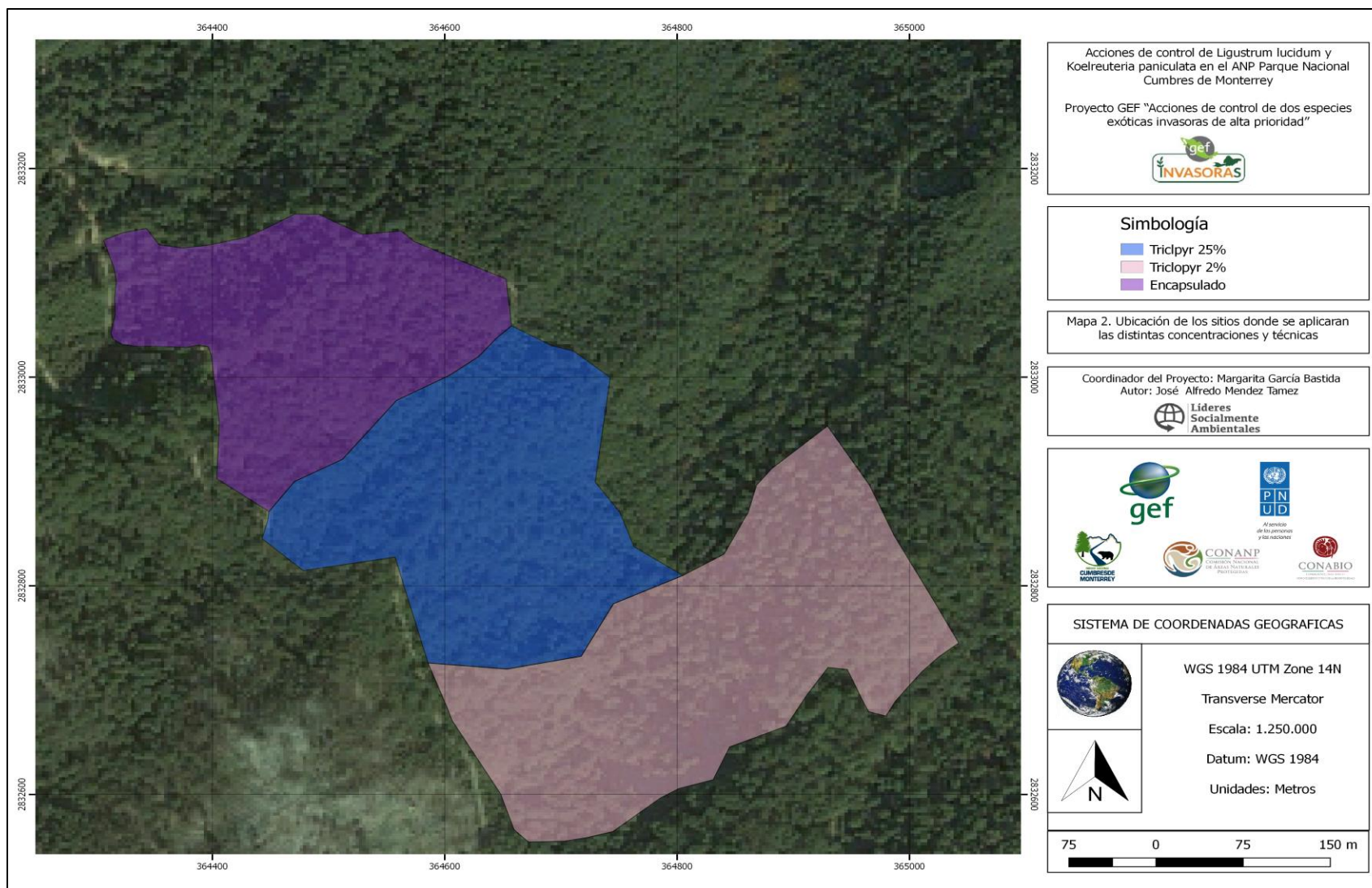


Figura 5. Ubicación de los sitios donde se aplicarán el método de Triclopyr encapsulado (sombreado morado) y las concentraciones de 2% y 25% del Triclopyr (sombreados rosa y azul, respectivamente) (Fuente: LSA/A. Méndez).

4.3.2.3. Equipo de seguridad personal

En todo momento se tomarán las medidas de seguridad apropiadas para el personal que lleve a cabo estas actividades durante el desarrollo del plan, basados en los requisitos de protección de salud que están indicados para el herbicida.

