

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**"ENDOTERAPIA VEGETAL COMO TÉCNICA DE CONTROL DE
PLAGAS Y ENFERMEDADES EN ÁRBOLES URBANOS"**

Trabajo Monográfico para optar por el Título de

INGENIERO FORESTAL

AUTORA : KATHERINE MONTES TUPPIA

ASESOR : ING. MARTIN ARAUJO FLORES

La Molina, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. PLAGAS DE LOS ÁRBOLES DE ÁREAS URBANAS	6
2.1.1. Generalidades	6
2.1.2. Principales plagas	8
2.2. CONTROL DE PLAGAS EN ÁRBOLES DE ÁREAS URBANAS	9
2.2.1. Desafíos del control de plagas en áreas urbanas	9
2.2.2. Métodos tradicionales para el control de plagas	9
2.3. TÉCNICA DE INYECCIÓN AL TRONCO (ENDOTERAPIA)	13
2.3.1. Generalidades	13
2.3.2. Ventajas	19
2.3.3. Limitaciones	19
2.3.4. Sistemas de inyección	20
III. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN ÁRBOLES URBANOS	24
3.1. IMPORTANCIA DEL ÁRBOL EN ÁREAS URBANAS	24
3.2. SALUD DE LOS ÁRBOLES	25
3.3. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE LOS ÁRBOLES	28
3.4. GESTIÓN DE LA SALUD DE LOS ÁRBOLES EN LIMA	32
3.5. EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN ENDOTERAPIA EN ÁREAS URBANAS	33
3.5.1. Estados Unidos e Italia	33
3.5.2. Europa	34
3.5.3. Uruguay	35
3.5.4. México	35
3.5.5. Otros países	36
3.5.6. Perú	36
IV. CONCLUSIONES	37

V. RECOMENDACIONES	38
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Factores condicionantes de los árboles.....	7
Figura 2: Principales plagas de árboles.....	8
Figura 3: Método por espolvoreo.....	9
Figura 4: Método por aspersión.....	11
Figura 5: Método Drench.....	12
Figura 6: Proceso de respiración y fotosíntesis.....	17
Figura 7: Transporte de savia en el árbol.....	18
Figura 8: Sistema de macroinyección.....	21
Figura 9: Sistema de implantes.....	22
Figura 10: Sistema de microinyección.....	23
Figura 11: Sistema de inyección a baja presión.....	24
Figura 12: Beneficios de los árboles urbanos.....	25
Figura 13: Factores que afectan al árbol.....	27
Figura 14: Muerte regresiva de árbol (<i>Tecoma sp.</i>).....	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Época de aplicación.....	17
Cuadro 2: Especies de árboles comunes en Lima.....	30

RESUMEN DEL TRABAJO

En el presente trabajo monográfico se investigó el método de la endoterapia como una técnica alternativa de control de plagas, en árboles ubicados en las áreas verdes de Lima, frente a técnicas tradicionales que resultan peligrosas y nocivas para persona y animales, debido a la dispersión de sustancias en el ambiente, esta situación amerita de técnicas menos agresivas y ambientalmente sostenibles, como la endoterapia.

Los procesos primarios de aplicación, independiente del sistema de inyección que se realice constan de perforar el tronco con la ayuda de un taladro, utilizando brocas de acero para generar un orificio donde se coloca un inyector por el cual ingresa el agroquímico. La aplicación de la endoterapia, presenta resultados favorables y prometedores para el control de plagas y enfermedades del arbolado urbano, eliminando con ello toda posibilidad de contaminación al ambiente y/o intoxicación de los transeúntes que hacen uso de los parques para el desarrollo de actividades de esparcimiento.

I. INTRODUCCIÓN

Los parques o áreas verdes en la ciudad de Lima tienen una importancia indiscutible, ya que forman un ambiente adecuado para el desarrollo de las personas, garantizando una mejor calidad de vida de la población en la zona urbana. Su conservación y administración está asignada a los gobiernos locales según la Ley Orgánica de Municipalidades, quienes deben velar por el bienestar de su comunidad a través de los servicios públicos y, en estos espacios de sana recreación para niños y adultos, garantizar que esté libre de peligros que atenten contra los derechos fundamentales de la persona. En ese sentido, estas competencias involucran además de un manejo integrado de control de plagas, el manejo de métodos de aplicación de agroquímicos, entre otros, en las especies de árboles existentes, según la diversidad arbórea que se presenta en la ciudad de Lima.

El presente trabajo aborda el método de la endoterapia como una técnica alternativa de control de plagas en árboles ubicados en las áreas verdes de la ciudad de Lima, donde hasta el momento se utilizan técnicas tradicionales, entre las más utilizadas el método de aspersión, con la finalidad de mantener la sanidad de los árboles. Sin embargo, resulta peligrosa y nociva la dispersión de sustancias y la cantidad de ellas que queda suspendida en el ambiente incluso en áreas de gran afluencia lo cual puede entrañar riesgos para personas y animales, esta situación amerita de técnicas menos agresivas y ambientalmente sostenibles, como la endoterapia.

La endoterapia es una técnica de control de plagas que aún no ha sido aplicada en la ciudad de Lima debido a que es relativamente nueva en el Perú. Sin embargo, es muy conocida a nivel internacional y aplicada con buenas experiencias en zonas de Europa, Estados Unidos y recientemente en todo Latinoamérica.

Nuestra investigación a nivel de fundamento, sirve para conocer el método de la endoterapia a través de la descripción de la ventajas y desventajas de su aplicación, brinda a las instituciones encargadas y dedicadas a ofrecer servicios de control de plagas la posibilidad de contar con información que les permita efectuar sus actividades con métodos ecológicamente amigables para beneficio de

la salud pública. Asimismo, se describen los procedimientos del método de la endoterapia a fin de verificar su practicidad y accesibilidad, lo cual permitirá tener una visión más objetiva respecto a otras técnicas o métodos de control de plagas. La apuesta por métodos alternativos en el control de plagas, además de respetar la biodiversidad requiere una mayor mano de obra, lo cual constituye un elemento a tener muy en cuenta en la necesidad de capacitación y en la generación de empleo.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

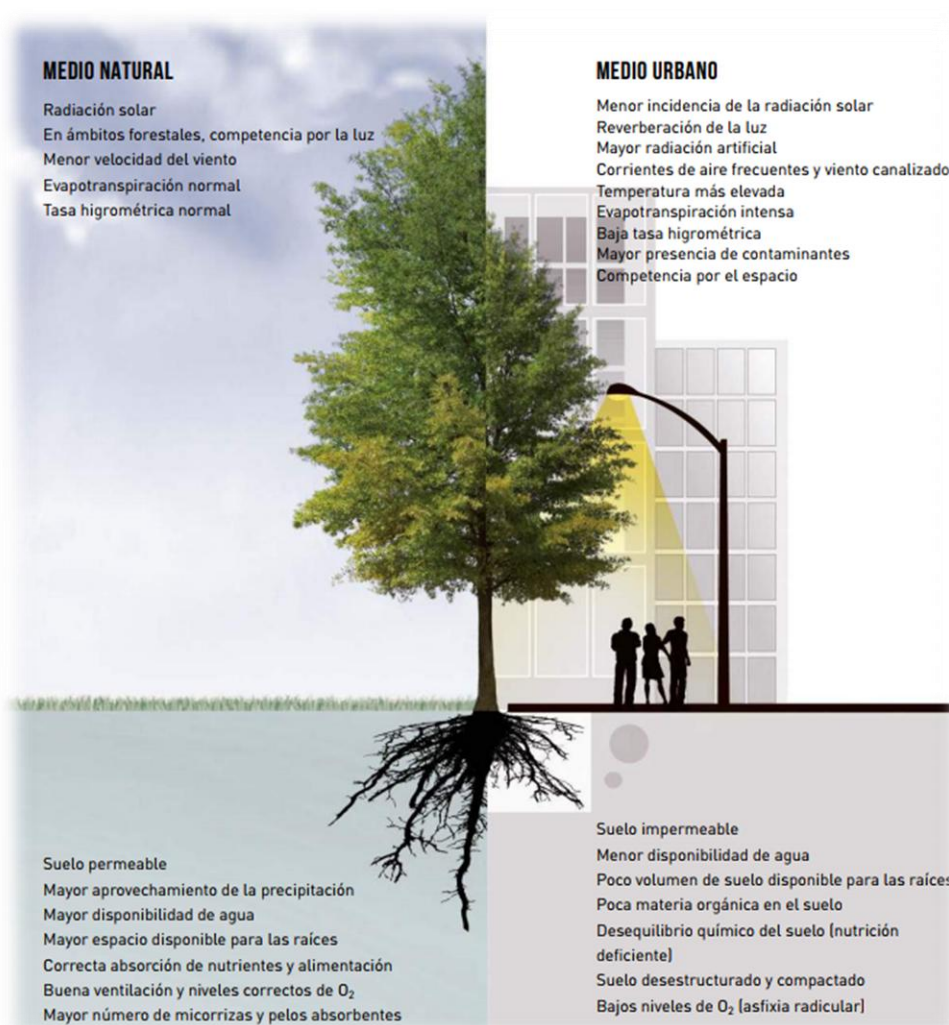
2.1. PLAGAS DE LOS ÁRBOLES DE ÁREAS URBANAS

2.1.1. Generalidades

Las condiciones que afrontan los árboles en entornos urbanos difieren diametralmente de aquellas que afrontan los árboles en su hábitat natural. En ámbitos urbanos los árboles deben de afrontar deficientes condiciones de nutrición generadas básicamente por la baja calidad del sustrato presente en las ciudades y las difíciles condiciones de disponibilidad de agua. Ambos aspectos determinan que las defensas de los árboles tengan niveles particularmente bajos, volviéndolos más vulnerables frente a todo tipo de plagas y enfermedades. En ese sentido, es imperativo desarrollar un sistema de monitoreo y seguimiento, así como un esquema de alertas tempranas, que permitan identificar un problema fitosanitario potencial y controlarlo. Para tal efecto, es necesario el compromiso de los jardines botánicos, de la academia y de la autoridad ambiental en la investigación permanente de este aspecto (Llanos, 2012).

