

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



“Uso de Métodos no destructivos para determinar el riesgo de caída de árboles urbanos, en el Parque de las Leyendas”

Presentado por:

GEYSER MENDOZA SAUCEDO

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

Lima – Perú

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **GEYSER MENDOZA SAUCEDO**, titulado *“Uso de Métodos no destructivos para determinar el riesgo de caída de árboles urbanos, en el Parque de las Leyendas”*.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

Con el calificativo de

En consecuencia, queda en condición de ser considerado **APTO** y recibir el título de **INGENIERO FORESTAL**.

La Molina, dedel 201...

.....
Ing. Ignacio Lombardi Indacochea
Presidente

.....
Mg. Sc. Liliana Aragón Caballero
Miembro

.....
Ing. Martín Araujo Flores
Miembro

.....
Dra. María Isabel Manta Nolasco
Asesora

.....
Mg. Sc. Luis Shuseki Yoza Yoza
Co Asesor

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios, la causa y motivo primero de mi vida, por permitirme llegar a esta etapa de mi formación profesional y cumplir uno de mis objetivos propuestos.

A mi amada madre Editt Saucedo Alva, por ser la fuerza impulsora y el baluarte que me da seguridad, demostrarme siempre su amor, cariño y apoyo incondicional.

A mi querido padre Rosalio Mendoza Olascoaga por el apoyo incondicional, sin el cual no hubiera logrado mis propósitos.

A mi única hermana Leily Rosio Mendoza Saucedo por su apoyo moral y económico, consejos e interés en mi desarrollo académico.

A mis abuelos: Jovita Alva Revilla, Francisco Saucedo Meléndez y familiares por sus incansables oraciones y ayuda espiritual.

A mi abuelo Teodomiro Mendoza Vargas y a mi tía Donatilde Mendoza Vargas, con los que compartí momentos inolvidables de mi infancia.

"Si supiera que el mundo se acaba mañana, yo, hoy todavía, plantaría un árbol"

Martin Luther King

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas e instituciones que, durante la investigación me han brindado su apoyo, de diferentes formas, y así facilitaron el desarrollo de este trabajo. Expreso mi agradecimiento a cada uno de ellos, esperando no olvidarme de nadie.

Agradecer al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) por el financiamiento otorgado, mediante el 6^{to} Concurso para subvención de tesis de pregrado – UNALM 2016, del cual fuimos ganadores

A la Dra. María Isabel Humbelina Manta Nolasco, por la asesoría desinteresada, apoyo académico, contribución indispensable, por su confianza y amistad durante todo este periodo.

Al Mg Sc. Luis Yoza Yoza, por la asesoría brindada, colaboración desinteresada, sus valiosas aportaciones y apoyo académico.

Al Dr. Vivien Bonnesoeur por su gran apoyo desinteresado, sus valiosas y certeras aportaciones, por su tiempo y participación activa en la elaboración de esta investigación.

A la empresa Fakopp, por la asesoría en el uso y funcionamiento del equipo y software utilizados.

Al Ing. Daniel Orrego por brindarnos la facilidad de desarrollar la investigación en el Patronato del Parque de las leyendas.

Al Ing. Robert Chipana por su ayuda y disponibilidad en la fase de campo.

Al M.Sc. Moisés Acevedo Mallque, por facilitarnos y guiarnos en el uso del Fakopp Microsecond Timer

A mis amigos y compañeros de carrera: a Franklin Maury Soras, a Shirley Díaz Wimac, a José Osorio Roca, Javier Illescas Guevara, Susan Santos Reyes y a Rosa Taranco Paredes, por su gran ayuda en el trabajo de campo y su colaboración durante el desarrollo de esta investigación.

Gracias a todos

RESUMEN

El Patronato del Parque de las Leyendas Felipe Benavides Barreda es un ambiente que ofrece al público un área de recreación y diversión, no solo por sus diversas especies de fauna, sino también por sus grandes áreas verdes cubiertas por la flora nativa e introducida. Los árboles del lugar constituyen uno de los elementos más importantes para el bienestar y confort de los visitantes, es por ello que éstos involucran un manejo continuo y buenas técnicas silviculturales para su buen desarrollo. Con el propósito de contribuir a la reducción del riesgo de caída del arbolado del Patronato del Parque de las Leyendas, utilizando métodos no destructivos, se evaluaron interna y externamente árboles pertenecientes a cuatro especies forestales. Para ello, se consideró los factores bióticos y abióticos como principales influyentes en el deterioro y la reducción de las propiedades físico – mecánicas del árbol en pie. Luego, mediante evaluación visual y el estudio biomecánico se cuantificó el riesgo de caída que representan estos árboles para los visitantes del lugar. Los resultados obtenidos mostraron, en base a la biomecánica, que la mayoría de árboles presentan un riesgo bajo de caída, a pesar de mostrar grandes defectos estructurales en el fuste, detectados durante la evaluación visual.

Palabra clave: *Métodos no destructivos, Biomecánica, Schinus molle, Schinus terebinthifolius, Melia azedarach, Spathodea campanulata*

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ÍNDICE	vi
<i>Lista de cuadros</i>	ix
<i>Lista de Figuras</i>	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
2.1. ARBOLADO URBANO: CONCEPTOS PRELIMINARES	3
2.1.1. SALUD DEL ÁRBOL	3
2.1.2. ENFERMEDAD DE ÁRBOLES	4
2.1.3. PUDRICIÓN	11
2.1.4. ÁRBOL PELIGROSO	16
2.1.5. INDICADORES DE PELIGROSIDAD POTENCIAL DEL ARBOLADO URBANO.....	17
2.1.6. BIOMECÁNICA DE LOS ÁRBOLES.....	22
2.1.7. ESTÁTICA DE LOS ÁRBOLES.....	23
2.1.8. EFECTO DE LOS VIENTOS EN LOS ÁRBOLES URBANOS	24
2.1.9. FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS ÁRBOLES.....	25
2.1.10. ESTABILIDAD DEL ARBOLADO URBANO.....	26
2.1.11. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	27
2.1.12. RECONOCIMIENTO DEL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES	28
2.1.13. SILVICULTURA URBANA	29
2.2. BENEFICIOS E INCONVENIENTES DEL ARBOLADO URBANO	29
2.2.1. BENEFICIOS	29
2.2.2. INCONVENIENTES	33
2.3. SELECCIÓN DE LAS ESPECIES ADECUADAS PARA EL ARBOLADO URBANO.....	36
2.4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE ÁRBOLES CON RIESGO DE CAÍDA	37
2.4.1. MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS	37
2.4.2. MÉTODOS INVASIVOS	44
2.5. GESTIÓN DEL ARBOLADO URBANO	44
2.6. ANTECEDENTES.....	47
2.6.1. ESTUDIOS EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS.....	47

2.6.2.	OTROS ESTUDIOS GENERALES	48
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1.	ÁREA DE ESTUDIO.....	50
3.1.1.	UBICACIÓN.....	50
3.1.2.	CLIMA	50
3.1.3.	VEGETACIÓN DOMINANTE.....	51
3.1.4.	ZONIFICACIÓN	51
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LOS ÁRBOLES A EVALUAR	51
3.2.1.	INVENTARIO DE LOS ÁRBOLES CON DETERIORO ESTRUCTURAL....	53
3.2.2.	SELECCIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES A EVALUAR (POBLACIÓN)	54
3.2.3.	SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES (MUESTRA)	57
3.3.	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS QUE FAVORECEN EL DETERIORO DE LOS ÁRBOLES EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS	59
3.4.	EVALUACIÓN DEL RIESGO CAÍDA DE LOS ÁRBOLES	59
3.4.1.	EVALUACIÓN DEL DETERIORO EXTERNO DEL ÁRBOL.	60
3.4.2.	EVALUACIÓN DE LOS DEFECTOS INTERNOS	62
3.4.3.	EVALUACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES QUE FAVORECEN LAS FRACTURAS EN LOS ÁRBOLES.	66
3.5.	DETERMINACIÓN DEL AGENTE BIOLÓGICO CAUSAL DE LA PUDRICIÓN. 67	
3.5.1.	COLECTA DE AGENTE CAUSAL	67
3.5.2.	IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL AGENTE CAUSAL	68
3.6.	CÁLCULO DEL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES	68
3.6.1.	PUNTUACIÓN DE LA EVALUACIÓN VISUAL.....	68
3.6.2.	BIOMECÁNICA: CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE ÁRBOLES EVALUADOS	70
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	73
4.1.	CAUSAS QUE FAVORECEN EL DETERIORO DE LOS ÁRBOLES EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS	73
4.1.1.	ASPECTOS SILVICULTURALES.....	73
4.1.1.	ANTECEDENTES DE LA PLANTACIÓN.....	79
4.1.2.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	79
4.1.3.	OTRAS POSIBLES CAUSAS DE DETERIORO DE LAS ESTRUCTURAS DEL ARBOLADO	81
4.2.	RESULTADOS DEL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES.....	82
4.2.1.	CUANTIFICACIÓN, EN FUNCIÓN AL DETERIORO DE LAS ESTRUCTURAS EXTERNAS.....	82

4.2.2.	CUANTIFICACIÓN, EN FUNCIÓN AL DETERIORO DE LAS ESTRUCTURAS INTERNAS.....	100
4.2.3.	COMPROBACIÓN.....	122
4.3.	CATEGORÍAS DE RIESGO DEL ÁREA	126
4.4.	IDENTIFICACIÓN DE LOS AGENTES PATÓGENOS.....	129
4.4.1.	<i>Ganoderma sp</i>	130
4.4.2.	<i>Coniothyrium sp</i>	132
4.4.3.	<i>Brachysporium sp</i>	133
4.5.	PROPUESTAS TÉCNICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS.....	134
V.	CONCLUSIONES.....	136
VI.	RECOMENDACIONES.....	138
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	140
ANEXO 1	164
	CARTEL UTILIZADO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ESPECIES EVALUADAS	164
ANEXO 2	165
	ALGUNOS REGISTROS DE LA CAÍDA DE ÁRBOLES URBANOS EN LA CIUDAD DE LIMA.....	165
ANEXO 3	169
	REGISTRO DE ÁRBOLES AFECTADOS	169
ANEXO 4	173
	COORDENADAS DE LAS CUATRO ESPECIES MÁS ABUNDANTES.....	173
ANEXO 5	175
	EVALUACIÓN VISUAL REALIZADA A LOS ÁRBOLES DE LA MUESTRA	175
ANEXO 6	191
	REGISTRO DEL TIEMPO DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA EN ÁRBOLES EVALUADOS	191
ANEXO 7	192
	RESISTOGRAMAS DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS.....	192
ANEXO 8	200
	ANÁLISIS DE SUELO DEL PARQUE DE LAS LEYENDAS.....	200
ANEXO 9	202
	ANÁLISIS DE AGUA DEL PARQUE DE LAS LEYENDAS	202
ANEXO 10	204
	CONDICIONES DEL TIEMPO METEOROLÓGICO DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN.....	204
ANEXO 11	205
	MEDICIONES DEL INFORME ARBORSONIC 3D	205
ANEXO 12	229
	IDENTIFICACIÓN FITOPATOLÓGICA DE LOS AGENTES	229

Lista de cuadros

	Página
Cuadro 1. Clasificación de los Ensayos no Destructivos, según la posición del defecto	27
Cuadro 2. Categorías de zonas de riesgo para los árboles; códigos de color; y ejemplos de los que pertenecen a dichas categorías.....	46
Cuadro 3. Especies forestales, síntomas y agentes.....	48
Cuadro 4. Principales patógenos para algunas especies forestales de Lima	49
Cuadro 5. Distribución de los individuos de la población arbórea.....	54
Cuadro 6. Árboles evaluados internamente.....	57
Cuadro 7. Parámetros técnicos del equipo	65
Cuadro 8. Puntuación de la evaluación visual en base a los tres índices	69
Cuadro 9. Índice de riesgo, en función al factor de seguridad	72
Cuadro 10. Resultado de la puntuación del riesgo de caída de los árboles, en función a la evaluación visual.....	97
Cuadro 11. Dimensiones de las estructuras principales de los árboles evaluados	98
Cuadro 12. Valores del factor de seguridad de las capas con mayor deterioro estructural	121
Cuadro 13. Agentes patógenos causantes de la pudrición de los árboles en pie	129
Cuadro 14. Clasificación taxonómica de <i>Ganoderma sp</i>	130
Cuadro 15. Clasificación taxonómica de <i>Coniothyrium sp</i>	132
Cuadro 16. Clasificación taxonómica de <i>Brachysporium sp</i>	133
Cuadro 17. Propuesta para categorizar el Parque de las leyendas, en función al riesgo de caída de los árboles.....	135

Lista de Figuras

	Página
Figura 1. Proceso de descomposición de un árbol atacado por hongos	12
Figura 2. Hongos causantes de la pudrición blanca	13
Figura 3. Hongos de causantes de la Pudrición marrón.	14
Figura 4. Proceso de pudrición a partir de una herida en el fuste	15
Figura 5. Componentes del triángulo de la estática.....	24
Figura 6. Comportamiento de la onda durante el recorrido de un sensor a otro	43
Figura 7. Ubicación del Parque de las Leyendas.....	50
Figura 8. Mapa de zonificación del Patronato del Parque de las Leyendas	52
Figura 9. Número de árboles afectados por especie, distribuidos en cada zona de estudio	53
Figura 10. Mapa de ubicación de las cuatro especies con mayor número de árboles en deterioro.	56
Figura 11. Mapa de ubicación de los árboles seleccionados para la evaluación del deterioro de las estructuras internas.	58
Figura 12. Secuencia de evaluación arbórea con Fakopp Microsecond timer	64
Figura 13. Evaluación de los defectos internos de los árboles	65
Figura 14. Evaluación de la velocidad del viento a tres alturas	66
Figura 15. Caída del árbol de <i>Schinus molle</i> (ZSE-MS04)	67
Figura 16. Colecta de cuerpos fructíferos de hongos de ZIN-MC08	68
Figura 17. Cálculo de parámetros biomecánicos, mediante ArborSonic 3D 5.2.115.....	71
Figura 18. Oquedades y madera en descomposición en árboles mal podados	74
Figura 19. Podas drásticas practicadas en algunas especies forestales	74
Figura 20. Formas de riego aplicado al arbolado del Parque de las Leyendas.....	76
Figura 21. Limitaciones en el desarrollo normal de los árboles del PATPAL.....	78
Figura 22. Datos meteorológicos temperatura (°C) Humedad Relativa (%)	79
Figura 23. Máximas velocidades del viento registradas.....	80
Figura 24. Afecciones en la base, causadas al cortar el césped.....	81
Figura 25. Principales afecciones en las cuatro especies más abundantes	82
Figura 26. Deterioro estructural del árbol de <i>Schinus molle</i> (ZSE-MS04)	84
Figura 27. Frecuencia de usos de los visitantes en área de influencia del árbol ZSI-MS15	85
Figura 28. Principales defectos estructurales en <i>Schinus molle</i> (ZSI-MS15)	86
Figura 29. Principales signos de deterioro del árbol de <i>Schinus terebinthifolius</i> ZIN-MC08....	88
Figura 30. Uso del área bajo el árbol ZIN-MC08	88
Figura 31. Defectos estructurales y signos que indican deterioro del árbol ZSE-MC11	90
Figura 32. Otros defectos estructurales y uso del área bajo el árbol de ZSE-MC11.....	90
Figura 33. Chancros (A y B) y daños antrópicos en el fuste de ZCO-ME04.....	92
Figura 34. Uso del área bajo el árbol de ZCO-ME04, en diferentes días de la semana	92
Figura 35. Defectos estructurales registrados en el árbol de ZCO-ME17.....	93
Figura 36. Cambio de uso del área bajo el árbol de ZCO-ME17.....	94
Figura 37. Defectos que disminuyen la estabilidad del árbol de ZIN-TA16.....	95
Figura 38. Uso del área bajo el árbol de ZIN-TA16 durante los días de la semana.....	96
Figura 39. Defectos estructurales y uso del área bajo el área del árbol ZIN-TA19	96

Figura 40. Líneas de propagación, radial y tangencial de las ondas	100
Figura 41. Variación de la velocidad en árboles con: oquedad (izquierda) y sanos (derecha)	101
Figura 42. Tomograma de los árboles <i>Schinus molle</i> : ZSE-MS04 y árbol sano	103
Figura 43. Tomogramas de los árboles de <i>Schinus molle</i> : ZSI-MS15 y árbol sano.....	104
Figura 44. Proyección de los tomogramas de los árboles de <i>Schinus molle</i>	106
Figura 45. Tomograma de los árboles de <i>Schinus terebinthifolius</i> : ZSE-MC11 y árbol sano .	107
Figura 46. Tomograma de los árboles de <i>Schinus terebinthifolius</i> : ZIN-MC08 y árbol sano..	108
Figura 47. Proyección de los tomogramas en los árboles de <i>Schinus terebinthifolius</i>	110
Figura 48. Tomogramas de los árboles de <i>Melia azedarach</i> : ZCO-ME04 y árbol sano.....	112
Figura 49. Tomograma de los árboles de <i>Melia azedarach</i> : ZCO-ME17 y árbol sano	113
Figura 50. Proyección de las áreas transversales evaluadas en los árboles de <i>Melia azedarach</i>	115
Figura 51. Tomograma de los árboles de <i>Spathodea campanulata</i> : ZIN-TA16 y árbol sano.	116
Figura 52. Tomograma de los árboles de <i>Spathodea campanulata</i> : ZIN-TA19 y árbol sano.	117
Figura 53. Proyección de los tomogramas, en los árboles de <i>Spathodea campanulata</i>	119
Figura 54. Factor de seguridad calculado mediante el software ArborSonic 3D 5.2.115	120
Figura 55. Comprobación del método de evaluación interna, árbol ZSE-MS04	125
Figura 56. Porcentaje de árboles afectado, de acuerdo a su ubicación.....	126
Figura 57. Zonas de uso constante por los visitantes del PATPAL	127
Figura 58. Mapa de categorías de Riesgo del Parque de las Leyendas, en función a la peligrosidad de los árboles	128
Figura 59. Cuerpo fructífero de <i>Ganoderma sp</i> encontrados en árboles de molle.....	131

I. INTRODUCCIÓN

Los árboles, en el ambiente urbano, son una parte integral de la infraestructura de cualquier ciudad y, a menudo, dominan el paisaje o al menos son la parte más visible de él (Calaza, 2007; Richard y Johnson, 2003). Múltiples estudios sobre los beneficios del arbolado urbano han demostrado su importancia ambiental, económica, social y sobre la salud y bienestar de las personas Nowak (1994), Elmqvist et al., (2015), Alcock et al., (2014). Los grandes árboles de las ciudades son excelentes filtros para los contaminantes urbanos y las pequeñas partículas, proporcionan alimentos, mejoran la salud física y mental aumentando los niveles de energía y la velocidad de recuperación, a la vez que descienden la presión arterial y el estrés, reducen las necesidades de aire acondicionado y de calefacción, entre otros beneficios (FAO, 2016).

Según Calaza e Iglesias (2016) los árboles plantados en ambientes urbanos, no solo brindan una serie de beneficios, sino que pueden presentar inconvenientes del tipo físico-mecánico e incluso pueden ser un riesgo para las personas. Koeser et al., (2013) indica que todos los árboles representan algún nivel de riesgo para las personas cercanas, las estructuras y los servicios públicos. Sin embargo, este riesgo se puede disminuir mediante prácticas silviculturales adecuadas y evaluaciones periódicas con el fin de prevenir posibles fracturas. El riesgo de ser herido o muerto por un árbol es muy bajo; según Stewart et al., (2013) en el Reino Unido mueren tres personas por año en los lugares públicos, lo que equivale a un fallecimiento por cada 10 millones de árboles en zonas de alto uso público.

Un árbol sin tratamientos silviculturales adecuados podría presentar defectos estructurales que originen fallas de todo o parte del árbol, provocando daños a un vehículo, edificio o un lugar donde la gente se reúne, una calle o una propiedad; convirtiéndose en lo que Albers et al. (1996) y Angwin et al., (2012) definen como árbol peligroso. En Lima, debido a factores como malas podas, riego inadecuado, construcciones, ampliación de vías, entre otros, se está generando condiciones favorables para que los árboles sean atacados por agentes patógenos que contribuyen al deterioro estructural y la muerte en pie. Esta situación no solo está reduciendo el número de árboles

en las avenidas y parques, sino que está ocasionando fuertes accidentes y poniendo en peligro la vida de las personas.

Los métodos no destructivos para descubrir el decaimiento, en árboles permanentes, ayudarían a gerentes forestales a identificar el riesgo que presentan los árboles, y así prevenir la extensión de decaimiento y su posible caída (Wang et al., 2004). Existen muchos métodos para la evaluación de árboles urbanos, desde la evaluación visual, uso de ondas de sonido, tomografías y hasta el uso de termografía. Wang y Allison (2008) han desarrollado un procedimiento eficaz de inspección del decaimiento de árboles que utiliza una combinación de evaluación visual, herramientas acústicas y micro perforación.

Con el propósito de contribuir a la reducción del riesgo de caída de árboles en el Patronato del Parque de la Leyendas (PATPAL), en esta investigación se pretendió: por una parte, determinar las principales causas que favorecen al deterioro estructural de los árboles en el PATPAL; por otra parte, cuantificar el riesgo de caída de los árboles estudiados, utilizando métodos no destructivos como: evaluación visual y biomecánica. Además, se identificó taxonómicamente a los agentes biológicos que contribuyen al deterioro estructural de los árboles en estudio. Finalmente, se han propuesto medidas para reducir el riesgo de caída de los árboles y evitar posibles accidentes en el PATPAL.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ARBOLADO URBANO: CONCEPTOS PRELIMINARES

El término “Arbolado Urbano” se refiere a todos los ejemplares de diferentes especies arbóreas que viven en el ámbito de una ciudad o centro urbano, ya sea en dominios públicos o privados (Urcelay et al., 2012). Los árboles urbanos son quizá el elemento fundamental por excelencia en los entornos urbanos, ya que son parte importante de la infraestructura de las ciudades, al igual que los edificios públicos, calles, o áreas recreativas; son un patrimonio importante que requiere cuidados y mantenimiento, lo mismo que otras propiedades públicas Calaza (2007).

2.1.1. SALUD DEL ÁRBOL

Para Boa (2008), la “Salud del Árbol”, como disciplina, se refiere al estudio de todos los factores (bióticos y abióticos) que afectan el vigor y la productividad de un árbol, manifestados por diferentes síntomas y tipos de daño. La salud de un árbol puede expresarse cualitativamente mediante la descripción de los síntomas o daño, o cuantitativamente mediante evaluaciones de la condición de copa.

Según ISA (2000), entre los elementos básicos que influyen en la salud de los árboles tenemos los siguientes: agua, luz y un adecuado equilibrio entre los elementos minerales. Demasiado o muy poco de cualquiera de estas condiciones ambientales pueden causar estrés a la planta. El estrés ambiental debilita a la planta y la hace más susceptible al ataque de plagas y enfermedades.

Asimismo, Manta y Mestre (2013) alude que inadecuados tratamientos silviculturales influyen en la salud de los árboles. Hecho que es respaldado por Ledesma (2008), quien menciona que actividades como malas podas debilitan y reducen la vida útil del árbol y posibilitan aparición de patógenos. Esta última autora también indica que cuanto menos vigor tenga una planta y cuanto más gruesas y viejas sean las ramas podadas y el tamaño

de las heridas, más lento será el cierre, aumentando el riesgo de aparición de enfermedades o podredumbres.

Gallegos (2005) señala que el estado sanitario de los árboles está muy ligado con la edad y los factores de estrés. Revela también este autor que árboles que han sufrido podas severas, o se les ha causado heridas que facilitan la transmisión de enfermedades, están sometidos a factores de estrés adicionales que afectan su desarrollo y duración.

A parte de ello, las condiciones del suelo: disponibilidad de nutrientes, porosidad, pH, entre otros, influyen en las condiciones de salud de los árboles. Alvarado et al., (2014) indica que el problema de los suelos urbanos es que, producto de la influencia antrópica y sus prácticas de manejo, su calidad se ve afectada frecuentemente. Scharenbroch y Catania (2012) identifican que dichos suelos tienen como características el ser muy densos y poseer poco espacio poroso (pobres en estructura), lo que repercute en la capacidad de conducir y retener el agua, aire y nutrientes; poseen un pH elevado y alta salinidad; presencia de contaminantes ambientales y un bajo contenido de materia orgánica.

2.1.2. ENFERMEDAD DE ÁRBOLES

Lesur (2006) define las enfermedades como lesiones y trastornos en las plantas producidas por seres microscópicos, como hongos, bacterias y virus. Por otro lado, Jacas et al., (2005) nos dicen que la enfermedad vegetal resulta de la interacción de un patógeno con un huésped susceptible en un ambiente favorable.

Arauz (1998) modifica la definición de Bateman (1978) y define la enfermedad como una alteración fisiológica o morfológica negativa causada por acción continua de un agente extraño o por la carencia prolongada de un factor ambiental esencial para el funcionamiento adecuado del organismo. En este mismo sentido, González (1981) recalca que las plantas enfermas son aquellas cuyo desarrollo fisiológico y morfológico se ha alterado desfavorablemente y en forma progresiva por un agente extraño, hasta tal punto que se producen manifestaciones visibles de tal alteración.

A. COMPONENTES DE LA ENFERMEDAD

Según Rivera (2007) y Arauz (1998), para el establecimiento de una enfermedad es necesario que converjan tres elementos básicos que conformarían el triángulo de la enfermedad.

- ✓ El patógeno: bacteria, hongo, virus o nematodos
- ✓ Un hospedero o cultivo
- ✓ Condiciones medio ambientales favorables: temperatura, humedad, tipo de suelo, fertilidad.

Rivera (2007) también señala que el hospedero puede ser susceptible cuando su información genética determina aptitud para hospedar determinado patógeno, lo cual puede ser acentuado o expresado al darse determinadas condiciones ambientales como deficiencias nutricionales, compactación del suelo, toxicidad o cualquier otro factor inanimado, capaz de predisponer la planta a infecciones. El patógeno, por su parte, puede poseer o no la capacidad de infectar una planta, característica que le confiere su constitución genética. El ambiente, aparte de predisponer la planta o brindar condiciones favorables para el establecimiento de la infección, por sí solo puede originar enfermedades de tipo infeccioso, causando desórdenes en el funcionamiento de la planta.

Por otro lado, Manta (2004) nos habla del tetraedro de la enfermedad, ella sugiere la posibilidad de un cuarto componente de la enfermedad que vendría a ser el hombre. Él, mediante sus malas prácticas en los cultivos forestales, puede crear focos de infección, los cuales pueden constituirse en verdaderas epidemias.

B. CAUSAS QUE ORIGINAN LA ENFERMEDAD EN FUSTALES

Los árboles debido a que se encuentran expuestos a las condiciones del medio ambiente, son vulnerables de ser atacados por distintos agentes, los cuales según la FAO (2006) pueden ser:

- **AGENTES DE ORIGEN BIÓTICO**

Estos agentes son los que causan enfermedades infecciosas. Dentro de ellos podemos encontrar los siguientes patógenos.

- Hongos
- Bacterias
- Plantas superiores parásitas
- Virus, viroides y fitoplasmas
- Nematodos
- Algas.

- **AGENTES DE ORIGEN ABIÓTICO**

Estos agentes, por su parte, son los que causan las enfermedades no infecciosas. Y pueden ser:

- Temperaturas extremas
- Exceso o escasez de humedad en el suelo
- Insuficiente oxígeno en el suelo
- Deficiencias de nutricionales
- Toxicidad de minerales (incluyendo minerales que no son nutrientes como aluminio)
- Contaminación del aire
- Aplicación inapropiada de agroquímicos
- Prácticas culturales incorrectas.

C. CLASIFICACIÓN DE LAS ENFERMEDADES EN ÁRBOLES

Según Agrios (2010) hay decenas de enfermedades que afectan a las plantas cultivadas. De esta manera cada planta puede ser atacada por más de una enfermedad. Cada grupo de patógeno puede atacar desde una hasta varias docenas de variedades o incluso cientos de especies vegetales. En ocasiones las enfermedades de las plantas se clasifican según

los síntomas que ocasionan (chancros, royas, carbonos, mosaicos, amarillamientos, manchar foliares), de acuerdo al órgano de la planta que afectan (enfermedad de la raíz, del tallo, hojas o frutos) o en base al tipo de plantas afectadas (enfermedades de los cultivos mayores, de las hortalizas, de los árboles frutales, del bosque, del césped, las plantas ornamentales). No obstante, el criterio más útil en la clasificación de una enfermedad es el tipo de agente patógeno que ocasiona la enfermedad.

Por otro lado, Manta (2004) clasifica las enfermedades del bosque y plantaciones de acuerdo a la importancia económica, de manera que cuando un árbol adulto se enferma, pudre o muere en pie, ocasiona una mayor pérdida económica que cuando un brinzal o plántula muere. Dicha clasificación sigue el siguiente orden:

- Pudrición de la madera de árboles fustales y maduros en pie (Enfermedades vasculares, pudrición del corazón o médula, pudrición de la base del cuello radicular)
- Enfermedades y pudriciones de la corteza del fuste o chancros de árboles fustales, maduros y sobremaduros
- Enfermedades del follaje de brinzales, latizales, fustales y árboles maduros
- Enfermedades del cuello radicular de brinzales y plántulas

Esta misma autora menciona al chancro o cancro como una enfermedad de la corteza y de las ramas de los árboles. Asimismo, nombra dentro de las enfermedades vasculares al anillamiento del cocotero y al “Pie negro”, en plantaciones de *Guazuma crinita* en Pucallpa.

D. CONDICIONES QUE PREDISPONEN LA PRESENCIA DE ENFERMEDADES EN ÁRBOLES

Boa (2008) menciona que uno de los factores predisponentes más comunes es el mal manejo de los viveros. Pues los árboles que se destinan a macetas como vástagos, no desarrollan un sistema radicular saludable y, por lo tanto, crecen débilmente cuando se plantan. El estrés y los factores externos indudablemente desempeñan un papel importante para determinar la salud o condición de los árboles, tales como suelo y drenaje pobres. No obstante, dice el mismo autor, que el excesivo énfasis en suelos pobres o

eventos climáticos adversos tales como sequía y heladas tomadas como causas primarias de los síntomas y daños observados en los árboles, puede impedir una búsqueda más cuidadosa acerca de las posibles influencias bióticas.

Agrios (2010) alude que la humedad, al igual que la temperatura, influye sobre el inicio y desarrollo de las enfermedades infecciosas de las plantas a través de varios mecanismos interrelacionados.

- **TEMPERATURA**

A nivel general, en las ciudades es necesario tomar en consideración que la temperatura se modifica por la presencia de diferentes estructuras, dentro de ellas las edificaciones y el pavimento, estructuras que absorben el calor durante el día y lo irradian durante la noche y por un conjunto de árboles que juntos con su ramaje crean un microclima al interior, distinto al espacio que los rodea (Floralies, 2010). Menciona también esta Asociación Peruana que en Lima el clima es relativamente templado la temperatura máxima en febrero es de 26°C y la mínima de 19,4°C, mientras que en julio la temperatura máxima es de 17,5°C y la mínima alcanza 13,8°C. el cielo con frecuencia es opalescente con nubosidades bajas y las estaciones intermedias no son marcadas y fluctúan entre dichas temperaturas.

- **HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN**

La humedad, menciona el autor, puede presentarse en forma de lluvia o agua de riego sobre la superficie de la planta o en torno a las raíces de ésta, como humedad relativa en la atmósfera y como rocío. La humedad activa a las bacterias, hongos y nematodos patógenos, los cuales pueden infectar a las plantas; asimismo, aumenta la susceptibilidad de las plantas a ciertos patógenos, al incrementar la succulencia de las mismas. Pero el efecto más importante de la humedad se centra sobre la germinación de las esporas de los hongos y sobre la penetración del tubo germinativo en el hospedante, ya que actúa sobre la formación y longevidad de las esporas y en particular, sobre su germinación dichas estructuras necesitan de una película de agua sobre los tejidos de la planta para poder germinar. (Agrios, 2010)

En cuanto a la precipitación, este mismo autor indica que la aparición de enfermedades en una determinada región se relaciona estrechamente con la cantidad y distribución de la precipitación durante todo el año. Para muchas enfermedades, la precipitación no solo determina la severidad de la enfermedad, sino también la posibilidad de que ésta última se mantenga constante durante una determinada estación.

Durán y Tuset (1980); Kollmann y Coté (1984) mencionan que la humedad es un factor muy necesario para la actividad fisiológica de los hongos, especialmente para:

- Germinación de las esporas
- Secreción de las enzimas fúngicas
- Disolución del sustrato leñoso
- Absorción y transporte de sustancias nutritivas
- Constitución de nuevos tejidos

Sin embargo, la falta de humedad para los hongos, mencionan Kollmann y Coté (1984), conduce a serias alteraciones como:

- El micelio aéreo reduce su volumen, se arruga y finalmente acaba por morir
- Las hifas que se encuentran en el interior de la madera resisten más tiempo, pero también acaban por perder su vitalidad en la mayoría de los hongos, si persiste el estado de sequedad.

• **VIENTO**

Es un componente importante del tiempo atmosférico porque, además de ser un elemento del clima es un factor que modifica los otros, como la temperatura y la precipitación. Es también un factor importante de transporte de calor y humedad, y el responsable de los cambios que se procesan en el tiempo atmosférico como las lluvias (Manta, 2004)

Según Durán y Tuset (1980), las esporas de los hongos xilófagos se encuentran en gran abundancia en el aire y en la tierra, esperando condiciones favorables para su germinación. De ahí que el viento es el principal agente transportador de estas esporas, facilitando la infección de otros árboles.

E. DEFINICIÓN DE SÍNTOMA

Bergamin et al., (1995) y Arauz (1998) mencionan que cualquier manifestación de las reacciones de la planta a un agente nocivo puede ser considerada como síntoma.

Los síntomas pueden ser clasificados como *síntomas primarios* que resultan de la acción directa del patógeno en los órganos de la planta, *síntomas secundarios* exhibidos por la planta en órganos distantes del lugar de acción del patógeno. Ejemplo podemos mencionar como síntoma primario una mancha foliar y síntoma secundario el marchitamiento de las hojas provocada por un patógeno radicular o vascular. También se puede hablar, a nivel celular (síntomas histológicos) que puede expresarse como plasmólisis del citoplasma, entre otros. Alteraciones en la fisiología del hospedero (síntomas fisiológicos) que podemos verificar por el aumento de la transpiración y aumento en la respiración e interferencias en los procesos de síntesis. (Bergamin et al., 1995)

F. PRINCIPALES SÍNTOMAS Y DAÑOS DE ENFERMEDADES EN LOS ÁRBOLES

Boa (2008), menciona cuatro categorías de síntomas de mala salud de los árboles.

- Crecimiento o desarrollo alterados. Lo cual se expresa en el cambio de coloración de la copa, pérdida o desarrollo prematuro, cambio den la forma, entre otros.
- Muerte generalizada. Caracterizado por aniquilación rápida de las partes de la planta (Tizón), marchitez y colapso.
- Muerte localizada o Necrosis. Caracterizado por manchas y lesiones, canchros, podredumbres y descomposiciones (comúnmente ocurren en el interior de los tallos o troncos más grandes)
- Evidencia física. Mostrado por: daño por alimentación de animales e insectos, infestación por plagas, Daño general (condiciones climáticas adversas, exudación, etc) y crecimiento de plantas parásitas, epífitas, líquenes entre otros.

2.1.3. PUDRICIÓN

Luley (2006) nos dice que la pudrición es considerada una enfermedad porque causa un deterioro progresivo de las paredes celulares y de la resistencia de la madera y puede interrumpir el flujo de savia en la albura. Asimismo, este autor menciona que la pudrición de madera es uno de los tipos de enfermedades más comunes en los árboles urbanos, pues debilita la madera y puede provocar fracturas en los árboles.

Los hongos que causan pudrición en los árboles son generalmente hongos saprófitos que penetran en la madera a través de heridas producidas por la influencia atmosférica y daños mecánicos o a través de alguna rama muerta en descomposición, roturas de raíces, entre otros (Allison y Wang, 2015). Aunque la mayor parte de los hongos xilófagos mueren al apearse el árbol en que vegetan, existen otros hongos de pudrición que continúan viviendo en la madera apeada, si las condiciones de humedad son favorables. El micelio que inverna en la madera atacada, es el encargado de la conservación de la enfermedad y las esporas de sus cuerpos de fructificación son las encargadas de la propagación. (Torres, 1993).

Panshin y Dezeew (1980) señalan que la pudrición de la madera significa fundamentalmente pérdida de cohesión y resistencia mecánica. Esto causado por destrucción o alteración de los componentes principales de la pared celular, debido a la actividad de los enzimas segregados por los hongos xilófagos.

Sin embargo, existen algunos árboles capaces de contrarrestar el ataque causado por los hongos. Trujillo (1992) en un ensayo realizado sobre 5 especies forestales determinó que el contenido de extractivos está correlacionado significativamente con la resistencia de la madera a la pudrición. Este autor determinó que los extractivos de las maderas resistentes a la pudrición presentan los siguientes compuestos fungitóxicos: flavonoides (*Inga marginata*), taninos condensados (*Perebea xanthochyma*) y taninos mixtos (*Eschweilera timbuchensis*)

Según Shigo (1977) los hongos de decaimiento son parásitos, incapaces de producir sus propios carbohidratos para obtener energía, por lo que digieren los carbohidratos dentro de la estructura del árbol. En algunos, los cuerpos fructíferos son un signo de la descomposición interna del árbol. Ellos presentan la oportunidad de identificar las especies de hongos y por lo tanto conocer su significado y probable curso de avance

dentro del árbol (Allison y Wang, 2015). De acuerdo a Clausen (2010) durante el ciclo de deterioro de un árbol, que es atacado por hongos, miles de esporas producidas en un cuerpo fructífero se distribuyen por el viento o los insectos, los cuales, al entrar en contacto con la madera húmeda y susceptible, las esporas germinan y crean nuevas infecciones en las células de la madera, con el tiempo, se desarrolla una grave descomposición que puede ir acompañada de la formación de nuevos cuerpos fructíferos (Figura 1).

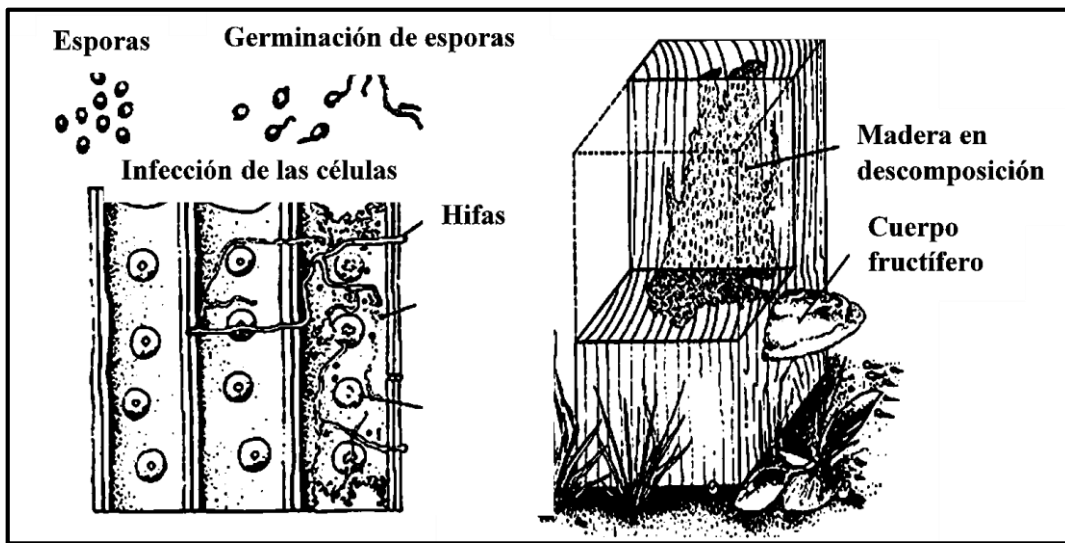


Figura 1. Proceso de descomposición de un árbol atacado por hongos
. Fuente: Clausen (2010)

A. TIPO DE PUDRICIÓN BIOLÓGICA

Torres (1993) menciona que los tipos de pudrición pueden ser: **Por su localización** la pudrición se divide en pudrición de la albura, del duramen y mixta. **Por su aspecto macroscópico** puede ser veteada, jaspeada, moteada, acebollada, laminar, escamosa, prismática, fibrosa, filamentosa, pulverulenta, gomosa, esponjosa y cavernosa o alveolar. A parte de ello, Darrel (1973), señala que según sean los cambios en la madera por acción de los hongos (físicos, químicos o de color), las pudriciones pueden ser: pudrición marrón y pudrición blanca (ambas causados por hongos Basidiomycetes) y la pudrición blanda (causada por Ascomycetes y hongos imperfectos)

Según Pokorny (1992), la madera podrida puede ser el resultado de la interacción a largo plazo entre un árbol y el hongo causante, originando varias etapas de descomposición de la madera cuyos indicadores avanzados son: madera podrida, cuerpos fructíferos,

cavidades y heridas que exponen el cambium y la madera. Los tipos de pudrición más comunes son la pudrición blanca y pudrición marrón

- **PUDRICIÓN BLANCA**

Los hongos de la pudrición blanca están representados en todos los principales grupos de Basidiomicetes y algunos Ascomicetes de la familia Xilariaceae. Los cuales son más comunes en latifoliadas que en coníferas, probablemente a causa de la composición química de la lignina. (Calaza, 2007)

En las pudriciones blancas se observa que los hongos causales tienden a destruir más lignina que celulosa (Torres, 1993). Aunque la madera afectada por pudrición blanca en general es de color claro. Normalmente existe una región oscura cerca de su borde, debido a la producción de sustancias fenólicas oscuras de defensa o por la rotura parcial de la lignina. (Calaza e Iglesias, 2016)

Según Calaza e Iglesias (2016) los factores ambientales y las especies tanto de árboles como de hongos condicionan las proporciones relativas de lignina y celulosa degradadas. Asimismo, menciona estos autores que en Sudamérica es muy común que *Ganoderma applanatum* degrade más rápido a la lignina, esto visto en madera de *Northofagus spp.* Según Orellana (2014) menciona que, actualmente *Ganoderma australe* es el nombre más usado y que *Ganoderma applanatum* ha pasado a ser un sinónimo del anterior.



Figura 2. Hongos causantes de la pudrición blanca
“A” *Ganoderma sp.*, (fuente propia) “B” *Ganoderma applanatum* (Manta, 2004),”C”
Oxyporus latemarginatus (Urcelay et al., 2012)

- **PUDRICIÓN MARRÓN**

En las pudriciones pardas, los hongos concentran principalmente su ataque sobre la celulosa, dejando un residuo carbonáceo formado por lignina más o menos indemne que puede disgregarse fácilmente entre los dedos. En las pudriciones pardas, llamadas también destructivas o carbonizantes, la desintegración de la madera a causa de la desaparición de celulosa se hace ya patente en sus primeras fases (Torres. 1993)

Según Calaza e Iglesias (2016) la pudrición marrón es más común en coníferas que en latifoliadas, por tener la madera más lignificada. Ello proporciona un ambiente perfecto para el desarrollo de estos hongos, que exclusivamente son de la clase Basidiomicetes, principalmente de las familias Poliporaceae y Agaricaceae.