Para esto se utilizará equipo apropiado para cada actividad, asegurando el manejo adecuado de cada uno de los materiales y evitar el daño en la integridad de los trabajadores, para el uso de la motosierra se portarán guantes para un mejor manejo de la misma, además de que cada integrante de la cuadrilla contará con su respectivo casco de seguridad, pantalón apto para trabajo pesado y botas de campo adecuadas para el terreno. Debido a la consistencia del herbicida, el personal que manejará el herbicida sólo llevará mascarilla o cubrebocas y guantes, además de un traje de protección especial (figura 6).



Figura 6. Equipo de seguridad para personal.

Fotografías: <https://www.forestry-suppliers.com>

4.3.2.3. Trabajo de campo

Dentro del área propuesta del Parque Ecológico Chipinque se implementarán los métodos de control cubriendo una superficie de 20 ha en donde estén presentes el Trueno y la Sombrilla japonesa.

El trabajo de campo se realizará mediante cuadrillas de tres personas, en donde una persona será el responsable del uso de la motosierra para el derribo y el troceo de los individuos mientras que otro integrante de la cuadrilla se encarga del acomodo de las ramas y por último el tercero aplicará el herbicida a los tocones. Dado que en campo a veces es difícil ubicarse en el terreno, se hará uso de características de topografía como referencia, tales como caminos, veredas y cañadas para enmarcar el área de trabajo, basado en las coordenadas geográficas. Después la cuadrilla irá recorriendo el terreno hasta cubrir el área de trabajo especificada, utilizando las curvas de nivel para facilitar el acceso y llegar a todos los individuos. Debido a que el área donde se llevará a cabo las labores de control son muy visitadas por turistas, se colocarán carteles informativos sobre las acciones que se realizarán en la zona.

Previo a su implementación, se llevará a cabo un taller introductorio, de tal forma que las personas que integrarán las cuadrillas de trabajo conozcan los objetivos del proyecto, sus alcances y los métodos a emplear, así como el manejo del equipo de protección y el cuidado que se tiene que tener en el uso de los químicos. Se tomará en cuenta a las personas que participaron en años anteriores para hacer más efectiva la eliminación.

4.3.3. Evaluación de la estrategia de control

Para dar un seguimiento más concreto a las áreas tratadas y conocer los alcances de los herbicidas utilizados se realizará un marcaje aleatorio de mínimo 100 individuos previo al control. Transcurridos 3 meses después de ejecutar las acciones de remoción, se realizará una segunda visita a las áreas en donde se llevaron a cabo estas acciones para detectar posibles rebrotes que, por su tamaño, hayan pasado desapercibidos y éstos serán removidos. Asimismo, el marcaje servirá para hacer un seguimiento, ver la evolución del estrato herbáceo y tomar fotografías, las cuales serán georreferenciadas para elaborar un mapa digital donde se visualice el alcance físico de las acciones realizadas. El objetivo es contar con un registro de la evolución del hábitat y en conjunto, definir las acciones de restauración necesarias.

4.3.3.1. Medición de indicadores

Se propone la medición de dos tipos de indicadores, los de control que incluyen información sobre los individuos y las poblaciones que recibieron tratamiento físico, químico o ambos, y los indicadores de regeneración, que servirán para conocer cómo se recupera el ecosistema como resultado de las acciones de control y la respuesta natural del ecosistema. Estos indicadores se medirán a la par de los trabajos de control, referenciando con precisión la toma de los datos.

Los indicadores de control son los siguientes:

- Rebotes de sistema radicular de especies exóticas (% de rebotes en proporción con el total del individuo).
- Mortalidad de individuos de especies exóticas (% de tasa anual).

Por su parte, los indicadores de regeneración son los siguientes:

- Rebrote de ramificaciones en los individuos derribados.
- Regeneración post control de flora nativa.

Al final de los trabajos de eliminación, se llevará a cabo un estudio de mortalidad en parcelas de 100 m², tomando como base estudios realizados por otros autores (Ramírez *et al.*, 2002). De esta manera podremos medir con más precisión el efecto que se tuvo en los individuos a los que se les aplicó el método de control. El formato de la toma de datos será el mismo que se utilizará para el monitoreo del área que se trabajó en el 2016.