Según el Ayuntamiento de Barcelona (2011) los factores condicionantes de las enfermedades de los árboles son la radiación solar, competencia por la luz, velocidad del viento, evapotranspiración, tasa higrométrica, temperatura, competencia por espacio, presencia de contaminantes, disponibilidad de agua, permeabilidad del suelo, etc. Como se muestra en la figura 1.

Figura 1: Factores condicionantes de los árboles



Fuente: Ayuntamiento de Barcelona, 2017

Como correlato de la situación arriba referida, al incrementarse la situación de vulnerabilidad de los árboles en entornos urbanos, es altamente probable que una herida externa o una situación de estrés sea aprovechada para la entrada y la proliferación de parásitos, especialmente plagas de insectos o ácaros o infecciones por hongos. El desequilibrio causado por la invasión de estas plagas puede tener consecuencias muy diversas en el individuo arbóreo afectado: puede afectar simplemente al aspecto estético del árbol, puede provocarle debilitamiento y pérdida parcial del ritmo de crecimiento, o, en el peor de los casos, puede causar la muerte parcial o total del ejemplar. La verificación de la reacción de los árboles

a estas agresiones se realiza, primariamente a través de la evaluación de su aspecto externo (Ayuntamiento de Barcelona, 2011).

2.1.2. Principales plagas

Existen una serie de plagas que afectan, principalmente, a los árboles en zonas urbanas. Así las principales plagas son las siguientes (Barroso, 2016):

- Insectos chupadores: Psilidos, pulgones, cochinillas.
- Insectos defoliadores, minadores.
- Insectos taladradores.
- Enfermedades vasculares: gafiosis, seiririum.

Figura 2: Principales plagas de árboles



Fuente: Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, 2015

Del mismo modo, debe resaltarse que el pulgón, la cochinilla, la procesionaria y el chancro constituyen las plagas y enfermedades más habituales de los árboles de la ciudad. En el caso del chancro, este se debe al ataque de un hongo y un insecto, que producen un típico y vistoso daño en la corteza (Ayuntamiento de Barcelona, 2011).

2.2. CONTROL DE PLAGAS EN ÁRBOLES DE ÁREAS URBANAS

2.2.1. *Desafíos del control de plagas en áreas urbanas*

El control de plagas en áreas urbanas afronta diversos desafíos, relacionados con la propia naturaleza de los mismos. Así, por ejemplo, la aplicación de plaguicidas en el ambiente provoca, literalmente, un envenenamiento del mismo. Como resultado de la aplicación de químicos, se afecta adversamente la capacidad de microorganismos y otros organismos encargados de reintegrar los elementos a los diferentes ciclos biológicos (McEwen y Brown, 1966; citado por Yumpiri, 2016). Es decir, existe una afectación tanto a las plagas como a los organismos que se ven afectados por ella. Por ende, es probable que, como consecuencia imprevista de ellos, se corte de manera tajante la circulación y reciclaje de diferentes sustancias benéficas para el ecosistema

2.2.2. *Métodos tradicionales para el control de plagas*

2.2.2.1. *Espolvoreo*

Consiste en la distribución del elemento fitosanitario en forma de polvo, mediante la aplicación de una corriente de aire, que a su paso por el depósito de tratamiento arrastra parte del producto. (Infoagro, 2012)

Figura 3: Método por espolvoreo



Fuente: Eco y Ambiente, 2000

2.2.2.1.1. Ventajas y Limitaciones del espolvoreo

Ventajas

- Mayor penetración de los productos en la masa vegetal
- Permite los tratamientos fitosanitarios en lugares con escasez de agua
- Mayor rapidez de ejecución

Limitaciones

- Barrera de protección poco segura
- Poca adherencia de los productos a la planta
- Falta de homogeneidad en la distribución
- Hay que manejar mucho volumen de producto para la misma cantidad de materia activa
- Problemas de almacenaje (higroscopicidad)
- Apelmazamiento del polvo con la humedad
- Tratamiento incontrolado en días de viento, con la consiguiente

2.2.2.2. Aspersión

Es la manera más común de aplicar los plaguicidas y consiste en aplicar un plaguicida en forma líquida, fraccionando el volumen en pequeñas gotas, que llevan el plaguicida en forma de solución, emulsión o suspensión. La fase líquida generalmente es agua, pero puede ser también aceite o el plaguicida sin diluir, en estos casos es preparado especialmente para este fin.

Para usar otro medio de transporte del plaguicida, se debe tener muy en cuenta el equipo a usar y el tamaño de gotas deseadas. El tamaño de las gotas de una pulverización depende de las características de la boquilla y de la presión del equipo de aplicación. Las gotas pequeñas se obtienen con orificios pequeños y altas presiones. Estas gotas son en teoría las que pueden dar una mejor cobertura, pero existen límites prácticos para su pequeñez. Las gotas muy pequeñas son fácilmente arrastradas por el viento, hay mayor riesgo de intoxicación respiratoria o dérmica. Por otra parte, dependiendo de la temperatura, del aire y de la superficie de las hojas puede ocurrir que las gotas muy pequeñas se evaporen sin llegar a tocar las plantas (OIRSA, 2000; citado por Yumpiri, 2016).

2.2.2.2.1. *Ventajas y Limitaciones de la aspersión*

Ventajas

- Se cuenta con personal capacitado para este tipo de aplicación.
- Los equipos y herramientas necesarios, tienen alta comercialización a precios económicos.

Limitaciones

- Evaporación de las gotas asperjadas por factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa y el viento.
- La deriva aerotransportada de las partículas del agroquímico por efectos de la velocidad y la dirección del viento, ampliando la contaminación del ambiente.
- El lavado de los agroquímicos por lluvias, pérdida de aprovechamiento del agroquímico por la planta y favorecer la endoderiva.
- Aplicaciones en horas específicas, especialmente cuando el número de transeúntes por la zona a tratar sea mínimo.

Figura 4: Método por aspersión



Fuente: Municipalidad de San Isidro, 2015

2.2.2.3. *Riego y aplicación en suelo (Drench)*

Drench es la aplicación de los fertilizantes disueltos en cierta cantidad de agua de forma directa al suelo, la concentración del agroquímico depende de la disponibilidad de agua (Laborda, 2007)

2.2.2.3.1. *Ventajas y Limitaciones del Drench*

Ventajas

- La aplicación es simple en la base del árbol.
- Aplicación directa y localizada.

Limitaciones

- Lentos resultados en el control de plagas.
- Efectivo para agroquímicos de acción sistémico.
- Aplicación con abundante agua, económicamente alto.
- En épocas de altas temperaturas, la evaporación de la humedad del suelo hace poco efectivo la absorción de agroquímico.