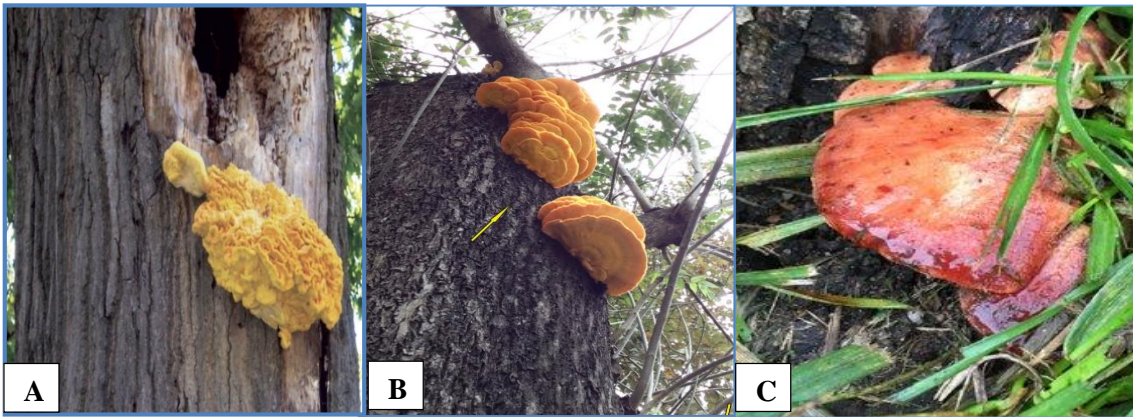


Figura 3. Hongos de causantes de la Pudrición marrón.
“A” y “B” *Laetiporus sulphureus*; “C” *Fistulina hepática*
Fuente: “A” Luley (2006); “B” Lopez et al., (2015) y “C” Piętka y Ciurzycki (2018)

B. PROCESO DE LA PUDRICIÓN DE LA MADERA

El proceso se inicia por una herida o apertura de la corteza en el árbol que puede ser en la raíz, en el fuste o en las ramas, lugar por donde ingresan los patógenos que descomponen la madera. La prognosis de desarrollo de ese hongo depende de la propia respuesta del árbol, de las condiciones y de la naturaleza de la madera, de su contenido en sustancias antifúngicas, de su contenido en humedad, de la formación de zonas de reacción, etc. (Calaza e Iglesias, 2016)

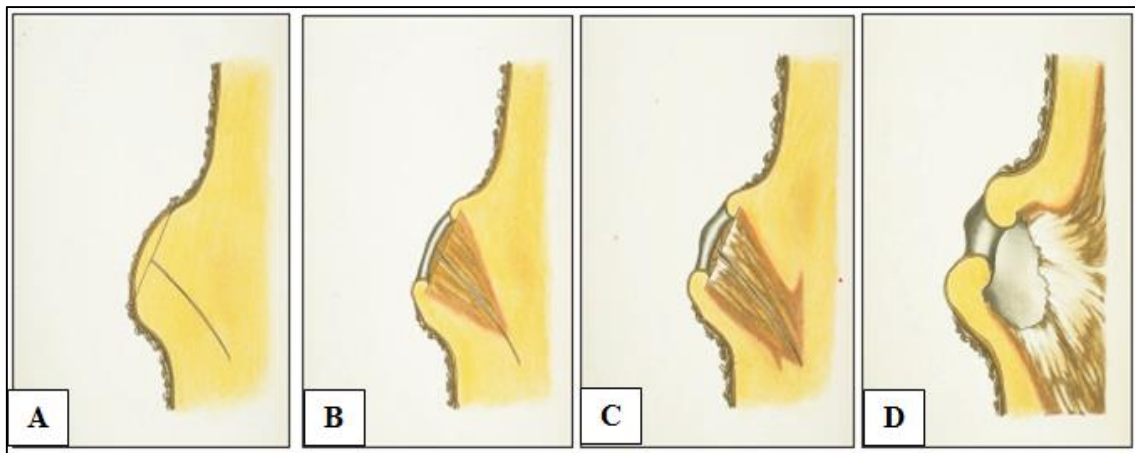


Figura 4. Proceso de pudrición a partir de una herida en el fuste

“A” Aire invasor sobre la herida, “B” invasión del hongo, “C” Propagación del microorganismo dentro de la madera y “D” microorganismo activo causando pudrición. Ilustrado por Dujesiefken y Liese (2010), basado en Shigo y Marx (1977)

Panshin y Dezeeuw (1980) indica que, en el proceso de pudrición, cuando la hifa infectiva del hongo toma mayor tamaño y forma el apresorio al acercarse a la pared y ejercer presión, realiza una penetración mecánica y cuando secreta enzimas que convierten sustancias insolubles en formas solubles, penetración química. De esta manera, las hifas infectivas de los hongos, se extienden por la madera, pasando de célula en célula, buscando aberturas naturales o taladrando orificios en las paredes celulares (Hunt y Garratt, 1952).

Kollman (1959) comprobó que las paredes celulares de una madera atacada por las enzimas de un hongo eran cada vez más delgadas; además, que las perforaciones de entrada de las hifas tenían lugar en las membranas de las punteaduras. Luego, en la etapa avanzada de la pudrición, la madera se hace blanda, esponjosa, espinosa o fácilmente disgregable, según la naturaleza del hongo atacante y la extensión de su destrucción (Alexoupulos, 1966). Asimismo, añade este último autor que esto sucede cuando las paredes de las células se desintegran al degradarse la lignina y/o la celulosa.

C. DAÑOS OCASIONADOS POR LA CAÍDA DE ÁRBOLES URBANOS

Los árboles urbanos por estar emplazados en lugares públicos, donde transitan a diario las personas, de estar en mal estado, es una amenaza a la seguridad ciudadana ya que

puede causar accidentes lamentables. Las municipalidades son aquéllas quienes debe tomar las precauciones que resulten necesarias para salvaguardar la integridad de las personas y los bienes que podrían resultar afectadas. Los daños que ocasionan la caída de los árboles, a nivel general pueden ser:

- **DAÑOS DIRECTOS**

De Orellana (2011) menciona que el desgarre de ramas secas, viejas o muertas, pueden causar daños importantes a personas o vehículos. Los daños a las personas pueden ocasionar lesiones o incluso la muerte y en los vehículos puede causar abolladuras, arañazos o deterioro completo. Asimismo, el daño directo de la caída de los árboles se refleja en el perjuicio material provocado a las casas, cercos perimétricos y otros (Anexo 2).

- **DAÑOS INDIRECTOS**

Los daños indirectos son los efectos generados a partir de la caída de los árboles. Podemos mencionar como daños indirectos: generación del tráfico en las avenidas, frente a la caída de los árboles, afecta la belleza escénica del lugar, disminución de los beneficios medio ambientales como: captura de carbono en el área verde; afecta la economía municipal ya que, al generar biomasa tumbada, esto se tiene que cortar y transportar, lo cual genera mano de obra, entre otros daños.

2.1.4. ÁRBOL PELIGROSO

Según el diccionario de la Real Academia Española (2004), peligro es un riesgo o contingencia inminente de que suceda algún mal. En cuanto a los árboles, es el potencial que un árbol o parte de un él fallará y causará lesiones o daños materiales. Todos los árboles en pie, de tamaño suficiente, vivos o muertos, presentan peligro. Por lo tanto, un árbol se considera potencialmente peligroso si tiene defectos que predisponen a todo o parte del árbol al fallo, lo cual genera una amenaza a las personas o a la propiedad. (Trummer y Hennon, 2009)

De igual modo, Albers et al. (1996) y Angwin et al. (2012) definen árbol peligroso como un árbol con defectos estructurales que puedan causar fallas de todo o parte del árbol y que podría golpear a un "blanco". Por otro lado, en la página oficial americana de árbol peligroso (O'Brian, 2002), Peter Gaidula, del Servicio de Parques y Jardines de California, define árbol peligroso como aquél árbol en pie, vivo o muerto, que tiene defectos simples o combinados, en raíces, cuello, tronco u hojas, que lo predisponen a su fallo mecánico entero o en partes, y que por su localización tiene una probabilidad de dañar personas o propiedades.

En definitiva, un árbol puede ser potencialmente peligroso si tiene defectos en su parte superior, ramas, tallo o sistema radicular. El grado de peligro varía con el tamaño del árbol, el tipo y la ubicación del defecto, la gravedad de cualquier daño, la especie de árbol y la naturaleza de la actividad de trabajo u objetivo para el cual fue plantado. (Wildlife Tree Committee of British Columbia, et al., 2012)

Según Tankersley (2000) una alta probabilidad de fracaso no hace que un árbol represente un riesgo alto; también debe haber un "blanco" que podría ser dañado o herido si el árbol falla. Los árboles se convierten en un riesgo cuando hay un objetivo o blanco. Angwin et al. (2012) y Tankersley (2000) indican que un objetivo o un blanco como lo menciona Albers et al. (1996) es una estructura, vehículo o una persona que sería golpeado por un árbol o parte de él. El objetivo influye directamente en el grado de riesgo. Por lo que hay que considerar las diferencias entre un árbol que cae sobre una cerca, una casa o una persona. De esta manera, un árbol que se inclina sobre el dormitorio es el más riesgoso que otro que se curva sobre un muro. Por lo que, los árboles cerca de las áreas de alto uso constituyen un riesgo más alto que los de las áreas poco visitadas, ya que la probabilidad de que una persona sea golpeada es mayor (Tankersley, 2000).

2.1.5. INDICADORES DE PELIGROSIDAD POTENCIAL DEL ARBOLADO URBANO

Los árboles grandes que se inclinan o exhiben podredumbre, grietas profundas en el tronco o deterioro extensivo de la parte superior son potencialmente peligrosos, por lo que deben ser evaluados o removidos. Los árboles muertos son excelentes para la vida silvestre, pero peligrosos para las personas y los edificios, si son grandes deben ser

retirados cuidadosamente por los profesionales para no dañar las plantas restantes. (Johnson, 1999)

Los defectos peligrosos son signos visibles de que el árbol está fallando. Albers et al. (1996), Angwin et al. (2012), Trummer y Hennon (2009), Horáček (2014) reconocen siete tipos principales de defectos de árboles: problemas radiculares, grietas, mala arquitectura de los árboles, uniones débiles de las ramas, madera muerta o en descomposición, chancros y árboles muertos o parte de ellos.

A. PROBLEMAS EN LA RAÍZ

Si las raíces están dañadas de alguna manera, la vitalidad del árbol y la salud se ven afectadas y la probabilidad de falla aumenta. Cuando un ejemplar presenta daños muy extendidos en el sistema radicular, normalmente vuelca el árbol completo y cae al suelo, pues las raíces no pueden soportar un sistema de anclaje adecuado (Calaza e Iglesias. 2016).

El movimiento de tierra y la excavación de zanjas pueden cortar grandes porciones del sistema radicular. La probabilidad de fallo aumenta a medida que aumenta la cantidad de daño a la raíz. Si el 50% del sistema radicular de un árbol está dañado, probablemente debería ser removido. Las raíces dañadas por la desintegración o el corte pueden hacer que el árbol se vuelva más susceptible a ser tumbado por acción del viento, la profundidad del suelo y el drenaje también influyen en ello. (Tankersley. 2000)

Según Trummer y Hennon (2009) un alto potencial de falla se puede registrar cuando: el árbol recién está inclinado con raíz levantada por movimiento del suelo en la zona cercana a la base y soporte insuficiente de las raíces, más de la mitad de las raíces cortadas dentro de la línea de goteo. Calaza e Iglesias (2016) también indican que el movimiento de un árbol con vientos leves puede ser una prueba importante de inestabilidad actual, aunque si ha empezado algunos meses o años antes, la estabilidad puede haber sido parcial o completamente restaurada por nuevas raíces.

B. GRIETAS

Las grietas son el defecto peligroso número uno porque indican que el árbol ya está fallando. Las grietas necesitan ser evaluadas con mucho cuidado. Pueden o no indicar cantidades sustanciales de decaimiento interno de la madera. A veces, las grietas se forman como consecuencia de la descomposición interna y masiva del árbol. Las grietas cercanas a las uniones de ramas principales también pueden indicar que los árboles han comenzado a fallar, a veces sin la pudrición asociada del corazón. En otros casos, se producen grietas por heladas o algún clima extremo y puede o no puede indicar decaimiento o fracaso inmediato. (Trummer y Hennon, 2009)

Albers et al., (1996) menciona que una grieta es una división profunda a través de la corteza que se extiende en la madera del árbol y son extremadamente peligrosas porque indican que el árbol ya está fallando. Trummer y Hennon (2009), Albers et al., (1996) indican que se debe tomar precaución: cuando una grieta se extiende profundamente a través del tallo; si hay dos o más grietas en la misma área general del tallo, cuando una grieta está en contacto con otro defecto; cuando una rama de tamaño suficiente para causar lesión está agrietada y cuando una grieta atraviesa completamente el tallo o la rama, convirtiéndose en rajadura.

Calaza e Iglesias (2016) diferencian dos tipos de grietas: las grietas verticales que siguen el sentido de las fibras a lo largo de la longitud del árbol y las grietas horizontales que son perpendiculares a la dirección de las fibras y tienen el aspecto de como si se talase el árbol. Las primeras pueden ser de diferentes tipos, grietas por esfuerzos cortantes, grietas enrolladas y grietas labiadas. Las grietas verticales siempre tienen un riesgo de fallo alto y las grietas horizontales también representa un fallo inminente en árboles inclinados.

C. MALA ARQUITECTURA DE LOS ÁRBOLES

La arquitectura deficiente de los árboles es un patrón de crecimiento que indica debilidad o desequilibrio estructural. Según Angwin et al. (2012), la arquitectura deficiente a menudo surge después de muchos años de daños causados por tormentas, condiciones inusuales de crecimiento, podas inadecuadas que originan ramas débilmente unidas al tronco, y otros daños. De acuerdo con Calaza e Iglesias (2016), un árbol inclinado es un

ejemplo común de arquitectura pobre y puede ser un peligro por lo que debe ser examinado por un arborista profesional. Albers et al., (1996) nos recomiendan tomar medidas si un árbol está excesivamente inclinado y si una rama grande es desproporcionada con el resto de la copa.

D. UNIONES DÉBILES DE LAS RAMAS

Las uniones de rama débiles son lugares donde las ramas no están fuertemente unidas al árbol. Una unión débil se produce cuando dos o más ramas similares, normalmente verticales, crecen tan estrechamente juntas que la corteza crece entre las ramas, dentro de la unión. Esta corteza encarnada no tiene la resistencia estructural de la madera, y la unión es mucho más débil que una que no tiene corteza. La corteza incluida también puede actuar como una cuña y obligar a la unión de rama a separarse. Las uniones débiles de las ramas también se forman cuando el tallo principal o una rama grande se corta en un ángulo recto a la dirección del crecimiento, dejando un trozo de rama grande. El trozo inevitablemente se descompone, proporcionando muy poco apoyo a las nuevas ramas que, generalmente se desarrollan a lo largo de la rama cortada. (Albers et al., 1996)

Los árboles pueden tener imperfecciones de forma natural que los predisponen a roturas de ramas en el punto de unión con tronco. Entre ellos destacamos dos tipos: la presencia de la denominada corteza incluida y la existencia de ramas débiles originadas de yemas adventicias y de crecimientos epicórmicos. A medida que se va generando más y más corteza dentro del árbol, la unión se vuelve cada vez más débil. (Calaza e Iglesias, 2016)

E. MADERA EN DESCOMPOSICIÓN

Pokorny (2003) y Calaza e Iglesias (2016) dicen que la madera descompuesta es el resultado de la interacción a largo plazo entre el árbol y los hongos de pudrición, cuando la descomposición es muy avanzada, aparecen cavidades y el árbol pierde parcialmente su resistencia estructural, reduciéndose así su estabilidad. Sin embargo, a pesar de que árboles en descomposición pueden ser propensos al fracaso, la presencia de decaimiento, por sí solo, no indica que el árbol es peligroso (Angwin et al. 2012). Los indicadores de

decaimiento avanzado, según Pokorny (1992) son madera podrida, cuerpos fructíferos fúngicos, cavidades, agujeros, grietas abiertas o protuberancias en la madera.

La descomposición es una causa principal de la falla arbórea, pero es difícil de observar en algunos árboles porque la salud y el vigor de la copa no son un indicador confiable de decaimiento interno Albers et al. (1996). Además, los árboles se descomponen de adentro hacia afuera y eventualmente forma una cavidad; por ello, Lonsdale (1999) recomienda donde se debe inspeccionar para localizar las pudriciones:

- Viejas heridas de poda o cortes de chupones que tienen superficies pintadas que disimulan una descomposición avanzada.
- Zonas donde la madera muestra síntomas de grietas
- Áreas de corteza muerta (se puede detectar golpeándola con un martillo)
- Áreas donde ha desaparecido la corteza.
- Zonas con cánceres o excrecencias
- Uniones o raíces contrafuertes con corteza incluida.

F. CANCROS

Trummer y Hennon (2009) indican que los chancros son zonas muertas localizadas en la corteza de tallos y ramas. La presencia de un chancro aumenta las probabilidades de rotura del tronco cerca del chancro.

Albers et al., (1996) dice que un árbol con un chancro que abarca más de la mitad de la circunferencia del árbol puede ser peligroso. Asimismo, dicho autor menciona que canchros que afectan más del 40 por ciento del perímetro del árbol presentan un alto riesgo de falla.

Los canchros o chancros pueden aparecer en las ramas, troncos o raíces y se identifican ya que la corteza y el cambium están muertos y la madera bajo esa corteza está desfigurada. Los canchros inhiben el crecimiento de anillos anuales en los árboles. Un cáncer de grandes dimensiones o cánceres pequeños muy próximos, son zonas potenciales de fallo porque no existe suficiente madera para soportar mecánicamente al árbol, a menudo a ramas y troncos se fracturan en zonas cercanas a esos chancros. (Calaza e Iglesias, 2016)

G. ÁRBOL MUERTO O PARTE MUERTA

Los árboles muertos son fáciles de reconocer y son los que tienen más probabilidades de fracasar. Éstos deben ser removidos de inmediato porque los organismos de descomposición invaden y estructuralmente debilitan el tronco (Angwin et al., 2012).

Los árboles muertos y las ramas son impredecibles y pueden romperse y caerse en cualquier momento. La madera muerta a menudo es seca y quebradiza y no puede doblarse con la fuerza del viento como un árbol o rama que están vivos. Las ramas de las copas de árboles muertos son especialmente peligrosas porque están secas y ya han empezado a fallar (Albers et al., 1996).

2.1.6. BIOMECÁNICA DE LOS ÁRBOLES

La biomecánica estudia la mecánica de los seres vivos, animales y vegetales. Ella, en los árboles está diseñada para cuantificar las fuerzas impuestas y su capacidad para soportar la carga o fallar (Matheny y Clark, 2009). Estudia también la capacidad de los árboles a adaptarse a estas cargas a lo largo de su vida (Mouliá et al., 2006)

La biomecánica aplica los principios básicos de la teoría de la ingeniería estructural al estudio de las formas vegetales, incluidos los árboles. Una premisa fundamental es que las plantas no pueden violar las leyes de la física (Niklas, 1992). La biomecánica estudia los árboles como objetos mecánicos utilizando la ingeniería y los principios físicos para intentar comprender las propiedades estructurales y su interacción con el medio ambiente (De Langre, 2008).

La madera verde en los árboles es flexible y no se comporta como un sólido ideal. La madera y la mayoría de los materiales vegetales se describen como viscoelásticos porque sus propiedades mecánicas son elásticas y viscosas (James et al., 2014). Estas propiedades dan lugar a que el material vegetal, bajo carga mecánica, no actúe como acero ni como concreto y puede no ajustarse exactamente a los modelos mecánicos actuales. De ahí que es importante saber las limitaciones al intentar obtener un valor exacto en evaluaciones de árboles (Niklas, 1992).

Muchos de los rasgos de las plantas como el soporte, anclaje y protección contra las cargas medioambientales dependen sustancialmente del diseño biomecánico. La relación entre estas cargas y los rasgos mecánicos pueden ser específicas y directas, como la respuesta a fuertes vientos o el refuerzo estructural relacionado con la supervivencia de las plantas. (Calaza e Iglesias, 2016)

El campo de la biomecánica se divide a menudo en dos enfoques: la estática y la dinámica. Ambos métodos son útiles para estudiar la estructura de árboles bajo carga mecánica (James et al., 2014). Sin embargo, las herramientas necesarias para hacer el análisis dinámico son mucho más complejos que para el análisis estático y hubiera sido difícil aplicarlos en este estudio.

2.1.7. ESTÁTICA DE LOS ÁRBOLES

Según el Diccionario de la Real Academia Española (2004), la estática es la rama de la mecánica que estudia las leyes del equilibrio. En un estado de equilibrio, todas las fuerzas que actúan en un cuerpo son exactamente contrarrestadas por otras fuerzas iguales y opuestas (Calaza, 2007). En el caso de un árbol durante una tormenta, el modelo estático hace la hipótesis que el viento es constante y que el árbol no oscila, lo que no es el caso real (Bonnesoeur, 2017).

Si aplicamos este concepto al arbolado, surge el término dendroestática, acuñado a comienzos de los años 80 por Lothar Wessolly y Gûnter Sinn. Este término relaciona la seguridad frente a la fractura del tronco y la seguridad ante el vuelco que describe el potencial de fijación del sistema radicular. (Calaza e Iglesias, 2016)

Los árboles son sometidos a fuerzas externas, principalmente del viento, pero también por la nieve, el hielo, y su propio peso (peso muerto). De esta manera, a medida que la altura del árbol y la fuerza del viento aumentan, mayores cargas se ejercen en la copa durante las tormentas y todo ello se transfieren al tronco. A medida que el tronco se mueve en una tormenta, sus fibras marginales se extienden en el lado de la tensión y acortan el lado de la compresión. (Brudi y Wassernaer, 2002)

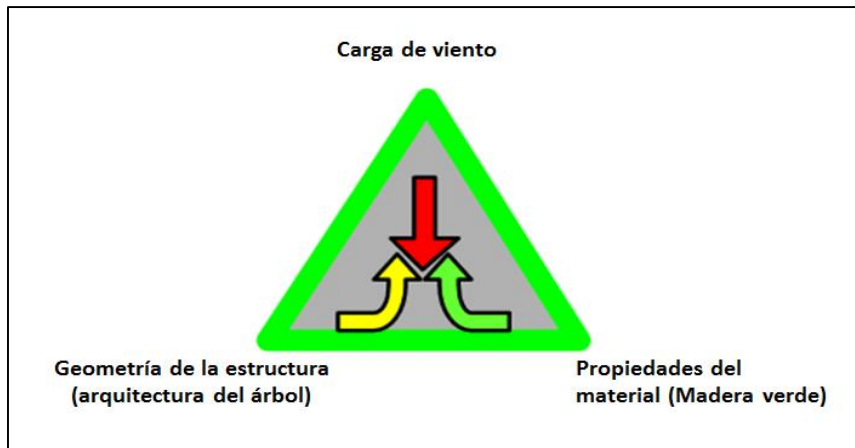


Figura 5. Componentes del triángulo de la estática
Fuente: Wessolly, (1998)

De acuerdo con convenciones internacionales de ingeniería, cuando se realiza cualquier cálculo de seguridad en una estructura, se debe incorporar tres componentes principales y sus interacciones: la carga, la geometría de la estructura que soporta la carga y las propiedades individuales del material (Brudi y Wassernaer, 2002). También dicen estos autores que, si el impacto de la carga sobre una estructura es alto, se requieren materiales fuertes para soportar las cargas. Caso contrario, recalcan que, si la carga es baja, el material no necesita ser fuerte y la estructura portante, en este caso el tronco del árbol, puede ser hueca. La interacción entre los tres componentes: Carga o fuerza efectiva (por ejemplo, del viento), propiedades de los materiales y forma de la estructura portante (tronco y copa) es decisiva para una correcta estabilidad y debe tenerse en cuenta en los cálculos de seguridad. se denomina triángulo de la estática. (Calaza e Iglesias. 2016; Brudi y Wassernaer (2002)

2.1.8. EFECTO DE LOS VIENTOS EN LOS ÁRBOLES URBANOS

La falla mecánica de un árbol, muy a menudo, es el resultado del viento y, que es una fuerza lateral, en muchos casos, mayor a la acción descendente de la gravedad. Esta fuerza lateral proviene principalmente de la resistencia de las hojas, el centro de la fuerza debe estar bien por encima del nivel del suelo. Como resultado, las partes inferiores de un árbol se enfrentarán a un momento de giro sustancial que puede causar que se rompa o arranque. (Vogel, 1996)

Los árboles de las ciudades experimentan diferentes patrones de viento que los árboles de los bosques. El carácter turbulento de los vientos alrededor del edificio ha sido estudiado y descrito. Podemos asumir que los árboles urbanos están expuestos a una mayor turbulencia que aquellos en bosques uniformes o bosques. (Matheny y Clark, 2009)

James et al., (2006) al medir las cargas dinámicas en árboles individuales con diferentes formas y estructuras de ramas, encontraron que los árboles no se balancean hacia adelante y hacia atrás bajo cargas dinámicas, sino que se mueven en un complejo patrón de bucle. A medida que las ramas se mueven en el viento, disipan la energía eólica, lo que reduce la carga transferida al tronco y aumenta la estabilidad mecánica del árbol.

Baker y Bell (1992), sugieren que debido a que "el momento de flexión es razonablemente dependiente de la intensidad de la turbulencia", se puede esperar que los árboles en las áreas urbanas experimenten mayores momentos (fuerza de flexión) que los de las zonas rurales para la misma velocidad media del viento.

James et al., (2006) indican que cada rama es una masa que se balancea en el viento e interactúa dinámicamente con otras ramas y el tronco de una manera compleja. Dice este autor que, esta interacción entre los componentes de la corona, dice el autor, puede prevenir la generación de frecuencias de oscilación armónicas naturales y minimizar las cargas dinámicas extremas que podrían causar fractura mecánica.

Las heridas y los chancros pueden ser puntos débiles en un tronco y su posición en relación con los vientos predominantes influye en el riesgo que representan. Un árbol es más probable que se rompa en una herida o chancro si se enfrenta o es opuesto a la dirección del viento predominante. La mayoría de los árboles fallan durante vientos de más de 40 mph (Tankersley, 2000).

2.1.9. FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS ÁRBOLES

El factor de seguridad es definido como un factor (número mayor que uno) que se utiliza para los cálculos de diseño de elementos, estructuras o dispositivos en general. Estos factores de seguridad desarrollados por los ingenieros se basan en probabilidades estadísticas de una estructura (Niklas, 1992). Los ingenieros y arquitectos utilizan factores de seguridad cuando diseñan una estructura para crear un margen de seguridad

en el elemento que sostiene una carga (a veces tipificado según normativas) y lo definen como el cociente entre la capacidad de carga y la carga actual que soporta la estructura. Por ejemplo, si la capacidad de carga de ese puente es de 20 000 kg, y la carga actual es 10 000 kg, su factor de seguridad es dos, es decir que la estructura está diseñada para soportar dos veces la carga actual sin romperse o deformarse. (Calaza e Iglesias, 2016)

Sinn y Wessolly (1989) indica que, al realizar una evaluación del factor de seguridad en los árboles, se deben conocer la base y los métodos de cálculo, las dimensiones y las propiedades del material de la madera fresca de las especies que se están examinando. Ello incluye identificar los principales defectos estructurales que hagan variar dichas propiedades, así como el deterioro de alguna parte del árbol, ya que, según este mismo autor, defectos como rajaduras pueden reducir a la mitad el factor de seguridad del árbol.

Kinga y Goncz (2015) en un trabajo de investigación calcularon el factor de seguridad de tronco de los árboles utilizando fórmulas matemáticas que considera, fuerza de compresión del árbol, tensión de compresión más alta creado por el viento y tensión de compresión que viene del peso del árbol. Las cuales a su vez dependen de otros factores como el torque que ocasiona la fuerza del viento, entre otros factores.

2.1.10. ESTABILIDAD DEL ARBOLADO URBANO.

En el árbol en pie actúan fuerzas basadas en el viento y la gravedad, las cuales de acuerdo a las propiedades mecánicas del árbol pueden provocar la fractura o caída del mismo. Por ello, los investigadores han desarrollado varios métodos posibles para calcular la carga de viento en un árbol. Estos incluyen cálculos directos usando el coeficiente de arrastre y el área de copa del dosel arbóreo (Jones, 1983)

Frente a estas fuerzas el árbol responde con una resistencia al desarraigo, la cual depende de su anclaje y estado de la raíz (Peltola, 2006). Para el cálculo de la estabilidad de los árboles se han desarrollado numerosas metodologías y fórmulas matemáticas que incluyen principalmente la fuerza del viento, el peso del árbol, la inclinación, geometría y las propiedades físico-mecánicas del árbol, entre otros.

Según Sinn y Wessolly (1989) y Niklas (1992), las fuerzas que ocurren en la corona de un árbol se transfieren al sistema radicular a través de las partes del árbol sobre el suelo.

Durante este proceso, las tensiones internas causadas por fuerzas externas no deben exceder el estrés destructivo de ninguna parte del árbol; si lo hacen, la parte sobrecargada falla. De acuerdo a Sinn y Wessolly (1989) para el cálculo de la estabilidad se requieren el módulo de elasticidad, el módulo de cizalladura, la resistencia integral, la resistencia a la tracción, la resistencia al cizallamiento y la resistencia a la torsión.

2.1.11. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los ensayos no destructivos son un conjunto de métodos físicos que permiten la exploración interna de la pieza sin modificar sus propiedades, de forma que tras el análisis quede apta para su uso. Este tipo de ensayos detecta discontinuidades superficiales e internas y sirven para la detección de heterogeneidades tales como grietas, inclusiones e incluso poros. (Goñi, et al., 2014)

Este mismo autor indica que el objetivo de los ensayos no destructivos es la evaluación del estado de los materiales sin que queden afectadas las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de las mismas y que se realizan sin producir daños que afecten a su funcionalidad. Para obtener resultados adecuados es necesario disponer de patrones de calibración y estándares de referencia con la que comparar los resultados.

Cuadro 1. Clasificación de los Ensayos no Destructivos, según la posición del defecto

Posición del defecto	Técnicas no destructivas
En la superficie o cerca de Ella	Inspección Visual
	Líquidos Penetrantes
	Partículas magnéticas
	Corrientes inducidas
	Electromagnetismo
	Termografía
En el interior de los objetos	Radiografía
	Ultrasonido
	Radiografía Neutrónica
	Emisión acústica

Fuente: (Goñi, et al., 2014)

2.1.12. RECONOCIMIENTO DEL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES

Los árboles o partes suyas pueden caer y lesionar a personas o dañar propiedades, en estas situaciones denominamos a los árboles como un riesgo, por el peligro que significa su presencia en dichas condiciones y la vulnerabilidad de las personas. Mientras cada árbol tiene el potencial de caer, sólo unos pocos lo hacen sobre algo o alguien. Según Rivas (2001) para la evaluación del riesgo del arbolado urbano es necesario realizarse las siguientes preguntas:

- ¿Existen ramas grandes muertas en el árbol?
- ¿Hay ramas rotas colgando en el árbol?
- ¿Presenta el árbol cavidades o madera podrida en el tronco o ramas principales?
- ¿Existen hongos en la base del árbol?
- ¿Hay grietas o rajaduras en el tronco o en las uniones de las ramas?
- ¿Han caído algunas ramas del árbol?
- ¿Han caído o muerto otros árboles adyacentes?
- ¿Ha desarrollado el tronco una marcada inclinación?
- ¿Salen muchas ramas principales del mismo punto en el tronco?
- ¿Se han roto, dañado o herido muchas raíces al disminuir el nivel del suelo, instalar pavimento, reparar las aceras o excavar zanjas?
- ¿Se ha cambiado el sitio recientemente por construcción, elevación del nivel del suelo o por la instalación de céspedes?
- ¿Han desarrollado las hojas de forma prematura un color o tamaño no habitual?
- ¿Se han talado recientemente árboles en zonas cercanas?
- ¿Ha sido desmochado el árbol o podado de manera excesiva?

Asimismo, publicaciones realizadas por la Universidad de California (2008) nos recomiendan que para hacer inspecciones en árboles se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Inclinación del árbol
- Troncos múltiples
- Ramas con uniones débiles
- Cavidades y focos grandes de pudrición
- Grietas en troncos y ramas

- Ramas colgantes o quebradas
- Ramas muertas

2.1.13. SILVICULTURA URBANA

Ledesma (2008) indica que la silvicultura urbana es la disciplina que trata los principios del manejo de los árboles que crecen en áreas urbanas y suburbanas, generalmente bajo condiciones de estrés físico y fisiológico. Su finalidad es lograr y mantener los beneficios ambientales y sociales que ofrecen las arboledas vitales, longevas y seguras, previniendo y /o atenuando los riesgos e inconvenientes potenciales que el arbolado pueda generar. Martínez (2005) menciona que la silvicultura urbana es una disciplina que surge de la necesidad de mejorar acciones y decisiones del ser humano respecto al árbol en la ciudad, al mismo tiempo, acoge el cultivo y la defensa del árbol.

2.2. BENEFICIOS E INCONVENIENTES DEL ARBOLADO URBANO

2.2.1. BENEFICIOS

El árbol urbano es un elemento fundamental en el paisaje de una ciudad pues brinda diversos beneficios de orden ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico (Tovar, 2007; Moreno y Hoyos, 2015; Priego 2002; Sarajevs, 2011). Es por ello, que las áreas verdes desempeñan un conjunto de funciones esenciales en el bienestar y en la calidad de vida de los centros urbanos. Estos espacios se pueden concebir desde un punto de vista social, de forma que pueden generar impactos y beneficios directos en la comunidad, y desde un punto de vista ambiental, como elementos que impactan directamente sobre el ambiente urbano (Martínez et al., 2016).

A. BENEFICIOS AMBIENTALES

Los árboles urbanos pueden mitigar muchos de los impactos ambientales del desarrollo urbano, generando así condiciones favorables para el bienestar humano. Priego (2002) indica que el arbolado urbano contribuye en la calidad del aire, a través de cuatro principales formas: mediante la reducción de la temperatura y efectos microclimáticos,

disminución de los contaminantes atmosféricos, captación de carbono y efectos energéticos en las construcciones.

El efecto urbano sobre el campo térmico superficial se debe principalmente a los espacios construidos de las ciudades que almacenan y emiten calor, la capa de contaminación atmosférica, la escasa evapotranspiración en los centros urbanos, producto de las exiguas áreas verdes y de la impermeabilidad de los suelos, la generación de calor por los automóviles, la actividad industrial y urbana en general (Santibañez y Uribe, 1993). Los árboles atemperan el clima local a través de su transpiración, las áreas verdes arboladas son “islas de frescor”; las altas temperaturas, resultantes del calor reflejado por el cemento en las “islas de calor” urbanas son reducidas por la sombra de las copas creando frescura y protegiendo de la insolación excesiva. La función de los árboles como purificadores y acondicionadores ambientales hace que el aire que pasa por la copa fluya más limpio y fresco (Rivas, 2005).

Los árboles urbanos también tienen un papel importante en la reducción de la contaminación, esto gracias a su capacidad de fijación de gases. Pues, algunas partículas pueden ser absorbidas por los árboles, o después de estar adheridas a la superficie volver al sistema cuando las hojas caigan o sean lavadas por acción de la lluvia (Nowak et, al., (1997).

Estudios realizados por Nowak (1994) estimaron que los árboles de Chicago removieron de la atmósfera aproximadamente 15 toneladas métricas de monóxido de carbono (CO), 84t de bióxido de azufre (SO₂), 89 t de bióxido de nitrógeno (NO₂), 191t de ozono (O₃) y 212t de partículas menores de 10 micrones (PM10). A través de la región de Chicago, en los condados de Cook y DuPage, los árboles removieron una cantidad estimada de 5,575t de contaminantes durante la estación con hojas (cuando los árboles las tienen). Lo que, en promedio, la contaminación removida, en esta región fue de 1.1 toneladas métricas/día de CO, 3.7 t/d de SO₂, 4.2 t/d de NO₂, 8.9 t/d de PM10 y 10.8 t/d de O₃. Esta investigación realizada en 1991, según los autores, tiene un valor económico de aproximadamente un millón de dólares por los árboles de la ciudad y 9.2 millones de dólares a través de la región de Chicago.

Entre otros beneficios que nos brinda el arbolado urbano, GDF (2000) menciona que los árboles nos protegen de la radiación solar, ya que generan sombra con sus copas evitando así el impacto directo de los rayos solares. Asimismo, el tejido vegetal amortigua el

impacto de las ondas sonoras, reduciendo los niveles de ruidos en carreteras, calles, parques y zonas industriales, de esta manera, los árboles plantados en arreglos especiales alineados, en grupos abaten el ruido desde 6 a 10 decibeles.

También se conoce que los árboles contribuyen a la reducción de la velocidad del viento, ya que cambian su dirección y reducen su velocidad. Finalmente, las áreas verdes generan diversidad biológica. Proveen de un hábitat para especies vegetales y animales silvestres y crean ecosistemas de interés. Muchos tipos arbóreos han coevolucionado con insectos y aves polinizadoras, dispersores de frutos y semillas y otros microorganismos del suelo. Asimismo, ofrecen nichos diversos a la fauna mayor y menor, favoreciendo el arribo de otras especies animales y vegetales. (GDF., 2000)

B. BENEFICIOS SOCIALES

Richard y Johnson (2003) indica que el bosque urbano es una parte integral de la infraestructura de una comunidad, y los árboles dominan a menudo el paisaje o por lo menos son la parte más visible de ella. Los árboles urbanos contribuyen a mejorar la calidad de vida de muchas comunidades y sus residentes.

Múltiples estudios han descubierto una relación entre la atención del hombre y el entorno circundante, La vegetación y la naturaleza refuerzan nuestra atención espontánea, permiten que nuestro sistema sensorial se relaje y se infundan nuevas energías, frente al estrés que implica la vida en las grandes ciudades. Las áreas verdes relajan los sentidos y de esa manera combaten las tensiones y ofrecen oportunidades de distensión (Dwyer et al., 1992; Nilsson et al., 1997 y Castillo 2007)

En Illinois estudios realizados a voluntarios que estaban trabajando en tareas de restauración, demostraron que éstos desarrollaron un gran sentido de conexión con la naturaleza y que les aportó una gran fuente de satisfacción (Miles et al., 1998). Por otro lado, en Escocia, investigadores examinaron una posible conexión entre la exposición a los espacios verdes y la reducción de los niveles de estrés. Para ello utilizaron muestras de cortisol salival para medir los niveles de estrés de las personas que viven en los barrios más verdes con las personas que viven en los barrios menos verdes. Los resultados reportaron indicadores de menos estrés en las personas que viven en barrios con espacios verdes, en comparación con las otras (Thompson et al. 2012).

En un estudio británico, realizado por Alcock et al., (2014), se analizaron los efectos en la salud mental de pasar de zonas urbanas menos verdes a áreas más verdes y viceversa. El estudio encontró que las personas que se trasladaron a áreas más verdes experimentaron mejoras en general a su salud mental, mientras que las personas que se trasladaron a áreas menos verdes experimentaron una disminución temporal en la salud mental. De ahí que las zonas residenciales urbanas más verdes tienen un efecto positivo sobre la salud mental de los residentes.

Lovasi et al., (2008) encontró una conexión entre los árboles de la calle de la ciudad de Nueva York y la prevalencia de asma en los niños. Los resultados mostraron que un aumento en la densidad de árboles de una desviación estándar, se asoció con una reducción de 24% a 29% en la prevalencia de asma en niños pequeños. Sin embargo, menciona dicho autor, que el aumento en la densidad de árboles no se asoció con una menor tasa de hospitalizaciones por asma.

C. BENEFICIOS ECONÓMICOS

El valor de las ventas de las propiedades refleja el beneficio que los compradores asignan a los atributos de las mismas, incluyendo la vegetación en o cerca de la vivienda. Una encuesta sobre venta de casas unifamiliares en Atlanta, Georgia, indicó que el arreglo de casas con árboles está asociado con el aumento de 3.4 a 4.5 por ciento del valor de la venta (Anderson y Cordell, 1988). Otros autores, como Johnson (1999) indica que los árboles sanos y bien colocados pueden aumentar los valores de propiedad en un 9 a 27 por ciento.

En cuanto a los impactos financieros directos, estudios de casos en el Reino Unido sugieren que la proximidad al espacio verde está vinculada positivamente a los precios de los inmuebles comerciales y residenciales. De esta manera, propiedades que se encuentran cercanas a un parque, se valoran entre un 5 y un 7% por encima de una propiedad idéntica en la misma zona de mercado, pero fuera de la influencia del parque. (CABE, 2005)

De acuerdo con Dwyer et al., (1992), el incremento del valor de la propiedad, generado por los árboles, también produce ganancias económicas para la comunidad local, a través

de impuestos prediales. Un incremento estimado en 5%, en el valor de una propiedad residencial, es debido a los árboles y bosque en propiedades residenciales. Por otro lado, Elmqvist et al., (2015), en base a investigaciones de los beneficios del arbolado urbano, desarrollados por diferentes autores, hizo una valoración económica y encontró que los estudios realizados en 25 ecosistemas, proporcionan entre US \$ 3212 y US \$17 772 de beneficios por hectárea por año.

2.2.2. INCONVENIENTES

Los árboles plantados en ambientes urbanos, no solo brindan una serie de beneficios, sino también pueden presentar inconvenientes ya que se encuentran en un medio diferente al natural. Calaza e Iglesias (2016) desarrolla y clasifica estos inconvenientes en tres grupos principales los cuales presentamos a continuación:

A. INCONVENIENTES DEL TIPO FÍSICO O MECÁNICO

En este grupo los principales problemas que se presenta son:

- Especies con problemas mecánicos, ramas quebradizas o potencialmente peligrosas

Es uno de los mayores problemas del arbolado urbano, el cual en algunas veces se manifiesta con la rotura de partes del árbol. Existen especies que, por su anatomía, densidad de madera, arquitectura, etc., son más propensas a otras a sufrir roturas de ramas, ramilla o desprendimiento de sus partes. como ejemplo: *Melia azedarach*, *Pawlonia spp.*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus pumila*, *Salix spp.*, *Ailanthus altissima*, *Sophora japonica*, *Gleditsia triacanthos*, etc.

- Problemas derivados del desarrollo del sistema radicular.

Uno de los problemas que se evidencian con mayor facilidad es el levantamiento de pavimento, de aceras, de porches, viales, alcorque, etc. Además, el sistema radicular interfiere con numerosas instalaciones enterradas existentes, ya que sigue el gradiente de agua en el suelo, distribuyéndose a lo largo de las líneas que ofrecen menos resistencia,

así obstruyen, levantan o rompen tuberías de saneamiento, telecomunicaciones, redes de distribución de agua, redes eléctricas, etc.

- Rebrotos de raíz.

Los rebrotos, en muchas especies con gran capacidad de emitirlos, pueden invadir zonas adyacentes, dificultando el tránsito peatonal. Algunas especies con estas características son: *Ailanthus altissima* y *Robinia pseudoacacia*.

- Presencia de espinas

Especies como *Gleditsia triacanthos*, *Chorisia speciosa* o *Robinia pseudoacacia* presentan espinas excesivamente pronunciadas, las cuales pueden generar daños a la población.

B. INCONVENIENTES RELACIONADOS CON LA SALUD Y BIENESTAR DE LAS PERSONAS

En este grupo, los principales problemas que se presentan los autores son:

- Presencia de sustancias venenosas

Las sustancias nocivas para las personas se encuentran en las hojas, frutos o flores cuando son ingeridas. Algunas especies con sustancias nocivas pueden ser: *Melia azedarach* (frutos), *Prunus dulcis* (frutos), *Brachychiton spp* (semillas), *Laburnum anayroides* (hojas, semillas, corteza), *Nerium oleander* (todas sus partes), etc.

- Provocar alergias

El polen y algunas semillas como los vilanos provocan problemas de tipo cutáneo o respiratorio que se agudiza especialmente para personas sensibles y en época primaveral. Debemos comentar que en realidad todas las especies arbóreas pueden provocar este problema en mayor o menor medida, aunque existen algunas más problemáticas que otras cuyo uso debería estar limitado en ambientes determinados como zonas de acceso restringido o naturales, como ejemplo de estas especies tenemos: *Schinus molle*, *Ulmus*

parvifolia, *Washingtonia robusta*, *Salix spp.*, *Quercus robur*, *Pinus spp.*, *Picea spp.*, *Juniperus spp.*, *cedrus spp.*, *Juglans spp.*, *Cupressus macrocarpa*, etc.

- Plagas molestas

Existen determinadas plagas insectiles que son molestas o incluso perjudiciales para la salud de los ciudadanos que se desarrollan en ciertas especies de árboles. destacamos la procesionaria del pino que tiene pelos urticantes y provoca alergias muy complicadas. otro ejemplo es la melaza, exceso de azúcar que segregan los pulgones en el envés de las hojas, manchando el pavimento y el mobiliario urbano además de la ropa de la gente.

C. INCONVENIENTES RELATIVOS AL MEDIO EN EL QUE SE DESARROLLAN

- Especies que empobrecen el suelo.

La más conocida para los residentes de la zona noreste de España es del género *Eucalyptus*, que agotan el suelo de agua y nutrientes, funcionando como verdaderas bombas de extracción y además sus restos (hojas, flores y frutos) poseen sustancias que inhiben o dificultan el crecimiento de otras especies.

- Especies que producen olores desagradables y/o ensucian el pavimento

Algunos árboles presentan órganos con olores desagradables, lo cual no es favorable para el medio urbano. Dentro de este grupo podemos mencionar a especies como: *Schinus molle* (Flores hermafroditas), Flores masculinas de *Ailanthus altísima* (se debe plantar solo femeninos), frutos de *Ginkgo biloba* y *Melia azedarach* (se debe plantar solo masculinos). Asimismo, hay especies que manchan el pavimento y ser un foco de insectos, como es el caso de: *Ginkgo biloba*, *Morus sp.*, *Populus alba* (semilla), *Malus profusion* y *Citrus aurantium*.

- Presencia de sustancias alelopáticas

Algunas especies vegetales sintetizan una serie de sustancias exudadas por las raíces que pueden, en mayor o menor medida, limitar o inhibir el crecimiento de otras especies a su alrededor, reducir la germinación de semillas, limitar el crecimiento de raíces y brotes, la

incorporación de nutrientes y la nodulación. Estas sustancias se denominan alelopáticas. Dentro de ellas, mencionan los autores: isoflavonoides, alcoholes y aldehídos, emitidos por ejemplares de la familia Leguminosae o la nicotina y solanina de la familia Solanaceae, terpenoides en eucaliptos y pinos, etc.

2.3. SELECCIÓN DE LAS ESPECIES ADECUADAS PARA EL ARBOLADO URBANO

La buena elección de las especies para ser establecidas en un ambiente urbano, es uno de los primeros pasos que se debe seguir para reducir o evitar problemas futuros. Pues las elecciones erróneas acarrearán reemplazos anticipados, tratamientos culturales incorrectos y frustraciones, ello es un indicador de la falta de planificación. Para la correcta elección se analizan los objetivos de la plantación, las particularidades ambientales (tolerantes al clima, humedad, exposición y condiciones del suelo) del sitio y las características de las especies. (Ledesma, 2008) y (Nilsson et al., 1997)

En primer lugar, se considera el destino de los árboles y el espacio disponible para ellos, el uso social propuesto, las condiciones de infraestructura del sitio, sus características panorámicas, etc. luego se consideran tanto las condiciones ambientales generales de la región geográfica en lo relativo a clima y suelos. Interesa conocer los tipos de suelos, el régimen hídrico y térmico de la región, etc., para orientar la elección hacia las especies más compatibles. Además, se debe considerar el hábitat urbano en particular, que puede ser muy diferente según se trate de zonas con exposición solar intensa o de veredas de umbría; de ubicaciones periféricas con alta exposición a los vientos o de zonas céntricas con gran calentamiento de superficies; si se trata de plantar en lomas expuestas o en bajos muy fríos, en terrenos de relleno o en sectores pavimentado, etc. Finalmente se evalúa la conveniencia de las diferentes especies para la situación particular donde se realiza la plantación, considerando sus cualidades estéticas y funcionales: forma específica, comportamiento del follaje, susceptibilidad, velocidad de crecimiento, longevidad, resistencia a heladas, presencia de flores, tipo de frutos, presencia de espinas, carácter alergénico, etc. (Ledesma, 2008)

Una vez seleccionado la especie y el lugar a plantar, es importante determinar la calidad deseada del material de viveros (semillas, plantas, plantones). Todos los árboles

seleccionados del vivero deben mostrar evidencia de podas adecuadas, estar libres de heridas mal curadas en troncos y ramas, mostrar una forma adecuada a la especie, poseer un cepellón consistente y sano y estar libres de daños por insectos y enfermedades. (Nowak, et al., 1997)

Ledesma (2008) recomienda que en sectores muy transitados se debe evitar árboles de forma péndula, con espinas o frutos carnosos. Asimismo, se debe buscar incluir la mayor variedad de especies en el arbolado, de modo que ninguna tenga una presencia superior al (15 – 20) %, ya que la diversificación específica mejora el patrimonio botánico y paisajístico y contribuye a evitar afecciones masivas por plagas y enfermedades.