Con fines de continuidad, se sugiere realizar una nueva evaluación un año después del control aquí implementado, esto con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos en años anteriores y posterior a las modificaciones implementadas en esta consultoría, de tal manera que, con base en comparaciones sobre las fluctuaciones en la densidad de individuos por hectárea, se determine el porcentaje de éxito de control con las técnicas aplicadas.

5. Informe final

Al concluir los 6 meses de trabajo se hará la entrega del informe final donde serán reportados en su totalidad los resultados de las actividades. Asimismo, se entregará una tabla con el desglose de los costos reales de la actividad en formato Excel. También se entregarán los mapas con la situación de las áreas controladas, así como un anexo con una guía de las actividades de control realizada y toda la información referente al destino final de las materias primas forestales resultantes del control del trueno (*Ligustrum lucidum*) y de la sombrilla japonesa (*Koeleria paniculata*).

6. Cronograma de actividades

Tabla 2. Cronograma de actividades a realizar para el control de especies invasoras						
Actividad	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Delimitación y reconocimiento de áreas de eliminación						
Selección y capacitación de personal						
Entrega de 1er informe						
Compra de material inicial						
Implementación del plan de control en zona de Chipinque						
Entrega de 2do informe						
Entrega de Informe Final						
Revisión de área tratada						

7. Estimación de costos de las acciones a realizar

Tabla 3. Costo de materiales.			
Materiales	Cantidad	Costo	Costo total en MXN
Formatos de campo	20	10	200
Lápiz	10	5	200
GPS	1	5,669	5,669
Machete	10	200	2,000
Cinta larga 50 m	1	500	500
Aspersor	4	200	800
Piseta	10	50	500
Colorante	2 galones	659	1,318
Pantalón	6	850	5,100
Trajes de protección para herbicidas	4	183	2,196
Lentes	6	150	900
Camisa	6	300	1,800
Zapato	6	700	4,200
Cascos	6	850	5,100
Mascarilla	3	500	1,500
Guante de carnaza	6	300	1,800
Serrucho de poda	3	250	750
Motosierra	2	7,000	14,000
Triclopyr	25 litros	4,998	124,950
Total			173,483

Proyecto GEF-Invasoras _ Servicio de consultoría para implementar acciones de control de dos especies exóticas invasoras de alta prioridad y seguimiento de las actividades de control realizadas en el año anterior en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

Tabla 4. Costo total del proyecto en MXN					
Categoría	Subcategoría	Unidad física	Unidad de medida	Costo unitario (\$/Unidad)	Costo (MXN)
Costo del diseño del Plan de remoción	2 técnicos	6	Mes	20,000/mes	120,000
Trabajo (Jornaleros)	6 jornaleros	90	Días	150/día	81,000
Seguro/Jornaleros	6 jornaleros	3	Mes	1649/Mes	29,682
Compras continuas (químicos)	Triclopyr	30	Litros	15,997/Litros	124,950
Asesoría técnica (potencialización de químicos)	Formulación*			50,000	50,000
Disposición de residuos	Empresa de manejo de residuos		Kg	5,688	5,688
Gastos de inversión iniciales (= compra de equipo y material para control, ver tabla 3)	Varios	Varios	Varios	Varios	48,533
Traslados	Gasolina para vehículo	3000	Litro	18.05/litro	54,150
Viáticos (comida y hospedaje para jornaleros)					34,691
Otros (p. ej. campaña de sensibilización, taller de capacitación)					30,000
Costo total de ejecución (MXN)					578,694

8. Referencias bibliográficas

- ACAAN. 1993.** Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte entre El Gobierno De Canadá, El Gobierno De Los Estados Unidos Mexicanos y El Gobierno De Los Estados Unidos De América. Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Aguilar, C. 2007.** Optimización del proceso de modificación del almidón de maíz ceroso por extrusión y el uso de mezclas de almidones modificados con mucílago de nopal para la encapsulación de aceite esencial de naranja empleando el secado por aspersión. Tesis de Licenciatura en Alimentos. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Pachuca, México.
- Aguirre-Muñoz, A., Mendoza, R. et. al. 2009.** Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Natural Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 279-312.
- Armendáriz-Barragán, B., Álvarez-Román, R. & Galindo-Rodríguez, S. A. 2016.** Formulación de productos naturales en sistemas de liberación micro- y nanoparticulados. En Rivas-Morales, C., Oranday-Cardenas, M. A., & Verde-Star, M. J. (Eds.). Investigación en plantas de importancia médica. Barcelona, España: OmniaScience. 411-436.
- Arriaga, L., Castellanos, A. E., Moreno, E. & Alarcón, J. 2004.** Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation biology*. 18(6): 1504-1514.
- Auckland Regional Council. 1999.** Privet: *Ligustrum lucidum* (tree privet), *Ligustrum sinense* (Chinese privet). AUCKLAND, NZ. 3 p.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). 2003.** Plan Estratégico de Cooperación para la Conservación de la Biodiversidad de América del Norte. Fecha de publicación: 11 de marzo de 2003. <http://www3.cec.org/islandora/es/item/1934-strategic-plan-north-american-cooperation-in-conservation-biodiversity-es.pdf>
- Chevillard, A., Angellier-Cousy, H., Guillard, V., Gontard, N. & Gastaldi, E. 2012.** Controlling pesticide release via structuring agropolymer and nanoclays based materials. *Journal of Hazardous Materials*. 205-206: 32-39.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010.** *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