Figura 5: Método Drench



Fuente: Elaboración propia (2015, San Isidro, *Olea europaea*)

2.3. TÉCNICA DE INYECCIÓN AL TRONCO (ENDOTERAPIA)

2.3.1. Generalidades

El control de plagas y enfermedades ha supuesto durante muchos años una fuente de contaminación y actualmente un aspecto que genera un malestar general entre la población. Las fumigaciones incontroladas, el uso de pesticidas organoclorados y varios escándalos mediáticos, junto con la baja eficiencia de los tratamientos mediante las técnicas convencionales (pulverización, espolvoreo), han dado lugar al desarrollo de nuevas técnicas como la Endoterapia. Método alternativo de tratamiento de arbolado urbano caracterizado por la ausencia de dispersión de producto en el ambiente y siendo una técnica totalmente inocua para las personas y los animales, aplicada en cualquier hora del día. No obstante, hoy en día la Endoterapia ha pasado de ser un método alternativo habitual de tratamiento del arbolado en áreas urbanas (Olivet, 2011)

La técnica de la Endoterapia como mecanismo de control de plagas y enfermedades en el ámbito urbano, se caracteriza por consistir en la aplicación de sustancias químicas para ser translocadas por la savia a diversas partes del árbol, con el fin de combatir o repeler el ataque de insectos. Para que la aplicación sea efectiva, es necesario introducir el material químico alrededor de toda la circunferencia del árbol para obtener una distribución uniforme en todas las partes del tallo y la corona (Craighead y Gerge, citado por De La Rosa, 1986). Numerosos estudios demuestran que su efectividad ha tenido diversos resultados

2.3.1.1. Desarrollo histórico de la Endoterapia

La palabra Endoterapia procede de la lengua griega, literalmente se compone de dos vocablos, que en conjunto hacen referencia a un tratamiento-en el interior. Consiste en introducir una solución en el interior del sistema vascular del árbol para provocar un efecto en el mismo (Alagarda, 2017)

Hacia el año 1500, Leonardo da Vinci aconsejaba la aplicación por infusión de arsénico en manzanos para controlar a los ladrones de frutas: “Perforando un agujero en un árbol con una barrena e insertando en él el arsénico [...] disuelto en agua hirviendo [...] el agujero debe ser grande y tiene que ir recto a través de la

médula [...]. Cuando la savia está aumentando en los árboles [...] el líquido venenoso debe ser inyectado desde fuera [...]” (Roach, 1939, citado por Alagarda, 2017). También el desarrollo de experiencias como la introducción de miel en agujeros en el tronco para endulzar frutos o de la preparación de una infusión de pimienta, laurel e incienso, mezclado todo ello en vino, que, al introducirlo en la parte inferior de la médula del árbol, conseguía que los gusanos muriesen (Campana, 1999, citado por Alagarda, 2017)

Ya casi en el siglo XX, 5 equipos de investigación rusos intentaron utilizar presión mediante jeringas para introducir líquidos que curasen la gomosis, enfermedad de las plantas que se caracteriza por una abundante producción de goma (Alagarda, 2017)

En Estados Unidos, el primer uso de endoterapia fue en 1906 en Dakota del Norte, por H.L. Bolley, quien trabajó sobre la posibilidad de diagnosticar necesidades nutricionales a través de técnicas de inyección. Sin embargo, Bolley hacía notar que cada árbol parecía responder de manera única, algo que cualquier persona que haya trabajado con los sistemas de endoterapia debe reconocer (Alagarda, 2017)

En 1956, J.J. Mauget desarrolló la primera inyección comercial exitosa, para lo cual perforó agujeros de media pulgada de grosor en doble hilera alrededor del tronco. En los siguientes años el diámetro del hueco disminuyó dramáticamente y de esta manera continuó el éxito de las inyecciones sistémicas. (Alagarda, 2017)

Para los sesentas Mauget había refinado el proceso de inyección y en 1964 la química Shell introdujo el producto Bidrin (dicrotofos), el cual Mauget puso en una cápsula para controlar la enfermedad del olmo holandés (DED por sus siglas en inglés). En 1969, Dale Dodds, un ingeniero químico, compró la compañía Mauget y perfeccionó aún más el proceso de inyecciones. Nuevos productos salieron al mercado, principalmente inyecciones para tratar deficiencias de hierro, zinc y manganeso en los árboles (Rivas, 1996).

Posteriormente, en 1971, el doctor Eugene Smalley, patólogo vegetal, y otros investigadores, trabajaron con suspensiones acuosas del fungicida Benomyl. Este procedimiento fue usado para la DED y condujo a los sistemas de baja presión utilizados actualmente para liberar fungicidas y reguladores de crecimiento. En

este mismo año los implantes sistémicos fueron introducidos para tratar con efectividad la clorosis del hierro. Asimismo, surgieron los implantes llamados Medicap con el fin de tratar deficiencias específicas de microelementos para fertilizar sistemáticamente a los árboles. Han surgido implantes con acefato, bajo la denominación de Acecaps que permiten controlar un amplio rango de insectos destructivos de los árboles (Rivas, 1996).

Posteriormente la Universidad de California desarrolló nuevos sistemas más sofisticados y complejos estableciendo los parámetros que se consideraran principales a la hora de aplicar endoterapia en arbolado, tales como presión, dosis y concentraciones de la mezcla. Se realizaron pruebas con diferentes soluciones. (Reil y Beutel, 1976, citado por Anton, 2013).

Por su parte, Alex Shigo en 1977 publica su estudio sobre los efectos de la endoterapia en dos aplicaciones anuales, pone sobre la balanza ventajas y daños causados por las aplicaciones. Realiza un trabajo para el Servicio Forestal de EEUU sobre daños internos en arbolado. Para este estudio disecciona más de diez mil (10.000) árboles (Alagarda, 2017).

En 1992, Navarro describe un método de inyección que consiste en una cápsula y un inyector de plástico que conectan al tronco para control de la clorosis férrica en el olivo y en el melocotonero, de la podredumbre radical del aguacate de la procesionaria del pino y del decaimiento de las quercíneas. En 2000, Cruz Avilés utilizó el método de inyección a baja presión, aplicando el insecticida sistémico monocrotofos para el manejo del descortezador del cedro blanco en la reserva natural Xochitla. En 2011, Byrne en su estudio realizó aplicaciones para el control de trips en palto mediante inyecciones al tronco de neonicotinoides, imidacloprid y dinotefuran, un organofosforado acefato y un derivado de avermectina. En 2014, el Dr. Javier Vásquez y su equipo de investigación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) utilizaron el método de endoterapia en la campaña de palto en el valle de Huaral (Anton, 2013).

2.3.1.2. Principio de funcionamiento

La Endoterapia es un tratamiento que funciona a partir de la capacidad de flujo de savia que hay en el interior de los tejidos vasculares (básicamente xilema). El

flujo de savia viene determinado en función de dos parámetros: la respiración y la fotosíntesis. Por lo tanto, en los casos en que ambas variables tengan desempeño adecuado, el tratamiento podrá funcionar al máximo.

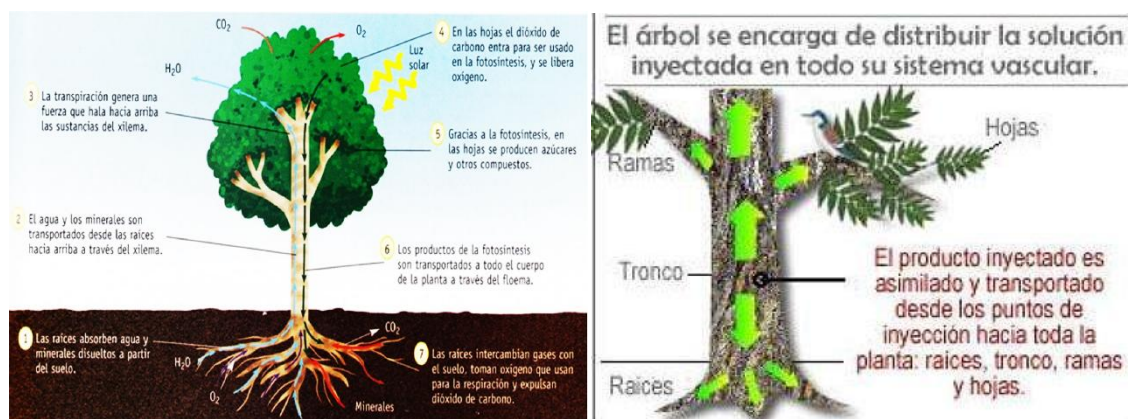
A grandes rasgos, los tratamientos deben de ser aplicados principalmente en las épocas cálidas del año, primavera o verano, puesto que estos son los periodos en los que se evidencia mayor incidencia de plagas. Sin embargo, ello no quiere decir que no exista la posibilidad de que las plagas se presenten en la época fría del año, particularmente en invierno. En tal caso, a efectos de evitar peores efectos de plagas durante tal periodo, es preciso actuar sobre estas a través de Endoterapia durante el otoño.

Por otro lado, debe precisarse que, debido a las características particulares de cada especie, no todos los árboles tienen el mismo grado de permeabilidad del producto; así pues, tendremos especies más porosas que otras. Para solventar este problema, es necesario tratar cada especie de una forma singular, según sea su porosidad, con una presión determinada, asegurando así la perfecta penetración del producto sin causar daños mecánicos en la planta. Es decir, para asegurar la efectividad del tratamiento, se requiere de un análisis detallado de los individuos arbóreos que serán intervenidos, en la medida que las soluciones deben ser diseñadas específicamente para cada caso en concreto. De otro modo, aplicar soluciones generales podría mellar severamente el resultado del tratamiento aplicado.