2.4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE ÁRBOLES CON RIESGO DE CAÍDA

La condición interna de un árbol puede haberse deteriorado a un estado en el que el colapso es inminente, pero los signos están ocultos de la vista (WFP, 2006). El conocimiento de dichos signos se puede realizar a través de métodos no destructivos o mediante métodos que comprometan la estabilidad y salud del árbol. Con la primera opción podemos determinar el riesgo de fractura al cual está expuesto dicho árbol y con los métodos destructivos comprometemos la existencia de dicho árbol. Según Provis (2015) el objetivo de la evaluación del riesgo de caída de árboles es identificar la parte del árbol (árbol entero, rama grande o rama pequeña) con mayor probabilidad de fallar y prescribir trabajos que reduzcan el riesgo de daño causado por el fracaso a un nivel aceptable.

2.4.1. MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS

A lo largo del tiempo, los investigadores han utilizado varios métodos, basadas en conceptos diferentes, para descubrir la situación interna, ya sea deterioro o vigor de los en árboles. Kinga y Goncz., (2015) indican que el uso de estos métodos no destructivos (NDT) están ayudando a mantener vivos nuestros árboles en parques recreativos, bosques y en otras áreas urbanas. Por otro lado, WFP (2006) describen tres métodos no destructivos para las evaluaciones automatizadas de los árboles, los cuales se desarrollan a continuación:

- Muestreo de madera

Ello se realiza con un dispositivo denominado resistógrafo, el cual tiene una broca pequeña (1-3mm de diámetro) accionada por un taladro portátil. El resistograma mide la resistencia a la perforación (la resistencia se representa en papel cuadriculado a escala 1:1) para indicar cambios en la densidad de la madera (por ejemplo, madera sana frente a madera deteriorada).

- Dispositivos de resonancia de impacto (resonancia o detectores de ondas de esfuerzo);

Los dispositivos de impacto miden la velocidad de las ondas de tensión a través de la madera. El concepto se basa en propiedades de densidad de madera reflejadas por cambios en la velocidad de las ondas de resonancia impartidas a la madera usando un martillo. Las ondas de estrés viajan más rápido a través de la madera sana que a través de la madera en descomposición. Por lo tanto, mediante la medición de la velocidad de onda de tensión se puede determinar la densidad interna de un árbol y encontrar huecos o disminución de la densidad. Estas herramientas pueden ser restringidas cuando se trabaja con árboles con corteza gruesa y suelta.

- Dispositivos sonoros (emisión y detección de ultrasonidos)

Al igual que los dispositivos de impacto, los dispositivos sonoros imparten ondas sonoras ultrasónicas en madera y miden los patrones de retorno de resonancia a través de la madera. Miden con precisión los cambios de densidad de madera a través de un vástago y pueden aislar la descomposición utilizando una serie de sensores.

Según Niemz y Mannes (2012) hoy en día, el enfoque más común es el uso de técnicas multisensor, es decir, una combinación de varios métodos de medición, porque un único parámetro es generalmente insuficiente para describir concisamente la condición de un objeto o material. Los defectos más pequeños tales como nudos pequeños o grietas son, por ejemplo, apenas detectados usando mediciones simples de transmisión de sonido.

Según Basterrechea (2016) los métodos no destructivos para la evaluación del arbolado urbano, se pueden clasificar en: Evaluación visual, Electromagnéticos, Nucleares, Acústicos, y mecánicos. Veamos alguno de ellos.

A. EVALUACIÓN VISUAL

La evaluación visual es aquella que se basa en la identificación de los patrones estructurales favorables y desfavorables del equilibrio estructural del árbol. Como está basada en la identificación visual, ésta es subjetiva; sin embargo, para hacer que este proceso sea menos subjetivo se puede adoptar protocolos y criterios para una evaluación más rigurosa, además del uso de algunos aparatos. Esta evaluación debe estar asociada a informaciones sobre la especie (su ecología y características de la madera), al entorno, a los blancos potenciales y a las condiciones de tiempo predominantes en el lugar (Bobrowski, 2010)

La inspección visual del "lenguaje corporal" de un árbol es otra forma de estimar la presencia de decaimiento interno de los árboles. (Allison y Wang, 2015). Esta evaluación puede dar una idea del estado general de salud de un árbol, pero no siempre predecir el grado de decaimiento interno con precisión (Kennard, et al. 1996). Este último autor, en uno de sus estudios realizados sobre árboles urbanos sugiere que la evaluación visual puede ser un medio confiable para predecir la extensión interna de huecos que pueden ser peligrosos en los árboles urbanos.

Según Ledesma (2008), la evaluación visual es un método de evaluación del estado de un árbol en un determinado contexto de infraestructura urbana y de demanda social. La evaluación se realiza a diferentes escalas espaciales, desde una vista panorámica a una detallada, analizando el entorno del árbol y al árbol en sí.

Ledesma (2008) recomienda aspectos a tener en cuenta durante una evaluación visual: primero se detalla la infraestructura urbana y los otros servicios públicos entorno al árbol, señalando los inconvenientes e interferencias detectados, como problemas de compactación y cambios de nivel de suelo, asfaltado e impermeabilizaciones, historial de zanjas o excavaciones, interferencias con construcciones y líneas eléctricas, obstrucción de luminarias o señales, etc. Luego se realiza un reconocimiento de síntomas y signos del árbol, de naturaleza biológica, sanitaria y físico – mecánica, para diagnosticar su estado incluyendo una estimación del riesgo de que el ejemplar sufra mayores deterioros o cause daños a terceros. Para ello se realiza una minuciosa inspección en busca de signos y síntomas del estado actual, vulnerabilidad o daño en la copa (estado del follaje, magnitud del crecimiento de vástagos, ramas terciadas, muertas o enfermas, presencia de chupones,

lesiones por tránsito, copa desequilibrada, ramas con excesivo peso e inclinación, etc.); en el tallo (corteza incluida descortezado, cavidades, fisuras, deformaciones, inclinaciones, presencia de infecciones, etc.) y en el sistema radicular (Raíces expuestas, cortadas, estranguladas, etc.) También se evalúan los mecanismos de respuesta del arbolado frente a esos deterioros o puntos vulnerables, es decir el reforzamiento estructural de las debilidades, como las raíces “sogas” opuestas a la inclinación del árbol, la madera de reacción y de compresión en tallos bajo ramas pesadas, etc. A partir de la información relevada, se realiza la evaluación biológica y física - mecánica del árbol y se propone un plan de intervención específico, ya sea sobre el entorno y/o los tratamientos culturales adecuados sobre el árbol.

Claus Mattheck, experto en biomecánica y comportamiento de fracturas de los árboles en 1994 desarrolló el Método de Evaluación Visual de los Árboles o VTA (Visual Tree Assesment) (Paredes, 2013). El cual está basado en los principios de la biomecánica y en el principio de que los árboles consumen energía para alcanzar una distribución homogénea de las cargas mecánicas, el denominado axioma de la carga uniforme o axioma de la tensión constante (Mattheck y Breloer, 1994)

El método VTA se basa en la identificación de síntomas exteriores que presenta el árbol debido a anomalías internas de su madera. Consta de tres etapas en la evaluación: en la primera se realiza una inspección visual para identificar síntomas de defectos y la vitalidad del árbol, si no existen, la evaluación termina. Luego se confirma la sospecha a través de un método riguroso, finalmente si el defecto es motivo de preocupación, debe medirse y evaluarse la resistencia de la parte remanente del árbol. (Calaza e Iglesias, 2016)

En definitiva, existen muchas propuestas para la evaluación visual de árboles en pie y todos están basados a manifestaciones exteriores del árbol, lo cual se debe interpretar o analizar para entender la situación interna del mismo. No obstante, Albers et al., (2003) indica que algunos defectos no tienen signos o síntomas externos y su detección requiere inspecciones en profundidad y el uso de herramientas de diagnóstico especializadas.

B. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Debido a la necesidad de conocer, con mayor precisión, el grado de pudrición y huecos en los árboles, en las últimas décadas se han desarrollado varias herramientas que contribuyen en las decisiones silviculturales (Kennard et al., 1996). De esta manera, las evaluaciones de decaimiento, utilizando instrumentos, determinan la localización y extensión de la descomposición presente en un árbol, y a la vez analizar si ésta representa un riesgo significativo para la integridad estructural del árbol. (Albers et al., 2003)

Muchos dispositivos están disponibles para detectar decaimiento interno y otros defectos en árboles. Los tradicionales de baja tecnología incluyen la barra de acero, el mazo, el taladro de incremento y el taladro portátil. Los dispositivos de alta tecnología incluyen penetrómetros (Resistograph, densitomat y Sibert Decay Detecting Drill (DDD 200)), detectores sónicos y ultrasónicos (Mertiguard Stress-wave Timer, Sound Impluse Hammer y Arborsonic Decay Detector), medidor de conductividad eléctrica (Shigometro, Vitalometro), y el Fractómetro, etc. (Albers et al., 2003). Por otro lado, la radiografía, la radiografía de neutrón y la resonancia magnética (SR.) han sido extensivamente utilizadas para la representación de características internas en troncos y árboles (Hailey y Morris, 1987; Oja et al., 2000).

Otros instrumentos de evaluación del arbolado urbano son: tomógrafo sónico, tomógrafo por impedancia eléctrica, elasto-inclinómetro, radar de suelo (GPR), termografías, nariz electrónica. A parte de ello, otras herramientas complementarias como: cáliper, arborcheck, entre otros. (Calaza e Iglesias, 2016)

En cuanto al mazo de goma, (Albers et al., 2003) indica que, para su uso, se golpea manualmente contra la corteza o superficie de madera expuesta y, con experiencia, un operador puede interpretar si el sonido resultante indica vacío o decadencia severa. Este método es altamente subjetivo, y depende de la experiencia del operador y las habilidades de interpretación. Este mismo autor recomienda que se debe tener cuidado de no confundir el sonido emitido por la corteza suelta, como la presencia de decaimiento dentro de la madera del árbol. Una de las ventajas de este método es que no es invasivo, y la herramienta es barata, fácil de transportar y no requiere mantenimiento. Sin embargo, Allison y Wang (2015) dicen que están limitados en la determinación de la extensión o ubicación y no producen un registro de las características de la onda sonora. Asimismo,

McCracken (1985), en un artículo de investigación publicado por Wang et al., (2004), indican que, si bien se puede descubrir decaimiento avanzado o huecos dentro del tronco, este método no es eficaz en árboles gruesos, de grandes diámetros y de corteza gruesa.

Otro instrumento fácil de operar es el Resistógrafo cuya técnica se desarrolló en Alemania en los años ochenta como una herramienta portátil para el análisis de anillos de árboles. El primer prototipo de la máquina de perforación basada en resistencia fue desarrollado por Kamm y Voss en 1984 empleando un mecanismo de registro con resorte. (Rinn, 2012)

Según Albers et al., (2003), durante el funcionamiento del resistógrafo, un motor de batería impulsa una broca que penetra en la madera a una velocidad constante de 8, 16 o 24 pulgadas por minuto, hasta una profundidad de 12, 16 o 20 pulgadas, dependiendo del modelo. El diámetro de la broca es de 1/8 de pulgada en la punta de corte y 1/16 de pulgada a lo largo del eje. Este mismo autor indica que la resistencia de perforación en la punta de la aguja se transfiere a través de una caja de cambios a un puntero visible en la parte superior del instrumento y muestra los resultados en una impresión de papel encerado impermeable.

Cuanto más densa sea la madera, mayor será la resistencia. Los huecos, las grietas y la madera podrida con menor densidad son detectados por la resistencia reducida a la taladradora a medida que avanza a través de la muestra de madera. (Allison y Wang, 2015)

La tomografía sónica es una técnica que ha resultado tener éxito en el descubrimiento de defectos estructurales internos y en la ayuda para determinar la estabilidad de árboles grandes, establecidos en el ámbito urbano. (Liang et al., 2008). Por ello, muchos investigadores del arbolado urbano han utilizado esta herramienta para evaluar la situación interna de los árboles. Ejemplo de ello, Nicolotti et al. (2003) después de realizar ensayos no destructivos en dos árboles de *Platanus hybrida Brot*, concluyó que la tomografía por ultrasonidos es una herramienta muy eficaz para la detección del decaimiento interno del árbol, localizando con precisión la posición de anomalías y estimación del tamaño y forma.

Estos detectores de sonido miden el tiempo que tarda una onda sonora en atravesar un tronco, si existe un defecto, el tiempo de transmisión es mayor que si no los hubiera (Mattheck y Bethge, 1993). De acuerdo a Verkasalo et al., (1993) el tiempo máximo de

viaje de la onda, a través del grano en madera verde, puede ser un indicador de infección bacteriana. Ello es un parámetro eficaz para detectar y estimar el deterioro de la madera (Hoyle y Rutherford, 1987; Ross y Pellerin, 1994). No obstante, la principal limitación de estos instrumentos es que, si existen defectos detectados, no puede ser distinguido (descomposición, grieta, cavidad) o el grado de pérdida de resistencia, por lo que requiere comparación con madera similar y sin defectos (Calaza e Iglesias, 2016).

Estos detectores de sonido funcionan sobre el principio de que la transmisibilidad de las ondas sonoras, a través de un cuerpo, está determinada por la densidad del cuerpo, de ahí que la velocidad del sonido disminuye si hay un agujero entre dos sensores Fakopp (2012). La madera dañada suele ser menos densa porque se ha decaído por los hongos o túneles por los insectos. Si una parte del tronco está dañada y la densidad de madera reducida, la transmisión del sonido tarda más que si el árbol estuviera libre de defectos (Albers et al., 2003). Los defectos graves reducen la velocidad del sonido a menos del 70 por ciento de los valores característicos de la madera sonora (Bethge et al., 1996).

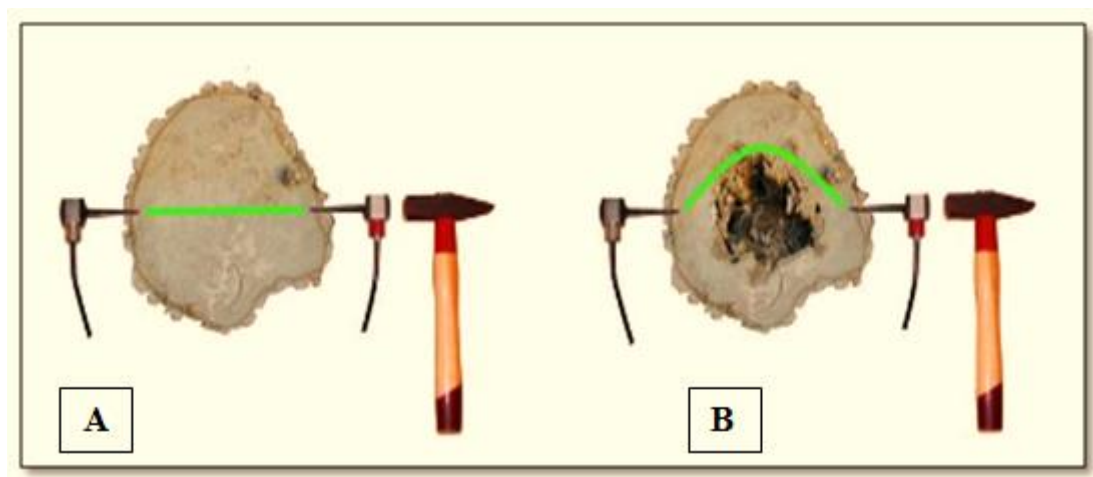


Figura 6. Comportamiento de la onda durante el recorrido de un sensor a otro
“A” árbol sano, “B” árbol con pudrición. *Fuente, Fakopp (2012)*

Finalmente, Albers et al., (2003) recomienda que los dispositivos de detección de decaimiento deben usarse con discreción ya que la mayoría son invasivos en su modo de aplicación y causan cierto grado de daño al árbol. Además, dice este autor, las heridas creadas cuando se perfora el árbol, o cuando se retira la corteza para insertar sensores, pueden servir como puntos de entrada para los organismos desintegradores de madera.

2.4.2. MÉTODOS INVASIVOS

La evaluación tradicional, para determinar la extensión de cavidades o huecos en los árboles, se basa en la perforación de las partes afectadas, bien sea en el tronco, las ramas o las raíces. El uso de estos métodos invasivos puede no sólo dañar las células vivas, sino que además puede ayudar al crecimiento e invasión fúngica y a la extensión de la descomposición. (Calaza e Iglesias, 2016)

Los métodos invasivos están basados en el uso de herramientas y/o equipos que comprometen la estabilidad y la salud del árbol. Estos causan daños directos en el fuste o cualquier otra parte del árbol. Uno de esos instrumentos, cuyo uso ha sido restringido, entre otros motivos por su alto grado de invasión, es el fractómetro, ya que, para su uso se extrae un cilindro de madera del árbol mediante una barrena de Pressler. (Calaza, 2007)

2.5. GESTIÓN DEL ARBOLADO URBANO

Un aspecto importante del programa general de gestión de riesgos de una ciudad es el manejo del peligro de los árboles. Los árboles por su propia naturaleza se desintegran, mueren y presentan un peligro potencial para la persona y las propiedades (Gurney y Ward, 2017). De esta manera, un plan de manejo de riesgo de árboles permite a una comunidad prevenir, detectar, evaluar y corregir defectos estructurales en los árboles antes de poner en peligro la seguridad pública o la salud de los recursos forestales (Pokorny y Albers, 2005)

De acuerdo a Gurney y Ward (2017) una estrategia de gestión de riesgos de árboles proveerá los siguientes beneficios:

- Entornos seguros para los clientes del parque
- Protección de activos
- Gestión de conflictos
- Mejor servicio al cliente e imagen pública
- Costos de seguro reducidos
- Mejora de la ecología forestal
- Mejor salud de los árboles

Según Pokorny y Albers (2005) el objetivo de un programa de gestión de riesgo de árboles no debe esforzarse por el riesgo cero, ya que esto es inalcanzable. Más bien, el objetivo debe ser reducir los riesgos que los árboles representan para la seguridad pública a un nivel que cumpla con los estándares profesionales y demuestre un cuidado razonable.

Pokorny y Albers (2005) indican que las áreas verdes, dominadas por árboles, pueden dividirse en zonas, de acuerdo a la situación de los árboles y el contexto en el que se encuentran. Ello permitirá tener zonas donde los árboles representan un alto nivel de riesgo, hasta zonas asociadas con bajos riesgos de seguridad pública. De esta manera, dicen los autores, cada zona se gestiona e inspecciona según un calendario definido, en función del nivel de riesgo que plantea la seguridad pública. De igual manera, estudios realizados por Provis (2015) en la ciudad de Palmerston (Australia) recomienda dividir el área de estudio en cinco (5) Zonas, en función al riesgo que representan los árboles, y para el mapeo se puede hacer uso de herramientas SIG.

Cuadro 2. Categorías de zonas de riesgo para los árboles; códigos de color; y ejemplos de los que pertenecen a dichas categorías

CATEGORÍAS DE RIESGO	CÓDIGOS DE COLOR	EJEMPLOS
Riesgo Muy alto	Rojo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rutas de emergencia 2. Instalaciones médicas de emergencia y refugios, áreas de acceso para discapacitados 3. Patios de escuelas. 4. En parques / áreas públicas de alto uso: estructuras permanentes y campamentos 5. Árboles individuales o barrios con características arbóreas de alto riesgo, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • árboles muertos en pie o aquellos con muy pobre estructura • árboles severamente dañados por la tormenta • árboles que obstruyen visualmente las señales de tráfico, luces de paraderos o luces de seguridad • raíces de los árboles que causan un severo pandeo en la acera
Riesgo Alto	Naranja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vías principales: intersecciones congestionadas, señales de tráfico y semáforos visualmente obstruidos. 2. Parques, parques infantiles y áreas de picnic de alto uso 3. Campos de golf. 4. Estacionamientos adyacentes a áreas públicas de alto uso. 5. Paraderos de autobús a lo largo de vías públicas de alto uso. 6. Árboles individuales o barrios con características arbóreas de alto riesgo, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • árboles viejos. • alta densidad de especies arbóreas de gran diámetro, maduras o "problemáticas". • lesión en la raíz causada por la construcción de aceras o carreteras. • árboles dañados por la tormenta.
Riesgo Moderado	Amarillo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calles secundarias: intersecciones congestionadas y señales de tráfico y semáforos visualmente obstruidos. 2. Barrios con una densidad moderada de especies de árboles maduros con gran diámetro o "problemáticos". 3. Uso moderado de parques, áreas de juegos y áreas de picnic. 4. Estacionamientos adyacentes a áreas de uso moderado.
Riesgo Bajo	Verde	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carreteras de bajo uso y áreas públicas con recreación dispersa. 2. Áreas abiertas, bosques, zonas ribereñas y áreas periféricas con uso o acceso limitado. 3. Barrios con una baja densidad de árboles de gran diámetro, maduros o "problemáticos".

Fuente: Pokorny y Albers (2005)

2.6. ANTECEDENTES

2.6.1. ESTUDIOS EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS

En el Inventario Forestal 2012, del Patronato del Parque de las Leyendas, se han registrado que de los 7585 individuos (árboles, palmeras y arbustos), 5511 individuos pertenecen a especies arbóreas. Ellos, de acuerdo a la zonificación realizada se encuentran distribuidos: 1170 individuos arbóreos, en la zona de la costa; 713 árboles en la sierra, 751 árboles en zona selva, 888 árboles en la zona internacional y los demás en otras zonas establecidas, como Jardín botánico, Humus internacional, etc.

Durante el trabajo de campo, para la elaboración de este inventario, Ayala (2012) registró, daños sanitarios en los árboles y deficiencia de nutrientes de los mismos. A parte de ello, se evaluó el grado de inclinación de los árboles. Los resultados muestran que las cuatro especies: *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius*, *Spathodea campanulata* y *Melia azedarach*, presentan individuos con daños, falta de nutrientes y diferentes grados de inclinación.

Asimismo, los resultados de este inventario muestran que, de las cuatro especies de interés, en la Zona Selva no se encontrado *Spathodea campanulata*. En cambio, en las otras zonas: Zona Sierra, Zona Costa e Internacional, están las cuatro especies de interés para la investigación.

En relación a evaluaciones con métodos no destructivos para la determinación del riesgo del arbolado de dicha área, no se ha registrado ningún estudio. Sin embargo, el Inventario Forestal desarrollado por Ayala (2012) considera el riesgo de caída, en función a la inclinación de los árboles: Ligeramente inclinado (sin riesgo), Medianamente inclinado (riesgo moderado) y Muy inclinado (riesgo alto). En función a este estudio, para reducir el riesgo de caída de dichos árboles, la práctica más empleada en el Patronato del Parque de las Leyendas es la realización de podas, las cuales en muchos casos son drásticas y debilitan al árbol; a parte de ello, se ha observado el retiro de árboles de las zonas más transitadas por los visitantes, esto con el mismo motivo de evitar accidentes.

2.6.2. OTROS ESTUDIOS GENERALES

Dentro de la ciudad de Lima se han encontrado estudios realizados en el arbolado urbano; sin embargo, la mayoría de ellos se ha sesgado a determinar síntomas y signos, mas no se han realizado evaluaciones de riesgo del arbolado. Bazán (1973) muestran algunos síntomas de enfermedades en las siguientes especies forestales.

Cuadro 3. Especies forestales, síntomas y agentes

ESPECIES FORESTALES	SÍNTOMA	AGENTES PATÓGENOS (N. Científico)	
CASUARINA <i>Casuarina cunninghamiana</i>	Bacteriosis	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	
	Podredumbre del cuello	<i>Ganoderma applanatum</i>	
CEDRO <i>Cedrela odorata</i>	Chupadera fungosa	<i>Rhizoctonia solani Kuhn</i>	
	Mancha de la hoja	<i>Pestalotia sp.</i>	
	Muerte de los brotes	<i>Pseudobeltrania cedrelae P. Henn</i>	
	Muerte regresiva	<i>Phyllachora balansae Dothid</i>	
CIPRES <i>Cupressus sp.</i>	Chupadera fungosa	<i>Rhizoctonia solani Kuhn</i>	
EUCALIPTO <i>Eucalyptus spp</i>	Chupadera fungosa	<i>Rhizoctonia solani Kuhn</i>	
	Mancha de la hoja	<i>Alternaria tenuissima (Fr.) Wilt.</i> <i>Cephalotecium roseum Corda</i> <i>Cercospora epicoccoides Cooke</i> <i>Cylindrosporium sp.</i> <i>Gloeosporium sp.</i>	
		Muerte de retoños	<i>Sclerotium sp.</i>
		Muerte de plantas jóvenes	<i>Rhizoctonia babaticola (Taub.) Butl</i>
		Oidiosis	<i>Oídium sp.</i>
	Pudrición radicular	<i>Fusarium sp.</i> <i>Fomes australis (Fr.)</i> <i>Phytophthora sp.</i>	
	HUARANGUAY <i>Tecoma stans</i>	Roya	<i>Puccinia hymenochaetoides P. henn.</i>
MOLLE SERRANO <i>Schinus molle</i>	Oidio	<i>Oídium sp.</i>	
PINO DE NAVIDAD <i>Araucaria excelsa</i>	Podredumbre del talluelo	<i>Phytophthora parasítica Dastur</i>	
PONCIANA REAL <i>Delonyx regia</i>	Podredumbre del cuello y raíces	<i>Ganoderma applanatum (Pers. Ex Wallr)</i>	
SAUCE <i>Salix humboldtiana L.</i>	Manchas de hojas	<i>Cercospora salicina Ell. & ev.</i> <i>Ramularia rosae (Fckl.) Sacc.</i>	
	Royas	<i>Melampsora abieti – caprearum Tubeuf</i>	

Fuente: Bazán (1973)

A parte de ello, SENASA (2008) indica algunos patógenos que atacan a los árboles en la ciudad de LIMA. Sin embargo, ninguno de estos estudios determinó la incidencia y severidad de los síntomas del arbolado.

Cuadro 4. Principales patógenos para algunas especies forestales de Lima

HOSPEDANTE	PATÓGENO	DISTRIBUCIÓN
CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>)		Lima (San Juan de Miraflores)
GREVILEA (<i>Grevillea robusta</i>)		Lima (Villa el Salvador)
MOLLE COSTEÑO (<i>Schinus terebinthifolius</i>) EUCALIPTO (<i>Eucalyptus spp.</i>) TIPA (<i>Tipuana tipa</i>) MOLLE SERRANO (<i>Schinus molle</i>) JACARANDA (<i>Jacaranda mimosifolia</i>)	<i>Oidium sp</i>	Lima (San Juan de Miraflores, Villa el Salvador y San Juan de Lurigancho)
CEDRO (<i>Cedrela sp.</i>) EUCALIPTO (<i>Eucalyptus globulus</i>)	<i>Phyllosticia sp</i>	Lima (Villa El Salvador)

Fuente: SENASA (2008)

Por otro lado, Orellana (2014) al estudiar las enfermedades del arbolado en el campus de la UNALM, encontró 14 especies con síntomas y/o signo de enfermedad. Este autor también menciona que la principal causa de estas enfermedades son las malas podas y el exceso y déficit de riego en el arbolado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN

El Parque de las Leyendas Felipe Benavides Barreda está ubicado en la Av. Las Leyendas 580 - 582 - 586, en el Distrito de San Miguel, ciudad, provincia y departamento de Lima.



Figura 7. Ubicación del Parque de las Leyendas
Fuente: Google Maps

3.1.2. CLIMA

La Municipalidad Distrital de San Miguel en su Plan de Desarrollo Concertado 2017-2021, del año 2016, indica que el distrito cuenta con una temperatura media anual que fluctúa entre los 14°C a 27°C con una nubosidad media de ocho octavos. La humedad relativa media varía entre el 72% y el 95% llegando algunas veces en invierno hasta 100%; los vientos soplan durante el día de norte a Sur-Oeste con una velocidad que varía desde los 2 a 6 m/s. La presión varía de 998 a 1004 mb y una radiación solar media de 600 W/m².

3.1.3. VEGETACIÓN DOMINANTE

A nivel general, el Parque de las Leyendas cuenta con una gran variedad de especies vegetales, las cuales, en su totalidad han sido cultivadas a lo largo de los años: arbustos, helechos, palmeras, árboles nativos e introducidos como algunas coníferas, plantas herbáceas, gramíneas, entre otros. Según el Inventario Forestal realizado el 2012, entre palmeras, arbustos y árboles, el área de estudio cuenta con 328 familias botánicas, 701 especies y 7587 individuos.

3.1.4. ZONIFICACIÓN

Este trabajo de investigación ha respetado la zonificación establecida por los administradores del Parque de las Leyendas. De esta manera, para la evaluación de las especies forestales, las cuatro zonas de estudio fueron: Costa, Sierra, Selva e internacional (Figura 8)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LOS ÁRBOLES A EVALUAR

Para la selección de la población y muestra, los criterios empleados fueron: árboles con síntomas y/o signos de pudrición, posibles fracturas, alta inclinación y daños antrópicos o naturales que favorezcan su deterioro y predisponga su caída. Dichos individuos fueron identificados y registrados, con los cuales se crearon una base de datos (Anexo 3) y posteriormente, de ellos se escogió las especies e individuos a estudiar.

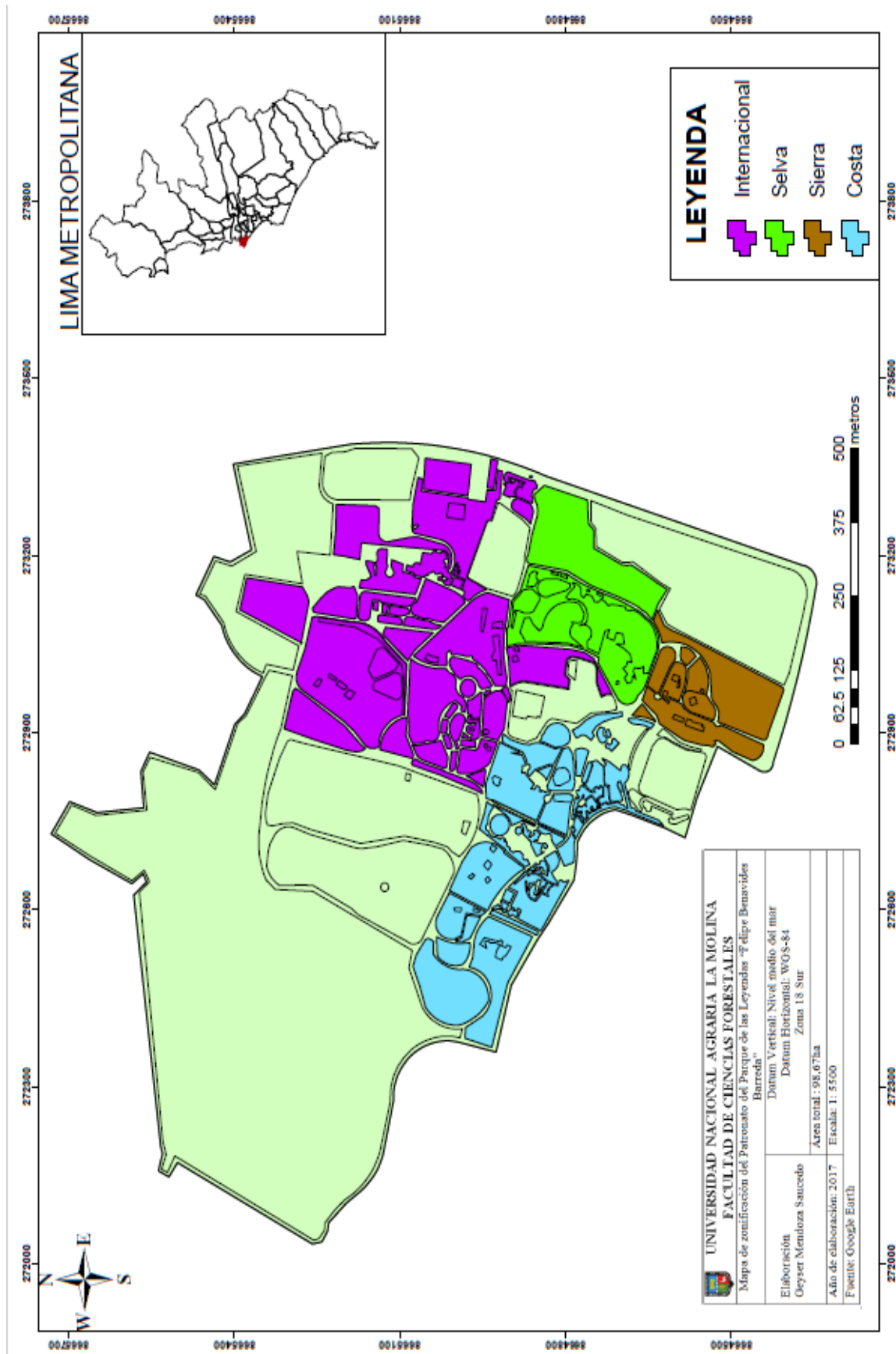


Figura 8. Mapa de zonificación del Patronato del Parque de las Leyendas

3.2.1. INVENTARIO DE LOS ÁRBOLES CON DETERIORO ESTRUCTURAL

Mediante el recorrido por las cuatro zonas del Parque de las Leyendas, se pudo identificar 149 individuos arbóreos con síntomas y/o signos de pudrición, daños mecánicos, daños antrópicos, oquedades, etc. Estos individuos pertenecen a 24 especies (ver anexo 3) y 14 familias botánicas, las cuales se encuentran dispersas en el área de estudio.

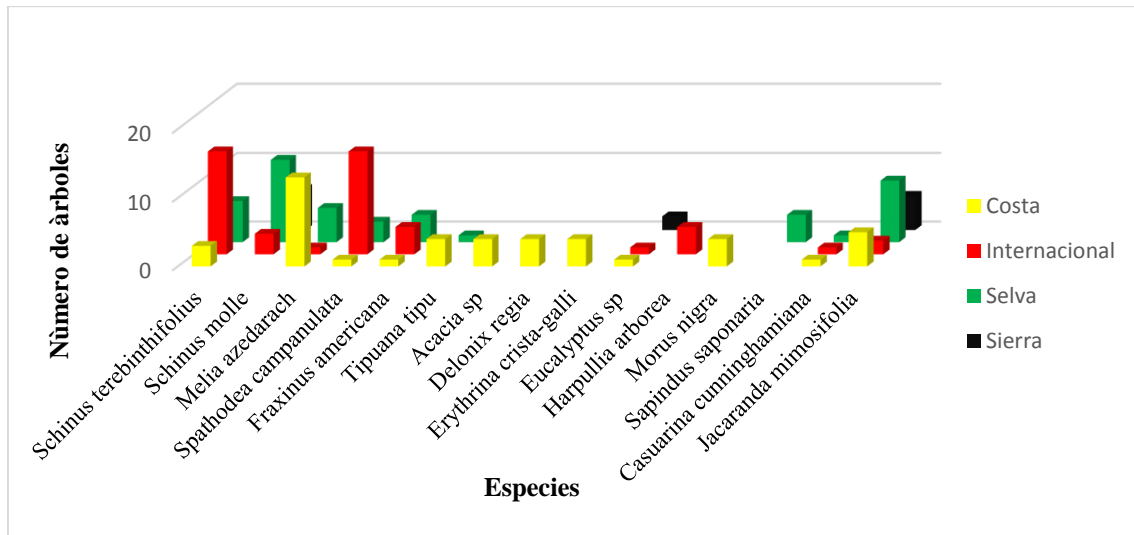


Figura 9. Número de árboles afectados por especie, distribuidos en cada zona de estudio

La Figura 9 muestra el número de árboles afectados y registrados que se encuentran distribuidos dentro del área de estudio. De ellos, son pocas las especies que frecuentan en las cuatro zonas de estudio. En la zona internación se encontraron 46 árboles, en las zonas de costa y selva 45 árboles, en cada una y en la zona de sierra se registraron solamente 13 árboles.

Cabe mencionar que el número de árboles por zona de estudio se ve influenciado por la superficie (m^2) destinada para cada área. La zona internacional cuenta con 15,2ha, la zona costa tiene 8,2ha, la zona de selva tiene un total de 7,3ha y la zona de sierra tiene 3,3ha, ello sin considerar huacas y otros espacios. También está influenciado por el número de árboles por especie plantados en cada zona, pues de acuerdo al inventario forestal del Parque de las Leyendas realizado en el 2012, la especie más abundante es *Casuarina cunninghamiana* la cual cuenta con 1593 árboles.

3.2.2. SELECCIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES A EVALUAR (POBLACIÓN)

Se eligió las especies del tipo arbóreo (no palmeras, ni arbustos, ni gramíneas como bambú). Luego, con la finalidad de tener muestras en todas o la mayoría de zonas del área en estudio, se consideró la abundancia de las especies afectadas. Es decir, se tuvo en cuenta el número máximo de individuos por especie que presenten síntomas o signos de pudrición o riesgo de caída. A cada una de dichas especies se le asignó un código de identificación para su ubicación en un mapa de dispersión.

Las especies con mayor número de árboles afectados fueron: *Schinus terebinthifolius*, *Schinus molle*, *Spathodea campanulata* y *Melia azedarach* con 24, 21, 19 y 19 individuos respectivamente, lo que en total hacen un 55,7% de todos los árboles registrados. Por otro lado, las especies con menor número de árboles afectados fueron: *Grevillea robusta*, *Jacaranda mimosifolia*, *Ochroma pyramidal*, *Hura crepitans*, entre otros. Del grupo más abundante se seleccionó la población en estudio, los cuales fueron codificados y enumerados por especie. La abundancia y frecuencia de ellos se muestra a continuación.

Cuadro 5. Distribución de los individuos de la población arbórea

Zona	<i>Schinus terebinthifolius</i>	<i>Schinus molle</i>	<i>Melia azedarach</i>	<i>Spathodea campanulata</i>	Total
Costa	2	-	13	1	16
Selva	5	12	4	1	22
Sierra	-	2	-	-	2
Internacional	12	3	-	11	26
Total	19	17	17	13	66

Del cuadro 5, los individuos que conforman la población en estudio se encuentran distribuidos, en su mayoría, en la Zona Internacional y la Zona Selva, quedando el menor número de ellos en la Zona de Sierra. Luego, la Zona de Selva es la única donde se ha registrado todas las especies en evaluación. En cuanto a la abundancia, del total de árboles que conforman la población, *Schinus terebinthifolius* es la especie que tiene mayor número de árboles con defectos estructurales registrados, los cuales se concentran mayormente en la Zona Internacional.

La georreferenciación de los árboles que pertenecen a las cuatro especies más abundantes; o sea, los que conforman la población se realizó usando el receptor GPS Garmin 64s, mediante el cual se determinaron las coordenadas UTM correspondientes a cada individuo.

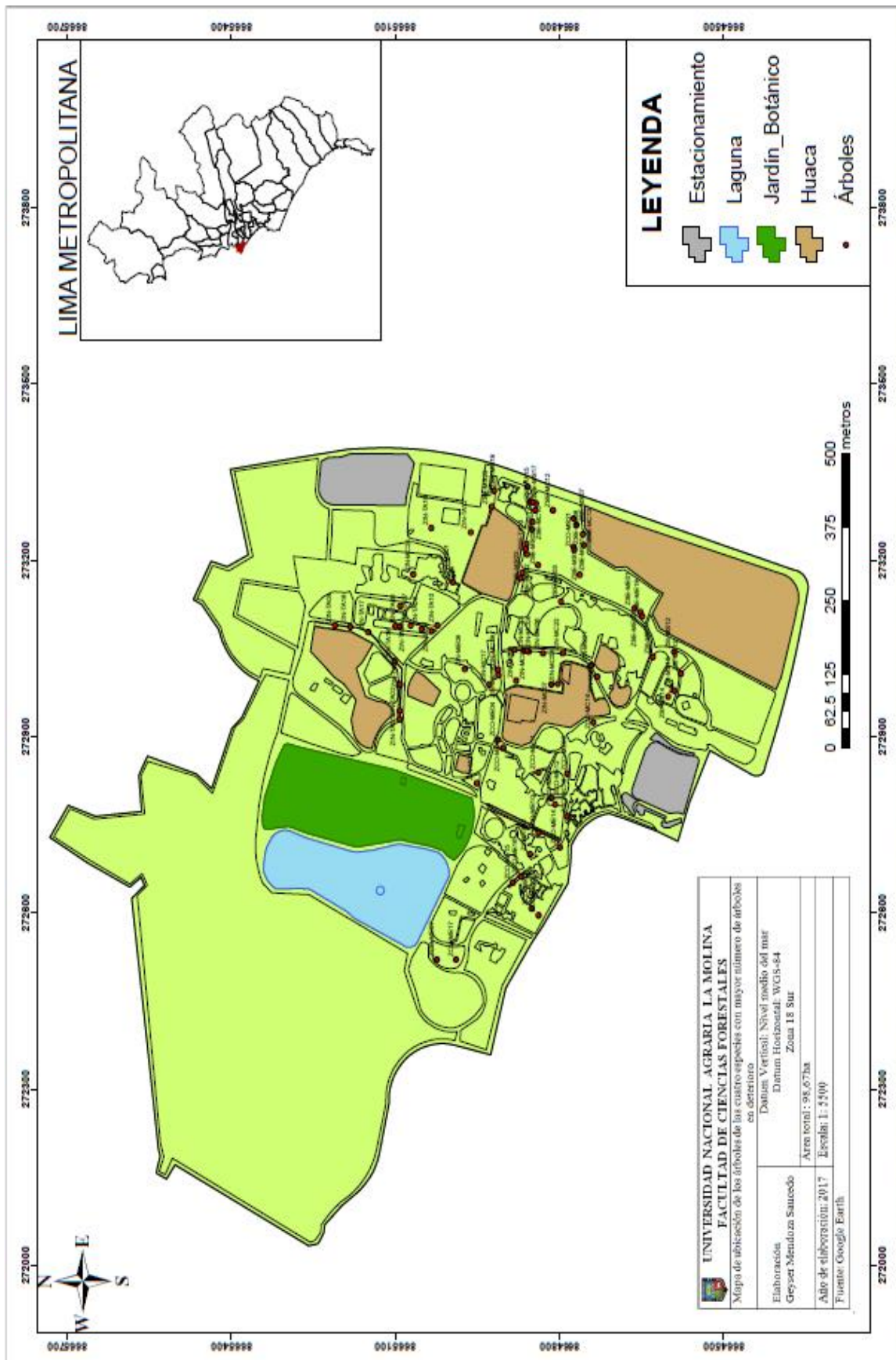


Figura 10. Mapa de ubicación de las cuatro especies con mayor número de árboles en deterioro.

3.2.3. SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES (MUESTRA)

De las cuatro especies seleccionadas para el estudio, se escogieron de forma aleatoria ocho individuos arbóreos, dos de cada especie. En estos árboles se realizaron la segunda fase de la evaluación visual y la evaluación interna. Utilizando para ello instrumentos como mazo de goma, Microsecond Timer y Resistógrafo, tal como se menciona más adelante.

Los árboles elegidos aleatoriamente se encuentran distribuidos en las cuatro zonas en estudio. Dos de ellos, árboles de *Schinus terebinthifolius* y *Schinus molle* ubicados en la Zona de Selva; dos árboles de *Melia azedarach* en la Zona de Costa, dos árboles de *Spathodea campanulata* y uno de *Schinus terebinthifolius* en la Zona Internacional; finalmente, uno árbol de *Schinus molle* en la Zona de Sierra, tal como se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Árboles evaluados internamente

ESPECIE	CÓDIGO	UBICACIÓN
<i>Schinus terebinthifolius</i>	ZIN-MC08	Internacional
	ZSE-MC11	Selva
<i>Schinus molle</i>	ZSE-MS04	Selva
	ZSI-MS15	Sierra
<i>Melia azedarach</i>	ZCO-ME04	Costa
	ZCO-ME17	Costa
<i>Spathodea campanulata</i>	ZIN-TA16	Internacional
	ZIN-TA19	Internacional

Las condiciones de uso del área de influencia de estos árboles son similares, pues algunos están próximos a vías principales y otros en zonas de camping, áreas utilizadas por los visitantes para diferentes fines: recreación, descanso, etc. En cuanto a los signos y síntomas de deterioro de estos árboles, algunos presentan solo oquedades, otros muestran oquedades y cuerpos fructíferos de hongos, otros solo cuerpos fructíferos de hongos, chancros, diferente grado de inclinación, entre otros.