CONANP. 2016. Acciones y Programas de la CONANP. Fecha de publicación: 22 de agosto de 2016. <http://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/areas-naturales-protegidas-decretadas>

Curtis, J. & McIntosh, R. 1951. An upland forest continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*. 32 (3): 476-496.

Enloe, S.F., Sullivan, S.E., Loewenstein, N.J., Brantley, E. & Lauer, K. 2018. The influence of treatment timing and shrub size on Chinese Privet (*Ligustrum sinense*) control with cut stump herbicide treatments in the Southeastern United States. *Invasive Plant Science and Management*. 11: 49-55.

Flores, J., García, G. F., González, C., Gutiérrez, G. & Mendieta, V. J. 2013. Descripción de la situación de las EEI actuales y potenciales más importantes en ocho ANP, evaluación de la biodiversidad de relevancia global dentro de estos sitios y las amenazas existentes y potenciales por EEI. Segundo informe de actividades de la “Consultoría para una evaluación de la problemática de especies exóticas invasoras en 18 Áreas Naturales Protegidas (ANP), a fin de seleccionar 9 de ellas para la ejecución de actividades piloto para el manejo integrado de las especies exóticas invasoras” elaborado en el marco de la fase preparatoria del Proyecto GEF-PNUD “Aumentar las capacidades Nacionales para manejar Especies Exóticas Invasoras (EEI). Instituto de Biología, UNAM.

Global Invasive Species Database (GISD). 2015. Species profile: *Ligustrum lucidum*. Fecha de acceso: 27 de marzo de 2018. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=621>

González, E. 1991. Recolección y germinación de semillas de 26 especies arbóreas del bosque húmedo tropical. *Revista Biología Tropical*. 39 (1): 47-51.

Hernández-Peña, J. & García Solís., A. 2016. Monitoreo y Estimación de las Densidades de Especies Invasoras: Trueno chino, Carrizo, Tabaco silvestre, Kalanchoe y Sombrilla japonesa en Predios del PNCM, dentro del proyecto GEF 0081866 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras” Conservación y Naturaleza Sustentable, A.C. (CONYNS) Monterrey, N.L. México.

Matthews, S. & Brand, K. 2005. Programa Mundial sobre Especies Invasoras. Brand, K. (Ed). Secretaría del GISP. pp 20-80. ISBN 1-919684-49-2

Palazuelos, R. & Venegas, R. 1999. Control químico de malezas arbustivas y arbóreas en plantaciones de *Pinus radiata*. *Bosque*. 20(1): 79-88.

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Evaluación del éxito de control de Trueno y Sombrilla Japonesa en el año 2016 en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey. Proyecto 00083999 “Aumentar la Capacidades Nacionales Para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. 19 pp. + 4 Anexos. García-Bastida, M., Méndez-Tamez, J. A. & Medrano, J. Líderes Socialmente Ambientales, A.C.

Ramírez-Angulo, H., Torres-Lezama, A. & Serrano, J. 2002. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la cordillera de los Andes, Venezuela. *ECOTROPICOS*. 15 (2): 177-184.

Sánchez, M. 2001. La cultura del árbol. Real Jardín Botánico, pp. 26-27.

Shannon, C. E. & Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.

Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. *Nature*. 163: 688.

Zamora, L., Montti, L., Grau, R. & Paolini, L. 2014. Efectos de la invasión del ligustro, *Ligustrum lucidum*, en la dinámica hídrica de las Yungas del noroeste argentino. *Bosque (Valdivia)*. 35 (2): 195-205.