En lo referido a la efectividad de los materiales que son liberados dentro del xilema del árbol, debe atribuirse esta posibilidad al hecho que es ahí que la presión está abajo de la presión atmosférica durante la mayor parte de la estación de crecimiento. Bajo estas condiciones, pequeñas cantidades de sustancias químicas pueden ser succionadas hacia arriba dentro de la corriente xilemática del árbol, debido a que existe un gradiente de presión negativo. En caso el punto deseado de acción fuera la copa del árbol, se observaría que durante la transpiración activa existe ahí una alta concentración de solutos y por consiguiente el potencial de líquido xilemático es bajo, mientras que en la parte baja del tronco, cerca de la raíz, la concentración de soluto es baja y por ello habrá

un alto potencial. Esto explica que se dé un flujo de la solución en respuesta a ese gradiente de presión (Rivas, 1996).

Figura 6: Proceso de respiración y fotosíntesis



Fuente: Infoagro, 2012

Siendo así, es preciso tener en cuenta que la aplicación de la técnica de Endoterapia depende de los siguientes:

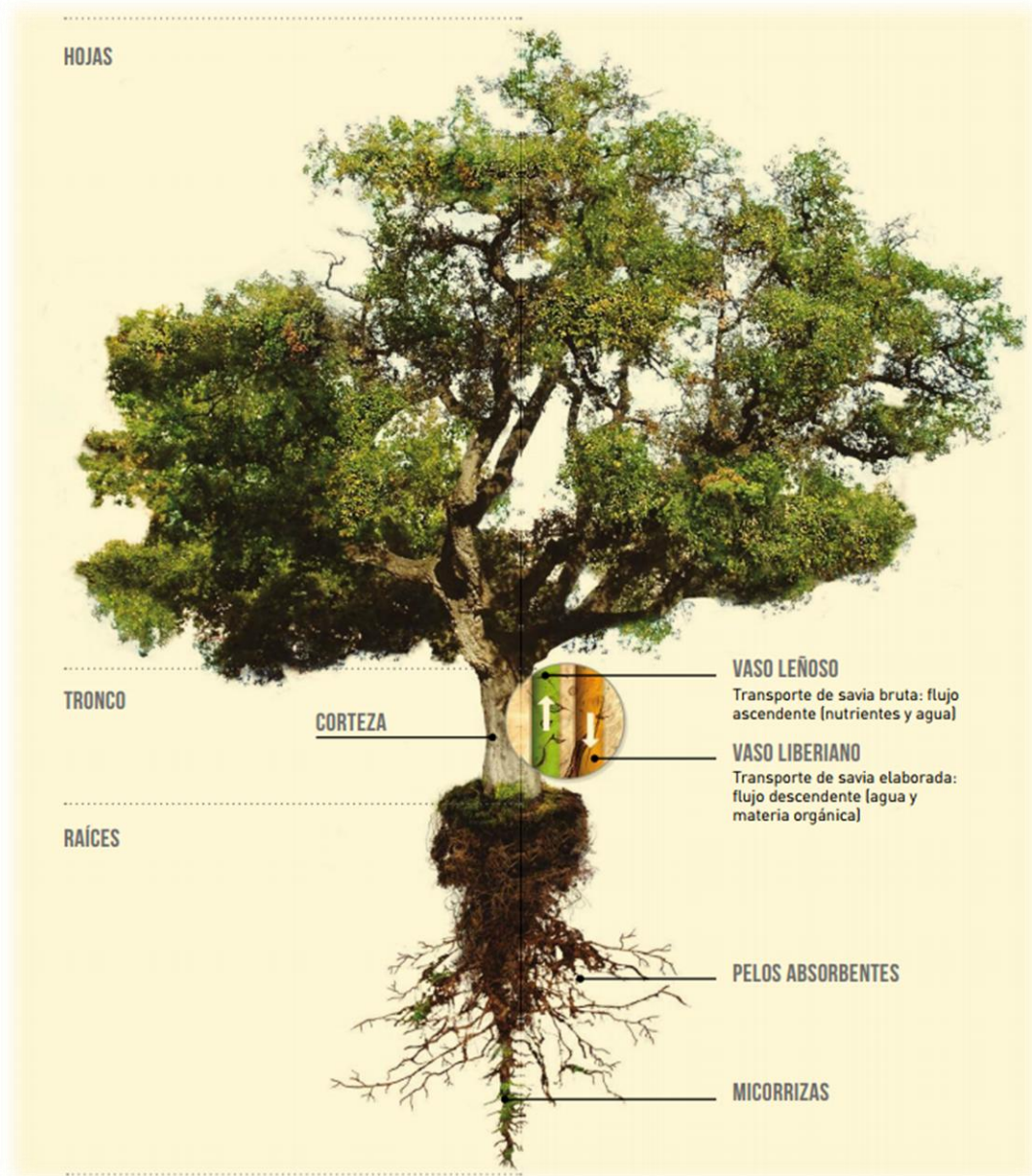
Cuadro 1: Época de aplicación.

Época del año	<ul style="list-style-type: none"> - Periodo de máximo movimiento de savia. - Crecimiento activo del árbol, xilema por debajo de presiones negativa (- 1 atm). Cuando las hojas están transpirando incrementan las presiones negativas.
Condiciones meteorológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Sol, calor, brisa, baja humedad.
Condiciones del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones del suelo húmedas. - Temperatura de suelo por encima de 4 °C.

Fuente: Endoterapia vegetal (Barroso, 1996)

Así mismo, el tamaño de los vasos conductores es otra característica relacionada con la entrada del material. Los árboles con vasos de grandes diámetros, tales como los encinos, olmos y fresnos, usualmente aceptarían rápidamente la inyección, mientras que los de vasos de diámetros pequeños o menos apropiados para la conducción, como las coníferas, lo harán lentamente (Rivas, 1996).

Figura 7: Transporte de savia en el árbol



Fuente: Ayuntamiento de Barcelona, 2017

2.3.2. Ventajas

La principal ventaja de la Endoterapia, frente a las demás técnicas de control de plagas, es que se trata de un método de aplicación cerrado, eficaz, persistente y simplicidad de uso y dosificación (Anton, 2013)

Los tratamientos sistémicos en el tronco de los árboles, tales como la endoterapia, son especialmente útiles cuando los métodos convencionales resultan inefectivos, principalmente cuando por cuestiones ambientales no debe utilizarse las aspersiones (Rivas, 1996). Se puede tratar en condiciones adversas de viento y lluvia, un solo tratamiento es eficaz para controlar la plaga anualmente por la gran persistencia (Barroso, 2016).

Adicionalmente, es ventajoso en la medida que se reducen las aplicaciones de tratamientos fitosanitarios convencionales que utilizan productos tóxicos que producen un desequilibrio ecológico, ya que son perjudiciales para los insectos autóctonos y otras especies como pájaros y pequeños mamíferos, esenciales para mantener el equilibrio del ecosistema (Ayuntamiento de Barcelona, 2011). Asimismo, este tipo de tratamientos no son perjudiciales para el público, ni para el aplicador o que afecten la vida silvestre, animales domésticos o insectos benéficos (Yumpiri, 2016), puesto que no tienen efectos externos visibles ni perceptibles que pudieren afectar a terceros que no se encuentren dentro de su objeto de aplicación.

2.3.3. Limitaciones

Si bien se han identificado diversas ventajas de la aplicación de Endoterapia como mecanismo de control de plagas, esta técnica carece también de ciertas limitaciones que la hacen inaplicable para todos los casos. Por ejemplo, sendos experimentos han demostrado que el abuso en el empleo de la técnica, tal como taladrar huecos inclinados a profundidades mayores de cinco centímetros usando bombas de alta presión y con periodos prolongados de aplicaciones, puede causar decoloración considerable y también degradación celular. Asimismo, se ha acreditado que ciertos procesos que utilizan CO₂ para aumentar la presión y de esta manera forzar a los químicos para penetrar en el árbol, causan considerables

daños, incluyendo separación interna de los anillos de crecimiento y rajadura del tronco arriba y abajo del sitio de la inyección. (Rivas, 1996).

Igualmente, la fitotoxicidad es un peligro potencial que puede limitar su efectividad, requiriendo una regulación precisa de la dosis (Yumpiri, 2016).

2.3.4. *Sistemas de inyección*

Los tratamientos de inyecciones al tronco envuelven una variedad de metodologías, de las que deberá de escogerse la más adecuada para el control de la plaga que afecte y de acuerdo a la permeabilidad de cada individuo arbóreo.

En primer lugar, existe la posibilidad de que las soluciones sean introducidas tanto por gravedad como por presión (a aproximadamente 10 a 40 libras por pulgada cuadrada) dentro de agujeros taladrados en el tronco o raíces principales. Un método alternativo propone que los insecticidas y fertilizantes también sean inyectados dentro del árbol por el método de implantes, que disuelven y liberan gradualmente el material dentro del xilema (Rivas, 1996).