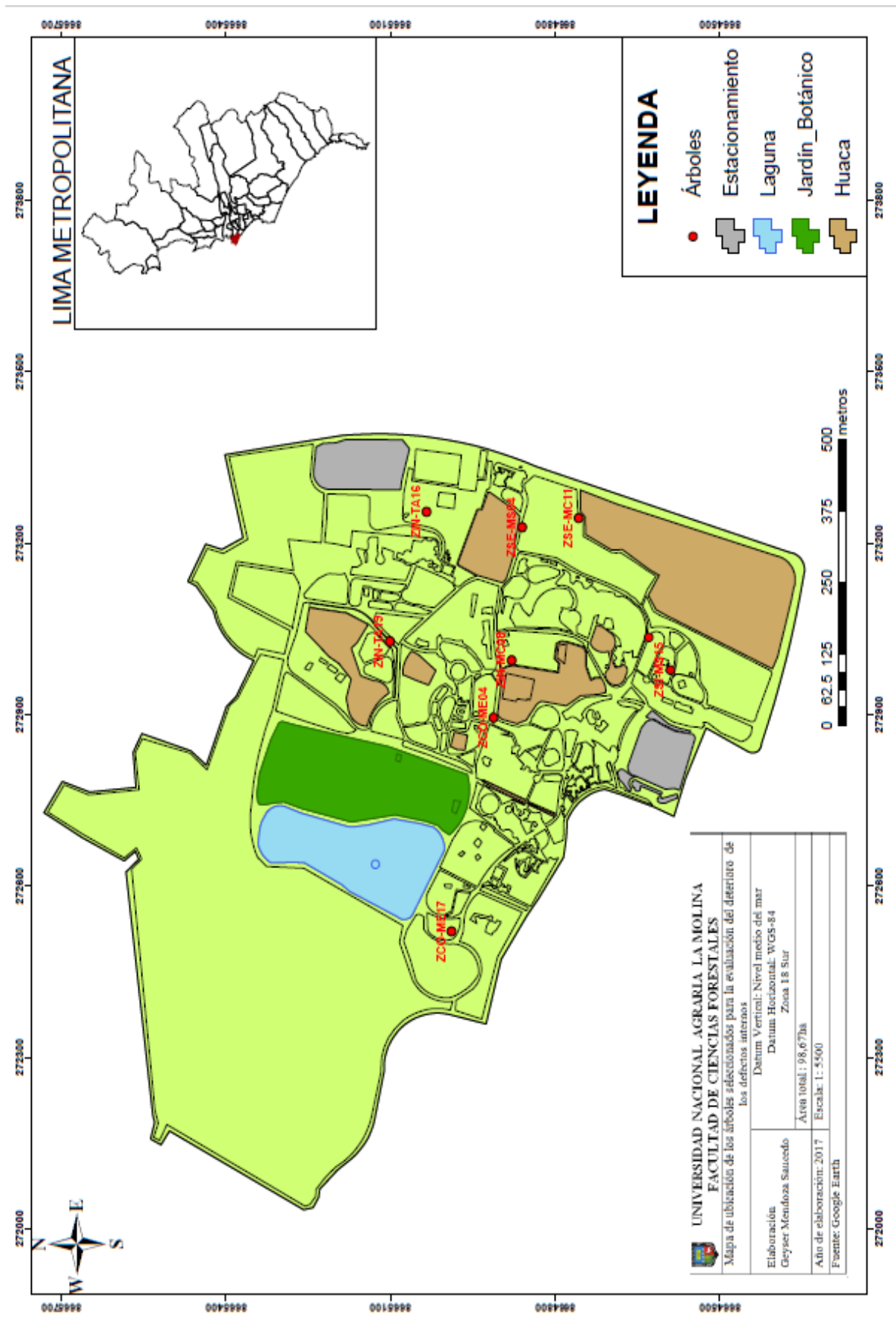


Figura 11. Mapa de ubicación de los árboles seleccionados para la evaluación del deterioro de las estructuras internas.

3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS QUE FAVORECEN EL DETERIORO DE LOS ÁRBOLES EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS

Con el fin de conocer la existencia de alguna enfermedad y su erradicación dentro del área de estudio, se indagó en los antecedentes de la plantación. También se buscó información del modo en que se plantaron los árboles: semilla botánica (procedencia, certificación) o semilla vegetativa; ello con el propósito de conocer el vigor y sensibilidad al ataque de patógenos con el que crecieron los árboles. Para esto se buscó los registros del Parque de las Leyendas y preguntas a los trabajadores más antiguos.

A parte de ello, mediante el estudio edafológico, ya realizado en el Parque de las Leyendas, se obtuvo información del estado del suelo: disponibilidad de nutrientes (deficiencia, exceso) estructura física (mal drenaje, inhibición del desarrollo de raíces). También se usó la información disponible sobre el estudio del agua de riego (pH, contenido de sales, etc.)

Los tratamientos silviculturales inadecuados también predisponen al árbol a ser atacado por patógenos, por ello se analizaron la situación de podas (época, herramientas, diámetro de ramas, personal, etc.) y el volumen de agua de riego (inundación, aspersión, goteo, etc.)

Finalmente se consideraron las condiciones ambientales que predisponen al árbol a ser atacado por los microorganismos del suelo y del aire. Para ello, se obtuvo información meteorológica de la estación del Parque de las Leyendas y también se usó una estación meteorológica móvil, con las cuales se registró valores de temperatura y humedad relativa, para contrastar con los requerimientos de las especies. También, mediante la estación meteorológica móvil, se registró la velocidad del viento, el cual, de acuerdo a su intensidad, pudo haber causado fracturas y roturas de ramas y producir daños mecánicos en el fuste.

3.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO CAÍDA DE LOS ÁRBOLES

Para cuantificar el daño u deterioro ocasionado por algún agente, ya sea biótico o abiótico, se realizaron evaluaciones no destructivas a cada uno de los árboles en estudio. Para ello, se siguió la metodología propuesta por la Sociedad Internacional de Arboricultura (Smiley et al., 2011) quien describe tres niveles claves para la evaluación de riesgo de

árboles urbanos. De esta manera, mediante la evaluación visual limitada (Nivel 1) se identificó los árboles con defectos estructurales más notorios; la evaluación básica (Nivel 2) favoreció la inspección visual de 360 grados alrededor del árbol, con ello se encontró todos los defectos estructurales a lo largo del árbol. Finalmente, la evaluación avanzada (Nivel 3), evaluación interna, se realizó para conocer el deterioro estructural y la estabilidad de los árboles. Esta metodología permitió utilizar tres de los cinco métodos no destructivos propuestos por Basterrechea (2016): visual, acústico (tomografía) y mecánico (resistografía), este último a modo de comprobación. Veamos a continuación:

3.4.1. EVALUACIÓN DEL DETERIORO EXTERNO DEL ÁRBOL.

La evaluación externa realizada sobre los árboles se desarrolló en dos fases. En la primera, utilizando evaluación visual limitada (Nivel 1), se inspeccionó todos los árboles de las cuatro áreas en estudio. Esta evaluación registró los defectos más visibles como: oquedades en el fuste, árboles inclinados, cuerpos fructíferos de hongos en el fuste, ramas principales fracturadas y daños antrópicos que comprometían la estabilidad de los árboles. Ello permitió determinar y categorizar las zonas con riesgo de caída de árboles, dentro del área evaluada.

La segunda fase de la evaluación externa, evaluación básica (Nivel 2), desarrollada para identificar los siete defectos estructurales visibles, indicadores de fallo potencial según Albers et al., (1996). Esta evaluación se aplicó a los ocho árboles seleccionados aleatoriamente, para ello se siguió el método propuesta por Matheny y Clark (1994) y adoptado Calaza e Iglesias (2016), el cual consideran tres índices: Fallo potencial, tamaño de la parte del árbol con mayor probabilidad de fallo y uso del área donde se encuentran los árboles (índice de puntuación del blanco). Cada uno de estos criterios tiene una puntuación en función a la situación estructural del árbol. Dicha puntuación nos permitió cuantificar el riesgo de caída de los ocho árboles. Para el registro de la información, el formato propuesto por los autores fue acondicionado y modificado (Ver anexo 5)

A. ÍNDICE DE FALLO POTENCIAL

Este índice identifica la mayor probabilidad de fallo de los árboles en función a los defectos estructurales encontrados. Se puntúa de uno a cuatro tal como se indica:

- (1) Bajo: Cuando los defectos son pequeños como muerte de ramitas o presencia de pequeñas heridas con buen desarrollo de cicatrización
- (2) Medio: Cuando existen defectos presentes y obvios, como por ejemplo cavidades en torno al 5-10% del perímetro del tronco principal, presencia de grietas longitudinales y pequeños chancros
- (3) Alto: Si se evidencian múltiples defectos o son muy significativos. Los cuales pueden ser: oquedades que ocupan de 30-50% de la circunferencia del tronco o múltiples heridas de poda con presencia de descomposición, presencia de más de un chancro a lo largo del fuste, uniones débiles de las ramas principales, grietas horizontales, entre otros.
- (4) Severos: Presencia de cuerpos fructíferos de hongos pudridores del corazón del árbol, a lo largo del fuste, cavidades que superan el 50% del perímetro del tronco, afección longitudinal de las cavidades, raíces con pudrición y árboles inestables

B. ÍNDICE DE TAMAÑO DETERIORADO CON MAYOR PROBABILIDAD DE FALLO.

Este índice se establece para considerar el tamaño de la pieza a fracturarse, el cual influye en el riesgo potencial, también se puntúa del uno al cuatro, donde:

- (1) Tamaño de la parte con mayor probabilidad de fallo menor de 20cm de diámetro.
- (2) Tamaño de la parte con mayor probabilidad de fallo entre 20cm y 40cm de diámetro.
- (3) Tamaño de la parte con mayor probabilidad de fallo entre 40cm y 50cm de diámetro.
- (4) Tamaño de la parte con mayor probabilidad de fallo mayor de 50cm de diámetro

C. ÍNDICE DE PUNTUACIÓN DEL BLANCO

Indicador que clasifica el uso y la ocupación del área donde debería caer el árbol o la parte defectuosa del mismo. Para ello se consideró los lugares donde los visitantes suelen concentrarse durante su permanencia y frecuencia ocupacional, durante los días de la semana. En función a los registros del Parque de las Leyendas, se tiene mayor número de visitas durante los fines de semana y feriados. También se consideró la presencia de estructuras o edificaciones próximas o cercanas al área de influencia del árbol. Se puntúa del siguiente modo:

- (1) Sin uso, Se considera dentro de esta categoría, zonas de uso restringido para los visitantes, fuera de las construcciones, huacas y lugares sin árboles.
- (2) Uso ocasional. Áreas alejadas de los atractivos del Parque, fuera del área de los animales, con poco espacio para descansar bajo los árboles. Área donde se puede encontrar visitantes los días de mayor concurrencia, cuando todos los demás ambientes están ocupados.
- (3) Uso frecuente. Se considera a las áreas de camping, lugares de alta concurrencia en los fines de semana y feriados, pero algún día de la semana, dicha área no se utiliza.
- (4) Uso constante, áreas cercanas a los atractivos, con estructuras principales y/o residenciales bajo su área de influencia o cercana a ella. Áreas con banquetas, con mapas de ubicación, de alto tránsito por los visitantes. Lugares donde todos los días de la semana se encuentra visitantes, ya sea descansando, almorzando o con otro propósito.

3.4.2. EVALUACIÓN DE LOS DEFECTOS INTERNOS

El deterioro de las estructuras internas de los árboles se calculó mediante la evaluación avanzada (Nivel 2), para ello se procedió de la siguiente manera:

A. MAZO DE GOMA

Este instrumento se utilizó para evaluar los árboles muestra, para ello se empleó la metodología recomendada Albers et al., (2003). Mediante golpes manuales contra la corteza o superficie de madera expuesta, por el sonido de la madera, se fue detectando

vacío o decadencia severa en el fuste. Esta acción se realizó sobre árboles con presencia de oquedades visibles externamente, para determinar su afección a lo largo fuste y sobre árboles sin oquedad visible, para detectar su posible deterioro interno. Durante la evaluación se tuvo en cuenta la presencia de corteza suelta, el diámetro del fuste y la especie evaluada

B. MICROSECOND TIMER

Mediante el uso de “*Fakopp Microsecond Timer*” se registró la pudrición del corazón o el deterioro de la parte interna de la madera. Este instrumento puede registrar el tiempo de recorrido de la onda de sonido, que parte de uno de sus sensores, recorre la madera del árbol en pie y es captada por el segundo sensor ubicado a la misma altura del primero. Para realizar dicha evaluación, antes se tuvo que calibrar el instrumento en árboles sanos de cada una de las cuatro especies.

• CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO

La calibración del instrumento tiene dos etapas: La primera calibración es propia del instrumento (*Fakopp Microsecond Timer*), realizada para determinar el tiempo de recorrido de la onda en los cables que comunica el “cuerpo” del equipo con los sensores. Esta información se obtiene del manual de uso, también disponible en la página de la empresa fabricante.

La segunda etapa de calibración se efectuó en árboles sanos; para ello, se eligió cinco árboles, carentes de defectos estructurales, por cada especie en evaluación. Éstos fueron de igual o similar edad, con iguales condiciones de riego, suelo, etc; además, no presentaron indicios de pudrición u alguna oquedad. En ellos se ubicaron los sensores, respetando los puntos cardinales, en las tres alturas evaluadas, y mediante el golpe del matillo, en uno de los sensores, se generó el sonido, cuya onda viajó a través de la madera hasta el otro sensor, ubicado a la misma altura. Asimismo, utilizando una tenaza métrica se midió la distancia, en centímetros, entre sensores. Con esos datos, tiempo y distancia se obtuvo un promedio y un rango de la velocidad de propagación de la onda, para cada especie y a diferente altura.

- **EVALUACIÓN PROPIAMENTE DICHA**

Después de haber calibrado el instrumento se siguió la metodología de Wang et al., (2004), para ello se procedió de la siguiente manera:

- Se determinó las alturas en las cuales se iban a evaluar las secciones transversales de cada árbol. Los ensayos, en el fuste del árbol, se realizaron a tres alturas diferentes, respecto al suelo: 0,30m; 1,00m y a 1,70m
- Se determinó ocho puntos, a los cuales se les enumeró consecutivamente, orientados respecto a los puntos cardinales, donde el punto uno apuntaba al norte. Esto en las tres alturas a evaluar
- Se midió la distancia entre todos puntos, para lo cual se usó un calíper o tenaza diamétrica, especialmente construida para esta investigación (Figura 12B).
- Se Instaló los sensores en los puntos seleccionados, utilizando un martillo para introducir las puntas del sensor en el fuste del árbol. Cabe mencionar que se registró la longitud introducida de la punta de cada sensor, la cual se le descontó a la distancia, registrada por la tenaza diamétrica, entre cada uno de los puntos.
- Una vez instalado los sensores, se prendió el equipo y mediante un golpe con el martillo a uno de los sensores, se generó la onda que recorrerá toda la sección transversal del árbol y llegará al otro sensor.
- Con el mismo equipo se registró el tiempo de propagación de la onda que se genera entre todos los puntos.



Figura 12. Secuencia de evaluación arbórea con Fakopp Microsecond timer
“A” Orientación al norte del punto uno, “B” medida de la distancia entre sensores, “C” introducción del sensor y “D” registro del tiempo luego del golpe con el martillo

Con los datos obtenidos durante esta evaluación (Tiempo de propagación y Distancia entre puntos), mediante el software ArborSonic 3D 5.2.115, que determina la Velocidad de la onda, se ubicó y cuantificó el área interna en la sección transversal evaluada.

Cuadro 7. Parámetros técnicos del equipo

Error de medida de tiempo	± 3 microsegundos
Tamaño sin sensores	45 x 82 x 150 mm
Peso	347 g
Pila	Estándar recargable 9V
Consumo de potencia	320 mW
Caja del aparato	Plástica, no resistente al agua
Pantalla	Pantalla LCD de 4 dígitos
Sensores	SD02
Conexión de los sensores	BNC
Ratio en baudios del RS – 232	300 bps
Formato de datos del RS232	ASCII
Conexión RS 232	DIL 9, macho
Rango de temperatura de funcionamiento	0 – 40° C

Fuente: Fakopp (2012)

C. RESISTÓGRAFO

Para medir la resistencia de la madera se utilizó un resistógrafo marca IML-RESI F300-SX, con diámetro de broca de 3mm. Las evaluaciones fueron realizadas a tres alturas diferentes: a 0,30m; 1,00m y a 1,70m, en la misma sección transversal evaluada con el Fakopp Microsecond timer. En los ocho árboles evaluados se realizó una medida a cada altura. La orientación fue principalmente de Norte a Sur, y de Oeste a Este cuando se encontró tumoración u otro defecto externo.



Figura 13. Evaluación de los defectos internos de los árboles
 “A” Evaluación con maso de goma, “B” Evaluación con Microsecond timer, “C” Evaluación con resistógrafo

3.4.3. EVALUACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES QUE FAVORECEN LAS FRACTURAS EN LOS ÁRBOLES.

Con el propósito de registrar los factores ambientales que favorecen el deterioro de los árboles o inducen a su caída, principalmente la fuerza del viento, se instaló una estación meteorológica móvil (Davis Vantage Pro 2) para monitorear dicho parámetro. Los lugares donde se instalaron fueron próximos a los árboles muestra, donde el árbol estaba completamente expuesto al viento.

La velocidad del viento a tres alturas diferentes: a 2,00m; a 4,00m y 6,00m, ello teniendo en cuenta la parte media del fuste, el inicio de la copa y la altura al centro de la copa respectivamente. A parte de ello, se indagó sobre los factores de temperatura, humedad relativa y valores máximos de velocidad de vientos, ellos registrados por las dos estaciones meteorológicas del Parque de las Leyendas.

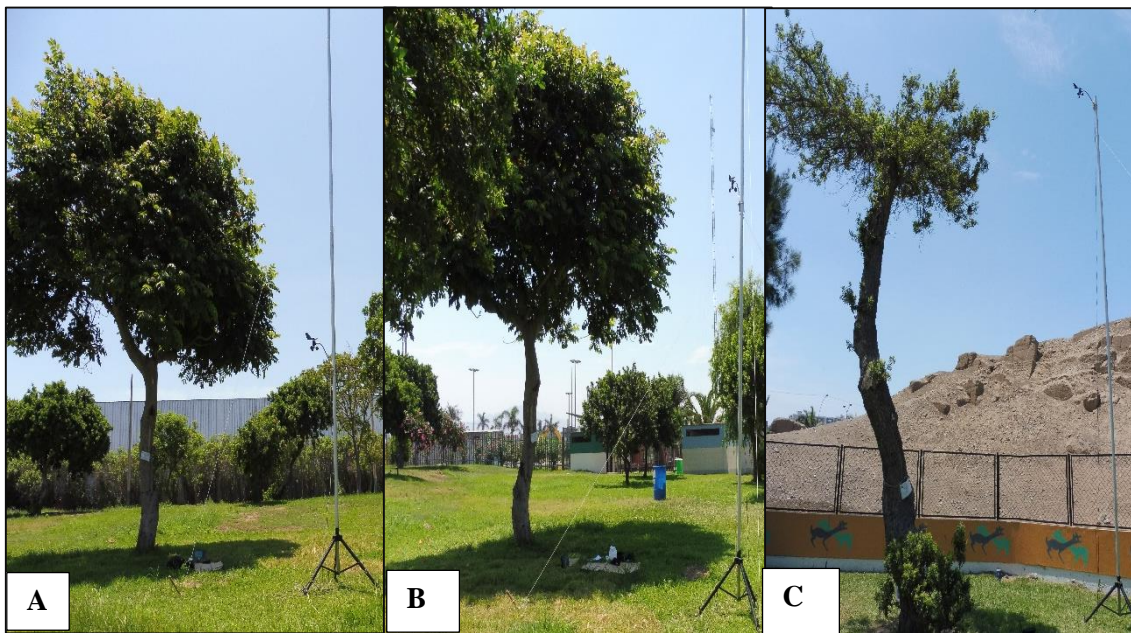


Figura 14. Evaluación de la velocidad del viento a tres alturas
“A” Evaluación a 2,00m, “B” Evaluación a 4,00m, “C” Evaluación a 6,00m de altura

3.5. DETERMINACIÓN DEL AGENTE BIOLÓGICO CAUSAL DE LA PUDRICIÓN.

3.5.1. COLECTA DE AGENTE CAUSAL

Para la colecta del signo, cuerpos fructíferos de hongos, se usó cuchillo de monte, bolsas de papel para guardar las muestras, bolsa de plástico (ziploc), plumón indeleble para codificar y una bagueta de vidrio. Los signos extraídos fueron cuerpos fructíferos de los árboles ZIN-MC08, ZSE-MC11, ZSE-MS04. Los árboles ZCO-ME17, ZSI-MS15, ZIN-TA16 y ZIN-TA19 no presentaron cuerpos fructíferos de hongos, de ellos se extrajeron madera en descomposición de las partes afectadas, para lo cual se usó la bagueta de vidrio y las muestras fueron colocadas en placas Petri esterilizadas, selladas con papel parafilm. En lo referente al árbol de código ZCO-ME04 no se encontraron muestras de madera en descomposición, ni oquedades expuestas al exterior, por lo que de este árbol no se extrajo ninguna muestra.

Debido a que un árbol (ZSE-MS04) se cayó durante el periodo de evaluación, éste fue cortado en las secciones transversales antes evaluadas (Microsecond Timer y resistógrafo) a las mismas alturas (0,30m; 1,00m; 1,70m). Como se detectó pudrición a lo largo de todo el fuste, desde la raíz hasta las ramas, se extrajeron muestras: cuerpo fructífero de hongo y madera en descomposición desde la raíz hasta las ramas.

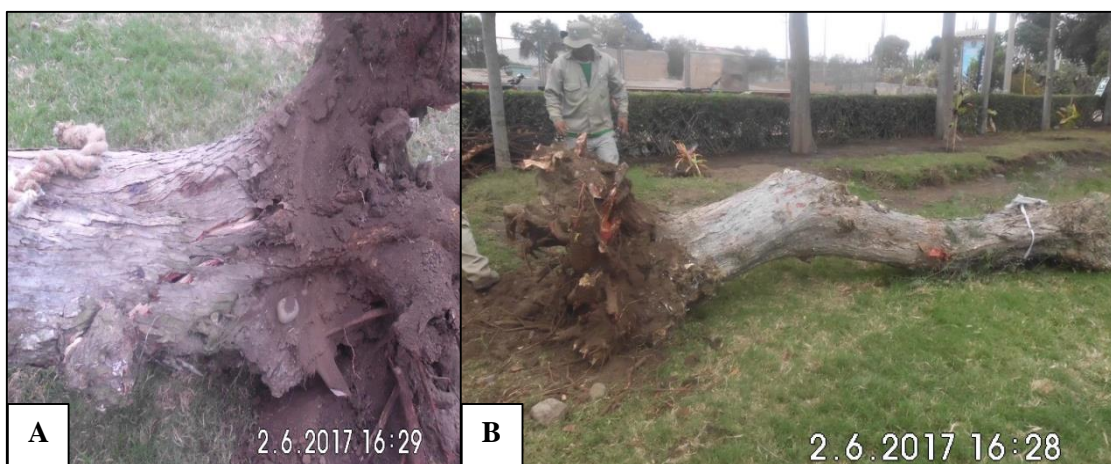


Figura 15. Caída del árbol de *Schinus molle* (ZSE-MS04)
“A” Fractura en la raíz, “B” árbol caído

Durante la colecta se tuvo en cuenta la recomendación brindado por SENASA (2006) de enviar un mínimo de cinco muestras de los síntomas característicos y que muestre síntomas muy claros, en diferentes estados de ataque, preferentemente de inicio a intermedio, además el material fue lo más fresco posible. Pues se colectaron cinco muestras que incluían cuerpo fructífero y madera en descomposición, así como madera sana. Cabe resaltar que durante la colecta se desinfectó los instrumentos usados después de cada extracción de un signo, para ello se usó alcohol clínico de 96°.

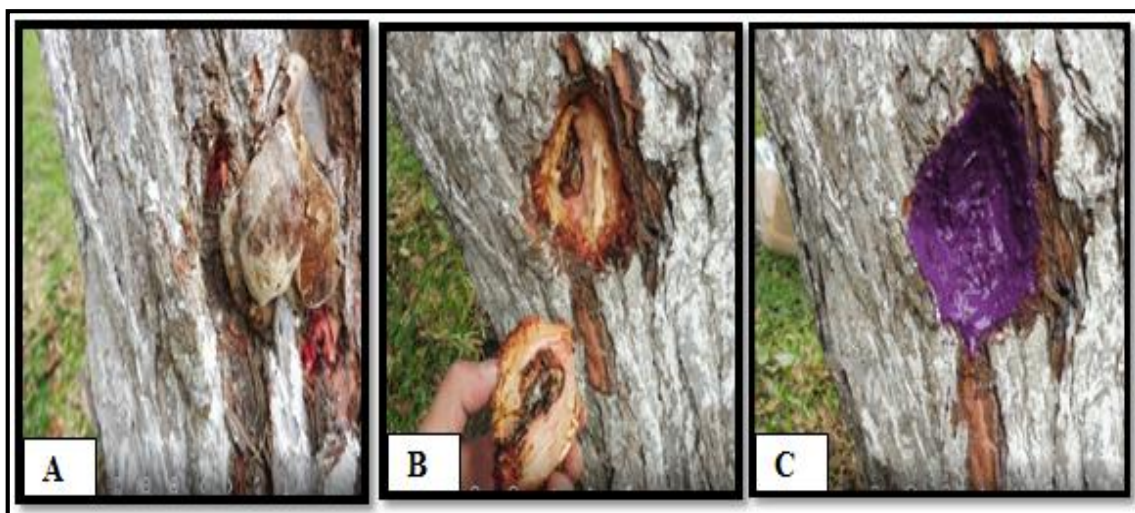


Figura 16. Colecta de cuerpos fructíferos de hongos de ZIN-MC08
“A” Cuerpo fructífero de hongo, “B” Extracción y “C” curación de la herida causada

3.5.2. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL AGENTE CAUSAL

Las muestras colectadas y codificadas fueron enviadas a la Clínica de identificación de Diagnóstico de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, lugar donde los agentes patógenos fueron identificados hasta el género de dicha especie. En total se enviaron 11 muestras, el informe de dicha clínica se muestran en el anexo 12.

3.6. CÁLCULO DEL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES

3.6.1. PUNTUACIÓN DE LA EVALUACIÓN VISUAL

Después de recopilar la información del estado de los árboles evaluados, se asignó una puntuación final a cada uno de ellos, en base a los tres componentes: Índice de fallo, índice de tamaño de la parte defectuosa e índice de puntuación del blanco. Para ello se

tuvo en cuenta de la metodología diseñada por Matheny y Clark (1994), la metodología ofrecida Furlaneto et al, (2010) y Pereira et, al (2011). De manera que la evaluación del riesgo de caída de los árboles considera la sumatoria de los siguientes índices:

Cuadro 8. Puntuación de la evaluación visual en base a los tres índices

ÍNDICE	PUNTUACIÓN			
	1	2	3	4
Índice de fallo potencial	Bajo	Medio	Alto	Severo
Índice de tamaño de la parte con mayor probabilidad de fallo (DAP en centímetros)	DAP<20	20≤DAP<40	40 ≤DAP<50	DAP≥50
Índice de puntuación del blanco	Sin uso	Uso casual	Uso frecuente	Uso constante

Al final de la evaluación, las tres categorías se suman para obtener la puntuación del riesgo, donde 12 es el máximo valor e indica mayor riesgo y tres es el mínimo de riesgo. Según Calaza e Iglesias (2016) no hay un rango definido que indique a partir de cierta puntuación un árbol empieza a ser más o menos peligroso que otro, ya que diferentes combinaciones de sumas nos pueden dar el mismo resultado, por lo que el personal calificado es quien debe tomar decisiones sobre el árbol. No obstante, Furlaneto et al, (2010) y Pereira et al, (2011) en sus trabajos sobre el arbolado urbano, de una puntuación del uno (1) al 15, establecieron tres rangos de riesgo, ya que ello ayuda al tomar decisiones futuras en función a la prioridad y al riesgo que representaba cada árbol.

En el presente estudio, se ha establecido tres rangos de riesgo, ello siguiendo la metodología empleada por Calaza (2007) en su tesis de doctorado, la cual indica lo siguiente:

- $3 \leq x \leq 6$ este primer bloque comprende a todos aquellos resultados, cuya sumatoria tiene el valor mínimo de la puntuación de peligrosidad, o sea, los ejemplares no peligrosos. Son todos aquellos en los que la suma de los tres índices que conforman la puntuación es el mínimo y acoge a todos los ejemplares con una puntuación de peligrosidad hasta $4+1+1= 6$

- $6 < x \leq 8$ El segundo grupo comprende a los árboles con una probabilidad intermedia de riesgo de caída. Estos árboles a pesar de tener una buena respuesta general, presentan algún tipo de defecto que implique un índice de fallo mayor del mínimo o que la parte más propensa a fallar tenga un tamaño considerable, por lo que alguno de estos dos índices o ambos tendrán un valor máximo de dos.
- $8 < x \leq 12$ Dentro de este rango se encuentran los árboles con mayor probabilidad de fallo. Los individuos tienen un diámetro mayor y están ubicados en lugares con uso frecuente o constante. En este grupo como mínimo se alcanza una puntuación de 9.

3.6.2. BIOMECÁNICA: CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE ÁRBOLES EVALUADOS

El estudio biomecánico permitió calcular el factor de seguridad, para ello se empleó el software ArborSonic 3D 5.2.115, el cual está basado en un modelo estático de la mecánica de las vigas; considera las propiedades físicas mecánicas, propias de cada especie, y otros aspectos como coeficiente de rozamiento que depende de las hojas y del tipo de copa del árbol. Además, este software considera la situación del árbol: grado de deterioro del tronco, pues mediante la tomografía calcula el porcentaje de pudrición y el espesor de la pared residual encontrado en cada altura de evaluación. A parte de ello, estima el área total de la copa y la inclinación del árbol, ambas calculadas mediante la fotografía del ejemplar (Figura 17).

Adicional a ello, se puede introducir valores de la velocidad máxima del viento, la cual fue obtenida de las estaciones meteorológicas del Parque de las Leyendas. Con estos parámetros, más el peso estimado del árbol sobre cada sección evaluada, adicionado el momento flector del viento (M) y el esfuerzo interno máximo del tronco, en cada capa seleccionada, el software permitió obtener el factor de seguridad para cada uno de los árboles evaluados. Sinn y Wessolly (1989) adicionan otros factores involucrados para el cálculo de la estabilidad, ellos dicen que se requieren el módulo de elasticidad, el módulo de cizalladura, la resistencia integral, la resistencia a la tracción, la resistencia al cizallamiento y la resistencia a la torsión.



Figura 17. Cálculo de parámetros biomecánicos, mediante ArborSonic 3D 5.2.115

A continuación mostramos la ecuación matemática con la que trabaja el software ArborSonic 3D 5.2.115, ecuación dada por el fabricante (Divos, 2017)

$$SF = \frac{\sigma_{cst}}{\sigma_{\text{peso+viento}}} = \frac{\sigma_{cst}}{\frac{mg}{A_{\text{tronco}}} + \frac{16cpV^2 Ah_{cc}D}{\pi(D^4 - d^4)}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- σ_{cst} : Fuerza de la madera, depende de la especie arbórea (Pa)
- $\sigma_{\text{(peso+viento)}}$: Carga máxima, dado por la fuerza del viento y el peso del árbol (Pa)
- m**: Masa del árbol (kg)
- g**: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
- ρ**: Densidad del aire (kg/m³)
- D**: Diámetro del tronco (m)
- d**: diámetro del orificio central posicionado (m)
- V**: Máxima velocidad del viento a 10 m de altura (m/s)
- h_{cc}**: Altura al centro de la copa (m)
- A**: Área de la copa (m²)
- A_{tronco}**: Área de sección transversal del tronco del árbol (m²)
- c**: Factor aerodinámico

Dicha fórmula (Ecuación 1), en función al manual de Fakopp (2015), es multiplicada por un factor de corrección de 70%; con lo cual, el software calcula el factor de seguridad en porcentaje. Los valores obtenidos brindan el índice de riesgo para cada capa evaluada, los cuales pueden ser:

Cuadro 9. índice de riesgo, en función al factor de seguridad

Factor de seguridad	Menor a 50%	50%-100%	100%-150%	Mayor a 150%
Índice de riesgo	Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo moderado	Riesgo bajo

Fuente: Fakopp (2015)

De esta manera se cuantifica el riesgo de caída de cada uno de los árboles, el cual es determinante para la toma de decisiones de prevención y reducción de caída de los árboles evaluados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CAUSAS QUE FAVORECEN EL DETERIORO DE LOS ÁRBOLES EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS

4.1.1. ASPECTOS SILVICULTURALES

A. PODA

Las podas son actividades silviculturales desarrolladas con diferentes fines. Según Ledesma (2008) las podas realizadas correctamente y enmarcadas en un plan integral de manejo, son una herramienta necesaria para lograr un arbolado óptimo bajo las condiciones particulares de una ciudad.

En el Parque de las Leyenda, área de estudio, se encontró individuos arbóreos con podas antiguas no cicatrizadas, las cuales en la mayoría de árboles fueron la puerta de entrada de agentes patógenos causantes del deterioro y/o reducción de la estabilidad y de las propiedades físico mecánicas del árbol en pie. De los ocho árboles que conforman la muestra en estudio, cinco de ellos presentan madera en descomposición y/u oquedades en las zonas del fuste donde fueron practicadas dichas podas. De ahí que, estas podas son las causantes de los problemas de seguridad del arbolado en el Parque de las Leyendas. Ello es respaldado por la Boa (2008) cuando indica que podas mal hechas son la fuente común de problemas futuros, ya que, las superficies cortadas permiten la entrada de potenciales patógenos.

Cabe mencionar que los árboles que se encuentran con oquedades y madera en descomposición, producto de malas podas antiguas, continuamente van aumentando el deterioro de la madera. Esto debido a que, en las oquedades que se va almacenando la humedad y en muchos casos agua del riego con manguera, lo cual va generando un ambiente favorable para el desarrollo de los patógenos. También, en las oquedades de los árboles se ha encontrado acumulación de piedras, envolturas de caramelos, cáscara de frutas, pañales de bebé, papeles, etc.

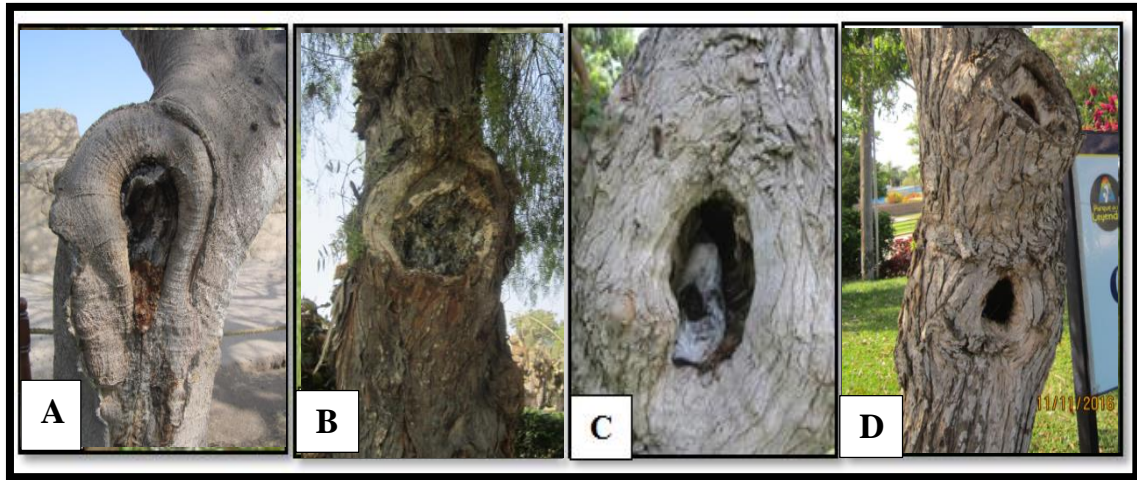


Figura 18. Oquedades y madera en descomposición en árboles mal podados

Por otro lado, durante el periodo de evaluación se visualizaron actividades de poda realizadas a diferentes especies arbóreas, principalmente a *Schinus molle*, *Spathodea campanulata*, *Eucalyptus sp* y *Schinus terebinthifolius* la especie con mayor número de árboles podados. Asimismo, se encontró que el objetivo principal de las podas en el Parque de las Leyendas es con el propósito de disminuir el peso del árbol y evitar las posibles fracturas de las ramas o del fuste, lo cual, podría ocasionar accidentes en la población visitante. De ahí que se registraron, en su mayoría, podas de prevención, practicadas de forma drásticas sobre los árboles (Figura 19).

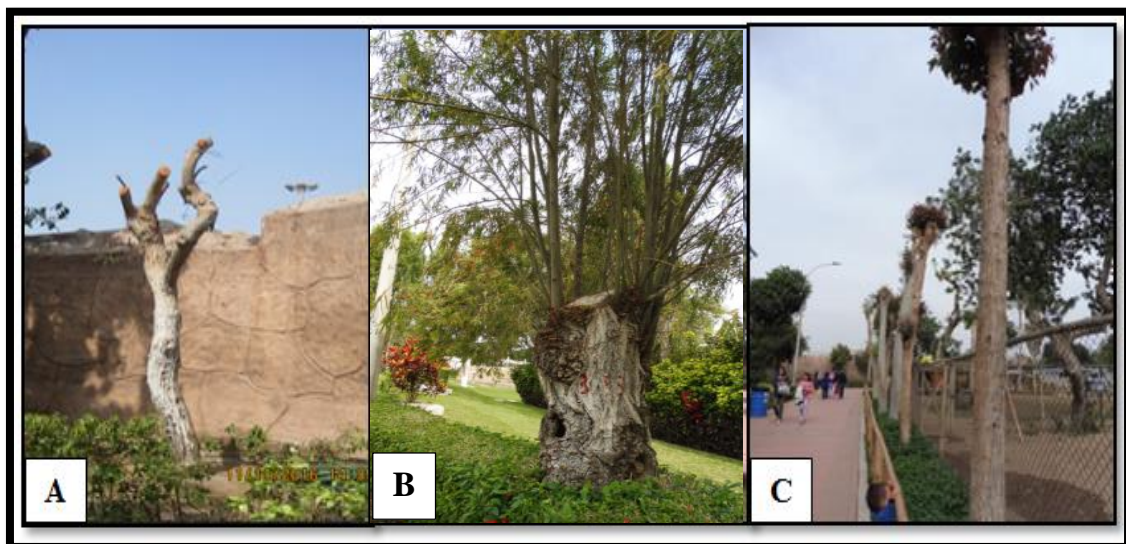


Figura 19. Podas drásticas practicadas en algunas especies forestales
 “A” *Schinus terebinthifolius*, “B” *Salix sp* y “C” *Eucalyptus sp*

Ledesma (2008) indica que la poda es una práctica que se basada en la anatomía y fisiología del árbol, realizada correctamente y enmarcada en un plan integral de manejo. Sin embargo, en la realidad se practican podas inapropiadas que causan severos daños a los árboles, disminuyendo sus funciones de sombra, estética y llegando en algunos casos a producir la muerte del árbol. De ahí que, las podas drásticas o decapitación de algunos árboles, realizadas en el Parque de las Leyendas, están contribuyen al debilitamiento y reducción del vigor de los ejemplares. Ello provoca sensibilidad al ataque de microorganismos que originan madera en descomposición o insectos perforadores de la madera.

B. EL RIEGO

Ham y Nelson (2013) explican la importancia de evitar el exceso de riego para no reducir el espacio del aire en el suelo, lo cual es tan estresante como la sequía. En función a lo observado en el Parque de Las Leyendas, el riego del arbolado se realiza de tres maneras: por aspersión, con mangueras y con cisternas. En el primer caso, unos aspersores son colocados en el extremo de las manqeras y son instalados en las áreas verdes. Los riegos con manguera se realizan mediante la manipulación de un personal o simplemente se deja la manguera en determinado lugar, con el agua saliendo de ella. El riego con cisterna se realiza en las áreas donde no existe puntos de riego para conectar mangueras o aspersores. De los tres métodos de riego empleado, en los dos primeros casos se ha registrado áreas con superficies inundadas donde el agua va saturando el suelo y cubriendo el fuste de los árboles.

Según Ledesma (2008) y Alvarado et al., (2014) los requerimientos de riego de los árboles dependen de las especies y de las condiciones del sitio. Para las especies evaluadas, Bulnes et al., (2017) menciona que los árboles adultos de *Melia azedarach*, *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius* y *Spathodea campanulata*, quincenalmente requieren un volumen de 305, 185, 260 y 250 litros de agua respectivamente.

En vista que el Parque de las Leyendas no tiene estudios sobre los requerimientos de agua por especie, el aplicar un volumen desconocido puede causar estrés y posibles males en los árboles. Pues, según Floralties (2010), el exceso de agua en plantas que no requieren mucha humedad, les produce enfermedades, tanto como si no la recibieran en absoluto.

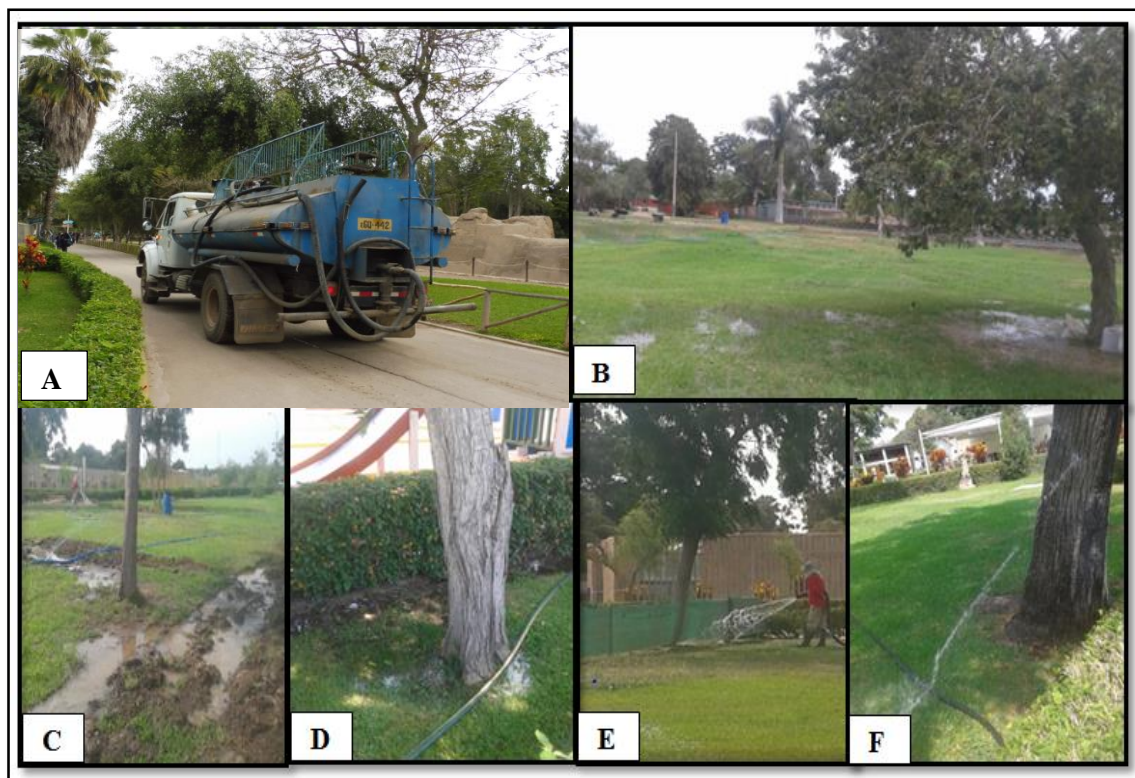


Figura 20. Formas de riego aplicado al arbolado del Parque de las Leyendas “A” con cisterna; “B y C” por inundación, “D y E” con manguera y “F” por aspersión.

Asimismo, al igual que en otras áreas urbanas de la ciudad de Lima, los árboles en el Parque de las Leyendas están plantados en zonas donde el suelo está cubierto de césped y al tener ambas plantas diferentes requerimientos de agua se pueden afectar al árbol por beneficiar al césped. Lell (2006) recomienda que en ambientes urbanos (zonas de veredas) se debe realizar riegos puntuales, al pie del árbol, donde el agua descende por gravedad y profundiza en el suelo, favoreciendo el desarrollo de las raíces en profundidad. Esto también se puede aplicar en las áreas verdes del Parque de las Leyendas, para lo cual se debe dejar un área circular, alrededor del tronco, libre de césped, y así aplicar diferentes volúmenes de agua de riego, en función a la necesidad de ambas plantas.

Según el análisis de agua de riego del Parque las Leyendas (Anexo 9) las muestras indican: en cuanto a las características químicas, un “pH” de 7.41, lo cual es un valor ligeramente alcalino según dicha escala. A parte de ello, debido a que la conductividad eléctrica es de 0,88 ds/m, se tiene un peligro alto de salinidad, lo cual afectará a las plantas no tolerantes. La relación de adsorción de Sodio (RAS) es de 0.94, ello indica un peligro bajo de Sodio, de ahí que dicha agua puede usarse sin peligro de destrucción de la estructura del suelo. Finalmente, las características microbiológicas indicaron presencia

de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* presentes en el agua de riego, los cuales al compararlos con los Estándares Nacionales de Calidad ambiental para agua (DS N°015-2015-MINAM), en la categoría tres, correspondiente a riego de vegetales y bebidas de animales, se tuvo que nuestros valores están por debajo de los niveles permitidos, por lo que, el agua que se emplea para el riego de los árboles del Parque de las Leyendas cumple con los requisitos.

C. SUELO

Los árboles en el parque de las leyendas, en función a su distribución, están establecidos sobre suelos con tratamientos y usos diferentes. Hay árboles establecidos en los límites del Parque de las Leyendas (Casuarinas), los cuales tienen una alta densidad y competencia por nutrientes. Hay árboles entre las áreas destinadas a los animales, que pueden tener una fuente de abono producto del estiércol acumulado. Árboles dentro de zonas de uso restringido para los visitantes, como zonas cercanas a oficinas y hay árboles establecidos por toda el área de libre tránsito por los visitantes. Ello indica que los árboles, a pesar de tener condiciones de nutrientes diferentes, sus suelos sufren un grado de compactación diferente, lo cual influye en su desarrollo.

Alvarado et al., (2014) y Hernández et al., (2011) indican que suelos que no reciban la suficiente cantidad de aire y materias orgánicas y las raíces no cuentan con el espacio necesario para su crecimiento, trae como consecuencia que los árboles no puedan establecerse sanos y fuertes, creciendo en un ambiente de estrés que acorta su vida, tal como mostramos en la Figura 21. Por otro lado, Johnson (1999) indica que la compactación del suelo es la principal causa de muerte de árboles urbanos, ya que las raíces de los árboles necesitan tierra suelta para crecer, obtener oxígeno y absorber agua y nutrientes.

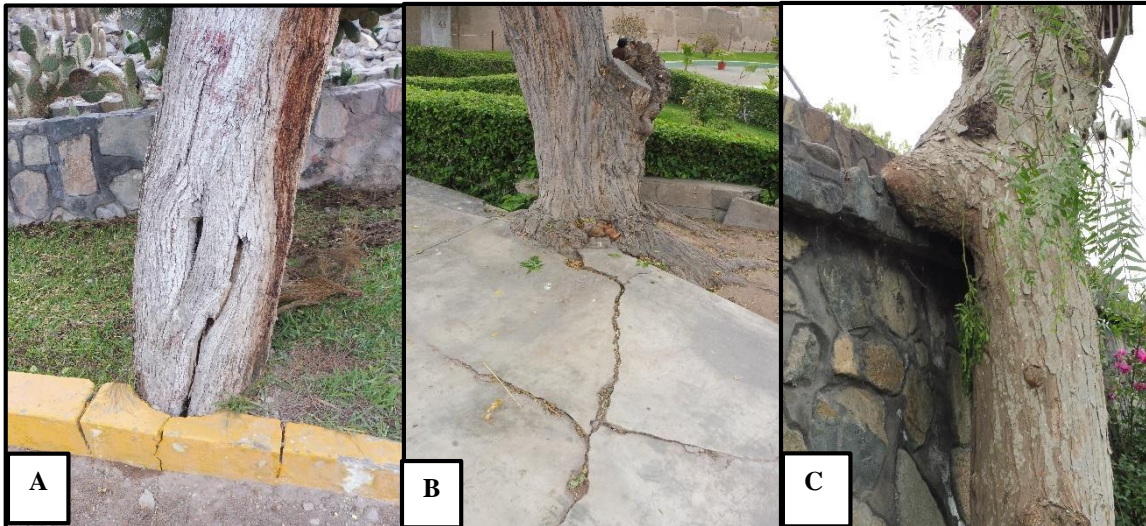


Figura 21. Limitaciones en el desarrollo normal de los árboles del PATPAL
“A y B” Impedimento en el crecimiento radicular; “C” Limitación en el desarrollo del fuste

Dentro de las propiedades físicas del suelo se encontró porcentajes de arena, limo y arcilla que lo determinan con una textura franco, de ahí que es un suelo adecuado para el establecimiento de especies arbóreas, tal como lo indica Floralies (2010), quien afirma que, para especies del arbolado urbano, el suelo franco es ideal, ya que, está compuesto por partes iguales de arena, limo y arcilla. No obstante, Alvarado et al., (2014) menciona que la composición ideal de un suelo es de un 25,0% de aire, 25,0% de agua, 45,0% de minerales y un 5,0% de materia orgánica. La adecuada proporción de dichos componentes guardan relación con la textura y estructura del suelo.

En cuanto a las características químicas, las muestras indicaron presencia de materia orgánica en un rango de 1,97% hasta un 6,66%, lo cual según la tabla de interpretación es clasificado como bajo y alto, de acuerdo a la muestra. Asimismo, se tiene un alto contenido de potasio y fósforo disponibles en el suelo. En cuanto a sales, el análisis indica presencia de un suelo muy ligeramente salino. Finalmente, los valores de “pH” clasifican al suelo como ligeramente alcalino, ya que, tiene valores desde 7,58 hasta 7,85. Según la FAO (2007) las plantas prefieren un pH entre seis y siete, debido a que este valor permite la máxima disponibilidad de nutrientes.

4.1.1. ANTECEDENTES DE LA PLANTACIÓN

Según los encargados administrativos y trabajadores más antiguos de las áreas verdes de Parque de Las Leyendas, no existe un registro de las actividades de establecimiento de los árboles. Tampoco se sabe la procedencia y calidad de la semilla, por lo que no se puede afirmar que el deterioro de los árboles sea por estas causas. No obstante, estos mismos actores mencionan que el área siempre ha existido presencia de cuerpos fructíferos de hongos, en el fuste de diferentes árboles, lo cual representa una amenaza para los demás árboles, ya que el polvillo de éstos puede ser transportado por el viento y proliferar en el fuste de los demás árboles, tal como lo respalda (Viridiana et al., 2010) que dice que los hongos de *Ganoderma sp.*, tienen un potencial para propagarse a través de esporas aerotransportadas a bosques no infectados para causar daño adicional.

4.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES

Dentro de las condiciones para el desarrollo de enfermedades en los árboles, los factores atmosféricos como temperatura y la humedad son los componentes principales a tener en cuenta para la aparición de patógenos causantes del deterioro. En el caso de hongos Kollmann y Coté (1984) mencionan que la humedad es un factor muy necesario para la actividad fisiológica. Es por ello, que durante nuestro estudio se ha registrado estos principales parámetros ambientales. La Figura 22 muestra los valores de temperatura y humedad registrados por la estación meteorológica del Parque de las Leyendas.

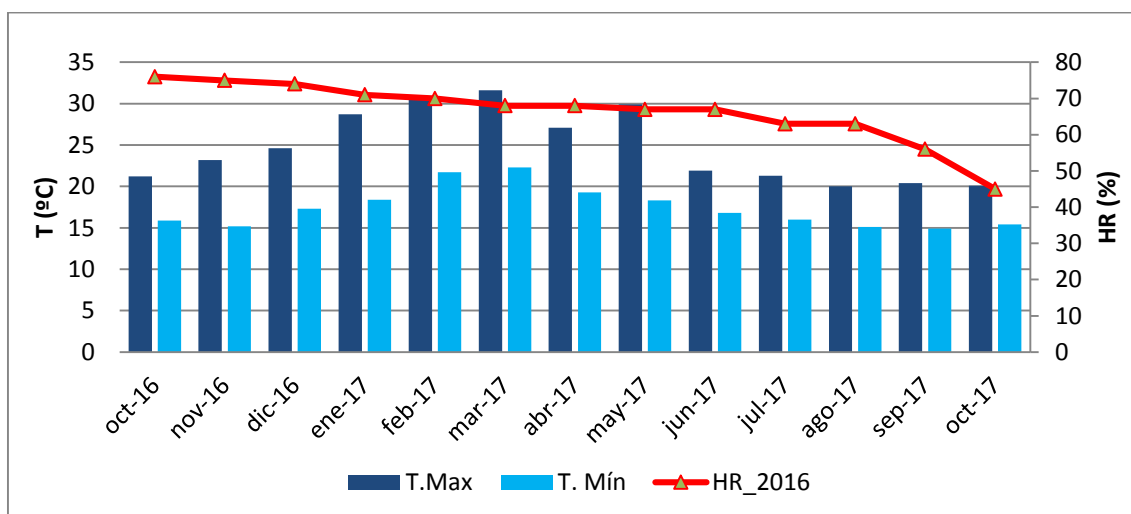


Figura 22. Datos meteorológicos temperatura (°C) Humedad Relativa (%)

De la Figura 22 se observa que durante el periodo de evaluación se ha tenido máximas de temperatura en el mes de marzo del 2017, con un valor de 31,6°C. Así como la temperatura mínima registrado en setiembre del mismo año con un valor de 14,9°C. Por otro lado, la humedad máxima registrada fue de 76% para octubre del 2016. Estos valores registrados son los óptimos para el desarrollo de patógenos causantes del deterioro de los árboles. Pues para el caso de *Coniothyrium*, género del hongo encontrado en nuestro trabajo, según Siriphong (1967) en condiciones de laboratorio la temperatura óptima para su desarrollo fue de 25 ° C.

Otro de los parámetros ambientales registrados fue la velocidad del viento. Ello con el propósito de calcular la fuerza del mismo al impactar en la copa de los árboles. De ahí que los valores máximos registrados han sido por la estación del Parque de las Leyendas (estación San Miguel) con un anemómetro ubicado a seis metros sobre el nivel del suelo. De todo el tiempo que duró la evaluación, la máxima velocidad registrada fue de 17,7m/s, en el mes de octubre del 2016. (Figura 23)

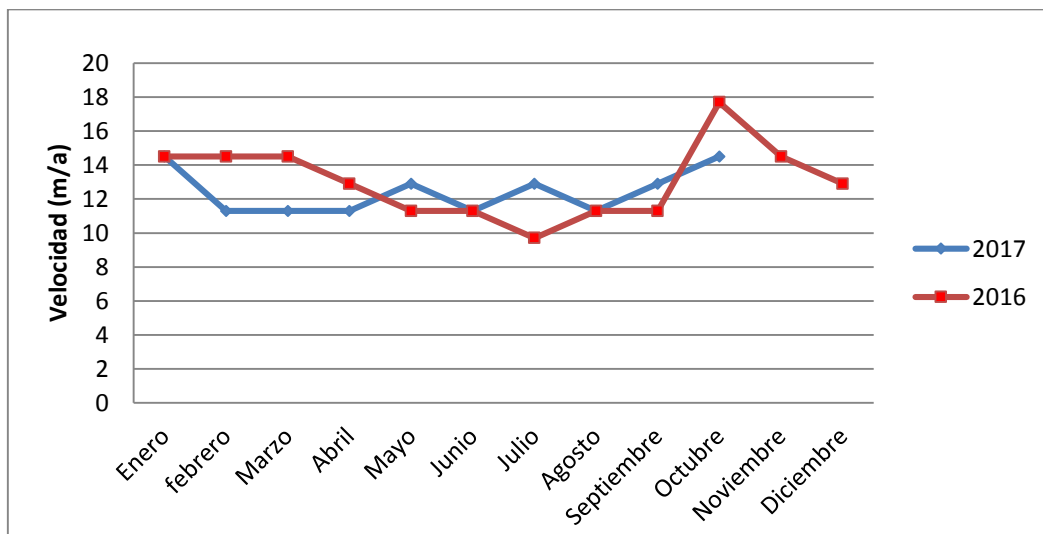


Figura 23. Máximas velocidades del viento registradas

4.1.3. OTRAS POSIBLES CAUSAS DE DETERIORO DE LAS ESTRUCTURAS DEL ARBOLADO

Otra de las posibles causas que favorecen al deterioro de los árboles en el Parque de las Leyendas está relacionada con las actividades de mantenimiento las áreas verdes. Se ha registrado árboles con heridas en la base del fuste, producido al momento de cortar el césped, ya que, la gran mayoría de ellos no cuenta con un área circular libre de césped, alrededor del tronco. Ello representa un punto de ingreso de agentes patógenos causantes del deterioro de la madera en pie.

Tankersley (2000), Allison y Wang (2015), Shigo y Marx (1977) dicen que los hongos de descomposición normalmente necesitan una abertura en la corteza del árbol para entrar en el árbol. Las aberturas en la corteza, por encima y por debajo del suelo, son causadas de varias maneras, en este caso por actividades de poda del césped.

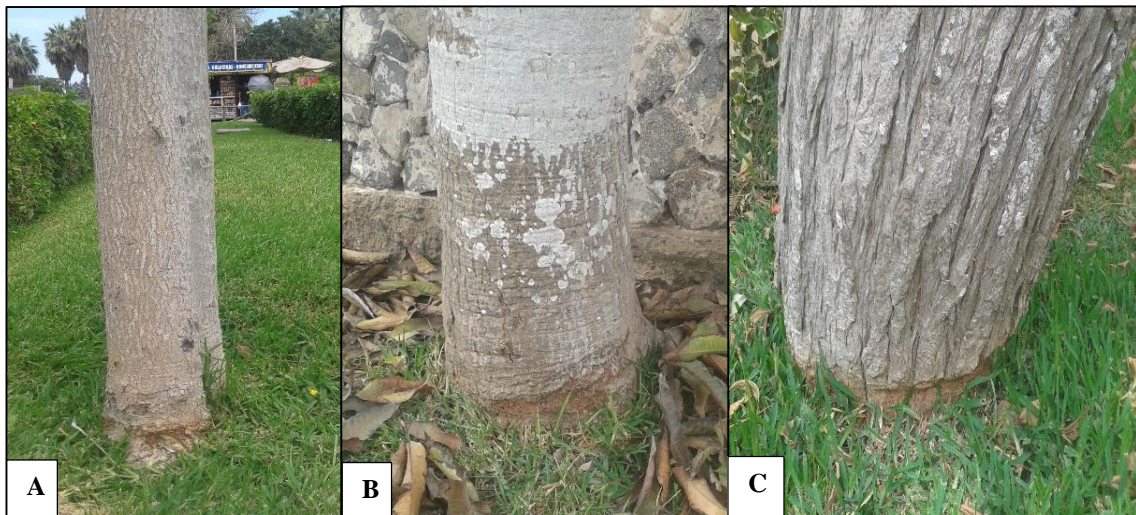


Figura 24. Afecciones en la base, causadas al cortar el césped
Daños en: “A” *Mangifera indica*, “B” *Spathodea campanulata* y “C” *Melia azedarach*

4.2. RESULTADOS DEL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES

4.2.1. CUANTIFICACIÓN, EN FUNCIÓN AL DETERIORO DE LAS ESTRUCTURAS EXTERNAS

A. PRINCIPALES AFECCIONES DE LAS CUATRO ESPECIES ESTUDIADAS

Basados en criterios visuales, se encontró que el 72% de los árboles de las cuatro especies estudiadas presentan oquedades en el fuste. Dichas oquedades, en la mayoría de casos se encuentran acompañados de madera en descomposición. Asimismo, el siete por ciento presentó cuerpos fructíferos de hongos en el fuste de los árboles y otro siete por ciento diferentes grados de inclinación. El porcentaje de árboles con oquedades en la base del fuste incluye los que presentan oquedades en el cuello radicular, un pequeño porcentaje (tres por ciento) registró sólo madera podrida esto en podas antiguas no cicatrizadas. (Ver Figura 25)

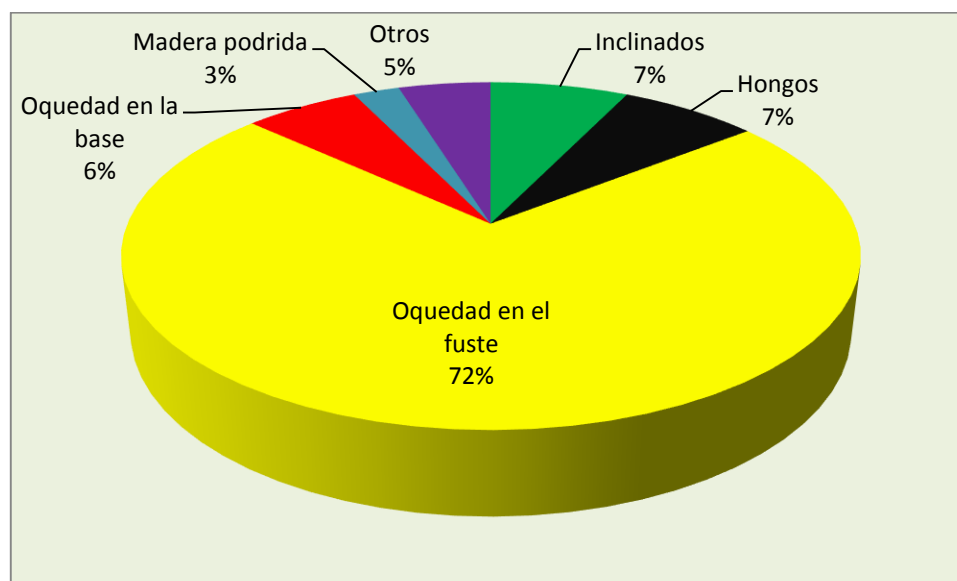


Figura 25. Principales afecciones en las cuatro especies más abundantes

Es importante mencionar que, el 100% de los árboles de *Spathodea campanulata* y *Schinus molle* presentaron oquedades en el fuste. Los árboles de *Schinus molle* y *Schinus terebinthifolius* fueron los únicos que presentaron cuerpos fructíferos de hongos, aparte de presentar otros defectos. En cambio, los árboles de *Melia azedarach* presentaron oquedades, inclinaciones y daños en la base del tronco. Estos signos encontrados, según

Pokorny (1992) son indicadores de decaimiento avanzado en los árboles, ya sea, a partir del fuste o de la raíz. Además, como menciona Calaza e Iglesias (2016) los cuerpos fructíferos de hongos, en la base del árbol, indican pudrición de raíces adyacentes. No obstante, a pesar de haber registrado dichos defectos en los árboles, éstos por si solos no son indicadores de riesgo, para ello, se tiene que ver y analizar el entorno de cada uno de ellos y estudiar otros factores externos, como la fuerza del viento a la que están sometidos.

B. DESCRIPCIÓN CUALITATIVA

La evaluación de los defectos externos, aplicada a los árboles escogidos aleatoriamente, se desarrolló de manera más detallada, ello permitió registrar visualmente los signos del deterioro estructural.

- *Schinus molle*.

En función a las publicaciones del CONAFOR (2013), *Schinus molle* es una especie forestal que proviene de la región andina de Perú, es una especie cultivada, y actualmente es posible encontrarla en estado silvestre. Su clasificación taxonómica registrada en el Jardín Botánico de Missouri obedece a:

ORDEN: Sapindales

FAMILIA: Anacardiaceae

NOMBRE CIENTÍFICO: *Schinus molle*

NOMBRE COMÚN: Árbol del Perú, Pirwi, Tsactumi, Tzactumi, Tzantuni; Pirú, Pirul, Xasa; Peloncuáhuítl; Yaga-cica, Yaga-lache, Aguaribay, Molle, Terebinto, Molle blanco, Molle castilla, Pimentero, Anacahuita. (Luna, 2012)

De los 17 árboles de *Schinus molle*, el de código ZSE-**MS04** registra dos oquedades en el fuste. La primera y la más notoria a partir de los 0.90m de altura hasta los 1.20m de altura, ubicada en dirección norte. Horizontalmente, la oquedad tiene una profundidad de 20cm y presencia de cuerpo fructífero de hongo al interior del árbol. Verticalmente, con dirección al suelo está lleno con piedras y/o basura de toda procedencia; con dirección a la copa, la oquedad muestra madera en descomposición, sin ninguna resistencia mecánica.

Por la condición que se encuentra se sospecha que la pudrición está afectando zonas de la raíz y gran parte del fuste por encima de 1,30m. La segunda oquedad está ubicada al final del fuste, justo al inicio de la ramificación, en dirección norte. Visto desde el suelo tiene menor diámetro que la primera y hay indicios de madera en descomposición.

A parte de ello, el árbol en la zona basal presenta tumoración en más del 40% del perímetro del tronco, esta tumoración está acompañada por brotes que cubren la parte basal del fuste. También se ha encontrado tumoración, acompañando de brotes, a 1,10m y en dirección sur y en otras zonas del fuste, pero en menor proporción.

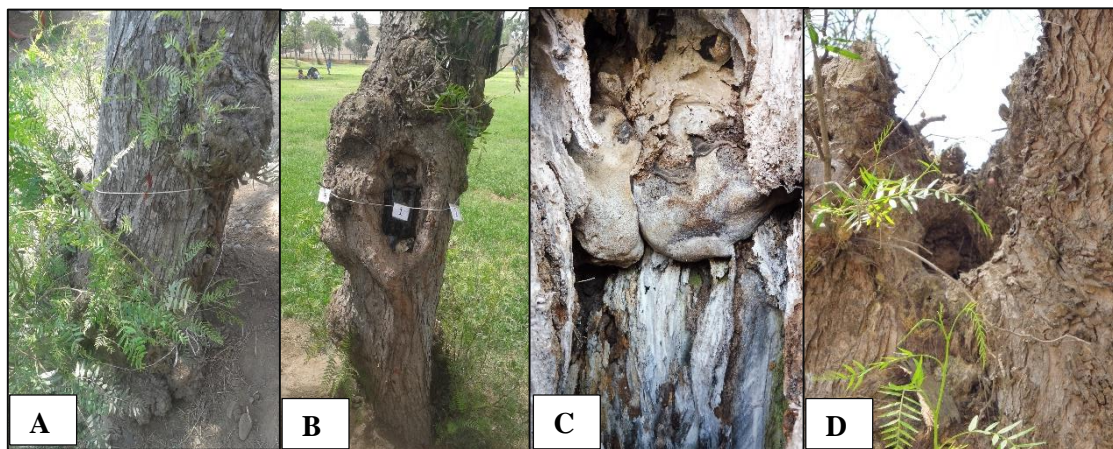


Figura 26. Deterioro estructural del árbol de *Schinus molle* (ZSE-MS04)

“A” Tumoración, “B” Oquedad mayor, “C” cuerpo fructífero de hongo al interior de la oquedad, “D” oquedad al inicio de la ramificación

Los defectos estructurales encontrados en el árbol de *Schinus molle*, código ZSE-MS04 (Figura 26), lo ubican de acuerdo al índice de fallo potencial, en grado severo. Ello por presentar cuerpos fructíferos de hongos y posible pudrición del corazón a lo largo del fuste, acompañado de cavidades que superan el 50% de la sección transversal del tronco.

En lo que concierne a su ubicación, éste se sitúa en el Picnic Selva (Zona Selva), la cual corresponde a una zona de uso constante por los visitantes, pues, se observa mayor número de personas bajo el árbol desde inicio de semana hasta los fines de semana. Esta área de influencia del árbol es utilizada para diversos fines: sombra ante el sol, para descansar, para almorzar, entre otros.

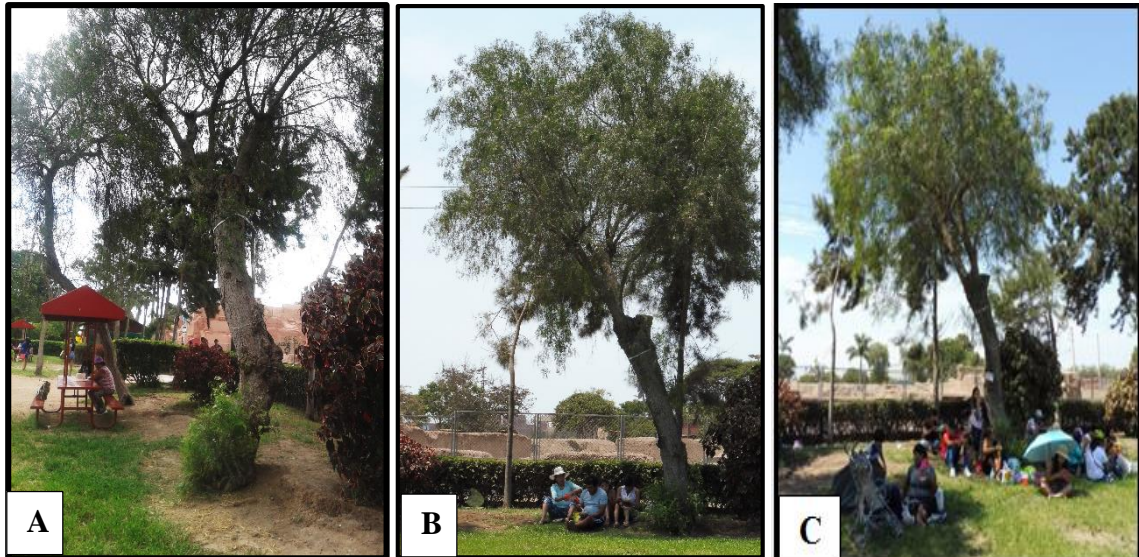


Figura 27. Frecuencia de usos de los visitantes en área de influencia del árbol ZSI-MS15
 “A” En inicio de semana “B” En media semana “C” En fin de semana

La otra muestra, el árbol de *Schinus molle* de código ZSI-MS15 presenta como daño o defecto estructural más notorio una oquedad en la zona del fuste, que empieza a una altura de 1,46m y se extiende longitudinalmente hasta los 1,66m de altura, en una orientación norte. Internamente presenta madera húmeda, en descomposición, de coloración rojo oscuro a negro. Horizontalmente la oquedad tiene una profundidad de 24,5cm y verticalmente, en dirección al suelo, toda la madera está en descomposición y no tiene resistencia mecánica. En cambio, en dirección a la copa, a pesar de tener madera en proceso de descomposición, ésta presenta una resistencia mínima. De ahí que la mayor probabilidad de fallo ocurre desde la base, que incluye posibles daños en la raíz, hasta los 1,70m de altura.

Aparte de ello, el árbol presenta tumoración a lo largo del fuste, acompañada de brotes bien desarrollados. La mayor concentración de tumores está en dirección sur y en dirección oeste, a altura de la oquedad registrada. En base a estos defectos estructurales mencionados, este árbol es calificado con un grado severo, de acuerdo al índice de falla potencial.

El árbol se encuentra ubicado en la Zona Sierra, en un área de uso constante. Al costado del árbol, en dirección norte se encuentra un pasaje, de poco tránsito por los visitantes y un restaurante que la mayor parte de la semana no funciona. En dirección este y sur, direcciones con mayor probabilidad de impacto del árbol, hay una pared construida de

ladrillo y cemento, lo cual, en base al índice de puntuación del blanco, se clasifica como zona con uso constante.

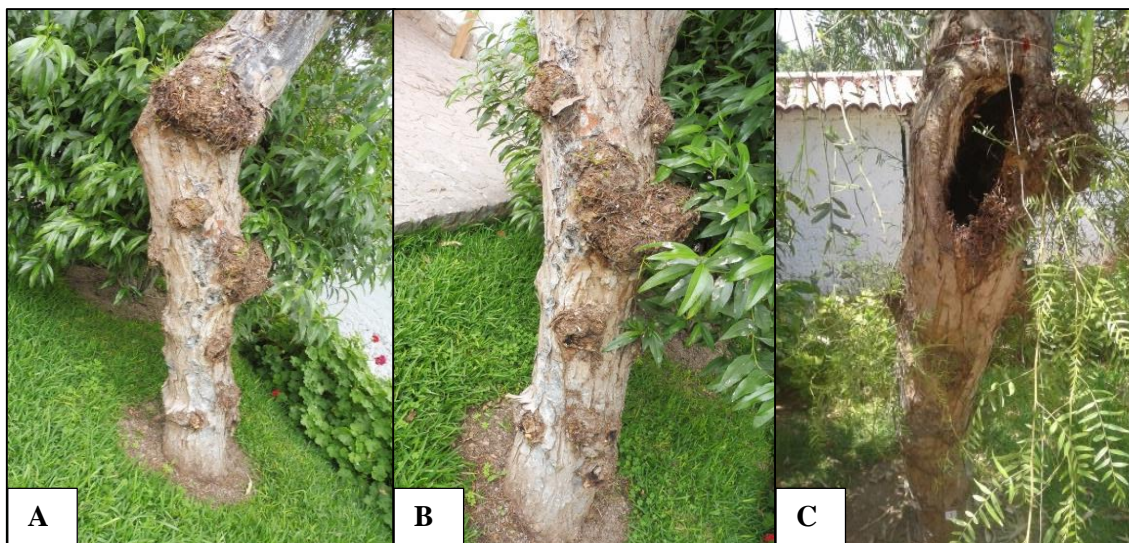


Figura 28. Principales defectos estructurales en *Schinus molle* (ZSI-MS15)
“A y B” Tumores en el fuste, “C” Oquedad del fuste

Los árboles de *Schinus molle* evaluados presentan como principal daño a oquedades en el fuste. Ello en ambos casos acompañado de madera en descomposición que se extiende lo largo de los primeros metros del tronco. Esto es una evidencia de la disminución de la estabilidad del árbol, ya que, como menciona Albers et al. (1996) la madera en descomposición es la causa principal de la falla arbórea, Asimismo, Tankersley (2000) indica que los tejidos en descomposición, a diferencia de las fibras en árboles sanos, no son flexibles y a menudo tienden a romperse.

Por otro lado, se registró la presencia de tumoración en el fuste de ambos árboles evaluados, lo cual según Martínez (1994) son daños producidos por *Agrobacterium tumefaciens* y no afectan el vigor del árbol. Dicha tumoración, en la mayoría de casos, acompañada de abundantes brotes, ello según Sánchez-Blanco y Septién (2016) el árbol los emite como respuesta a la necesidad de seguir viviendo y mantener el sistema biológico, pero indicarán cierto grado de debilitamiento, situación de emergencia o problema crónico.

- *Schinus terebinthifolius*

El árbol de *Schinus terebinthifolius* Raddi fue descrito por primera vez en 1820 por el italiano Giuseppe Raddi (1770-1829), es un árbol pequeño de tres a siete metros de altura, con la copa densa de color verde oscuro, tronco corto a veces algo torcido, con la corteza oscura y fisurada (Clark y Ferriter, 1997). La taxonomía de esta especie registrada en ITIS (Integrated Taxonomic Information System) indica lo siguiente:

ORDEN: Sapindales

FAMILIA: Anacardiaceae

NOMBRE CIENTÍFICO: *Schinus terebinthifolius*

NOMBRE COMÚN: Molle costeño, Pimienta de Brasil

En el Parque de las Leyendas, el árbol de *Schinus molle* **código ZIN-MC08** es un individuo que presenta copa simétrica de coloración acorde a su especie, sin amarillamiento, por lo que visto de lejos no evidencia ninguna afección. No obstante, visto de cerca se puede detectar presencia de cuerpos fructíferos de hongos, uno concentrado en la base, en dirección Nor-Este y otro, el más pequeño, en dirección oeste, a un metro de altura. A parte de ello, presenta pequeñas oquedades a lo largo del fuste, la más grande de ellas, ubicada en dirección Este, a una altura de 2,5m.

Otros signos presentes en este árbol son: nudos vivos y muertos a lo largo del fuste, ello según Díaz (2005) disminuyen la resistencia de la madera por inducir una distribución irregular de las tensiones y variación de la dirección de fibras. Además, se ha evidenciado muestras de grietas transversales (Figura 29A), este indicio según Calaza e Iglesias (2016) es un indicador de un fallo inminente del árbol en pie. Los signos encontrados condicionan al árbol a un estado avanzado de deterioro, lo cual de acuerdo a los parámetros establecidos se califica como grado severo.

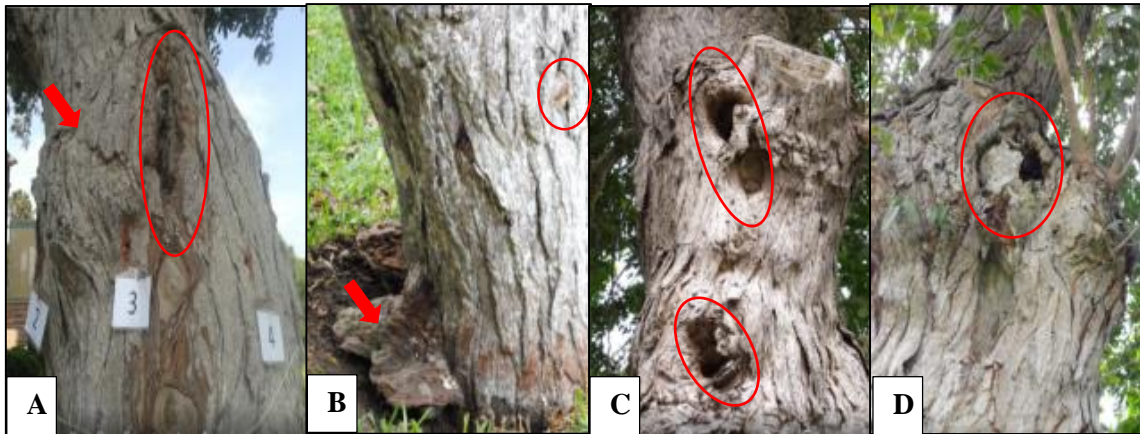


Figura 29. Principales signos de deterioro del árbol de *Schinus terebinthifolius* ZIN-MC08
 “A” Chancro y grieta transversal, “B” Cuerpos fructíferos de hongos, “C” nudos muertos y pequeñas oquedades, “D” oquedad más grande

En cuanto al índice de puntuación del blanco, el árbol se encuentra en un área de uso constante por los visitantes. El espacio bajo el árbol es usado principalmente para descansar y almorzar, cercano al área bajo el árbol, en dirección oeste, se encuentra un cerco metálico y en dirección norte banquetas temporales colocadas por el personal. De ahí que, si sucede un fallo, éste impactaría sobre las personas o sobre los inmuebles que se encuentran en el área de influencia.



Figura 30. Uso del área bajo el árbol ZIN-MC08
 “A” y “B” Personas almorzando en diferentes días de la semana

Por otro lado, el árbol de código **ZSE-MC11** es uno de los árboles evaluados con más afección en el fuste, pues aparte de presentar daños antrópicos, presenta cuerpos

fructíferos de hongos en los primeros metros de altura del fuste. También se registra podas antiguas no cicatrizadas, grietas longitudinales, lo cual según Tankersley (2000) indica defectos internos (Figura 32). Además, se ha encontrado pequeños tumores, brotes en la base y a lo largo del fuste y gran reducción de la copa del árbol. Según Sinclair y Lyon (2005) la formación de brotes a lo largo del tronco, con frecuencia, indica regresión o decaimiento de copa que en ocasiones antecede a la muerte del árbol.

En la Figura 31A se muestra daños en la base del árbol, realizado con herramientas cortantes como machete. Estos u otros daños causados, son los principales puntos de entrada de posibles patógenos, como los hongos encontrados, que han permitido el deterioro progresivo del árbol. Según Shigo y Marx (1977) en las heridas provocadas a los árboles comienza la descomposición de la madera que es causada, más a menudo, por hongos íntimamente asociados con bacterias y otros hongos que no se involucran en el proceso de descomposición. En esta sección se registra madera seca descompuesta y con alguna resistencia mecánica; aparte de ello, corteza seca y suelta ocupando un gran porcentaje de la circunferencia del tronco. Estos signos son una muestra clara de la gran reducción de las propiedades físico – mecánicas y de la estabilidad del árbol en pie.

Los tres hongos encontrados (Figura 31) se ubican: el primero en dirección Nor-Oeste a una altura de 49cm y es de textura suave color blanquecino, con alto contenido de humedad (Figura 31B). Este hongo está oculto, ya que los brotes de la base del árbol impiden su visión y exposición directa al sol. El siguiente hongo (Figura 31C) se ubica en la base del árbol, en el cuello radicular, al contacto con el suelo, éste tiene apariencia de estar muerto, pues tiene textura corchosa, de coloración marrón oscuro y seca al tacto. En la parte superior, inmediata a dicho hongo, se encuentra un chancro, lo cual presenta madera seca en su interior. El último hongo se ubica en dirección Nor-Este a una altura de un metro, éste tiene una coloración marrón oscuro y en los bordes un color amarillento, también con textura corchosa y escasa humedad. De acuerdo a Tankersley (2000) la presencia de muchas estructuras reproductivas de hongos, a menudo indica etapas avanzadas de decaimiento del árbol.

En función a los daños encontrados en ZSE-MC11: presencia de cuerpos fructíferos de hongos, mal arquitectura del éste árbol y otros fallos mecánicos, según la clasificación establecida a éste árbol le corresponde un grado severo, para el Índice de Fallo Potencial.

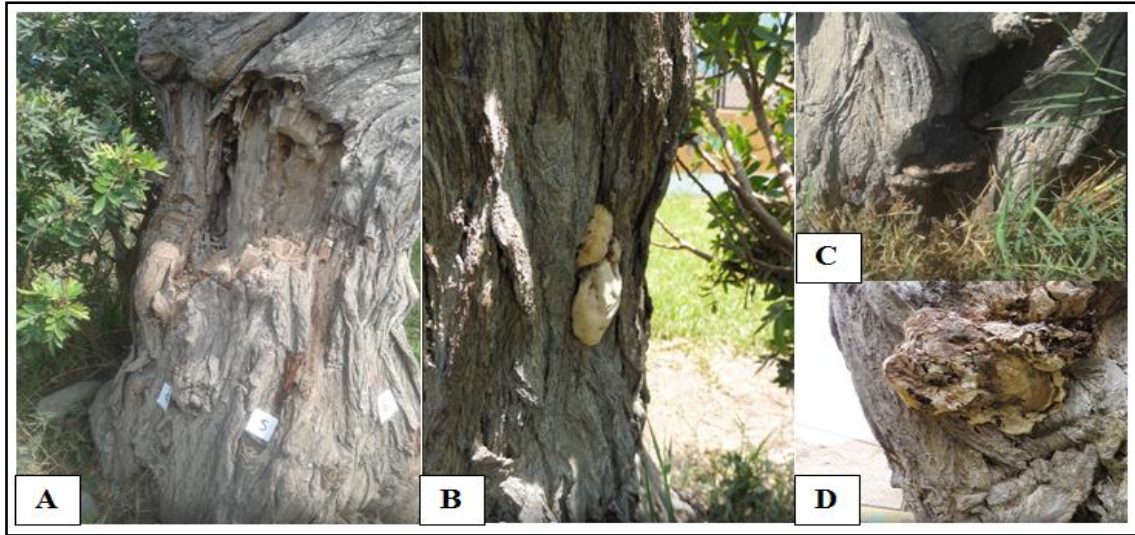


Figura 31. Defectos estructurales y signos que indican deterioro del árbol ZSE-MC11
 “A” Daños antrópicos cercano a la base, “B”, “C” y “D” cuerpos fructíferos de hongos

ZSE-MC11 se encuentra ubicado en el Picnic Selva, una zona calificada como de uso constante. Debido a que el árbol presenta alta reducción de la copa, los visitantes, en días soleados no acostumbran usar el área bajo el árbol; no obstante, en los días de alta concurrencia o días de bajo brillo solar es ocupada para diferentes fines. Próximos al árbol, en dirección este se encuentra un árbol de casuarina y en dirección Sur un cerco que rodea la huaca. De producir colapso del árbol, los blancos más probables serían personas bajo el árbol y el árbol de casuarina, ello debido a que tiene una inclinación en dirección Nor-Este.

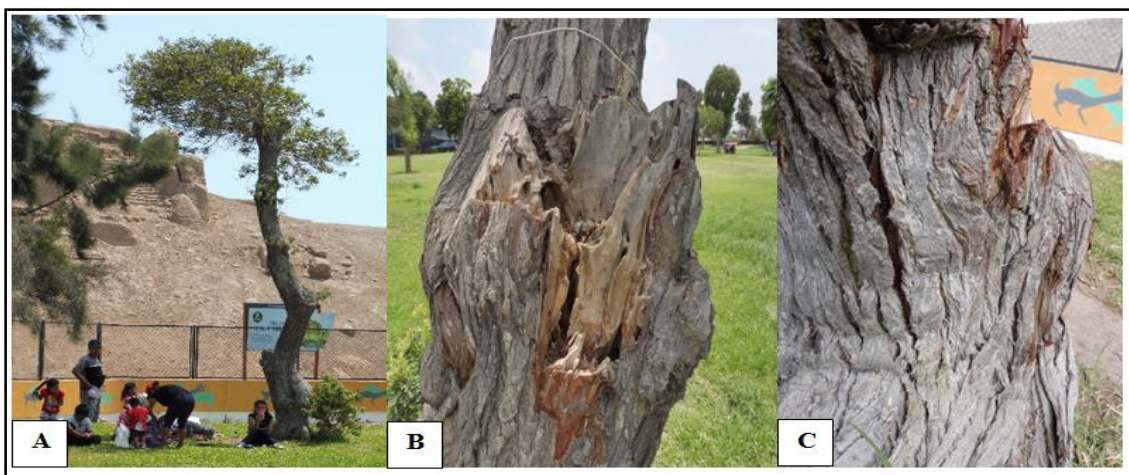


Figura 32. Otros defectos estructurales y uso del área bajo el árbol de ZSE-MC11

- ***Melia azedarach***

Esta especie pertenece a la familia de la caoba (*Swietenia macrophylla*) y del cedro (*Cedrela odorata*), su fuste alcanza alturas de 20 a 25 m y diámetros a altura de pecho entre 40 y 70 cm. Desde el siglo XVI se ha cultivado fuera de su área natural primeramente para propósitos ornamentales, medicinales o como planta auxiliar, y en las últimas décadas en plantaciones de rápido crecimiento para la producción de madera. (CONAFOR, 2013)

ORDEN: Sapindales

FAMILIA: Meliaceae

NOMBRE CIENTÍFICO: *Melia azedarach*

NOMBRE COMÚN Melia, Paraiso, Canelón; azédarach, cinamomo, lila de Persia; paraíso gigante, paraíso morado, árbol de paraíso, lila, piacho, etc. (CONAFOR, 2013)

De los dos árboles de *Melia* evaluados, (**ZSE-ME04**) es el que muestra menos signos de deterioro en el fuste. En este árbol se ha registrado de forma más visible la presencia de chancro, en dirección norte, a una altura de dos metros. Según Trummer y Hennon (2009) los chancros son zonas muertas localizadas en la corteza de tallos y ramas y su presencia, aumenta las probabilidades de rotura del tronco cerca a esta afección.

A parte de ello, se ha detectado afecciones en la unión de las ramas principales (Figura 33A), ello contribuye al debilitamiento de estas uniones y a la posible fractura de una de las ramas. Lo cual, como menciona Calaza e Iglesias (2016), los árboles pueden presentar estas imperfecciones de forma natural, pero los predisponen a roturas de ramas en el punto de unión con tronco; además mencionan estos autores que *Melia azedarach* es una de las especies propensas a presentar este problema.

También se ha encontrado pequeñas afecciones a la corteza externa del árbol. Ello causado por personal encargado de cortar el césped que rodea la base del fuste, lo cual contribuye al desarrollo de agentes patógenos. Por otro lado, según Larsson et al., (2002) los árboles plantados al costado de las vías pueden presentar daños del sistema radicular causados por vehículos pesados que abren el escudo protector de la corteza y facilitan la infección de un hongo. En este sentido, ZCO-ME04 al estar ubicada al costado de una vía, donde en ocasiones transitan vehículos pesados como las cisternas, está propenso a

presentar deterioro en su sistema radicular, lo cual sumado a la inclinación que presenta aumenta el posible fracaso del árbol.

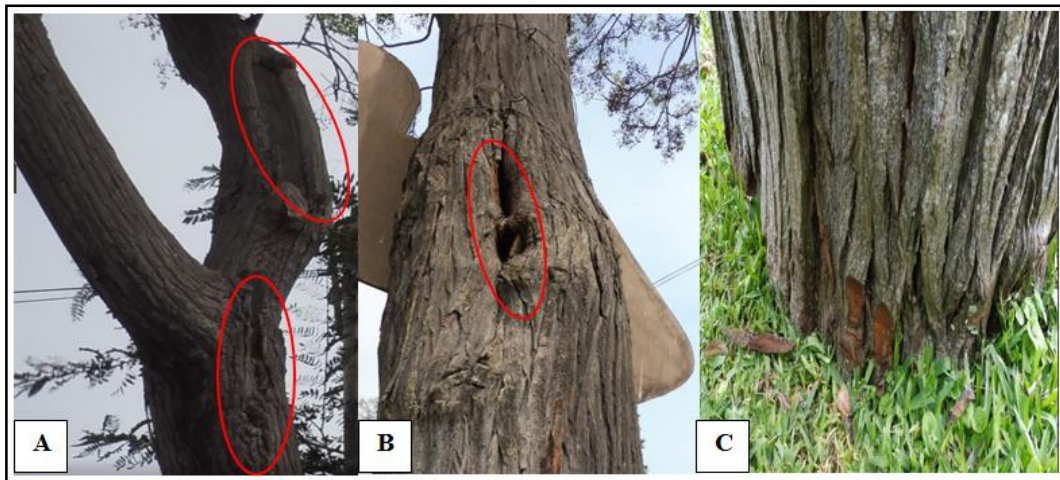


Figura 33. Chancros (A y B) y daños antrópicos en el fuste de ZCO-ME04

ZCO-ME04 se encuentra ubicado en la Zona Costa, entre la huaca San Miguel y el espejo de agua, al costado de una vía de alto tránsito por los visitantes. El área bajo el árbol es usada, al igual que en la mayoría de árboles para descansar, sombra ante los rayos de sol, lugar para almorzar, entre otros. Próximo al árbol, en dirección Sur-Este se encuentra un mapa guía, que sirve a los visitantes para ubicar los atractivos del parque, al estar éste en el área de influencia del árbol, pone en peligro a las personas que se detienen para orientarse (Figura 34C).