Sin perjuicio de las diferencias que presenta cada método, estos comparten ciertos estadios comunes en sus procesos de aplicación:

- El tronco es perforado con la ayuda de un taladro, utilizando brocas de acero rápido, puesto que las brocas para madera cauterizarían los conductos por donde se absorbe el agroquímico. Las medidas usualmente utilizadas son brocas de 5.5 mm de diámetro, con un largo que permita una profundidad de 5 a 6 cm, la profundidad de la incisión depende del grosor de la corteza del árbol a tratar.
- En el orificio generado se coloca un inyector (conector de plástico) hasta que ajuste perfectamente, para obtener el ajuste perfecto es basta empujar con los dedos aplicando un ligero golpe con el martillo. La cabeza cónica del inyector debe de quedar separada de la corteza para un mejor ajuste con el sistema a aplicar.

2.3.4.1. *Macroinyección*

La Endoterapia puede ser aplicada a través de un sistema de macroinyección. Tales sistemas se caracterizan por la abertura de huecos cilíndricos de un diámetro de 3/8 de pulgada, con una penetración al xilema de una a varias pulgadas. Así, el tratamiento es aplicado midiendo y mezclando previamente los químicos y colocando la solución dentro de un sistema presurizado, el cual deja salir el producto a través de una serie de inyectores que se insertan dentro de los agujeros previamente elaborados en el tronco del árbol (Rivas, 1996).

Ejemplos de este tipo son los sistemas comercializados por el Instituto de Investigación del Olmo en Harris Ville, N. H., USA. Otro es el sistema Arbotec, también el desarrollado por Kondo y los sistemas Medinject. En este caso se requiere inyectar con alta presión mediante la utilización de aparatos especializados. Se aplican presiones de 40 libras por pulgada cuadrada, lo cual hace necesario personal especializado para evitar algún accidente o daños innecesarios al árbol (Rivas, 1996).

Figura 8: Sistema de macroinyección



Fuente: Treecare Scientific, 2017

2.3.4.2. *Implantes*

El sistema de implantes utiliza cartuchos de plástico que contienen químicos en polvos solubles en agua. Ejemplos de estos son los Acecap y Medicap. El

procedimiento de implantes prevé que los químicos sean disueltos y absorbidos por la corriente líquida de savia, para luego ser translocados hasta la copa del árbol.

Los implantes son fáciles de usar y eliminan la necesidad de utilizar algún dispositivo aparte del agujero en el tronco del árbol, ya que se dejan dentro del mismo. Estos agujeros son de aproximadamente $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro y $1\frac{1}{2}$ de profundidad, donde se introduce el cartucho con la ayuda de un martillo y un punzón, hasta que llegue a la corteza interna y el cambium, ya que se trata de facilitar la formación posterior de un callo cicatrizante sobre la herida. Luego se aplica pasta bordelesa o alguna pintura cicatrizante. El número de implantes depende del diámetro del árbol y se recomienda uno por cada 10 centímetros alrededor del tronco (Rivas, 1996).

Figura 9: Sistema de implantes



Fuente: Antón, 2013

2.3.4.3. Microinyección

Un sistema de microinyección utiliza un agujero de un diámetro de $\frac{3}{16}$ pulgadas con una penetración de $\frac{3}{4}$ de pulgada. La microinyección consiste en una pequeña cápsula presurizada de plástico conteniendo el fertilizante, fungicida, insecticida o antibiótico y unos pequeños tubos de plástico o inyectores, que van dentro de los huecos previamente taladrados distribuidos alrededor de la base del tronco. Se divide el diámetro normal entre dos y el resultado es el número de cápsulas requeridas. La instalación de los inyectores requiere algún conocimiento y

práctica. Una vez colocados los inyectores se instalan las cápsulas utilizando un pequeño martillo (Rivas, 1996).

Figura 10: Sistema de microinyección

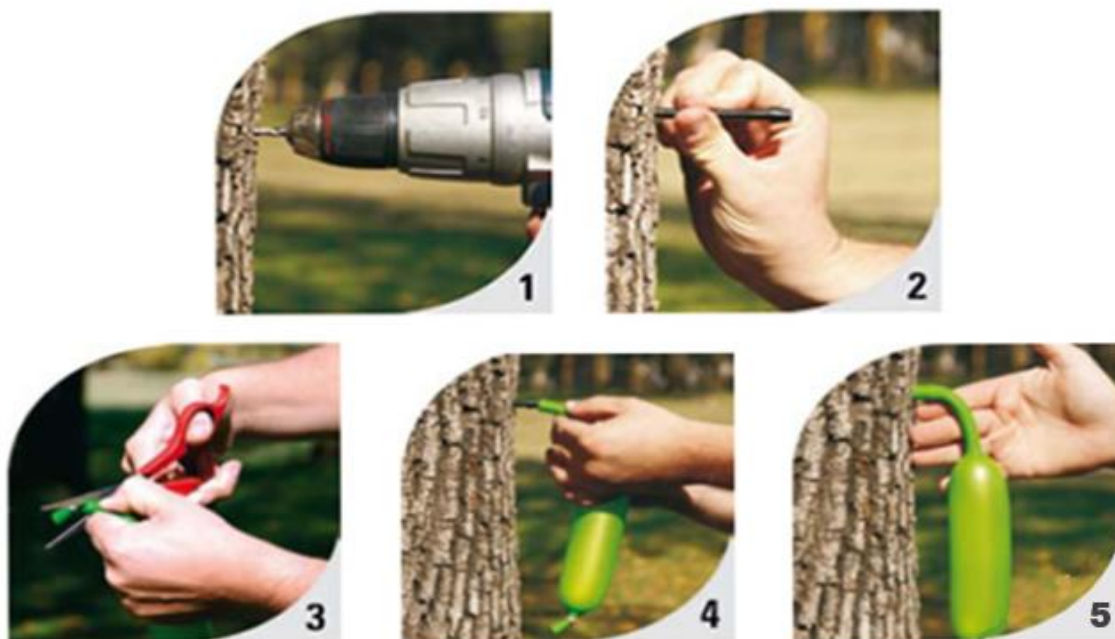


Fuente: Treecare Scientific, 2017

2.3.4.4. Inyección a baja presión

Los sistemas de inyección a baja presión son de reciente aparición en nuestro medio y consisten de cápsulas de plástico con una capacidad de 500 ml. que son presurizadas con el fin de facilitar la entrada de producto. La dosis recomendada es de 1.2 g del ingrediente activo por cada centímetro de diámetro normal, distribuida en uno o más sitios de aplicación. El número de sitios de aplicación va también de acuerdo al diámetro normal y se recomienda una inyección cada 10 cm. Si, por ejemplo, un árbol tiene 30 cm. de diámetro normal, esto quiere decir que se aplicarán 36 g del ingrediente activo distribuido en tres sitios de aplicación. Esto se hace con el fin de facilitar una distribución homogénea del producto por toda la copa del árbol. Los agujeros serán de 3/16 pulgadas de diámetro y a una profundidad de 1 pulgada, elaborados en la parte baja del tronco cerca a la zona de raíces (Rivas, 1996).

Figura 11: Sistema de inyección a baja presión



Fuente: Antón, 2013

III. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN ÁRBOLES URBANOS

3.1. IMPORTANCIA DEL ÁRBOL EN ÁREAS URBANAS

El árbol urbano es un elemento fundamental en el paisaje de la ciudad, brinda diversos beneficios de orden ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico, los cuales son aprovechados de variadas formas por los pobladores locales, estos disfrutan de su presencia y lo convierten en un elemento integrante del paisaje urbano, a tal punto que "se constituye en uno de los indicadores de los aspectos vitales y socioculturales de la ciudad" (Wiesner, 2000).

Figura 12: Beneficios de los árboles urbanos



Fuente: Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016)

Los árboles tienen una enorme capacidad configuradora y ordenadora de los espacios en que se encuentran, ya sea ocupando su volumen y definiendo vacíos interiores con formas y tamaños diversos, cubriéndolos total o parcialmente con copas altas, compartimentándolos y fragmentándolos con ramas y copas bajas o puntuándolos cuando se disponen aislados.

3.2. SALUD DE LOS ÁRBOLES

Habiendo establecido la utilidad de la presencia de árboles en entornos urbanos, es clara la necesidad de definir políticas y procedimientos para asegurar que estos se desarrollen en condiciones saludables que permiten maximizar sus beneficios para la ciudad. Sin embargo, este rol no ha sido del todo comprendido ni asumido

por las autoridades a cargo de la gestión de áreas verdes urbanas. En estas zonas, la salud del árbol no siempre es monitoreada en forma rutinaria; a esto se suma la falta de lineamientos de trabajo y de medidas de protección forestal, puesto que en la actualidad no se cuenta con planes de gestión integral.