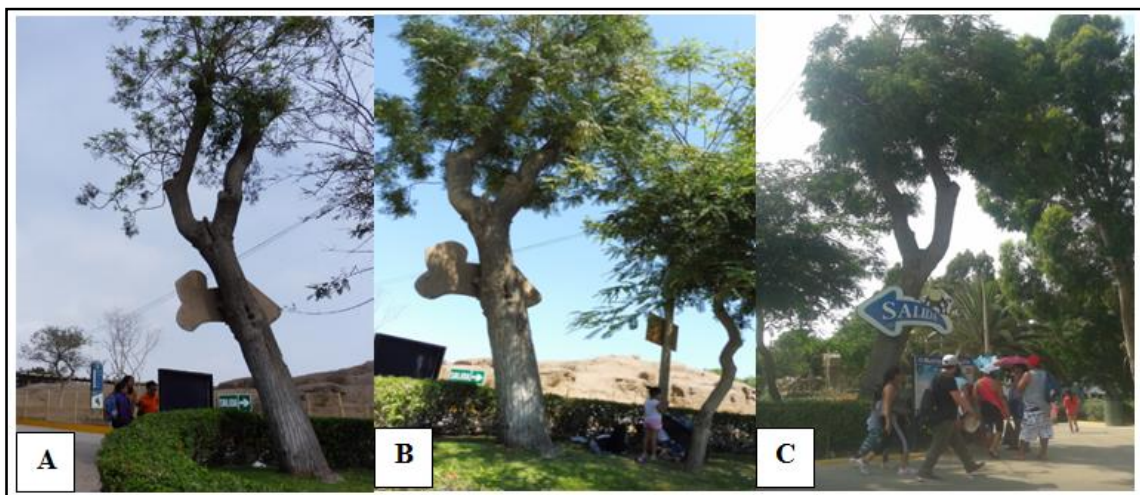


Figura 34. Uso del área bajo el árbol de ZCO-ME04, en diferentes días de la semana
“A” registrado un día lunes, “B” un día miércoles y “C” registrado un domingo

Por su parte, el árbol de **código ZCO-ME17** dentro de los defectos estructurales que presenta, se ha registrado pudrición del fuste en el punto de poda, ésta ubicada en dirección Nor-Este, a una altura de 1.30m. Asimismo, se ha encontrado una raíz secundaria descubierta y con presencia de oquedad que evidencia su pudrición en todo su recorrido, esto en dirección Este. De ello se sospecha pudrición en la base del árbol y posible conexión entre las afecciones encontrada en la raíz y la pudrición en el punto de poda.

Cabe mencionar que, debido al cambio de uso del área bajo el árbol, por la construcción del mariposario, se ha construido un pavimento, próximo a la raíz, dicha acción ha ocasionado que raíces próximas al tronco sean cortadas, incluida la raíz que evidenciaba oquedad. Con ello se ha perdido parte del anclaje del árbol y se ha favorecido su posible volcadura.

Otro de los defectos encontrados es la presencia de tumoraciones al final del fuste, provocado por las excesivas podas realizadas sobre este árbol. Esto trae como consecuencia uniones débiles de las futuras ramas y la mayor probabilidad de fractura, lo cual, al estar próximo a un atractivo para los visitantes, representa un riesgo alto.

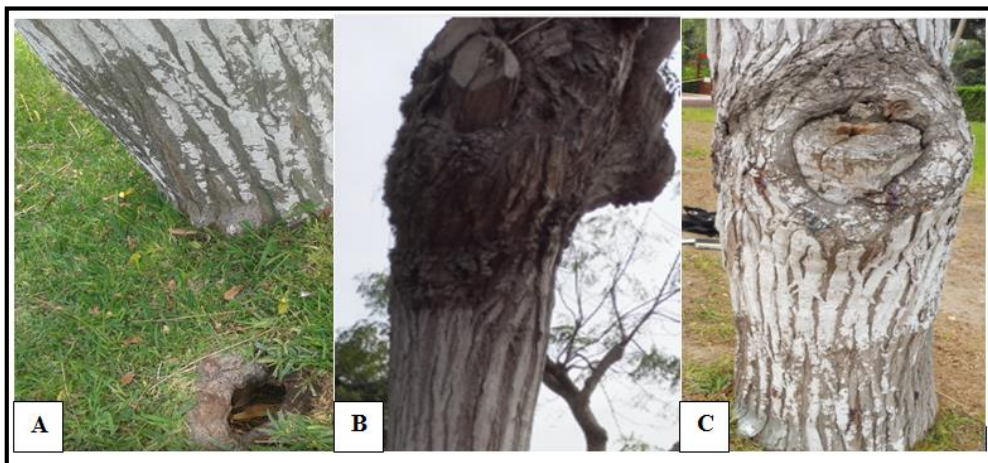


Figura 35. Defectos estructurales registrados en el árbol de ZCO-ME17
“A” oquedad en raíz descubierta, “B” tumoración al final del fuste “C” resto de poda antigua con madera seca y podrida

En cuanto a su ubicación, este árbol se encuentra situada en la zona de la Costa, entre los laberintos (Juegos) y huaca La Palma. Al inicio de la evaluación era un lugar poco usual, de uso casual por los visitantes. Bajo la sombra del árbol, el área era usada para sentarse a almorzar o descansar. No obstante, debido a la construcción del mariposario, al costado

de dicho árbol, se ha cambiado el uso del área de influencia del árbol, ya que, este ambiente es un atractivo nuevo y hay alta concurrencia de visitantes; adicional de ello, la construcción en esta área le convierte en una zona de uso constante.

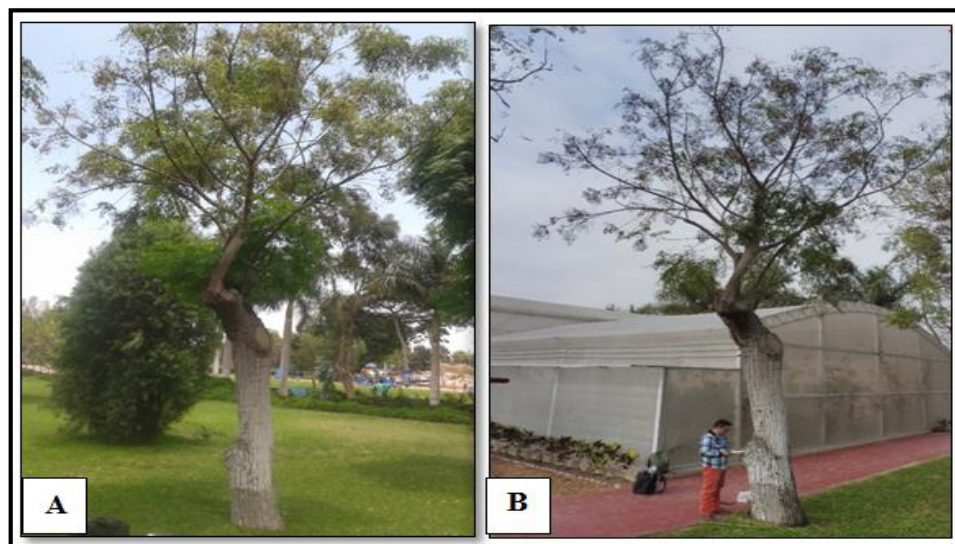


Figura 36. Cambio de uso del área bajo el árbol de ZCO-ME17
“A” Al inicio de la investigación “B” Al final de la investigación

- ***Spathodea campanulata.***

Spathodea campanulata P. Beauv., comúnmente llamado Tulipán africano, es considerada una amenaza a la biodiversidad en las islas del Pacífico, así como para el bienestar económico, social y cultural de los pueblos del Pacífico. (Brown y Daigneault, 2014, Meyer y Florence, 1996). Las pudriciones del corazón y del extremo son comunes en los árboles mayores de 20 a 25 años que han sufrido daño mecánico o de fuego. (Connor y Francis, 2004). La clasificación taxonómica registrada en la ITIS, obedece a lo siguiente:

ORDEN: Lamiales

FAMILIA: Bignonaceae

NOMBRE CIENTÍFICO: *Spathodea campanulata*

NOMBRE COMÚN: Tulipán africano

De los árboles de *Spathodea campanulata* evaluados en el Parque de las Leyendas, ZIN-TA16 es el código de uno de ellos y presenta como principal daño en el fuste a dos

oquedades. La primera ubicada en dirección Este, antes del metro de altura, es la más notoria y de mayor gravedad. Esta oquedad afecta gran parte del fuste tanto longitudinal como transversalmente, pues tiene una profundidad mayor a 30cm a lo largo de la parte superior del hueco. Además, dicha oquedad está acompañada de restos de madera muerta, descompuesta, húmeda y seca.

La segunda oquedad está ubicada en dirección Oeste, a una altura mayor a los 200cm, ésta tiene un menor diámetro, pero también muestra un daño severo en el fuste. En ella se evidencia madera muerta y húmeda en descomposición, la cual está acompañada de termitas que contribuyen con la degradación de la madera en pie (Figura 37E).

Por otro lado, se ha registrado un pequeño chanco al costado de la oquedad principal. Además de daños en la base del árbol, producidos al momento de cortar el césped, así como posibles afecciones a la raíz causados por la extracción del césped cercano a la zona radicular del árbol (Figura 37D).

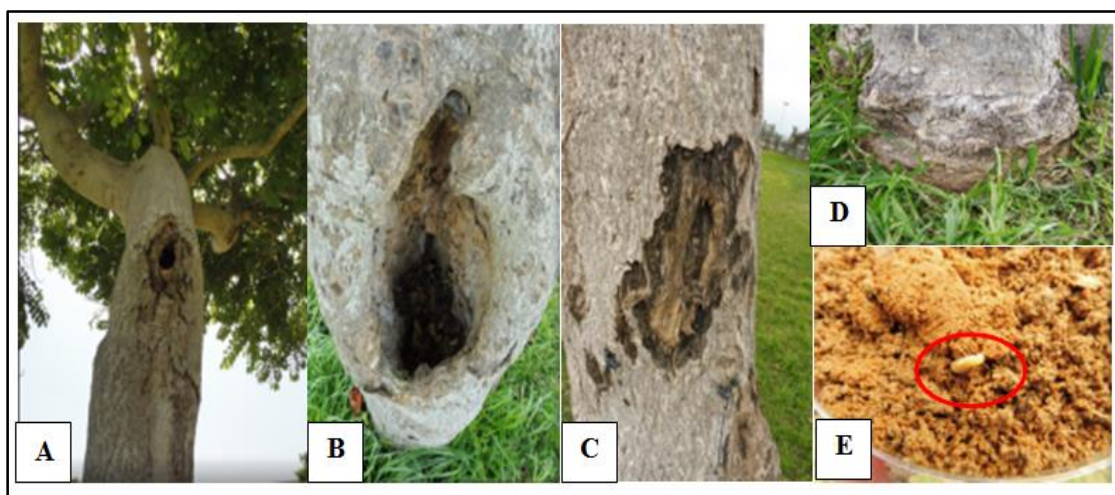


Figura 37. Defectos que disminuyen la estabilidad del árbol de ZIN-TA16

“A” y “B” oquedades, “C” Chanco “D” Daños antrópicos “E” Termita en madera descompuesta del árbol.

El árbol de *Spathodea campanulata*, código ZIN-TA16, se encuentra ubicado en la zona internacional, en el Picnic Felinario. El área bajo el árbol es usada por los visitantes del parque para descansar bajo la sombra, almorzar en familia, entre otros. Debido a que se registra visitantes usando el área de influencia del árbol todos los días de la semana, esta área se considera como de uso constante. La Figura 38A muestra un grupo de niños

descansado bajo la sombra del árbol, después de jugar en el espacio que lo rodea, también se observa una familia que, sentada bajo el árbol, se dispone a almorzar.



Figura 38. Uso del área bajo el árbol de ZIN-TA16 durante los días de la semana Día Viernes "A" y el día martes "B"

Por su parte, el otro árbol de *Spathodea campanulata*, **código ZIN-TA19**, muestra como principal defecto oquedades en zonas del fuste. La oquedad de mayor diámetro se encuentra ubicada en la base del árbol, en dirección Sur. La segunda oquedad, de menor diámetro, se ubica a dos metros de altura, en dirección Nor – Este. Estos son las principales muestras de deterioro del árbol, ambas causadas por podas antiguas no cicatrizadas.

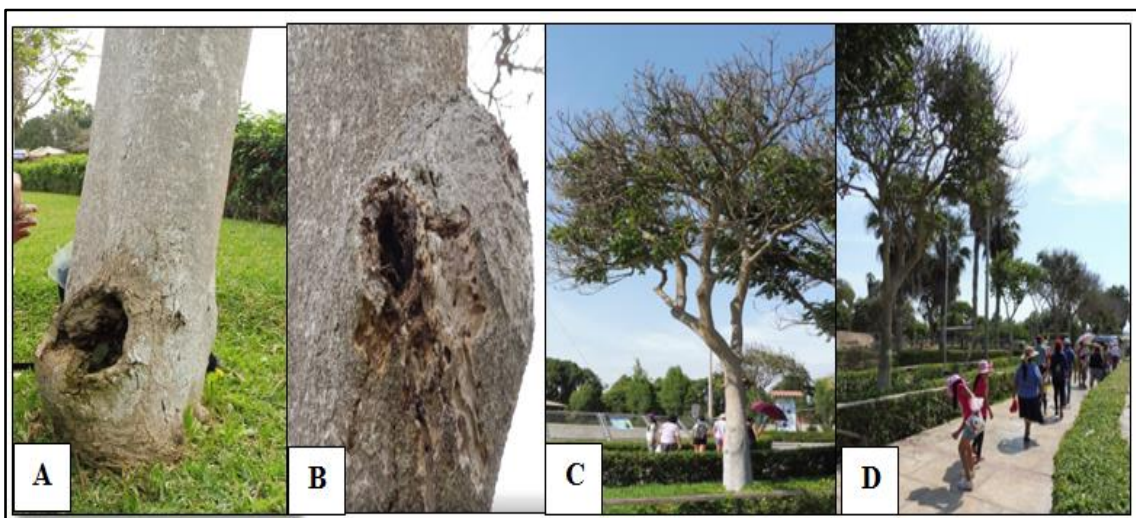


Figura 39. Defectos estructurales y uso del área bajo el área del árbol ZIN-TA19 "A" y "B" oquedades en el fuste, "C" y "D" Uso del área cerca al árbol

Este árbol se encuentra ubicado en la zona internacional, frente a los hipopótamos, próximo a las vías de tránsito de los visitantes. De caerse el árbol, lo más probable es su impacto sobre las personas que transitan o se detienen a observar los animales. Al tener gente transitando todos los días por esta área, se considera como de uso constante.

De la evaluación visual realizada en los árboles de *Spathodea campanulata*, el defecto más común encontrado es la pudrición en el tronco principal. Pues esto según Smailey y Fraedrich (1993) es considerado el defecto común más peligroso del arbolado urbano. Este defecto aumenta la peligrosidad de los árboles del Parque de las Leyendas y pone en riesgo a los visitantes, ya que como menciona Wallis et al., (1980), la mayor parte de los colapsos del fuste son originados por extensas podredumbres, la cual socava las propiedades de la madera como la dureza y la resistencia asociada a la flexión.

C. CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES

El cuadro 10 muestra la puntuación obtenida por cada criterio usado en la evaluación visual de los individuos arbóreos. La cuantificación del riesgo de caída se ha obtenido mediante la sumatoria de los tres índices empleados. De acuerdo a ello, se registra los ocho árboles con un riesgo alto de caída.

Cuadro 10. Resultado de la puntuación del riesgo de caída de los árboles, en función a la evaluación visual

CÓDIGO	ÍNDICE DE FALLO	ÍNDICE DE TAMAÑO	ÍNDICE DEL BLANCO	PUNTUACIÓN FINAL	CATEGORÍA DE RIESGO
ZSE-MS04	4	4	4	12	Riesgo alto
ZSI-MS15	4	2	4	10	Riesgo alto
ZIN-MC08	4	3	4	11	Riesgo alto
ZSE-MC11	4	3	4	11	Riesgo alto
ZCO-ME04	3	4	4	11	Riesgo alto
ZCO-ME17	4	4	4	12	Riesgo alto
ZIN-TA16	4	2	4	10	Riesgo alto
ZIN-TA19	4	2	4	10	Riesgo alto

En función a los resultados mostrados, las puntuaciones del índice de fallo se otorgaron de acuerdo al estado sanitario y presencia de signos que indiquen pérdida o reducción de la estabilidad de cada uno de los árboles de la muestra, tal como se detalla en los resultados de la evaluación visual. De los ocho árboles evaluados, solo uno de ellos tiene una puntuación de tres (3) para este índice, esto por la presencia de más de un chancro en el fuste y por mostrar uniones débiles en las ramas principales. Los siete árboles restantes tienen una puntuación máxima correspondiente a cuatro (4), esto por presentar principalmente oquedades, que afectan longitudinalmente al árbol, lo cual disminuyen las propiedades físico-mecánicas y comprometen su estabilidad.

En lo referente al índice que mide el tamaño de la pieza con mayor probabilidad de fallo, para todos los árboles se considera al fuste como tal, ya que en todos los casos es él quien presenta mayores signos e indicios de deterioro. Asimismo, como la volcadura o fractura de fuste involucra caída del árbol completo, es importante considerar otros parámetros dasométricos del árbol (Cuadro 11) para otorgar una mejor puntuación a los árboles. De acuerdo a estos criterios, los árboles de *Melia azedarach* son los que presentan mayor puntuación y los árboles de *Spathodea campanulata* los que presentan menor puntuación, ya que ellos registran mayores y menores diámetros respectivamente. Con ello se considera el volumen y peso que puede impactar, ya que, de ser mayor el tamaño, éste genera mayor daño en el blanco.

Cuadro 11. Dimensiones de las estructuras principales de los árboles evaluados

CÓDIGO	DAP (cm)	ALTURA TOTAL (m)	ALTURA DE FUSTE (m)	DIÁMETRO MÁXIMO DE COPA (m)
ZSE-MS04	55,00	9,50	3,30	6,00
ZSI-MS15	30,50	5,50	3,70	4,30
ZIN-MC08	40,00	8,00	4,30	5,80
ZSE-MC11	43,00	6,00	4,50	2,80
ZCO-ME04	56,00	8,50	3,80	5,10
ZCO-ME17	60,00	7,00	3,30	6,70
ZIN-TA16	32,00	6,50	3,20	7,00
ZIN-TA19	32,00	7,00	2,70	7,00

El cuadro anterior muestra las dimensiones de las estructuras principales del árbol, las cuales de provocarse la fractura del fuste impactarían sobre el blanco. De ahí, el que menor daño podría causar es el árbol de *Schinus molle* (ZSI-MS15) que tiene menores dimensiones; no obstante, se debe analizar el lugar donde se encuentran cada uno de los árboles, ya que, si son personas las que fueren afectados, no importa las dimensiones del árbol para causar lesiones o daños irreparables.

En lo que concierne a la puntuación del índice del blanco, mostrado en el Cuadro 10, los resultados obtenidos revelan una puntuación máxima para todos los árboles, ello de acuerdo a la ubicación de los árboles evaluados y al uso de visitantes que suelen ocupar o pasar por el área de influencia, durante los días de la semana. Pues, la mayoría se ubica en lugares preferidos por las visitas.

También, se ha observado que todos los días que el Parque de las Leyendas abre sus puertas al público, los lugares donde se encuentran estos árboles son ocupados para algún fin, a excepción del área de ZSI-MS15 donde sólo se ha observado personas transitando, próximas al área de influencia del árbol. Ello debido a que bajo este árbol hay poco espacio disponible para sentarse; además de tener un muro en la dirección de caída, que le da una puntuación máxima.

La puntuación total obtenida a través de la sumatoria de los índices exhibe que, los árboles evaluados con este método, presentan una puntuación elevada que corresponde a un riesgo alto, de acuerdo al rango establecido por Calaza (2007). Por lo que se debe tomar acciones inmediatas para reducir dicho riesgo. Si bien este puede ser una manera subjetiva de evaluación, la puntuación establecida en cada uno de los índices está considerando la situación del árbol (deterioro y dimensiones) y el entorno del mismo que, de estar ubicado en una zona de uso restringido, el riesgo sería diferente con las mismas condiciones del árbol.

Asimismo, para establecer dicha puntuación se ha analizado detenidamente la situación de cada uno de ellos, observando su comportamiento y la aparición de nuevos signos a lo largo del periodo de evaluación. También se ha tomado en cuenta el avance de deterioro interno, visto por las oquedades de alguno de ellos y las condiciones externas que lo favorecen.

4.2.2. CUANTIFICACIÓN, EN FUNCIÓN AL DETERIORO DE LAS ESTRUCTURAS INTERNAS

A. TOMOGRAFÍA SÓNICA

Mediante el registro del tiempo que demora la onda en recorrer la distancia entre sensores, utilizando el software ArborSonic 3D 5.2.115 propio de la empresa fakopp, se graficó las secciones transversales de los árboles. La Figura 40 muestra la variación de la velocidad entre cada uno de los puntos de la sección transversal evaluada. Es importante destacar que las direcciones de la velocidad de propagación de las ondas son en sentido radiales y tangenciales, lo cual según Basterechea (2016), las velocidades radiales son superiores a las tangenciales.

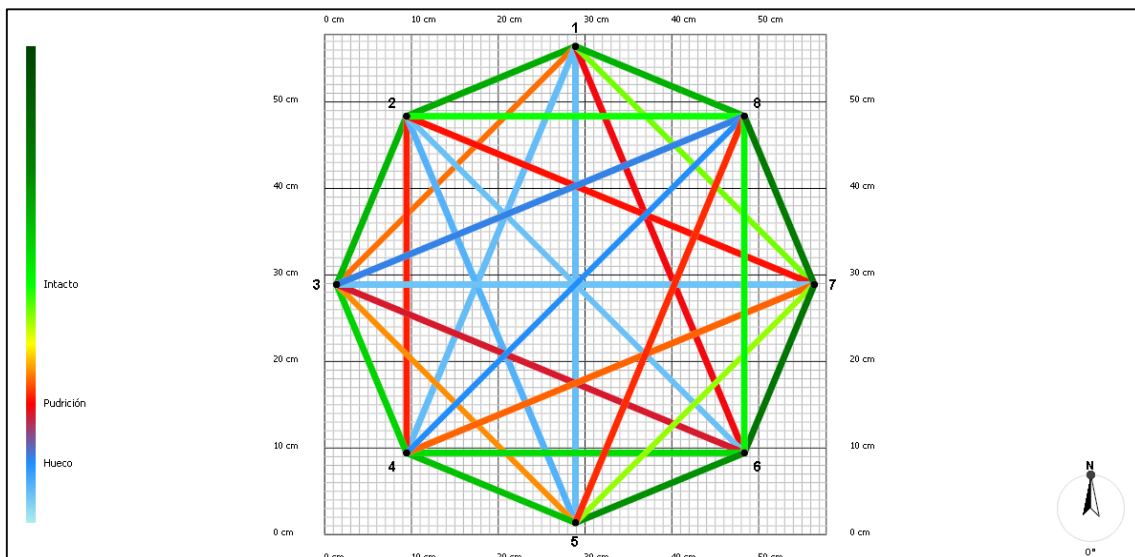


Figura 40. Líneas de propagación, radial y tangencial de las ondas

De la Figura 40, los colores de cada línea representan un rango de velocidad, lo cual indican: oquedad (línea celeste), madera en descomposición (línea roja) o madera sana (línea verde). En la Figura 41 se muestra el comportamiento de la velocidad, tanto en árboles deteriorados como en árboles sanos, de la misma especie. De ahí, los picos altos (coloración verde) representa velocidades en madera sana; la coloración roja indica pudrición avanzada; color amarillo, madera con deterioro y la coloración celeste que representa oquedad.

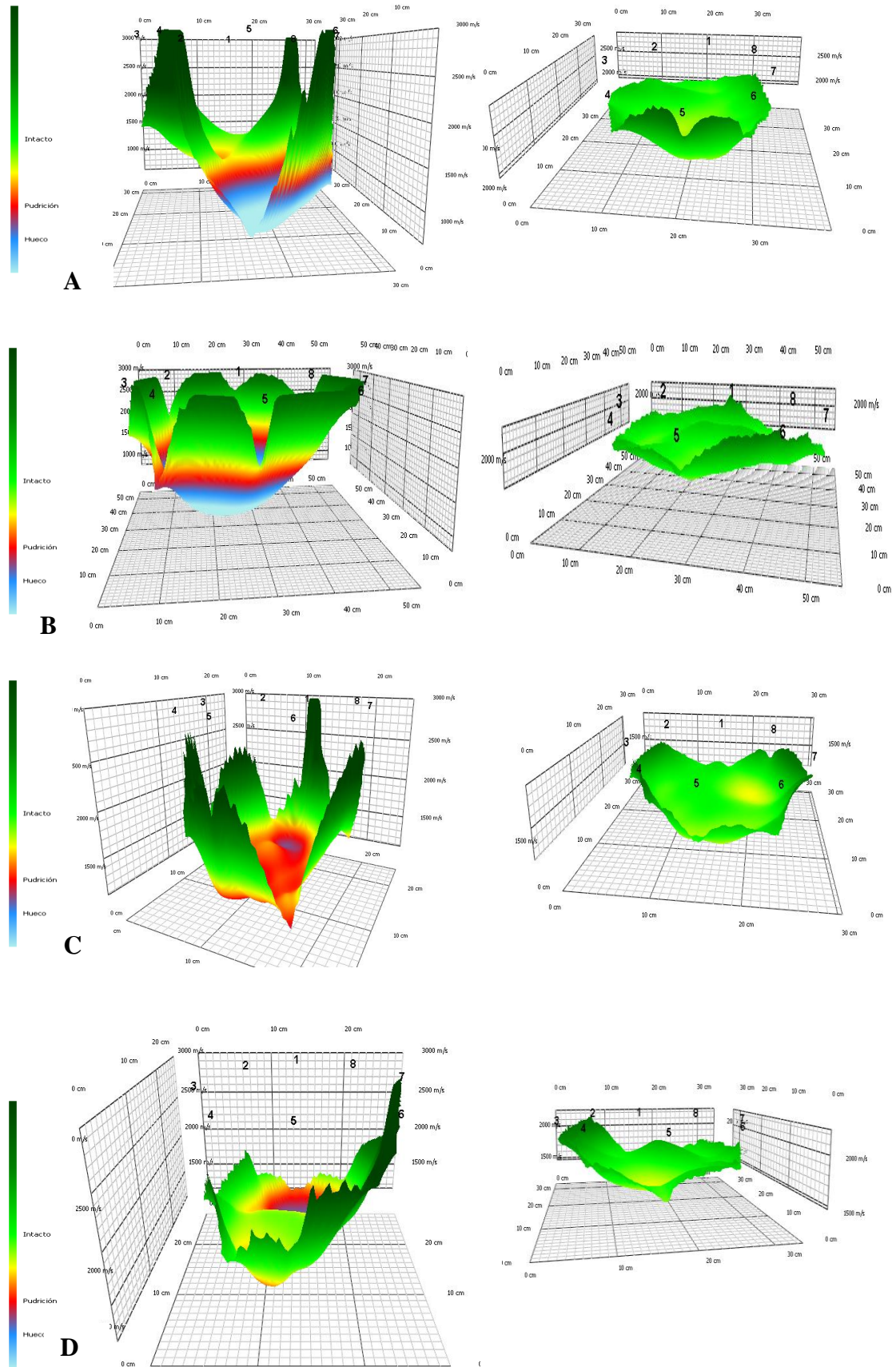


Figura 41. Variación de la velocidad en árboles con: oquedad (izquierda) y sanos (derecha) Tercera capa de “A” ZSE-MC11; “B” ZCO-ME17; “C” ZIN-TA16; “D” ZSI-MS15

La Figura 41 muestra la variación de la velocidad en la tercera capa evaluada, a 1,70m de altura, de ejemplares de las cuatro especies en estudio. La Figura 41A grafica la evaluación del árbol de *Schinus terebinthifolius* (ZSE-MC11), donde velocidades de 534m/s (árbol con deterioro) indican oquedad y velocidades por encima de 2038m/s (árbol sano) muestran madera sana. De igual manera, en el árbol de *Schinus molle* (ZSE-MS15), se registran velocidades por debajo de 1200m/s en las partes con oquedad (árbol con deterioro) y una velocidad mayores a 2000m/s, a la misma altura, indicando madera sana (árbol sano).

La velocidad de la onda puede variar dependiendo de la especie y la altura de evaluación, según Monteoliva (2002) hay variación de la densidad con la altura, lo cual está ligada a la cantidad de madera juvenil que recorre el árbol axialmente como un cilindro interno desde la base hasta el ápice. Además de ello, Díaz (2003), indica que la edad también influye en el tiempo de recorrido de la onda, pues mientras más jóvenes son los árboles, mayor es la proporción de madera juvenil, lo cual alterará la velocidad de onda.

La Figura 42, evaluación realizada al árbol ZSE-MS04, muestra el grado de deterioro, oquedad y descomposición interna, desde de la base hasta los 1,70m de altura. En la primera capa de evaluación se ha encontrado el mayor porcentaje de pared residual del árbol; no obstante, ello no asegura la estabilidad, ya que el 62% de esta sección transversal está con oquedad y pudrición. Dicha oquedad está comprometiendo la situación de las raíces, ya que, presenta un diámetro de 23cm, en promedio, lugar suficiente para albergar desperdicios orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la pudrición.

En la segunda capa, a 1,00m de altura, se registra la mayor área afectada del árbol, tal como indica la Figura 42B. En ella, el 66% del área transversal está con oquedad y pudrición, además es la única capa que, en dirección norte carece pared residual. La principal causa de esta oquedad son podas antiguas no cicatrizadas que con el tiempo han dando las condiciones favorables para el desarrollo de patógenos causantes de la pudrición. En esta abertura, vista desde el exterior, se registra cuerpos fructiferos de hongos en el interior de dicho árbol. Además, este orificio favorece al continuo deterioro de la sección basal del árbol, ya que, almacena residuos de los visitantes y agua de riego que otorgan condiciones apropiadas para que los hongos sigan con el deterior de la madera.

En la última capa evaluada, a 1,70m de altura, del árbol ZSE-MS04 se encuentra que, el 65% del área transversal está ocupada por hueco y pudrición de la madera. Dicha oquedad tiene un diámetro de 23cm en promedio, lo cual es un indicador de que el árbol presenta daños mecánicos, internamente, por encima de esta capa evaluada.

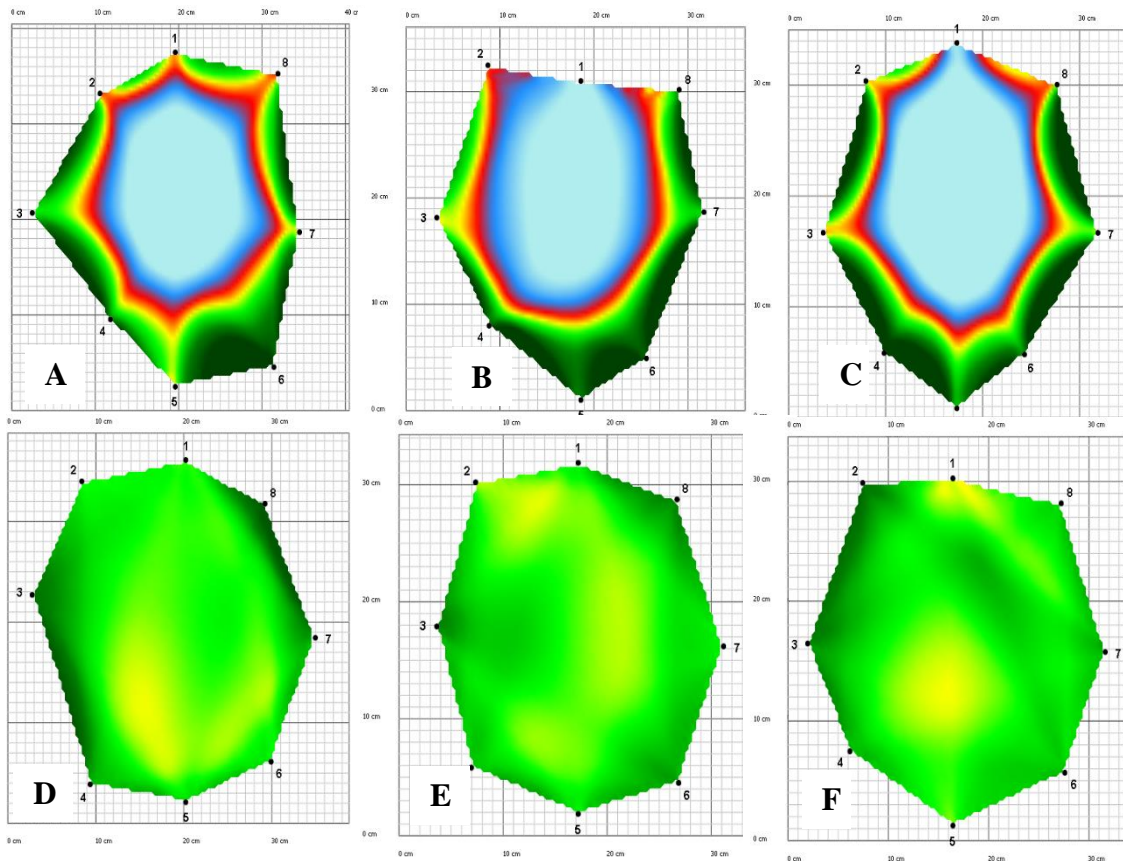


Figura 42. Tomograma de los árboles *Schinus molle*: ZSE-MS04 y árbol sano “A y D” a 0.30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: árbol ZSE-MS04 y parte inferior: árbol sano

El segundo árbol de *Schinus molle* (ZSI-MS15), de las tres capas evaluadas, se registra menor área afectada en la primera (Figura 43). En esta sección, el 19% de la sección transversal está con deterioro estructural. De acuerdo al tomograma obtenido, a esta altura no se registra oquedad, solo se muestra cambio de coloración (rojo), lo que indica madera con menor resistencia mecánica.

En la segunda capa, a 1.00m de altura (Figura 43B), se muestra la mayor área afecta del árbol. De toda la sección transversal, el 55% del área está con presencia de oquedad, la cual está orientada en dirección Nor – Oeste. Sobre esta capa, a unos centímetros arriba

se encuentra una abertura del fuste, producto de una poda antigua no cicatrizada, esto es un posible punto de ingreso de patógenos causantes de la pudrición.

En la tercera capa de evaluación, a los 1.70m de altura, se encuentra un 29% del área con madera podrida, lo cual, incluye la oquedad en dirección Norte y coincide con la dirección de la abertura encontrado durante la evaluación visual.

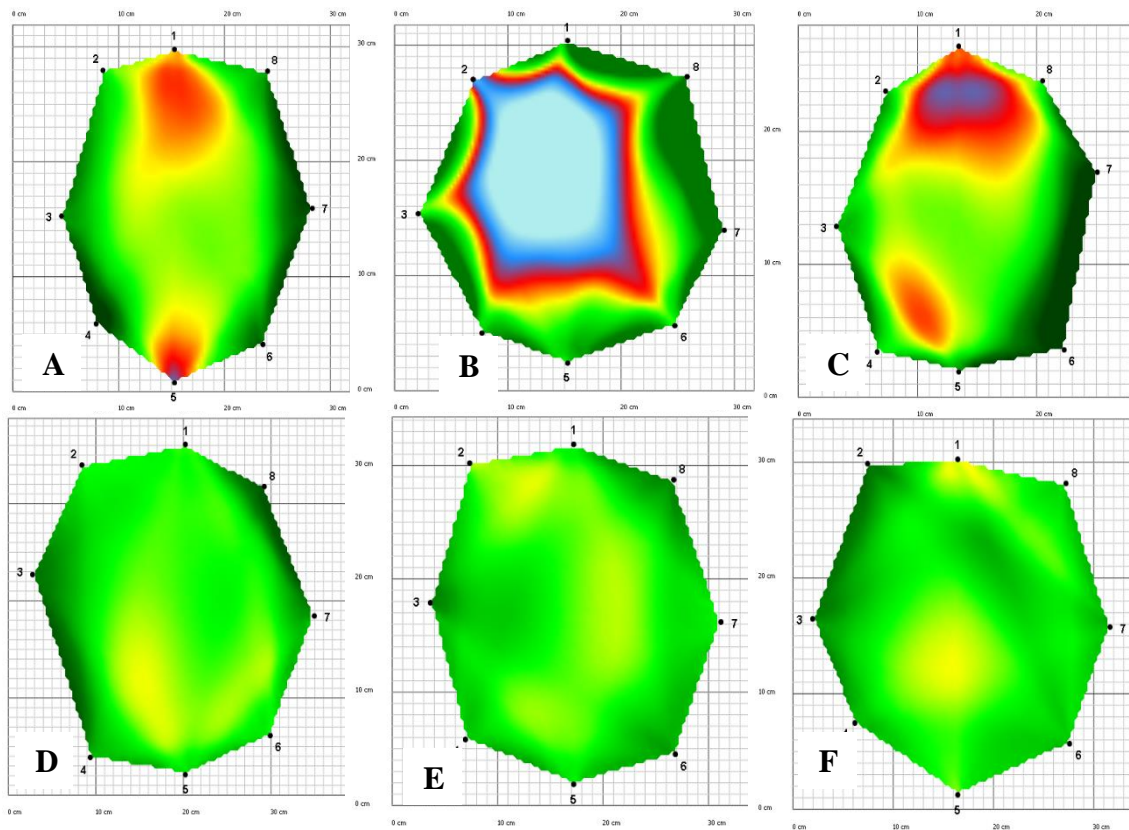


Figura 43. Tomogramas de los árboles de *Schinus molle*: ZSI-MS15 y árbol sano “A y D” a 0.30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: árbol ZSI-MS15 y parte inferior: árbol sano

Los tomogramas, mostrados en la Figura 42 y Figura 43, comparan la evaluación realizada en los árboles con deterioro estructural, y el árbol sano, ambos de la misma especie (*Schinus molle*). De ahí, en función al cambio en la velocidad de la onda, las coloraciones indican la detección de madera sana, oquedad o madera en descomposición. Así, de los dos árboles de *Schinus molle* evaluados, el árbol de código ZSE-MS04 es el más afectado y con mayores signos de deterioro.

Por otra parte, si proyectamos las áreas transversales evaluadas, con el uso del software (Figura 44), se muestra la situación interna del fuste, de cada uno de los árboles de *Schinus*

molle. De ahí, la pared residual encargada de la estabilidad y soporte de las fuerzas, en ZSE-MS04 es mayor en la base y desaparece en dirección norte, justo donde hay oquedad con vista externa. Por el contrario, en ZSI-MS15 hay mayor porcentaje de pared residual a lo largo del fuste, por lo que puede tener mayor resistencia a fuerzas externas.

Cabe mencionar que las gráficas (Figura 44) muestran la imagen de la situación interna, donde para registrar se han introducido, en la mayoría de puntos, 3cm de cada sensor; con ello, las imágenes no muestran la presencia de la corteza y parte del xilema del árbol. Asimismo, es importante resaltar que, en esta especie (*Schinus molle*) debido a la presencia de tumoraciones a lo largo del fuste, el tiempo de recorrido de la onda se ve alterado, ya que, estas protuberancias pueden coincidir con los puntos de inserción de los sensores.

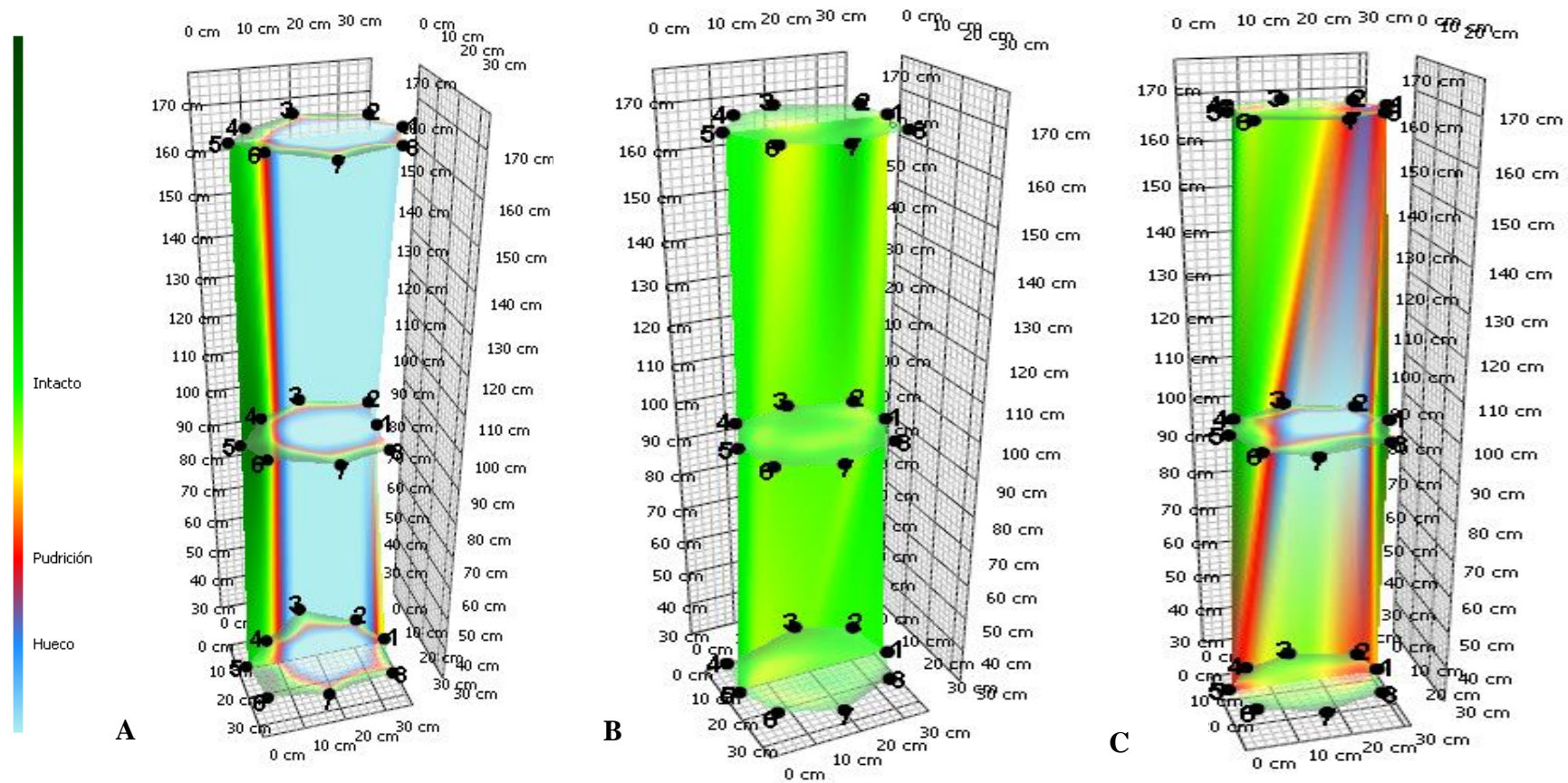


Figura 44. Proyección de los tomogramas de los árboles de *Schinus molle* “A” ZSE-MS04; “B” árbol sano y “C” ZSI-MS15

Los árboles de *Schinus terebinthifolius* evaluados muestran los dos extremos del deterioro de todos los árboles evaluados. Por una parte, el árbol de código ZSE-MC11 es uno de los árboles con más daños internos y por otra, ZIN-MC08 es el que tiene menor grado de pudrición en las capas evaluadas.

El registro interno del árbol ZSE-MC11 (Figura 45) evidencia que el mayor deterioro (oquedad y pudrición) se ha registrado en las primeras capas de evaluación, ya que, próxima a esta altura, durante la evaluación visual, se ha encontrado cuerpos fructíferos de hongos y daños antrópicos. A los 0,30m de altura, la primera capa muestra que el 67% de dicha sección presenta oquedad, rodeada de madera podrida, signo que evidencia deterioro del cuello radicular y disminución de la estabilidad del árbol.

En la segunda capa, realizada a un metro de altura, se encuentra el área más deteriorada del árbol. En esta sección, aparte de encontrar puntos en el árbol sin corteza, lugares de pudrición producto del desgarre de una rama, en los puntos tres, cuatro, cinco y seis, se ha evidenciado madera muerta y seca, sin ninguna resistencia a la penetración, lo cual indica ausencia de pared residual y disminución de la estabilidad del árbol. En esta sección, el área afectada representa el 68% del total, mayor registro durante nuestra evaluación.

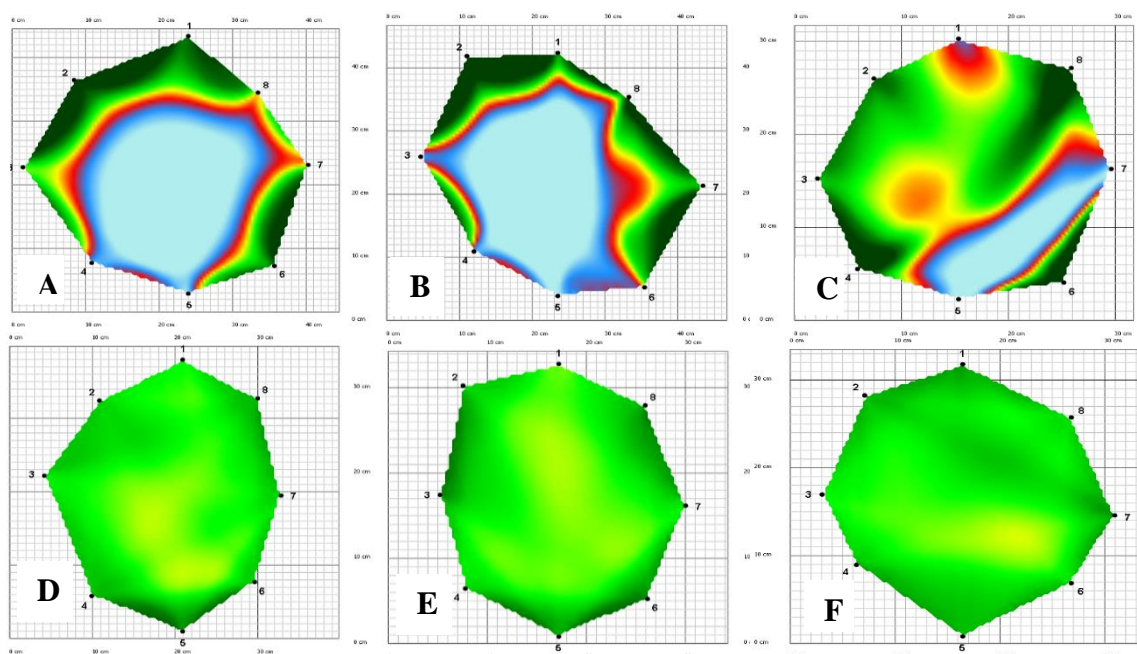


Figura 45. Tomograma de los árboles de *Schinus terebinthifolius*: ZSE-MC11 y árbol sano “A y D” a 0,30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: árbol ZSE-MC11 y parte inferior: árbol sano

En la última capa evaluada, árbol ZSE-MC11 (Figura 45C), se registró un área de pudrición más oquedad que ocupa el 38% del total de la sección transversal. Esta afección se extiende, principalmente sobre los restos de la rama desgarrada, encontrados en la evaluación visual; por lo que, puede ser el punto de ingreso de patógenos causantes del deterioro interno encontrado.

El árbol de *Schinus terebinthifolius*, código ZIN-MC08 (Figura 46), en la primera capa de evaluación presenta el mayor porcentaje de madera en descomposición, pues se registra que el 45% del área transversal evaluada está con este problema. La pudrición está orientada hacia el Este, dirección donde se encontraron los cuerpos fructíferos de hongos, e insertaron los sensores uno, ocho y siete. Por lo que, se pudo registrar la pudrición causada por estos patógenos.

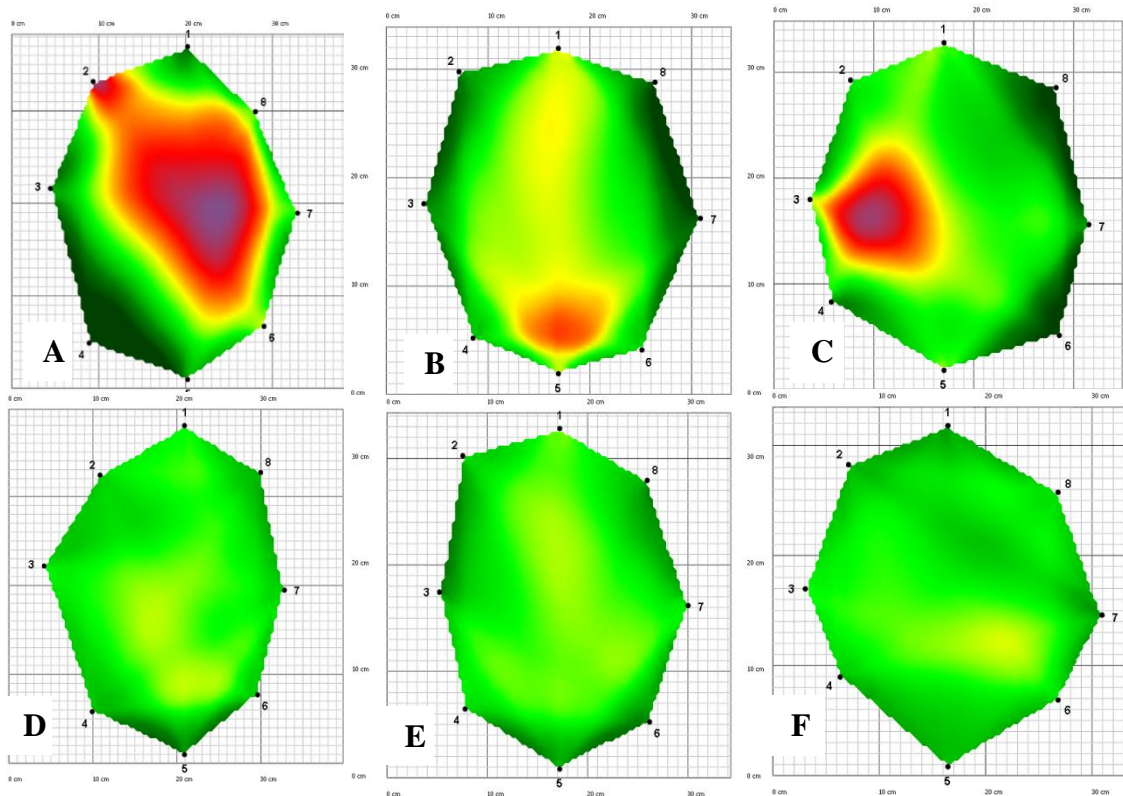


Figura 46. Tomograma de los árboles de *Schinus terebinthifolius*: ZIN-MC08 y árbol sano “A y D” a 0,30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: árbol ZIN-MC08 y parte inferior: árbol sano

En la segunda capa de evaluación se ha registrado la menor área con pudrición, ella representa tan solo el 6% del área transversal evaluada. Dicha pudrición se orienta en

dirección Sur, contraria a la inclinación del árbol. A esta altura, externamente no se ha registrado factores que impidan la inserción de los sensores y puedan alterar la velocidad de la onda.

En la última altura evaluada, a los 1,70m, la pudrición se orienta en dirección oeste, en el punto de inserción del sensor tres, el cual está ubicado al costado de nudos muertos y bajo el chancro detectado durante la evaluación visual. Dicha pudrición representa el 12% del total del área transversal. A esta altura, externamente se ha encontrado nudos vivos y muertos, incluso el sensor cinco ha sido instalado sobre un nudo muerto, factor que altera la velocidad de la onda en la madera y ocasiona error al graficar las zonas de daño.

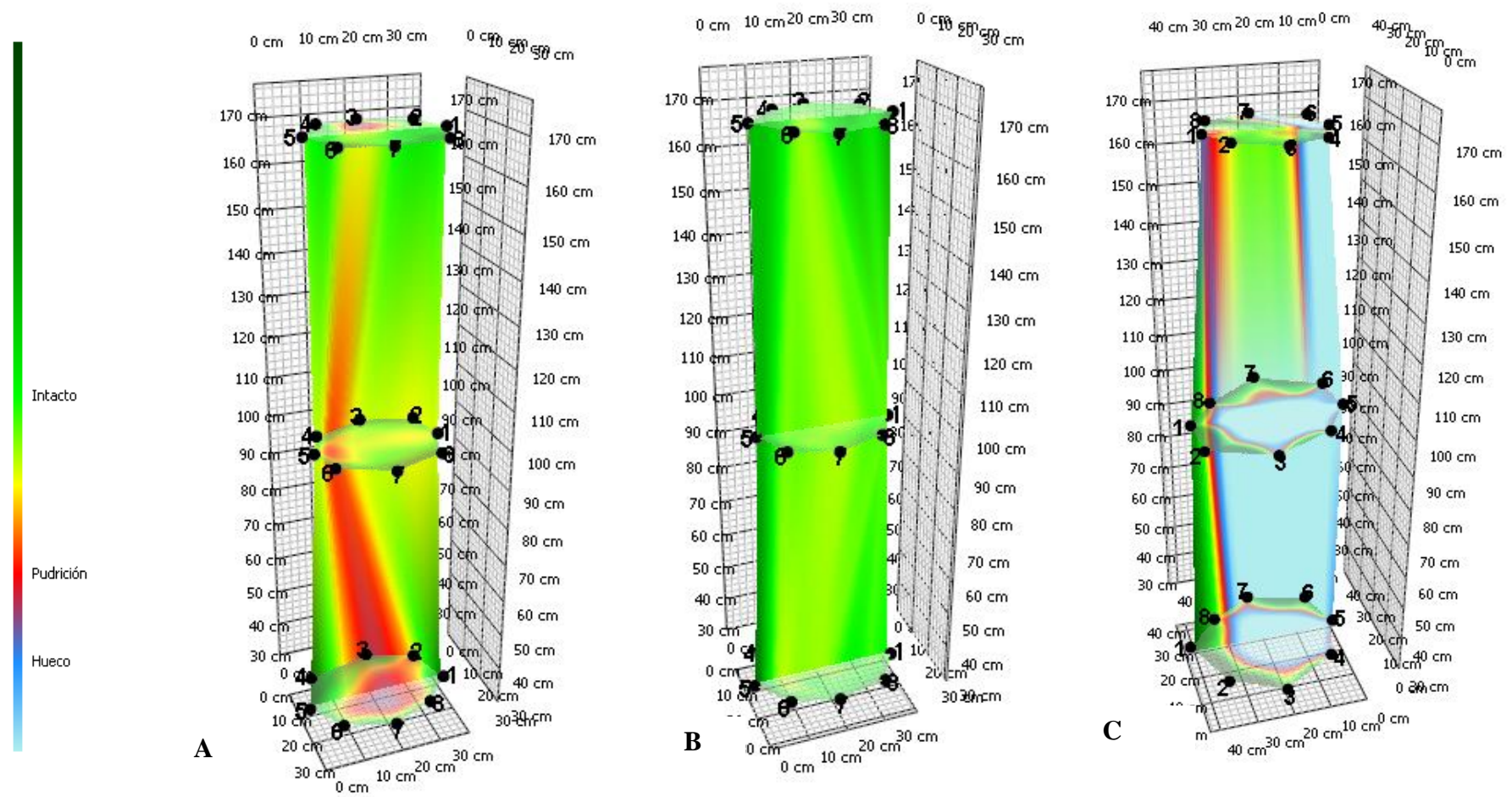


Figura 47. Proyección de los tomogramas en los árboles de *Schinus terebinthifolius*
 “A” ZIN-MC08, “B” árbol sano y “C” ZSE-MC11

Si bien, mediante la variación de la velocidad de transmisión de la onda se ha detectado las zonas de pudrición y oquedades dentro de las secciones transversales evaluadas en los árboles, existen otros factores, no deseados, que también alteran este registro. Según Basterrechea (2016) a parte de oquedades, degradaciones internas producidos por hongos de pudrición o ataque de insectos xilófagos, la presencia de nudos, fendas, bolsas de resinas hacen que la velocidad de transmisión de las ondas generadas sea diferente de la que presentaría el material sin defecto. Por lo que en los árboles de *Schinus molle* y *Schinus terebinthifolius*, al presentar tumoraciones y nudos respectivamente, pueden haber variado el registro de pudrición y oquedad encontrados e los árboles. De ahí, el cambio de coloración en los tomogramas de los árboles sanos.

Liang, et al., (2008) y Wang, et al., (2009) al trabajar con tomografía sónica determinaron que cuando una grieta interna está presente en el tronco del árbol, la tomografía acústica tiende a sobreestimar el tamaño del defecto. Asimismo, Ross y Pellerin (1991) mencionan que, en la madera, un aumento en contenido de humedad generalmente resulta en un aumento en tiempo de viaje de las ondas de sonido, o una resistencia al desplazamiento de la onda como lo menciona Quil (2009). Este último autor también indica que la velocidad del sonido depende del medio en el cual se transmite, pues dicha velocidad es mayor en los materiales más densos. De ahí que, en las distintas alturas evaluadas, en un mismo árbol, la velocidad registrada es diferente.

La Figura 48 muestra la evaluación realizada en el árbol de *Melia azedarach* (ZCO-ME04), ello en las tres alturas evaluadas. Los resultados revelan presencia de oquedad y madera en pudrición, los cuales no son visibles externamente. Esta afección está en proporciones similares en las tres alturas evaluadas.

En la evaluación de la primera capa (Figura 48A), a 0,30m de altura, se ha encontrado oquedad y madera en pudrición, lo que en conjunto generan un diámetro de 22,5cm en promedio y un área transversal con 40% de deterioro. En cuanto a la orientación de la oquedad, ésta es excéntrica, está concentrada principalmente en dirección sur, generando una pared residual de menor espesor en esta dirección.

En la segunda capa evaluada (Figura 48B), a 1,00m de altura, las proporciones de área afectada: pudrición y oquedad son menores respecto al área de madera sana. Pues, con un diámetro de oquedad de 15cm y 32cm se tiene que el 41% del área total está ocupada por

dicha afección. A diferencia de la primera capa, esta oquedad es céntrica, distribuida principalmente de Norte a Sur, dirección donde se muestra menor pared residual.

En la última capa de evaluación (Figura 48C), a 1,70m de altura, los defectos internos representan el 40% de la sección transversal evaluada, pues se registra un diámetro máximo de oquedad de 32cm. Dichos defectos son excéntricos y distribuidos principalmente en dirección Este, ello genera el mayor espesor de pared residual. en dirección Oeste.

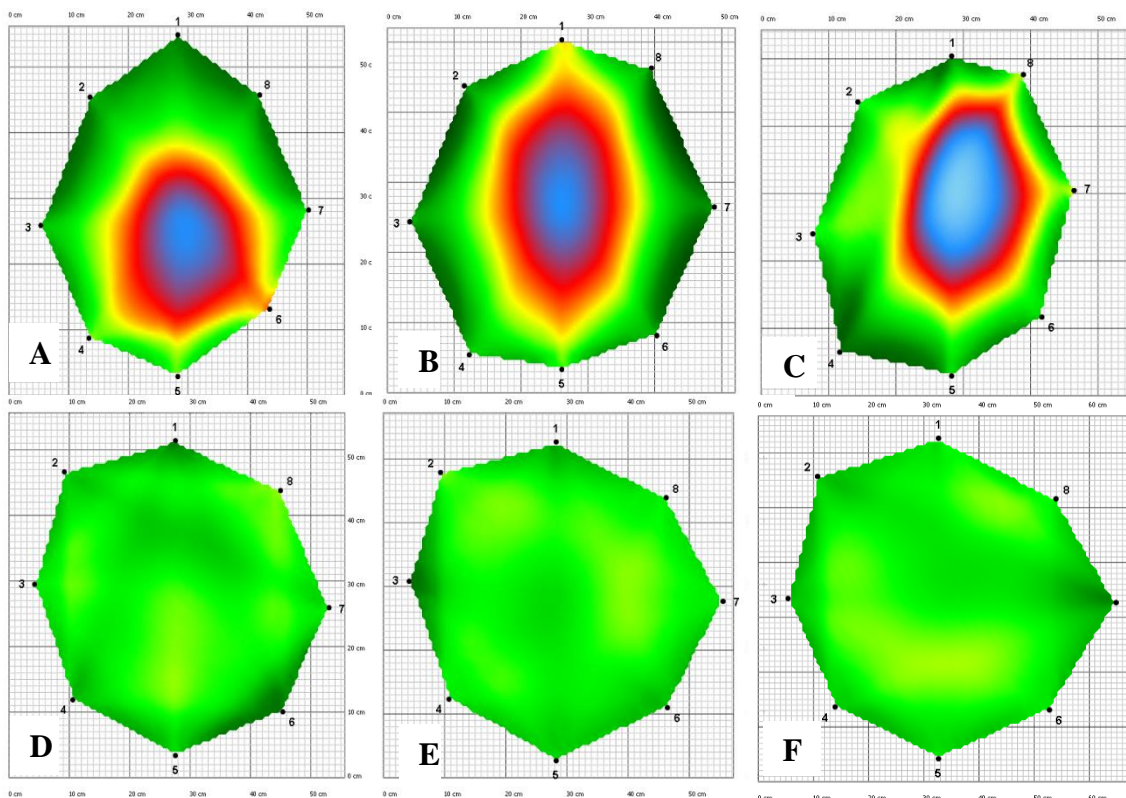


Figura 48. Tomogramas de los árboles de *Melia azedarach*: ZCO-ME04 y árbol sano “A y D” a 0.30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: árbol ZCO-ME04

De las tres capas evaluadas (Figura 48), la segunda es ligeramente la más afectada, en comparación a las otras; pero, se observa que la orientación del deterioro interno, a lo largo del fuste, sigue la dirección de la inclinación del árbol. Ya que, en la base está desviada en dirección Sur, en la segunda capa es céntrica y a los 1,70m se desvía en dirección Este.

En lo referente a *Melia azedarach*, árbol de código ZCO-ME17 (Figura 49), la tomografía revela la condición interna del fuste e indica la ubicación y gravedad del deterioro. El

porcentaje del área con afección, en las secciones transversales circulares, es mayor en comparación a la madera en buen estado.

La primera capa de evaluación, a los 0,30m de altura (Figura 49A), muestra la condición interna del cuello radicular o base del fuste, ella ha sido influenciada por la oquedad de la raíz encontrada durante la evaluación visual. A esta altura, el área afectada representa el 62% del total de la sección transversal, lo cual, es mayor al porcentaje de pared residual del árbol. De acuerdo con el tomograma graficado, el daño se distribuye homogéneamente dentro de la zona central del fuste, ello favorece la presencia de pared residual en toda la sección, el cual contribuye a la estabilidad del árbol.

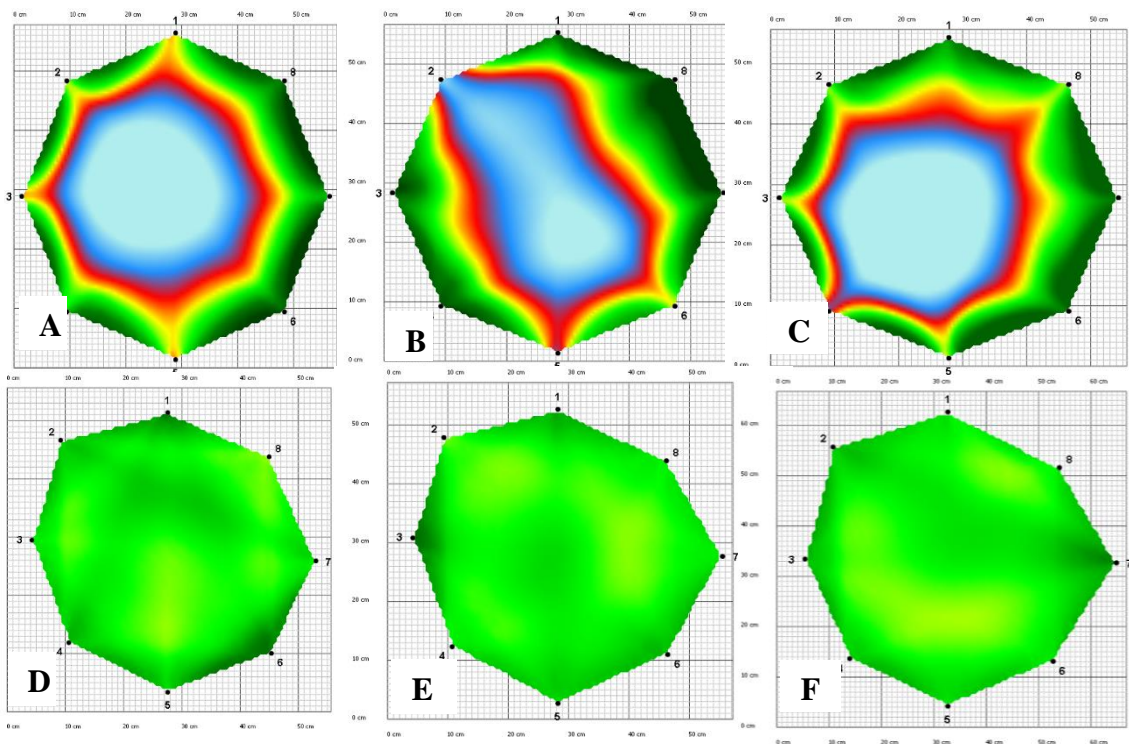


Figura 49. Tomograma de los árboles de *Melia azedarach*: ZCO-ME17 y árbol sano “A y D” a 0.30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: árbol ZCO-ME17

En la segunda capa de evaluación (Figura 49B), la sección afectada representa el 58% del área transversal. En función a la coloración mostrada, el principal problema es una oquedad, acompañada de restos de madera en descomposición. La posible causa de este defecto estructural, está relacionado con una poda antigua, no cicatrizada, que contiene madera en pudrición y afecta parte del fuste, próximo a esta altura de evaluación

A los 1.70m de altura (Figura 49C), en la última capa de evaluación de ZCO-ME17, se ha registrado igual porcentaje de afección que en la segunda capa, pues 58% de la sección transversal presenta madera en descomposición. Este deterioro, al igual que en la primera capa de evaluación, se distribuye homogéneamente en la zona central del fuste, ligeramente orientado al Sur-Oeste, donde se registra menor espesor de pared residual.

Durante las evaluaciones de los árboles de *Melia azedarach* se han encontrado puntos en el fuste donde la corteza del árbol se encuentra separada del tronco, especialmente en ZCO-ME04. Ello representa un problema y de no ser detectado durante la inserción de los sensores se puede tener registros incorrectos del tiempo y errores cuando el software grafique la sección transversal evaluada. Por ello, después de medir el espesor de corteza de estos árboles, para introducir los sensores en los ocho puntos de evaluación, se ha tenido en cuenta estos aspectos. No obstante, este espesor puede variar con la edad del árbol evaluado, hecho que pueda alterar algunas líneas de evaluación.

La Figura 50 revela la proyección de las tomografías, a tres alturas, realizadas en los árboles de *Melia azedarach*. De ésta, el árbol de código ZCO-ME17, por tener áreas transversales con mayor deterioro estructural, muestra mayor daño a lo largo del fuste. Caso contrario, el árbol usado para la calibración, árbol sano, (Figura 50B) muestra una coloración verde a lo largo del fuste, indicador de madera en buen estado.

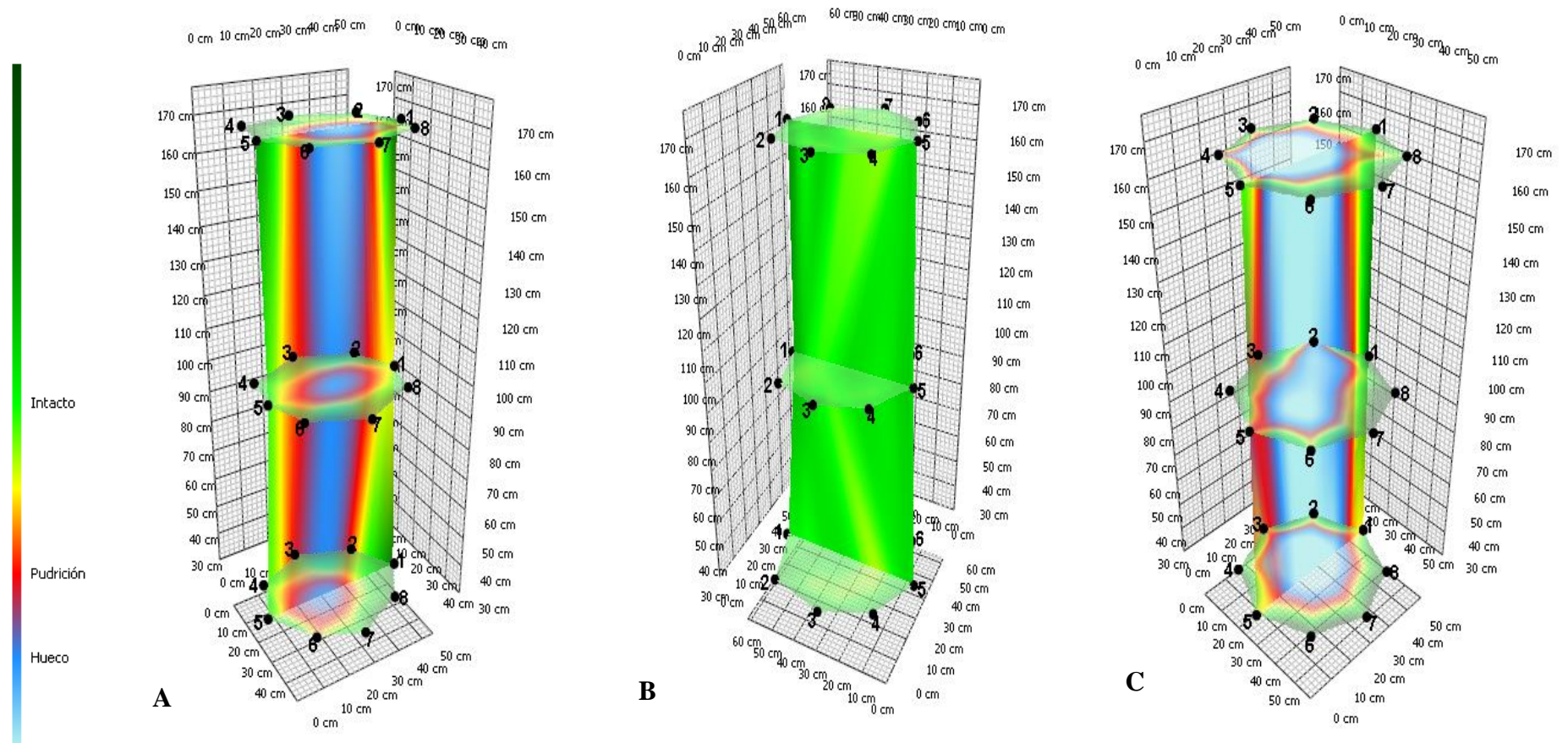


Figura 50. Proyección de las áreas transversales evaluadas en los árboles de *Melia azedarach* "A" ZCO-ME04, "B" árbol sano y "C" ZCO-ME17

En lo que refiere a *Spathodea campanulata*, los tomogramas de esta especie indican grados de pudrición y oquedad en las tres alturas estudiadas. El árbol de código ZIN-TA16 (Figura 51), en la primera capa evaluada a 0,30m, se registra un área transversal afectada con 52% de daño: oquedad y madera podrida. Dicha afección tiene una orientación en dirección Este donde existe el menor espesor de pared residual y por donde, centímetros más arriba se encuentra el principal hueco en el fuste, detectado durante la evaluación visual.

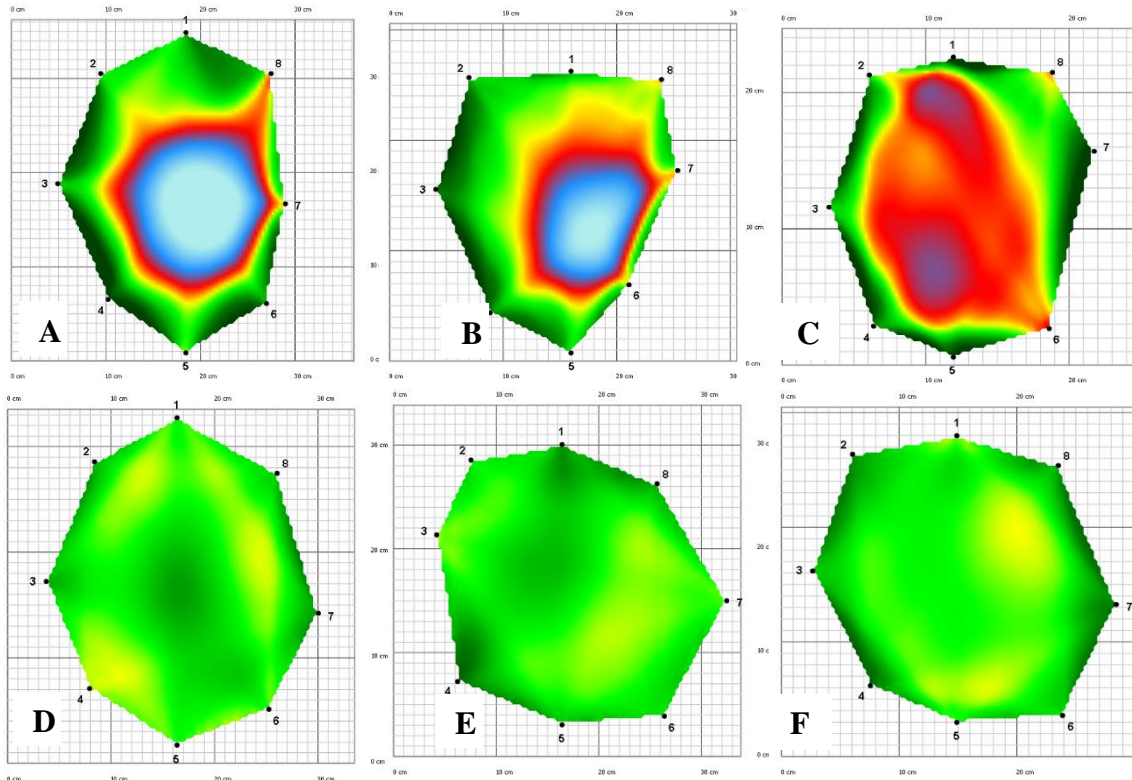


Figura 51. Tomograma de los árboles de *Spathodea campanulata*: ZIN-TA16 y árbol sano “A y D” a 0.30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: ZIN-TA16

En la segunda capa evaluada (Figura 51B), el área afectada representa el 51% del total. A esta altura, al igual que en la primera capa, hay influencia del hueco registrado durante la evaluación visual. Consecuencia de ello, se evidencia el menor espesor de pared residual en dirección Este, lo que otorga menor resistencia de la madera, en esta dirección.

En el tomograma de la tercera capa, a los 1.70m de altura, el área con deterioro representa el 56% de la sección transversal. En esta altura, a diferencia de las anteriores, la madera está en proceso de descomposición, ya que, no se presenta oquedades pronunciadas; no obstante, hay una reducción de las propiedades mecánicas de la madera en pie.

En lo referente al otro árbol de *Spathodea campanulata*, código ZIN-TA19 (la Figura 52), el tomograma, de sus tres capas evaluadas, muestra presencia de madera en descomposición en diferentes proporciones. En la primera capa, el software ha graficado la oquedad visible externamente; en dicha sección, el área de pudrición, más la oquedad representan el 23% del área transversal evaluada. De ahí que, las coloraciones de los tomogramas difieran, en comparación a lo graficado en el tomograma del árbol sano, a la misma altura (Figura 52D).

En la segunda capa de evaluación (Figura 52B), el área afectada representa el 36% de la sección total, esta afección está concentrada en dirección de Norte a sur, perpendicular a la fuerza del viento. Externamente, en el fuste no se ha encontrado signo alguno que indique presencia de pudrición interna.

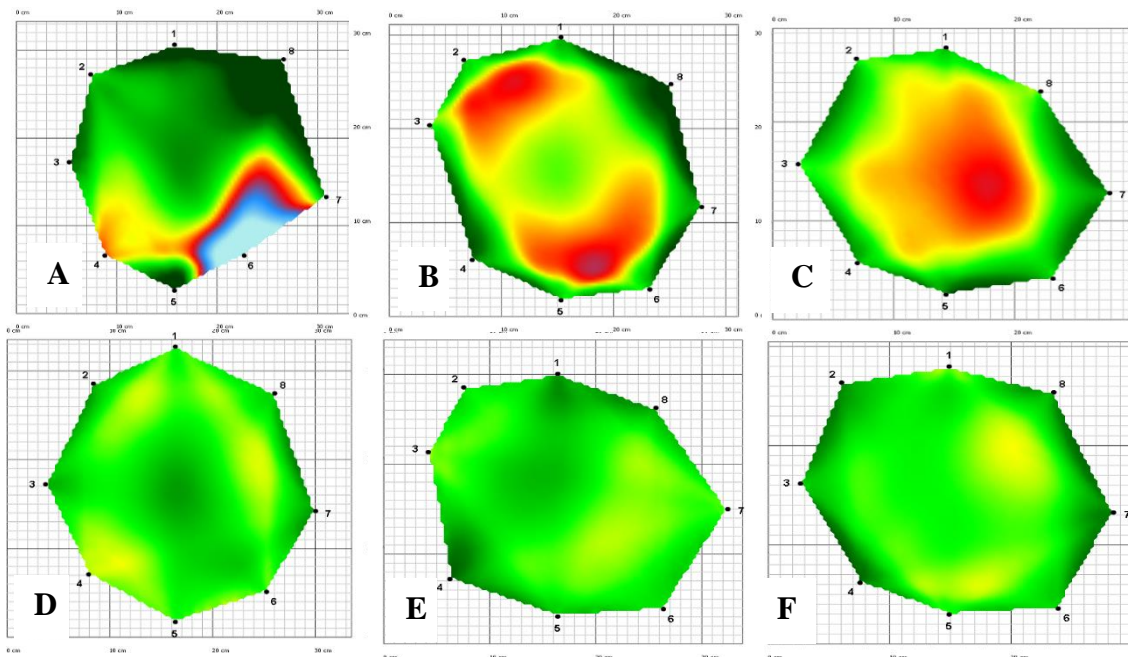


Figura 52. Tomograma de los árboles de *Spathodea campanulata*: ZIN-TA19 y árbol sano “A y D” a 0.30m, “B y E” a 1,00m y “C y F” a 1,70m de altura. Parte superior: ZIN-TA19

En la última capa de evaluación, a 1.70m de altura, se registra la mayor área con deterioro interno en el árbol, pues a esta altura el 42% de la sección evaluada resultó con madera podrida. Indicios o signos de pudrición externos son una oquedad a 30cm sobre esta evaluación.

Cabe mencionar que, en los árboles de *Spathodea campanulata*, a diferencia de las otras especies evaluadas, se ha registrado un mayor contenido de humedad de la corteza y de la madera en pie, esto influye en la transmisión de la onda de un sensor a otro; por ende, en los tomogramas mostrados. No obstante, los tomogramas del árbol sano, correspondiente a *Spathodea campanulata*, mediante la coloración verde indican madera sana, en buen estado, con lo que esta influencia es mínima.

En la Figura 53 se observa la proyección de los tomogramas, de las tres capas evaluadas, de los árboles de *Spathodea campanulata*. De ahí, el árbol de código ZIN-TA16 muestra mayor deterioro interno hasta 1,70m de altura. Caso contrario, el árbol sano, al igual que en los casos anteriores, exhibe una coloración verde, lo que indica madera sana.

Cabe indicar que existen factores como humedad, grietas internas, presencia de gomas, perforación de termitas, edad de la madera, etc., que alteran la velocidad de la onda de un árbol a otro y dentro de un mismo árbol. Ellos pueden influir en sobreestimar el defecto interno, por lo que se tiene que analizar cada uno de los tomogramas, antes de tomar decisiones que conlleven el retiro de los árboles. Aparte de ello, según el manual de Fakopp (2015), el software, al igual que cualquier hardware está sujeto a un margen de error instrumental y/o humano.

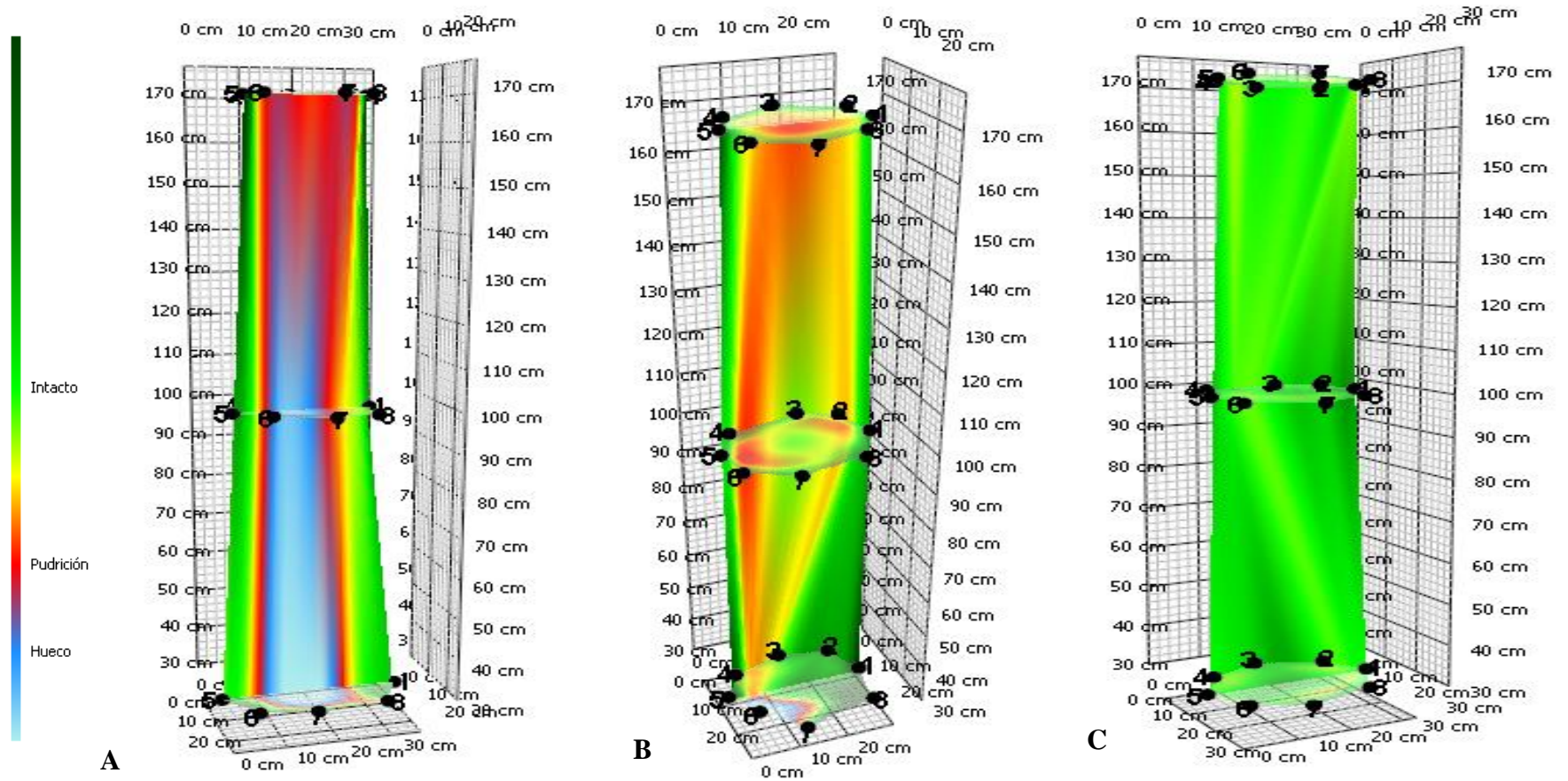


Figura 53. Proyección de los tomogramas, en los árboles de *Spathodea campanulata*
 “A” código ZIN-TA16 Y “B” código ZIN-TA19

B. BIOMECÁNICA Y SEGURIDAD DE LOS ÁRBOLES

El estudio biomecánico permitió calcular el factor de seguridad, mediante el software ArborSonic 3D 5.2.115, y con ello mostrar que la mayoría de árboles evaluados presenta un riesgo bajo de caída. Ello en función al grado de la pudrición encontrado en las tres alturas, condiciones físico mecánicas propias de la especie, en función a las condiciones externas como la velocidad del viento y otros parámetros antes mencionados.

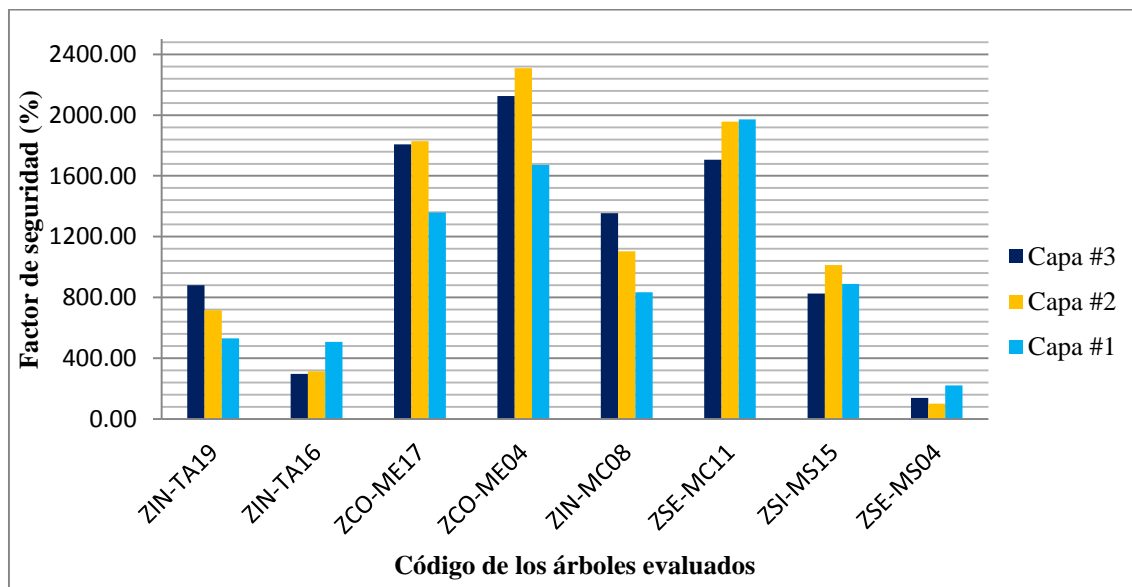


Figura 54. Factor de seguridad calculado mediante el software ArborSonic 3D 5.2.115

La Figura 54 presenta el factor de seguridad de los ocho árboles estudiados, ello en las tres capas evaluadas. De ahí se observa que el árbol ZSE-MS04 tiene un menor factor de seguridad en la segunda capa evaluada (100%); por tanto, mayor probabilidad de fallo, seguido de éste está el árbol ZIN-TA16 el cual ostenta un mayor porcentaje de seguridad en la primera capa. Finalmente, ZCO-ME04 es el árbol con mayor factor de seguridad (2309%) y menos peligroso, en la segunda capa de evaluación.

A continuación, se muestra los valores del factor de seguridad de las capas con mayor porcentaje de deterioro (Cuadro 12). De los ocho árboles, solo un presenta un riesgo alto, ya que, ostenta un factor o coeficiente de seguridad menor al mínimo, pues según Fakopp (2015) un árbol puede considerarse seguro si el coeficiente de seguridad es mayor de 150%.

Cuadro 12. Valores del factor de seguridad de las capas con mayor deterioro estructural

CÓDIGO	CAPA	ALTURA	ÁREA EN PUDRICIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD	ÍNDICE DE RIESGO
ZSI-MS15	Capa #2	100 cm	55 %	1013 %	Riesgo bajo
ZSE-MS04	Capa #2	100 cm	67 %	100 %	Riesgo alto
ZIN-TA16	Capa #3	170 cm	60 %	296 %	Riesgo bajo
ZIN-TA19	Capa #3	170 cm	42 %	881 %	Riesgo bajo
ZCO-ME04	Capa #2	100 cm	41 %	2309 %	Riesgo bajo
ZCO-ME17	Capa #1	30 cm	62 %	1359 %	Riesgo bajo
ZIN-MC08	Capa #1	30 cm	49 %	833 %	Riesgo bajo
ZSE-MC11	Capa #2	100 cm	68%	1958 %	Riesgo bajo

Las condiciones de la biomecánica (Anexo 11) como el área de la copa, inclinación, límite de elasticidad etc., propio de cada árbol, sumado a la velocidad del viento han influenciado en los valores de la carga máxima que va soporta el árbol. De ellos, para el cálculo del factor de seguridad, el software registra principalmente valores de las propiedades físico-mecánicas de las familias a las que pertenecen los árboles, salvo el caso de *Melia azedarach* que tiene registrado dichas propiedades para el género de la especie. Por lo que los factores de seguridad pueden variar si consideramos dichas propiedades y no las obtenidas directamente de los árboles, a pesar de ello se ha introducido propiedades obtenidas mediante revisión bibliográfica para cada especie.

Por ejemplo, el software considera para Anacardiaceae, familia a la que pertenecen los árboles de molle, una densidad de $0,605\text{g/cm}^3$, cuando *Schinus molle*, según FAO (2014), presenta una densidad de $0,660\text{g/cm}^3$. De igual manera para la familia Bignonaceae, a la cual pertenece *Spathodea campanulata*, el software considera una densidad de $0,605\text{g/cm}^3$ cuando lo encontrado por Sotomayor (2016) es de $0,338\text{g/cm}^3$, entre otras propiedades que han tenido que ser cambiadas directamente en el software. A pesar de ello, las propiedades físicas y mecánicas dentro de un árbol pueden variar dependiendo de su altura en el fuste, ya que como menciona Navia (2006) dentro de un mismo árbol, la proporción de madera juvenil aumenta al aumentar la altura. Asimismo, recalca dicho autor que esta madera juvenil se caracteriza por su baja densidad, paredes celulares delgadas, traqueidas cortas con lúmenes grandes, alto ángulo del grano, y alto ángulo

microfibrilar, esto tiene como consecuencia baja rigidez y módulo de elasticidad y pobre estabilidad dimensional comparada con la madera madura.

4.2.3. COMPROBACIÓN

A. MEDIANTE RESISTENCIA A LA PERFORACIÓN

Las evaluaciones realizadas con el resistógrafo muestran que el 100% de los individuos que conforman la muestra, en las tres alturas evaluadas, presentan una reducción de la densidad a lo largo de área transversal, ello es indicador de la descomposición interna de la madera. De igual manera, el 100% de la muestra presenta oquedades en una o más de las alturas evaluadas. (Anexo 7)

La resistencia a la penetración del árbol de Melia, código ZCO-ME04, ha mostrado variaciones de la densidad en las secciones transversales evaluadas. A 0,30m de altura el resistograma muestra tres zonas de menor densidad, las cuales confirman la oquedad encontrada con el software ArborSonic 3D, quien sobreestima los defectos encontrados. De igual manera, a 1,00m y a 1,70m de altura los picos de densidad descienden hasta lo mínimo indicando presencia de madera en descomposición u oquedades en el fuste. Caso similar en el otro árbol de Melia (ZCO-ME17) donde el resistograma revela un comportamiento más homogéneo de la densidad a 1,00m de altura; no obstante, a los 1,70m y a 0,30m de altura hay una caída de la densidad indicando deterioro interno en el árbol.

La evaluación realizada en el árbol de *Schinus molle* (ZSE-MS04) indica cambios en la densidad de la madera y oquedades de 14cm, 26cm y 24cm a alturas de 0,30m, 1,00m y 1,70m respectivamente, en las direcciones evaluadas. Dichas oquedades, también fueron detectadas en el tomograma graficado por el software ArborSonic 3D, sobreestimando el defecto para la primera capa. Ello indica mayor deterioro y menor pared residual para soportar los movimientos ocasionados por la fuerza del viento. Por su parte el árbol de código ZSI-MS15, a los 0,30m de altura solo presenta una leve disminución de la densidad entre los 13cm y los 17cm de la línea de evaluación. Caso contrario, a 1,00m de altura se ha detectado posible oquedad o madera en descomposición con un diámetro de 16cm aproximadamente y a los 1,70m reducción de la densidad al inicio de la penetración.