Siendo así, de acuerdo a Orjuela (2007) no existen documentos ni procedimientos formalmente establecidos que busquen prevenir y/o mitigar las diversas causas de la interrupción del crecimiento saludable de un árbol y/o el deterioro de árboles maduros, las que pueden dividirse de la siguiente manera:

- Factores bióticos que causan deterioros en la salud del árbol por el ataque de plagas que afectan raíces, hojas y hasta el mismo fuste del árbol.
- Factores abióticos, referidos a la ubicación de los árboles y lo que a ellos les rodea, puesto que pueden ser plantados en zonas donde tendrán un desarrollo medio de raíces (parques) o ser plantados en calles o avenidas que tendrán limitaciones por la acera (jardineras o alcorques) que no permitirán un desarrollo normal de las raíces, haciendo necesario, en muchos casos, la poda de estas. (Boa, 2008)

En tal sentido, se vuelve necesario definir estrategias de conservación que ofrezcan soluciones viables y ambientalmente responsables para enfrentar cualquiera de los factores antes mencionados, más aún, si se tiene en consideración que, en cualquier momento, más de un factor puede manifestarse y afectar la salud de un árbol.

La inadecuada intervención para mitigar los riesgos derivados de los factores bióticos y abióticos incrementa las posibilidades de que el impacto de cualquier plaga sea de mayor gravedad. Es claro que el impacto de los insectos plaga a menudo se ve incrementado por un debilitamiento previo del vigor del árbol y un descenso de su resistencia natural a la infestación. Por ejemplo, los árboles delimitados por jardineras muy estrechas y/o impactos continuos con fuerzas externas (golpes de vehículos en las ramas y fustes), o que exhiben falta de riego o deficiencias de nutrientes, son más vulnerables a ser afectados por la aparición de los factores bióticos antes mencionados.

Figura 13: Factores que afectan al árbol



Fuente: Elaboración propia (2016, San Isidro, *Schinus molle*)

Asimismo, el estrés y los factores externos indubitablemente desempeñan un papel importante para determinar la salud o condición de los árboles, tales como el tipo de suelo y drenaje. No obstante, el excesivo énfasis en suelos pobres o eventos climáticos adversos puede impedir una búsqueda más cuidadosa acerca de las posibles influencias bióticas.

La salud de un árbol puede expresarse cualitativamente mediante la descripción de los síntomas o daño. Sin embargo, la detección oportuna de estos síntomas tiene una alta dificultad, en la medida que estos se evidencian cuando los árboles ya se encuentran con un grado moderado del ataque de las plagas, situación que deviene en mayores costos y esfuerzos. En consecuencia, las organizaciones a cargo de la conservación de áreas verdes urbanas optan, en la gran mayoría de ocasiones, por la tala o retiro del individuo arbóreo afectado, antes que por la aplicación de un tratamiento adecuado para su preservación.

Figura 14: Muerte regresiva de árbol (*Tecoma sp.*)



Fuente: Elaboración propia (2016, San Isidro, *Tecoma stans*)

3.3. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE LOS ÁRBOLES

La evaluación de los árboles es esencial para que el manejo integrado de control de plagas, pues permite contar con inventarios netos más exactos de las pérdidas directas e indirectas causadas por las enfermedades, además de mostrar la verdadera gravedad y evolución de las enfermedades y, por consiguiente, de los lugares donde es más necesaria la prevención de estas enfermedades, los focos de infección y/o el control contra las mismas. De igual forma, la evaluación permanente y continua señala los puntos en que es necesaria una mayor investigación científica que produzcan conocimientos e información a considerar en los respectivos planes de manejo. Finalmente, la evaluación también permite conocer, las características y estado de los factores abióticos, bióticos y sociales del entorno, los cuales pueden ser afectados por los impactos ocurridos en árboles y áreas verdes.

Para una buena evaluación es importante identificar la(s) especie(s) que esté(n) afectando al árbol, así como conocer su ciclo de vida, hábitos, estación en la que se presenta(n). Esto requiere que, las evaluaciones sean realizadas por épocas, permitiéndonos desarrollar prácticas de prevención para evitar que la plaga se presente en niveles de infestación que causen daños severos al árbol. Al identificar la plaga en poblaciones significativas y en estadios desarrollados, la aplicación de agroquímicos debe de ser en mayor dosis o toxicidad y con diferentes productos para que controle cada uno de los estadios de la plaga.

La evaluación fitosanitaria inicia con una evaluación general del estado sanitario del arbolado y con la calibración de las escalas para este fin. Para ello se recomienda incluir todos los daños identificados y dividirlos en biológicos (enfermedades fúngicas, bacterianas, virales, insectos, plantas parásitas, etc.) y no biológicos (contaminantes atmosféricos) según se considere que su presencia en el área está afectando, aun cuando sea de manera menor o no significativa, a la vegetación a evaluar, ya que proporcionará un mayor conocimiento de la incidencia de dichos daños. Posteriormente, se debe proceder a dividir la evaluación fitosanitaria considerando a su vez la división anatómica natural de los árboles: la copa, el fuste y la raíz. A cada parte anatómica le corresponde el diseño de una escala diferente para evaluar cada uno los factores que causan los daños; posteriormente se diseña una escala para cuantificar los niveles de daños ocasionados por cada factor afectando una o varias partes anatómicas. Todas las escalas se calibran con la información de los recorridos preliminares de campo hechos en la caracterización del área. Una vez calibradas las escalas, se realiza en el campo la evaluación de todos y cada uno de los individuos censados en los sitios de muestreo de la siguiente forma: primero se evalúa su estado sanitario general y, posteriormente, el área foliar, el fuste y la raíz.

En el cuadro 2 se presenta las principales especies de porte arbóreo instaladas en la ciudad de Lima, así como una descripción breve de las principales características del tronco y raíz, y de la resistencia natural que presenta al ataque de plagas.

Cuadro 2: Especies de árboles comunes en Lima

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ALTURA METROS	TRONCO // RAÍCES	RESPUESTA A PLAGAS Y ENFERMEDADES	TIPO
Ceibo	<i>Ceiba trichistandra</i>	20 - 25	Abombado, corteza lisa con agujones color verde Profunda	Resistente a las plagas. La ausencia de corteza externa lo hace susceptible a pudriciones	Nativa
Floripondio	<i>Brugmansia arborea</i>	2 - 3		Resistente	Nativa
Huarango	<i>Acacia macracantha</i>	4 - 8	Sinuoso o recto	Resistente, no tolera smog directo	Nativa
Huaranguay	<i>Tecoma sambucifolia</i>	2 - 4	Ramificado delgado Semiprofunda	Resistente a plagas	Nativa
Molle serrano	<i>Schinus molle</i>	4 - 8	Tortuoso de corteza fisurada Semiprofunda	Resistente	Nativa
Palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>	2 - 4	Sinuoso color verde Profunda	Resistente a las plagas.	Nativa
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>	6 - 10	Recto color gris-morado o pardo-anaranjado Superficial (no rompe vereda)	Mosca blanca Fumagina	Nativa
Tara	<i>Caesalpineia spinosa</i>	3 - 4	Ramificado desde la base, corteza agrietada con agujones Semiprofunda	Resistente	Nativa
Calistemo	<i>Callistemon sp.</i>	Hasta 5	Ramificado y retorcido	Araña roja Cochinitilla algodonosa Pulgón	Introducida
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	10 - 15	Recto, corteza fisurada Profunda	Hongo de pudrición parda en raíz y base de tronco	Introducida
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Hasta 40	Recto con corteza que se desprende en placas Profunda	Mosca blanca Fumagina	Introducida
Falso boliche	<i>Harpullia arborea</i>	6 - 8	Recto con corteza agrietada color beige Semiprofunda	Susceptible a plagas en las heridas ocasionadas por las podas, conviene utilizar cicatrizante. Acumulan polvo y smog en las hojas	Introducida

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ALTURA METROS	TRONCO // RAÍCES	RESPUESTA A PLAGAS Y ENFERMEDADES	TIPO
Ficus	<i>Ficus nitida</i>	10 - 20	Recto Superficial de gran desarrollo, presenta también raíces aéreas	Mosca blanca Queresas Pulgón Fumagina Hongo de pudrición afecta al árbol en pie	Introducida
Grevillea	<i>Grevillea robusta</i>	Hasta 20	Recto y grueso Profunda	Resistente	Introducida
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	5 - 12	Recto con corteza pardo-grisácea Profunda	Resistente a las plagas	Introducida
Mimosa	<i>Acacia saligna</i>	3 - 5	Sinuoso Superficial extendida	Bicho del cesto Fumagina Hongo de pudrición al tronco	Introducida
Mioporum	<i>Myoporum laetum</i>	2 - 3	Tortuoso con corteza agrietada Media	Resistente Acumulan polvo y smog en las hojas	Introducida
Molle costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>	6 - 8	Tortuoso Profunda	Pulgón Mosca blanca Queresa Fumagina Acumulan polvo y smog en las hojas	Introducida
Papelillo	<i>Koelreuteria paniculata</i>	6 - 12	Recto Superficial	Resistente a plagas	Introducida
Ponciano	<i>Delonix regia</i>	6 - 8	Recto Superficial (puede romper vereda)	Hongo de pudrición al tronco	Introducida
Tipa	<i>Tipuana tipu</i>	8 - 12	Semiprofunda (puede romper vereda)	Pulgón mosca blanca fumagina	Introducida
Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata</i>	8 - 12	Recto, corteza color gris-claro Media	Bicho del cesto Fumagina Mosca blanca Acumulan polvo y smog en las hojas	Introducida
Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	3 - 5	Sinuoso desde la base	Queresa Mosca blanca Gusano de la seda	Frutal
Higo	<i>Ficus carica</i>	2 - 5	Tortuoso blanquecino Superficial	Gusanos Barrenadores del tallo Virus (roya)	Frutal

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ALTURA METROS	TRONCO // RAÍCES	RESPUESTA A PLAGAS Y ENFERMEDADES	TIPO
Morera	<i>Morus nigra</i>	5 - 6	Recto o sinuoso Superficial (no rompe vereda)	Pulgón Mosca blanca Queresa	Frutal
Olivo	<i>Olea europea</i>	4 - 8	Tortuoso, ramas desde la base del tronco Profundas extensas	Queresa Mosca blanca Fumagina	Frutal
Pacae	<i>Inga feuillei</i>	4 - 6	Sinuoso, corteza gris Profunda	Mosca blanca Mosca de la fruta Bicho del cesto	Frutal
Palto	<i>Persea a,ericana</i>	4 - 8	Recto Medio	Mosca blanca	Frutal
Pecano	<i>Carya illionensis</i>	15 - 20	Recto corteza agrietada gris Profunda	Pudrición de ramas	Frutal

Fuente: Árboles de Lima. Guía Práctica de Arboricultura Urbana (Reynel, C.; Conesa, X.; Yoshioka, k. 2008)

Conocer las principales características de las especies, así como sus vulnerabilidades, sirve como herramienta para la elaboración de un plan de arborización con especies resistentes a plagas y enfermedades que se presenten con mayor frecuencia en la ciudad. Es importante también conocer el porte de los árboles, ya que en muchas oportunidades el método tradicional de aspersion no logra alcanzar a toda la copa, originando con ello zonas que carecen de un control efectivo.

3.4. GESTIÓN DE LA SALUD DE LOS ÁRBOLES EN LIMA

En Lima, a partir del 2015, con la publicación de la ordenanza para la conservación y gestión de áreas verdes en la provincia de Lima (Ordenanza N° 1852) de la Municipalidad Metropolitana de Lima, se exige a todas las municipalidades la realización y actualización de los planes de manejo distritales de las áreas verdes, en los que se especifique el manejo del arbolado urbano. Esta herramienta de gestión tiene como objetivo la estandarización de los criterios y protocolos empleados en el control fitosanitario de los árboles.

La gestión integral de mantenimiento del arbolado, referente a un adecuado control de plagas, se ha ido desarrollando en algunos distritos de la ciudad de

Lima. Las entidades encargadas del mantenimiento de las áreas verdes públicas y por consiguiente del arbolado urbano vienen incorporando en su equipo técnico profesionales capacitados en reconocimiento de plagas y manejo integrado de las mismas, sin embargo por falta de inventarios detallados aún no se ha podido plantear la implementación de actividades de orden preventivo para la vigilancia y control de las plagas de frecuente aparición.

Uno de los grandes avances que se ha tenido en el cuidado de los árboles de la ciudad es la limitación y rotación de productos que tengan baja toxicidad, exigiéndose actualmente que en las áreas públicas el uso de agroquímicos se restrinja únicamente a los productos de toxicidad leve a moderada, prohibiéndose los altamente tóxicos.

Muchas personas que trabajan con árboles no prestan atención sistemática a la salud de los árboles hasta que estos han muerto, y entonces es demasiado tarde para intervenir.

Los proyectos futuros y el mantenimiento de las áreas verdes en la ciudad de Lima deben responder primordialmente a la mejora de las condiciones de vida de sus habitantes, pues es una necesidad que va en aumento progresivo debido al crecimiento poblacional, por lo que es una problemática social que debe ser incluida como prioridad en la gestión de los gobiernos locales, regionales y nacionales. Se debe tener en cuenta que la fauna local también se beneficia de los espacios libres, de esta manera se ayuda a la conservación de la biodiversidad ya que se generan espacios donde se desarrollan varias poblaciones de animales.

3.5. EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN ENDOTERAPIA EN ÁREAS URBANAS

3.5.1. Estados Unidos e Italia

Los primeros desarrollos e innovaciones tecnológicas del método de inyección al tronco se dan en estos Estados Unidos e Italia. La introducción de la endoterapia ha conseguido en la actualidad, desplazar los tratamientos aéreos, incluso haciéndose el uso de la Endoterapia obligado en algunas ciudades y estados.

3.5.2. Europa

De acuerdo a la DIRECTIVA 2009/128/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO del 21 de octubre de 2009 que establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas, que entró en vigor en 2011 y que es de cumplimiento obligado para evitar que en los parques se utilicen sustancias tóxicas en presencia de las personas. La norma establece la prohibición de las pulverizaciones aéreas, así como de la utilización de estos materiales en las proximidades de lugares públicos.

En España y sus diferentes ciudades se puede evidenciar el desarrollo de este método de aplicación de agroquímico, dentro de las principales empresas dedicadas al rubro de sanidad de árboles tenemos:

- Arborsystems España es una marca que nace del proyecto de Sol i Vent Paisatges SL con distribución en exclusiva de la marca estadounidense Arborsystems y su producto patentado Wedgle Direct-Inject. Sol i Vent Paisatges SL es una empresa de capital íntegramente valenciano fundada en 1995 con amplia experiencia en el ámbito del Paisajismo, el medio ambiente y la jardinería. La empresa después de más de 15 años en el sector, 6 de ellos dedicados a experimentar y trabajar con diversos sistemas endoterapia, el equipo de Arborsystems destacó como el menos agresivo y el más rápido, sencillo y fiable del mercado.
- Endoterapia y Arboricultura Tecnoendoterapia. Son especialistas en tratamientos de Endoterapia con más de 20 años de experiencia en estos tratamientos. Distribuidor oficial para España de productos Arboprof y Arbocap.
- Ynject, proyecto tiene su origen en la investigación y desarrollo de una patente de la Universidad de Córdoba que dio como resultado a partir de 2008, el desarrollo de un dispositivo de inyección directa al tronco a baja presión y alto volumen que actualmente está presente en 55 países de todo el mundo.

3.5.3. Uruguay

A partir del año 2012, se inició con las inyecciones al tronco de los árboles urbanos, este método se utilizó para mermar la floración de los árboles de la especie *Platanus acerifolia*, la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM) se puso en campaña para tratar de eliminar la pelusa de los plátanos, que provocado alergias provocaba a los uruguayos. La idea fue inyectar al tronco hormonas que interrumpían el ciclo reproductivo y evite el proceso de floración. Si bien al comienzo no fue utilizado para el control de plagas, esto abrió las puertas para investigaciones sobre las ventajas de la aplicación teniendo así en la actualidad a la Endoterapia como parte de su metodología de control de plagas, para lo cual tiene la siguiente guía:

Guía de reconocimiento de plagas en el arbolado urbano y recomendaciones de tratamientos (Vernengo, 2017) – ProArbol

CLASE	PLAGA	HUÉSPED	INGREDIENTE ACTIVO	PRESENCIA DE PLAGA MES	APLICACIÓN DE ENDOTERAPIA MES
Insecta	<i>Ceroplastes grandis</i>	<i>Platanus acerifolia</i> <i>Jacaranda mimosifolia</i> <i>Eucalyptus sp.</i>	Imidacloprid Acefato	Marzo	Diciembre Enero
Insecta	<i>Xantohgaleruca luteola</i>	<i>Ulmus sp.</i>	Abamectina	Setiembre Octubre Noviembre	Agosto Setiembre Octubre Noviembre
Insecta	<i>Cephisus sissifolius</i>	<i>Tipuana tipu</i>	Imidacloprid Acefato Abamectina Benzoato de emamectina	Setiembre Octubre Noviembre Enero Febrero	Agosto Setiembre Octubre Noviembre Enero Febrero

3.5.4. México

En materias de arboricultura y dasonomía urbana, se inició el desarrollo del uso de endometria desde hace 19 años en la ciudad de Chapingo. Actualmente este método se ha vuelto fundamental dentro del manejo integral de control de plagas,

obteniéndose buenos teniendo resultados. La metodología es aplicada hace uso de los equipos y productos de la marca comercial Arborjet.

Las ciudades que emplean la endometría para el cuidado de los árboles ubicados en zonas urbanas son Ciudad de México, Guadalajara, Cuernavaca y Monterrey; si bien aún no se ha distribuido en el resto del país, está ya está siendo reconocida como una de las opciones para mejorar las condiciones de los árboles, frente a los factores abióticos como el la sequía, calidad y volumen de suelo, compactación de suelo por daños de construcción, remodelación de calzadas y sobre todo por las malas prácticas de mantenimiento que se realizan en los árboles.

3.5.5. Otros países

Se tienen conocimiento que, en Ecuador, Colombia, Costa Rica, Brasil y Chile, se ha estado desarrollando la práctica de endoterapia; sin embargo, no se ha encontrado resultados documentados, que indiquen los avances que se ha tenido con dicho método y las ventajas frente a los demás métodos tradicionales.

3.5.6. Perú

De acuerdo a la investigación realizada, si bien en nuestro país la endoterapia está en fase de experimentación esta únicamente se ha estudiado a nivel de plantaciones de frutales (palto) tanto en Huaral como Tacna, sin embargo, aún no se tiene registro que entidades a cargo del mantenimiento de áreas verdes de uso público que hayan realizado estudios del método en el rubro.

IV. CONCLUSIONES

- La aplicación de la endoterapia vegetal, presenta resultados favorables y prometedores para el control de plagas y enfermedades del arbolado urbano, eliminando con ello toda posibilidad de contaminación al ambiente y/o intoxicación de los transeúntes que hacen uso de los parques para el desarrollo de actividades de esparcimiento.
- Debido a la tecnología y al nivel de capacitación del personal operador requerido para la adecuada aplicación de la endoterapia, el costo de implementación de la técnica todavía constituye un factor limitante pocas veces contemplado, entendido y/o asumido por las entidades públicas peruanas a cargo del mantenimiento de áreas verdes. Cabe mencionar, sin embargo, que existen métodos de inyección alternativos que pueden ser adaptados a la realidad del Perú, prescindiendo con ello del uso de técnicas y equipos de aplicación patentados, con lo cual podría superarse la principal barrera de introducción a la que se enfrenta la endoterapia en la actualidad.
- Si bien en el Perú los desarrollos y experiencias exitosas de aplicación de la endoterapia han avanzado para el manejo de árboles frutales, a la fecha no se tiene conocimiento de investigaciones ni proyectos correctamente documentados que centren su atención en el control de plagas que afectan a los árboles urbanos. Esta situación puede estar relacionada con los requerimientos adicionales de recursos exigidos para la correcta aplicación de la endoterapia, los cuales se traducen en mayores costos que en la actualidad solo están dispuestos a ser asumidos por algunos sectores productivos. Ante esta situación, la innovación tecnológica orientada a la adaptación de la técnica constituye, nuevamente, la mejor alternativa para la masificación del uso del método.
- El método de endoterapia también ha probado ser de utilidad en la fertilización de árboles, proveyendo a estos de un flujo garantizado de los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Cabe mencionar, además,

que un árbol vigoroso será a su vez menos susceptible al ataque de plagas y enfermedades.

V. **RECOMENDACIONES**

- Independientemente de la metodología de control de plagas que se seleccione, el mantenimiento de áreas verdes y la vigilancia de la salud de los árboles urbanos deben basarse en un Manejo Integrado de Plagas, esto es, debe incluir componentes que permitan mejorar el entendimiento sobre los hábitos, el ciclo de vida, las necesidades y aversiones de las potenciales plagas; así como conocer tanto los controladores biológicos como los diversos sistemas de acción de los agroquímicos a utilizar. La combinación de estos conocimientos permitirá, a los responsables de la gestión de áreas verdes, conocer los umbrales de actuación que prioricen la prevención como primera y principal línea de defensa.
- Los inventarios de árboles urbanos constituyen una herramienta que proporciona información valiosa, no sólo acerca del número y distribución de especies en una zona determinada, sino también acerca de su estado fitosanitario y de sus necesidades de mantenimiento, permitiendo con ellos genera lineamientos orientados a mejorar el manejo y cuidado de las áreas verdes. En ese sentido, se recomienda a las organizaciones responsables o dedicadas a la gestión de áreas verdes destinar mayores recursos en el cumplimiento de la ordenanza para la conservación y gestión de áreas verdes en la provincia de Lima (Ordenanza N° 1852-2015-MML), que, entre otro, promueve el desarrollo de inventarios de árboles dentro de la jurisdicción de cada municipalidad.
- Es de vital importancia que se continúen los estudios y estos se documenten sobre la aplicación de la endoterapia para una plaga determinada y en los árboles que son más susceptibles al ataque.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Alagarda, J.** 2017. AGAEXAR (Asociación Galega de Empresas de Xardinería). Endoterapia. Alternativa sostenible al control de plagas en arbolado mediante inyección al tronco. Galicia, España. Consultado 15 ago. 2017. Disponible en <http://agaexar.com/endoterapia-alternativa-sostenible-al-control-de-plagas-en-arbolado-mediante-inyeccion-al-tronco/>.

- **Anton Vilela, AM.** 2013. Inyección al Tronco (en línea). *In* Diplomado en Manejo y Uso Seguro de Plaguicidas. Lima, Perú. Consultado 30 ago. 2017. Disponible en <file:///C:/Users/USUARIO/Dropbox/Monograf%C3%ADa%20-%20Endoterapia/BIBLIOGRAFIA/INYECCI%C3%93N%20AL%20TRONCO%20de%20ATILIO%20ANTON%20en%20Prezi.html>.

- **Ayuntamiento de Barcelona.** 2011. Gestión del arbolado viario de Barcelona. Barcelona, España, p. 12

- **Barroso Martínez, JM.** 2016. Endoterapia Vegetal. Nuevo equipo de Endoterapia vegetal para el control y manejo de plagas y enfermedades exóticas (en línea). *In* XXXVIII Jornada de Productos Fitosanitarios IQS. Cataluña, España. Consultado 15 ago. 2017. Disponible en <http://fitos.iqs.edu/documentacion/files/JMBarroso.pdf>.

- **Boa, E.** 2008. Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles. Reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. San Salvador, El Salvador, p. 04-08

- **De la Rosa, M.** 1986. “Rescate Ecológico del Bosque Los Colomos”. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México, p. 66-68.

- **FAO**, 2016. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Beneficios de los árboles urbanos

- **Gobierno de la ciudad de Buenos Aires**, 2015. “Plagas y enfermedades” Consultado 15 ago. 2017. Disponible en <http://www.buenosaires.gob.ar/jefaturadegabinete/secretariadedescentralizacion/obras-y-mantenimiento-comunal/arbolado/plagas-y-enfermedades>

- **Laborda, R.; Martínez, O.; Valverde, P.** 2007. Manejo Integrado de Plagas en la Ciudad. Revista Industria Distribución y Socioeconomía Hortícola, ISSN: 1132-2950

- **Llanos, C.** 2012. Elementos de Manejo de Árboles Urbanos. Illinois, Estados Unidos, p.05. Consultado 15 ago. 2017. Disponible en http://www.isahispana.com/treecare/resources/Elementos%20de%20manejo%20de%20arboles%20urbanos_1.pdf.

- Manual de aplicación de plaguicidas, 2012. Infoagro Systems, S.L. C/ Capitán Haya, 60, 3º, 28020, Madrid, España. Consultado 31 ago. 2017 Disponible en http://www.infoagro.com/abonos/aplicacion_plaguicidas.htm

- **Municipalidad de San Isidro**, 2015 “Control de plagas y saneamiento ambiental”. Consultado 24 ago. 2017. Disponible en <http://msi.gob.pe/portal/servicios-a-la-ciudad/control-de-plagas-y-saneamiento-ambiental/>

- **Olivet, L.** 2011. Endoterapia vegetal: Lucha alternativa para el control de plagas en medio urbano, p. 56-57.

- **Orjuela, L.** 2007 CORANTIOQUIA (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia). Conocimiento y mejoramiento de los recursos naturales

manejo y conservación de la flora. Inventario, diagnóstico fitosanitario y plan de manejo de los árboles ornamentales en los espacios públicos del Municipio de Hispania. Medellín, Colombia, p. 16-19

- **Parlamento europeo y del consejo**, 2009 directiva 2009/128/CE del parlamento europeo y del consejo del 21 de octubre de 2009

- **Reynel, C.; Conesa, X.; Yoshioka, k.** 2008. Árboles de Lima. Guía Práctica de Arboricultura Urbana, p. 29-89

- **Rivas, D.** 1996. Inyecciones Sistémicas en los Árboles. Estado de México, México. Consultado 12 ago. 2017. Disponible en www.rivasdaniel.com/Articulos/Inyecciones_sistemicas.pdf.

- **Treecare Scientific**, 2017 Rainbow Treecare Scientific Advancements. Consultado 31 ago. 2017. Disponible en <https://www.treecarescience.com/>

- **Vernengo, A.** 2017. Guía de reconocimiento de plagas en el arbolado urbano y recomendaciones de tratamientos. Medellín, Colombia.

- **Wiesner, D.** 2000. Metodología para la definición de una Estrategia de Arborización. Foro de Arborización Urbana. Bogotá.

- **Yumpiri, H.** 2016. “Inyección de insecticidas al tronco en el cultivo de palto (*Persea americana Mill.*)”. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