La resistencia a la penetración en los árboles de *Schinus terebinthifolius* indican que ZSE-MC11 tiene la menor pared residual encontrada en ambas alturas. Pues según el resistograma a 0,30m y a 1,00m de altura se encuentran 7cm y 1,5cm de pared residual respectivamente, ambos ubicados en dirección norte. En los centímetros restantes no hay ninguna resistencia mecánica a la penetración, lo cual, es indicio de madera descompuesta u oquedad. A los 1,70m de altura también se encuentra zonas de resistencia mínima de la madera, ello ubicado en los últimos centímetros de perforación, orientado en dirección Sur. Por su parte el árbol ZIN-MC08 registra menor resistencia a la perforación en la primera capa de evaluación, a 0,30m de altura, esto debido a la pudrición de la madera ocasionada por los cuerpos fructíferos de hongos. A los 1,70m se muestra disminución de la densidad de la madera en los primeros centímetros y en los últimos de la perforación, en dirección Este –Oeste.

De igual manera, los árboles evaluados de *Spathodea campanulata* muestran secciones con diferentes grados de resistencia a la perforación. En el árbol ZIN-TA16 se ha encontrado, en las tres alturas evaluadas, zonas con resistencia mínima a la broca, lo cual representa reducción mínima de la densidad de la madera. Esto corrobora lo encontrado por la representación tomográfica: oquedad en la región del fuste. Por su parte, el árbol de ZIN-TA19 en la primera capa evaluada, el resistograma reconoce al inicio de la perforación, menor densidad y luego la densidad se mantiene relativamente constante hasta el final. En las dos alturas siguientes, según el resistograma se ha encontrado zonas con densidades mínimas en el recorrido de la broca, en especial a los 1,70m que indica reducción mínima de la resistencia de la madera.

Es importante comprender que la descomposición no es la única condición que causa un cambio en la resistencia a la penetración. Aparte de las variaciones naturales en la densidad de la madera (madera temprana, tardía, madera de tensión y de compresión), otros factores como la presencia de grietas internas o actividad de insectos pueden producir cambios en la resistencia. (Calaza e Iglesias, 2016)

B. COMPARACIÓN DIRECTA

La caída del árbol ZSE-MS04 permitió la comprobación de la metodología empleada para evaluar internamente los árboles en pie. Mediante un corte con motosierra en las alturas evaluadas, se pudo comprobar que, las coloraciones mostradas en las capas evaluadas, indican oquedad, madera en descomposición o madera sana, según el caso.

De la Figura 55 se muestra la pudrición real y la encontrada en las tres alturas evaluadas del árbol de ZSE-MS04. Los porcentajes de área afectada, encontrados con el software, son de 62%, 66% y 65% a alturas de 0, 30m, 1,00m y 1,70m respectivamente. En cambio, los porcentajes reales, encontrados de forma directa sobre el área transversal, son de 53%, 58% y 59% a 0, 30m, 1,00m y 1,70m de alturas respectivamente. De ahí se tiene valores sobreestimados para el software, ello debido a la inserción de los sensores, entre otras causas.

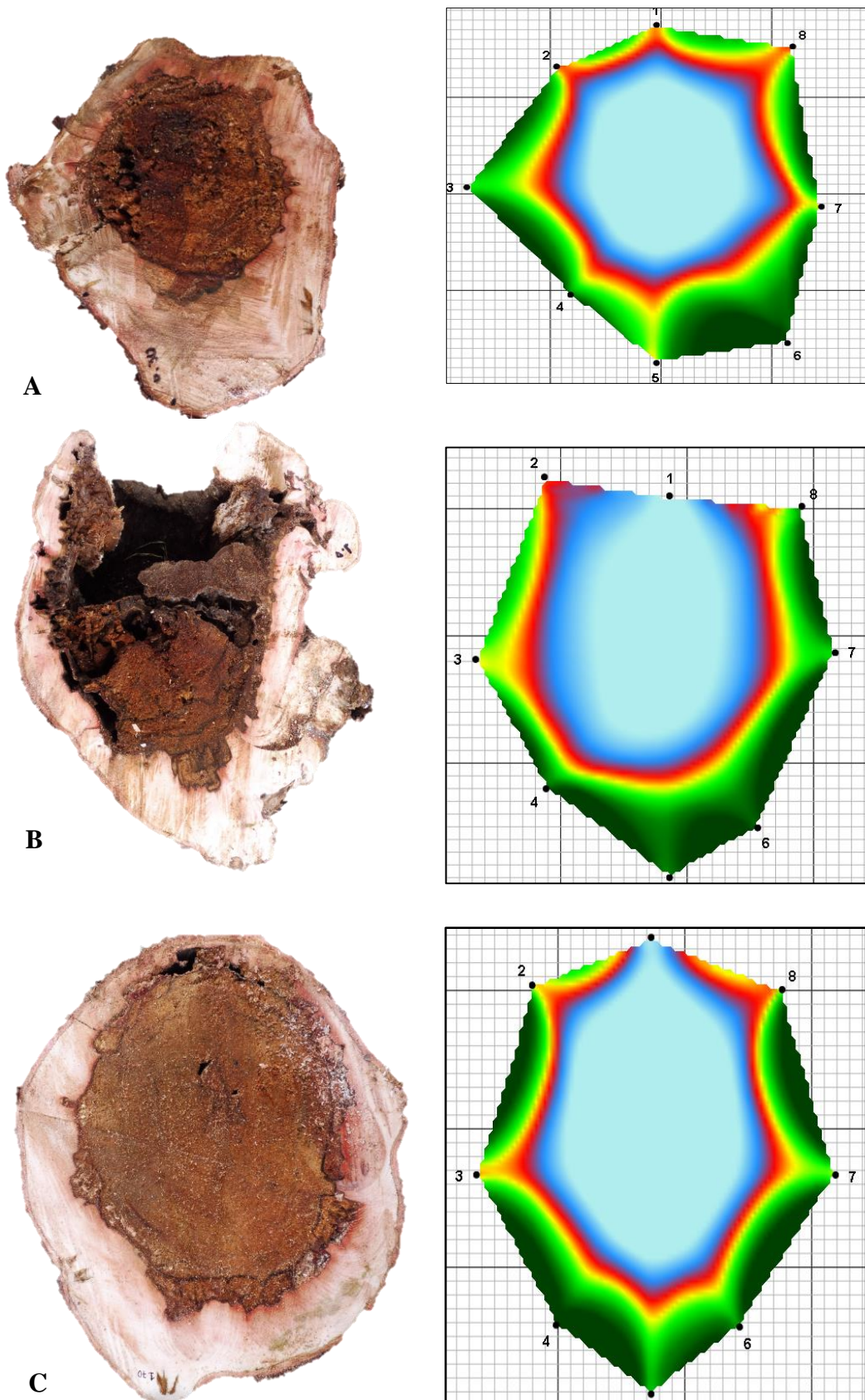


Figura 55. Comprobación del método de evaluación interna, árbol ZSE-MS04
 “A” a 0,30m de altura; “B” a 1,00m de altura; “C” a 1,70m de altura

4.3. CATEGORÍAS DE RIESGO DEL ÁREA

En cuanto a la distribución de las cuatro especies más abundantes, con las afecciones antes mencionadas, la Figura 56 muestra que la mayoría de ellos (42%) se encuentra ubicado en zonas de uso constante por los visitantes, lo cual, de acuerdo a la clasificación nos determinan áreas con riesgo muy alto. Estos lugares son principalmente Picnic Selva y las áreas verdes al costado del restaurant Chabuca Granda.

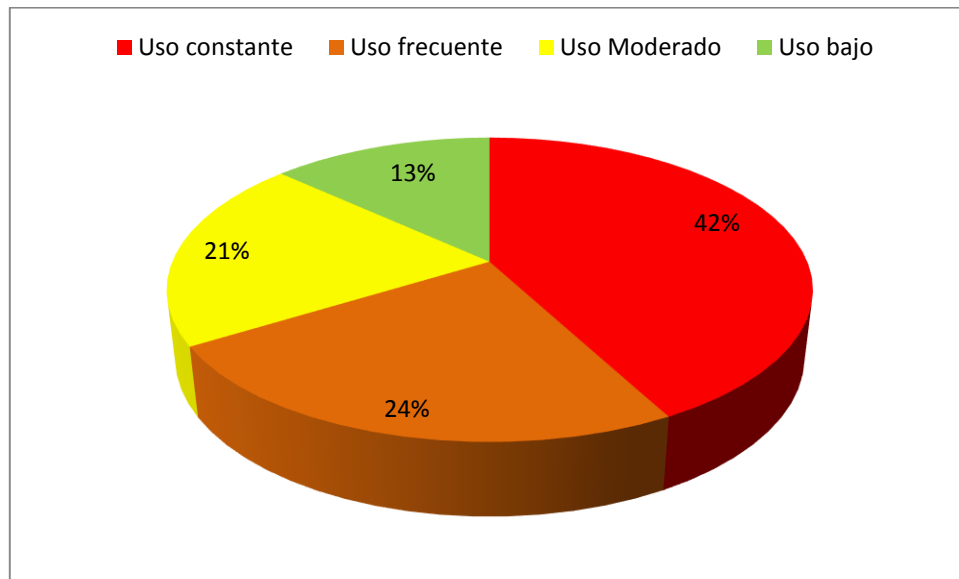


Figura 56. Porcentaje de árboles afectados, de acuerdo a su ubicación

En las zonas de uso constante, la especie que presenta mayor número de árboles afectados es *Schinus terebinthifolius* y *Schinus molle*. De ahí que estas áreas son las prioritarias para realizar actividades silviculturales u otras que reduzcan el riesgo del arbolado.

En los lugares de uso frecuente están establecidos el 24% de los árboles con las afecciones detectadas, lo cual determinan áreas con riesgo alto. Las áreas consideradas dentro de esta categoría corresponden a zonas cercanas a los animales, donde las personas se detienen para observarlos: áreas cercanas a los Hipopótamos (Zona internacional), lugar dominado por árboles de *Spathodea campanulata*, muchas de ellas en mal estado, o calles muy transitadas por los visitantes como aquellas ubicadas entre los Búfalos y el felinario (zona internacional) donde también se tiene mayor presencia de *Spathodea campanulata*.

En los lugares de menor uso, se encuentran el 21% de los árboles registrados con defectos estructurales, lo cual determinan las zonas de riesgo moderado. Los lugares que

pertenecen a dicha categoría lo conforman las áreas verdes al costado de los cocodrilos y la muralla 46A, picnic felinario, área verde entre los laberintos y Huaca la Palma, entre otros. En esta categoría están los árboles de *Melia azedarach* y *Spathodea campanulata*.

Finalmente, el 13% de los árboles afectados se encuentran en zonas de uso casual, lo cual, generan áreas con un riesgo bajo. A esta categoría pertenecen áreas como el campo deportivo, la zona sierra en su mayoría, el jardín botánico, áreas verdes que rodean la laguna recreativa, entre otras, lugares donde no se ha registrado árboles defectuosos.



Figura 57. Zonas de uso constante por los visitantes del PATPAL
“A” y “B” Zona selva (Picnic selva)

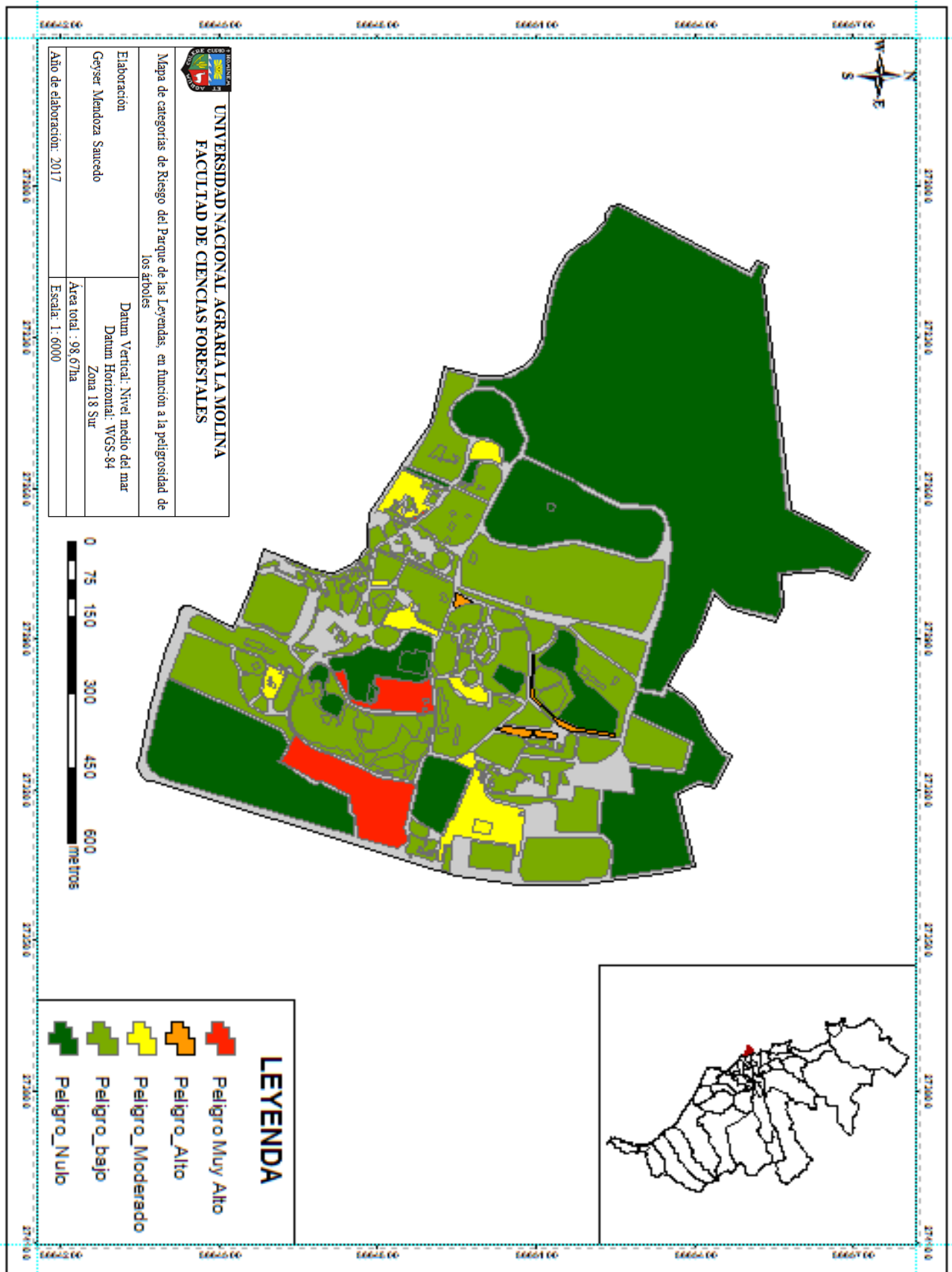


Figura 58. Mapa de categorías de Riesgo del Parque de las Leyendas, en función a la peligrosidad de los árboles

4.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS AGENTES PATÓGENOS.

La identificación de los agentes causales de la pudrición de los árboles muestra indica que el 100% de estos son hongos pertenecientes a tres especies diferentes. De las tres especies de patógenos, *Ganoderma sp* es el que se ha encontrado en las cuatro especies de árboles evaluados, ello identificado a través del cuerpo fructífero o mediante la madera en pudrición. A la luz de las últimas investigaciones se ha podido determinar que *Ganoderma sp* corresponde a la especie *Ganoderma australe* Orellana (2014) y Manta (2015).

Cuadro 13. Agentes patógenos causantes de la pudrición de los árboles en pie

ESPECIE	CÓDIGO	PATÓGENOS
<i>Schinus terebinthifolius</i>	ZIN-MC08	<i>Ganoderma sp</i>
	ZSE-MC11	<i>Ganoderma sp</i>
<i>Schinus molle</i>	ZSE-MS04	<i>Brachysporium sp</i> <i>Coniothyrium sp</i> <i>Ganoderma sp</i>
	ZSI-MS15	<i>Brachysporium sp</i>
<i>Melia azedarach</i>	ZCO-ME04	Sin muestra
	ZCO-ME17	<i>Ganoderma sp</i>
<i>Spathodea campanulata</i>	ZIN-TA16	<i>Brachysporium sp</i>
	ZIN-TA19	<i>Brachysporium sp</i> <i>Ganoderma sp</i>

Los demás hongos encontrados: *Brachysporium sp* en árboles de *Schinus molle*, *Spathodea campanulata* y *Melia azedarach*, *Coniothyrium sp* solamente en un árbol de *Schinus molle* (Cuadro 13), identificado a partir de madera en descomposición, puesto que estos hongos no han desarrollado cuerpo fructífero.

Cabe mencionar que en el caso del árbol de *Melia azedarach* (código ZCO-ME04), debido a que no se ha obtenido muestra de madera podrida o cuerpo fructífero de hongo, no se ha podido identificar los patógenos causales. En cambio, en el árbol de *Schinus molle* (ZSE-MS04), se ha obtenido muestras desde la zona radicular (cuerpo fructífero de hongo) hasta parte de las ramas (madera en descomposición), esto permitió identificar a *Ganoderma sp* en la raíz y a 1,00m de altura en fuste; *Brachysporium sp* y *Coniothyrium sp* a 1,70m de altura y *Brachysporium sp* en la madera podrida de la rama.

4.4.1. *Ganoderma sp*

Ganoderma sp., es un hongo que pertenece a la familia Ganodermataceae. Este género pertenece a los hongos poliporales, que causan pudrición blanca en madera viva o muerta, es uno de los más amplios al contar con más de 250 especies reportadas en todo el mundo (Cepero et al., 2012).

Cuadro 14. Clasificación taxonómica de *Ganoderma sp*

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Subfilum	Agaricomycotina
Clase	Agaricomycetes
Orden	Polyporales
Familia	Ganodermataceae
Género	Ganoderma
Especie	Ganoderma sp

Estos hongos son los principales causantes de la reducción de las propiedades físico mecánicas y, por ende, de la estabilidad de los árboles en el Parque de las Leyendas. Ya que como menciona Muthelo (2009) las especies de *Ganoderma* son hongos importantes de descomposición de la madera, pues causan pudrición de raíces y tallos en una variedad de monocotiledóneas, dicotiledóneas y gimnospermas, lo que resulta en la muerte de los árboles afectados o fractura del árbol. Además, según Dill y Kraepelin (1986), las especies de *Ganoderma* pueden eliminar hasta el 99% de lignina mientras se descomponen tejidos de diferentes tipos de madera. Con lo cual están aumentando la peligrosidad de los árboles evaluados.

Según Muthelo (2009) de este género, algunas especies son saprófitas y causan podredumbre blanca de la madera. *Ganoderma sp* es particularmente diverso en los trópicos, donde no solo afecta a los árboles sino también a los cultivos (Suárez et al., 2012). En Malasia e Indonesia *Ganoderma sp.*, es considerado la enfermedad más importante en los bosques de palma aceitera (Idris et al., 2004). De igual manera, Elliott

y Broschat (2000) informó que, en EE.UU., *Ganoderma zonatum* causó putrefacción de 59 especies de palmeras.

Si bien en nuestra área de estudio se ha encontrado a *Ganoderma* como el principal patógeno causante de pudrición, este género ha sido registrado en otros lugares del mundo afectando otras especies forestales. Ya que se registra *Ganoderma sp.*, causando pudrición de la raíz en *Jacaranda mimosifolia* en Sudáfrica, en Indonesia, causando pudrición radicular en *Acacia mangium*. (Muthelo, 2009). Asimismo, Sadys et al., (2014) indica que, en Inglaterra, la Comisión Forestal ha destacado *Ganoderma sp.*, como un patógeno importante que ataca muchas especies de árboles. Incluso en el Perú, investigaciones realizadas por Bazán (1973) identificó en la ciudad de Lima *Ganoderma applanatum* en árboles de *Casuarina cunninghamiana* y *Delonix regia*.

También SENASA (2008), en la misma ciudad (Distrito de Villa el Salvador) encontró *Ganoderma applanatum* en árboles de *Grevillea robusta*. Finalmente, Orellana (2014) en su trabajo de investigación en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina, registró el género *Ganoderma* en nueve árboles forestales pertenecientes a seis especies dentro de las cuales figura *Melia azedarach*.

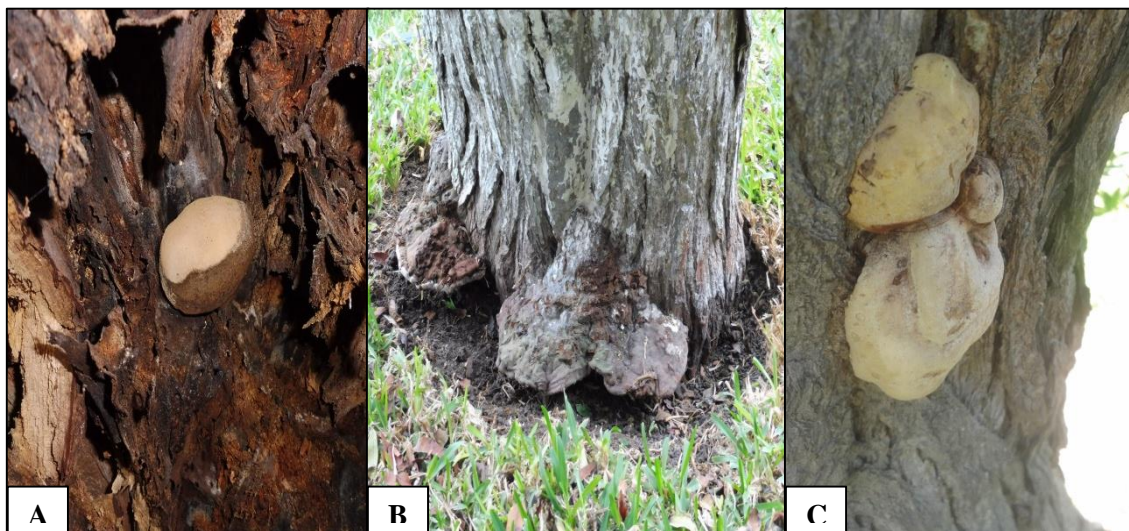


Figura 59. Cuerpo fructífero de *Ganoderma sp* encontrados en árboles de molle.
” A” en zona radicular de ZSE-MS04, “B” en fuste de ZIN-MC08, “C” en fuste de ZSE-MC11

4.4.2. *Coniothyrium sp*

Dentro de nuestro estudio, *Coniothyrium sp* es un hongo que sólo se ha encontrado en *Schinus molle*, ello en restos de madera podrida del interior del árbol, no ha desarrollado cuerpo fructífero. No obstante, este hongo ha sido registrado en otras especies forestales, principalmente se ha encontrado en árboles de *Eucalyptus sp* causando deterioro de la madera.

Coniothyrium sp fue reconocido, por primera vez, en Sud África, y luego en otros países como México donde desarrolló grandes canchros que reducían la calidad de la madera y que incluso podían llevar a la muerte de los árboles (Roux et al., 2002). También al norte de Italia, al aislar madera necrótica de canchros del árbol de *Crataegus monogyna* se encontraron *Coniothyrium sporulosum* como causante del deterioro de dicha madera, provocando decoloración marrón en el xilema (Montecchio y Causin. 2002). También, Swart (1986) indica la presencia de *Coniothyrium sp* en árboles de *Eucalyptus dives*, *Eucalyptus obliqua* y *Eucalyptus macrorhyncha*. A parte de ello, se ha usado a especies del género para el control biológico de *Sclerotinia sclerotiorum*. (Williams et al. 1998)

Cuadro 15. Clasificación taxonómica de *Coniothyrium sp*

Reino	Fungi
División	Ascomycota
Subfilum	Pezizomycotina
Clase	Dothideomycetes
Orden	Pleosporales
Familia	Coniothyriaceae
Género	Coniothyrium
Especie	Coniothyrium sp

4.4.3. *Brachysporium sp*

En nuestro estudio, *Brachysporium sp* se ha identificado en los árboles de *Schinus molle* y *Spathodea campanulata*. En ambas especies se ha registrado en muestras de madera en descomposición y húmeda, extraídas de la zona afectada del árbol. De igual manera, trabajos realizados por el Departamento de Biología Ambiental y Forestal de la Universidad Estatal de Nueva York encontraron siete especies de *Brachysporium* en pedazos de madera podrida recolecta de los bosques de madera dura del norte y unas pocas plantaciones de coníferas en 24 condados en Nueva York (Wang, 2010).

Por ser un hongo saprófito (Buitrago et al., 2015) es común encontrarlo sobre madera podrida y en la corteza de diversos árboles, en distintas partes del mundo Arias et al., (2010). De ahí que no puede ser un agente causal de la descomposición interna de los árboles de *Schinus molle* y *Spathodea campanulata*, pero sí puede contribuir a ello.

Cuadro 16. Clasificación taxonómica de *Brachysporium sp*

Reino	Fungi
División	Ascomycota
Subfilum	Pezizomycotina
Clase	Sordariomycetes
Orden	Trichosphaeriales
Familia	Trichosphaeriaceae
Genero	Brachysporium
Especie	<i>Brachysporium sp</i>

También se ha encontrado hongos de este género en cultivos agrícolas, pues en un estudio realizado sobre plagas en cultivos agrícolas en Nicaragua, el IPSA (2016) ha registrado *Brachysporium torulosum* en cultivos de plátano y *Brachysporium sp* causando manchas en hojas de maracuyá. Por otro lado, Iyayi y Mareen (2012) registraron presencia de *Brachysporium* atacando frutos agrícolas de palta, mango y manzana. Así como también, Horst (2001) describió conidióforos de *Brachysporium* encontrados en un fruto podrido de tomate.

4.5. PROPUESTAS TÉCNICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE CAÍDA DE LOS ÁRBOLES EN EL PARQUE DE LAS LEYENDAS

- Seleccionar las especies adecuadas, que se ajusten a las condiciones del sitio y a las restricciones espaciales, para evitar inconvenientes con las construcciones y con las líneas eléctricas aéreas. Connor y Francis (2004) dicen que no es recomendable plantar *Spathodea campanulata* cerca de caminos o edificios, porque los árboles se vuelven huecos con la edad y tienen sistemas radicales poco profundos. Calaza e Iglesias (2016), indican que *Melia azedarach* es una de las especies propensas a presentar roturas de ramas en el punto de unión al tronco y *Schinus molle*, en función a su peligrosidad, presenta fallos en las ramas estructurales y en el tronco.
- Realizar el inventario forestal del Patronato del Parque de las Leyendas, acompañado de un diagnóstico sanitario, utilizando una evaluación visual con escalas, para detectar árboles con defectos estructurales y daños mecánicos que comprometan su estabilidad.
- Efectuar podas de seguridad para reducir el peso de la copa, evitar fracturas de ramas sobrecargadas y equilibrar la copa de los árboles.
- Cuantificar el riego de los árboles, de acuerdo a la edad y los requerimientos de la especie. Bulnes et al., (2017) en su libro “Árboles y Palmeras del vivero Forestal” publica los requerimientos de agua para muchas de las especies forestales, de las cuales, algunas están plantadas en el Patronato del Parque de las Leyendas.
- Elaborar el mapa de riesgo de caída del arbolado PATPAL, en función a la evaluación visual y el uso público del área de influencia. Para ello, siguiendo la propuesta de Pokorny y Albers (2005) y Provís (2015) planteamos algunos criterios para categorizar el riesgo (Cuadro 17).

Cuadro 17. Propuesta para categorizar el Parque de las leyendas, en función al riesgo de caída de los árboles

CATEGORÍA DE RIESGO	COLOR	ESPECIFICACIÓN
Riesgo Muy alto	Rojo	<p>Las áreas pertenecientes a esta categoría deben presentar dos o más de las condiciones siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Presencia de árboles con una o más de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> Madera podrida y con cavidades superiores al 50% del perímetro del fuste Daños radiculares visibles y expuestos. Ramas principales muertas o fracturadas. Árboles con presencia de cuerpos fructíferos de hongos en la base. Árboles con una inclinación menor a 60° respecto a la horizontal Presencia de grietas transversales Lugares de uso constante, donde los visitantes aprovechan para almorzar (Banquillas acondicionadas o en puro gras), descansar y para la recreación, o árboles próximos a construcciones Lugares donde se ofrecen diferentes juegos para los niños.
Riesgo Alto	Naranja	<ol style="list-style-type: none"> Presencia de árboles con una o más de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> Madera podrida y con cavidades de 40% al 50% del perímetro del fuste. Daños radiculares visibles y expuestos Árboles con presencia de cuerpos fructíferos de hongos en el fuste. Árboles con una inclinación de 60° a 70° respecto a la horizontal Presencia de grietas transversales Lugares de uso frecuente por donde los visitantes transitan o se detienen para ver los animales del parque las leyendas. Construcciones como quioscos u casetas de vigilancia bajo la sombra de árboles con alguna de las características antes mencionadas.
Riesgo Moderado	Amarillo	<ol style="list-style-type: none"> Presencia de árboles con una o más de las siguientes características. <ul style="list-style-type: none"> Oquedades, grietas longitudinales o sospecha de pudrición en el fuste Lesión de la raíz causada por la acera, cimentación u otros daños antrópicos. Grado de inclinación mayor a 70° respecto a la horizontal Lugares de uso intermitente, donde los visitantes suelen ocupar cuando las demás áreas se encuentran ocupadas o cuando buscan más privacidad
Riesgo Bajo	Verde claro	<ol style="list-style-type: none"> Árboles que no presentan síntomas o signos de pudrición o de fractura, si los presentan tienen un DAP menor a 20cm y que su posible caída no impacte sobre algún blanco (Visitantes, construcción, autos) Lugares de uso casual, ingreso restringido o área destinada a estacionamientos
Riesgo Nulo	Verde oscuro	<ol style="list-style-type: none"> Lugares donde no hay acceso a los visitantes Lugares donde no hay árboles (Huacas, lago, otras áreas sin uso)

V. CONCLUSIONES

- En función a la evaluación visual se encontró que, malas prácticas silviculturales, como podas antiguas no cicatrizadas, daños en la base de los árboles y condiciones de humedad, predisponen al árbol a ser atacado por agentes patógenos. De ahí, que éstas son las principales causas de la reducción del vigor y la estabilidad de los árboles, posibilitando su caída en el Parque de las Leyendas.
- Los métodos no destructivos, utilizados para evaluar los árboles del Parque de las Leyendas, han permitido revelar que todos los árboles evaluados presentan, externamente síntomas y/o signos de pudrición, e internamente deterioro estructural en las tres capas evaluadas.
- La identificación taxonómica, realizada por la Clínica de diagnosis de la UNALM, presenta a *Ganoderma sp* como principal causante de la pudrición de los árboles estudiados, mostrando cuerpo fructífero en *Schinus molle* y *Schinus terebinthifolius*. Además de ello, *Brachysporium sp*, en árboles *Schinus molle* y *Spathodea campanulata* y finalmente *Coniothyrium sp* encontrado sólo en un árbol de *Schinus molle*, ambos hongos identificados en madera podrida.
- Las propuestas técnicas para reducir el riesgo de caída de los árboles, mencionadas anteriormente, permitirán prevenir, detectar, evaluar y corregir defectos estructurales en los árboles, antes de poner en peligro la seguridad de los visitantes del Patronato del Parque de las Leyendas.
- A pesar de que los métodos empleados, para evaluar la seguridad los árboles, tienden a sobreestimar el riesgo, el estudio biomecánico realizado con ArborSonic 3D 5.2.115 demuestra que, siete de los ocho árboles evaluados presentan un riesgo bajo de caída, por lo que es seguro el uso del área de influencia de éstos.

- La comprobación del método de evaluación interna, mediante la resistencia a la perforación, determinó que el software ArborSonic 3D 5.2.115 sobrestima los defectos internos del tronco; de igual manera, mediante comprobación directa, se registra un mayor porcentaje de área afectada, respecto al cálculo directo de la misma.
- En base al análisis de agua de riego del Patronato del Parque de las Leyendas, se encontró que ésta cumple con los estándares nacionales de calidad ambiental, de acuerdo al DS N°015-2015-MINAM. De igual manera, el análisis de suelo, realizado en el área de estudio, muestra ser apropiado para el buen desarrollo de los árboles.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar adecuadas prácticas silviculturales para prevenir accidentes y evitar la caída de árboles con deterioro estructural. Lo cual incluye, condiciones de riego y podas necesarias, utilizando herramientas desinfectadas.
- Liberar el césped del cuello radicular de los árboles, para disminuir la humedad y proteger la base y las raíces, los cuales son expuestos a posibles daños ocasionados durante el corte de césped.
- Eliminar los cuerpos fructíferos de los hongos, ya que, según Meredith (1973), un basidiocarpo de *Ganoderma applanatum* produce 30 mil millones de esporas diariamente, durante seis meses. Las cuales, según Sesartic y Dallafior (2011) aproximadamente el 10% de las esporas aerotransportadas se dispersan a más de 100m de la fuente. De esta manera, se evitaría la propagación del hongo y la contaminación de árboles cercanos.
- Contrastar los resultados de una Evaluación Visual Básica con una Evaluación Avanzada, antes de tomar decisiones drásticas sobre el árbol evaluado, pues ambas se complementan y registran defectos estructurales diferentes.
- En la evaluación de los árboles con Microsecond Timer usar el número de sensores y capas adecuadas, en función al diámetro y altura del árbol. De este modo se disminuirá el daño causado por la inserción de los sensores.
- Desinfectar las herramientas (broca del resistógrafo, clavo de sensores) utilizados durante la evaluación, para evitar la propagación de posibles patógenos dentro de un mismo árbol y de un árbol a otro.

- Efectuar evaluaciones directas en las zonas radicales de los árboles, ello utilizando herramientas y/o instrumentos sofisticados como: Tree Radar, uso de Termografía Arbórea, Nariz Electrónica, etc., que reduzcan el daño causado al fuste y permitan evaluar desde las raíces hasta las ramas.
- Realizar ensayos físico-mecánicos, a diferentes alturas, en maderas de árboles urbanos, ello para facilitar los cálculos de seguridad arbórea.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Agrios, George N. 2005. Plant Pathology (en línea). 5ed. Burlington, US, Academic Press. 922 p. consultado 25 may. 2016 disponible en. https://books.google.com.pe/books?id=CnzbgZgby60C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=incidence&f=false

Agrios, George N. 2010. Fitopatología. 2 ed. Editorial Limusa. S. A. México. 819 p

Albers, J.; Eiber, T.; Hayes, E.; Bedker, Peter; MacKenzie, Martin; O'Brien, Joseph; Pokorny, Jill y Torsello, Mary. 1996. How To Recognize Hazardous Defects in Trees. United States Dept. of Agriculture, Forest Service. Northeastern Area State & Private Forestry. Consultado 15 ago. 2017. Disponible en https://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/howtos/ht_haz/ht_haz.pdf

Albers, J.; Pokorny, Jill y Johnson, Gary. 2003. How to Detect and Assess Hazardous Defects in Trees. En Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation. Capítulo 3. USDA Forest Service - Northeastern Área. 41 -109.

Alcock, Ian, Mathew P. White, Benedict W. Wheeler, Lora E. Fleming, and Michael H. Depledge. 2014. Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas. Environmental Science & Technology 48 (2): 1247-1255.

Alexoupoulus, S.J. 1996. Introducción a la micología. Ed. Universidad de Buenos Aires (EUDEBA) Argentina. 615 p.

Allison, R. Bruce; Wang, Xiping. 2015. Nondestructive Testing In The Urban Forest. Chapter 7. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report, FPL-GTR-238, 2015; p. 77-86. Consultado 05 set. 2017. Disponible en https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2015/fpl_2015_allison001.pdf

Alvarado Ojeda, Andrea; Guajardo Becchi, Felipe y Devia Cartes, Simón. 2014. MANUAL DE PLANTACIÓN DE ÁRBOLES EN ÁREAS URBANAS. CONAF. Ministerio de Agricultura – Chile. Consultado 30 set. 2017. Disponible en. http://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_de_Plantacion_de_Arboles_en_Areas_Urbanas.pdf

Anderson LM and Cordell HK. 1988. Influence of trees on residential property values in Athens, Georgia (USA): A survey baed on actual sales prices. *Lands. Urban Plann.* 15:153- 164.

Angwin, Peter A.; Cluck, Daniel R.; Zambino, Paul J.; Oblinger, Brent W. y Woodruff, William C. 2012. Hazard Tree Guidelines For Forest Service Facilities and Roads in the Pacific Southwest Region. Consultado 17 ago. 2017. Disponible en: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5332560.pdf

Arauz Cavallini, Luis Felipe. 1998. Fitopatología: un enfoque agroecológico. 1 ed. San José de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. (en línea). Consultado 22 jun. 2016. Disponible en <https://books.google.com.mx/books?id=I6jDW5HI9BAC&printsec=frontcover&dq=FITOPATOLOG%C3%8DA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7o-OvojOAhVN2mMKHR03ANIQ6AEIIDAB#v=onepage&q=FITOPATOLOG%C3%8DA&f=false>

Arias, Rosa María; Heredia, Gabriela y Mena Portales, Julio. 2010. Adiciones al conocimiento de la diversidad de los hongos anamorfos del bosque mesófilo de montaña del estado de Veracruz III. *Acta Botánica Mexicana.* 90(1): 19-42.

- Ayala, D. 2012:** Inventario forestal del Patronato del Parque de las Leyendas. 54 pp.
- Baker, C. J., and H. J. Bell. 1992.** The aerodynamics of urban trees. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 44: 2655-2666.
- Basterrechea Arévalo, Mar Ainhoa. 2016.** Comparación de las técnicas no destructivas de tomografía ultrasónica y resistencia a la perforación en la evaluación de discos de madera. Proyecto de fin de Carrera. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid. 104 p.
- Bazán, C. 1973.** Relación de enfermedades y microorganismos patógenos aislados de plantas cultivadas, forestales y ornamentales en el Perú. Ministerios de Agricultura. Lima, PE. 65p.
- Bergamin Filho, A; Kimati, H.; Amorim, L. 1995.** Manual de fitopatología. Principios e Conceitos. Edtitorial Ceres. 3 ed. Sao Paulo. Brasil. V. 1, 212 p.
- Bethge, K.; Mattheck, C.; Hunger, E. 1996.** Equipment for detection and evaluation of incipient decay in trees. *Journal of Arboriculture*. 20: 13-37.
- Boa, E. 2008.** Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles. Reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. FAO. SV. 49p. Consultado 05 jun. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/y5041s/y5041s00.htm>
- Bobrowski, Rogério. 2010.** A AVALIAÇÃO DE ÁRVORES E AÇÕES DE MANEJO DE RISCO. Anais do II Seminário de Atualização Florestal e XI Semana de Estudos Florestais Consultado 10 set. 2017. Disponible en <http://anais.unicentro.br/sef/iisef/pdf/palestras/Bobrowski.pdf>
- Bonnesoeur, Vivien. 2017.** Estática de los árboles (entrevista). Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Lima - Perú

- Brown, P. y Daigneault, A. 2014.** Cost–benefit analysis of managing the invasive African tulip tree (*Spathodea campanulata*) in the Pacific. *Environmental science y policy*. 39(1): 65 - 76
- Brudi, Erk; Van Wassenauer, Philip. 2002.** Trees and Statics: Non-Destructive Failure Analysis. Consultado 17 jul. 2017. Disponible en http://baumpflege.net/images/pdf/eng/brudi_trees_and_statics.pdf
- Buitrago, Sindy; Vanegas, Leidy y Ramos, Carolina. 2015.** Pérdida de pubescencia foliar y sus efectos fisiológicos en *Espeletia paipana* (Asterales, Asteraceae), en el departamento de Boyacá-Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 63 (3): 845-858
- Bulnes S., Fernando; Orrego M., Marly; Terán S.; Antón. 2017.** Árboles y Palmeras del vivero Forestal: Características, requerimientos y recomendaciones de 40 especies para la arboricultura urbana. Primera edición. Lima - Perú. 165 p.
- CABE (Commission for Architecture and the Built Environment). 2005.** Does money grow on trees?. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118110609/http://www.cabe.org.uk/files/does-money-grow-on-trees.pdf>
- Calaza Martínez, Pedro e Iglesias Díaz, María Isabel. 2016.** El Riesgo del Arbolado Urbano. Contexto, Concepto y evaluación. Ed. Mundi-Prensa. 503 p.
- Calaza Martínez, Pedro. 2007.** Revisión bibliográfica y Análisis comparativo de métodos de evaluación de arbolado urbano. Tesis Dr. Agrónomo. Coruña, España. Universidad de Santiago de Compostela Tesis Doctoral. 698 p.
- Calle Dahl, Lisa. 2014.** Jardín botánico en el Parque de las Leyendas (Lima, Perú). Consultado 05 jun. 2016. Disponible en <http://descubriendohojas.blogspot.pe/2014/10/jardin-botanico-en-el-parque-de-las.html>

- Castillo Islas, Verónica. 2007.** Árboles Riesgo en tres Áreas de la Universidad Autónoma de Chapingo, Tesis profesional para obtener el título de Ingeniero en Restauración Forestal. México. 46 p.
- Cepero De García, María C.; Restrepo Restrepo, Silvia; Franco Molano, Ana E.; Cárdenas Toquica, Martha; Vargas Estupiñan, Natalia. 2012.** Biología de Hongos. Ed. Uniandes. Bogotá – Colombia. 497 p.
- Clark, Dan y Ferriter, Amy. 1997.** Brazilian Pepper Management Plan for Florida. Consultado 11 oct. 2017. Disponible en http://www.fleppc.org/manage_plans/schinus.pdf
- Clausen, Carol A. 2010. Biodeterioration of Wood: Wood Handbook,** Forestry USDA Forest Service. 312-328. Consultado 11 nov. 2017. Disponible en: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2013.** Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Tomo II. Consultado 11 nov. 2017. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=399>
- Connor, K.F y Francis, J.K. 2004.** Part II Species descriptions: *Spathodea campanulata* P. Beauv. Southern Research Station and International Institute of Tropical Forestry USDA Forest Service. 716 -718
- DARREL, DAN. 1973.** Woods Deterioradation and Protection of woods, Syraense University Press USA. 219 p
- De Langre, E. 2008.** Effects of wind on plants. Annual Review of Fluid Mechanics 40:141–168.

- De Orellana, J. 2011.** La arquitectura del paisaje en la zona central del Perú y sus sostenibilidad. CONSENSUS 16(1):183-213.
- Díaz Méndez, Paola Patricia. 2005.** Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Facultad de Ciencias Forestales Escuela de Ingeniería en Industrias de la Madera. Talca – Chile. Consultado 10 set. 2017. Disponible en http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/2305/1/diaz_mendez.pdf
- Díaz Vaz J. 2003.** Anatomía de maderas. Primera edición. Chile. Marisa Cuneo ediciones. 151 p
- Dill, Ingrid, Kraepelin, G., 1986.** Palo Podrido: model for extensive delignification of Wood by *Ganoderma applanatum*. Appl. Environ. Microbiol. 52: 1305-1312.
- Divos, Ferenc. 7 ago. 2017.** Tree trunk safety factor calculation (correo electrónico). Hungría.
- Dujesiefken, D.; Liese, W. 2011.** The Codit principle: the defense reactions of trees after wounding. Acta Horticulturae et regiotecturae, special issue. pp. 1-4.
- Duran, F.; Tuset, R. 1980.** Manual de maderas comerciales. Equipos y procesos de utilización. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo-Uruguay. 620 p.
- Dwyer JF, McPherson EG, Schoeder HW. y Rowntree, RA. 1992.** Assessing the benefits and costs of the urban forest. J. Arboric 18 (5): 227-234.
- Elliott, M.L., Broschat, T.K., 2000.** *Ganoderma Butt Rot of Palms*. University of Florida, Florida, Gainesville. Consultado 13 set. 2017. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/PP/PP10000.pdf>

- Elmqvist, T; Setälä; Handel, SN.; Van der Ploeg, S.; Aronson, J.; Blignaut, JN.; Gómez Baggethun, E.; Nowak, DJ; Kronenberg, J. y R. de Groot. 2015.** Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *ELSEVIER* vol. 14, 01-108. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343515000433>
- Escuza Hübner, Pablo Antonio.1987.** Durabilidad Natural de la Madera de cinco Especies Forestales en Base a su Resistencia a la Pudrición. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. 126 p.
- Fakopp. 2012.** Manual Arborsonic 3D v5.1.66. Consultado 28 abr. 2016. Disponible en: <http://upload.fakopp.com/Manual.en-US.pdf>
- Fakopp. 2015.** Manual Arborsonic 3D v5.1.30. Consultado el 26 ene. 2018. Disponible en: https://fakopp.com/docs/products/arborsonic/ArborSonic3D_ES.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006.** MANUAL DE CAMPO: Plagas y Enfermedades de Eucaliptos y Pinos en Uruguay. Proyecto PCT/URU/3002. Consultado 31 may. 2016. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~forestal/cursos/proteccion/Fao%20Manual%20de%20Campo.pdf>
- FAO. 2007.** Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. Fertilidad del Suelo. Consultado 29 set. 2017. Disponible en http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sf/soil_fertility.pdf
- FAO. 2014.** Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Consultado 15 nov. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4407s.pdf>
- FAO. 2016.** Beneficios de los árboles urbanos. Consultado 10 oct. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/411598/>

FLORALIES (Asociación Peruana De Club De Jardines). 2010. Paisajes verdes con poca agua. Lima, PE. 160 p.

Furlaneto Sampaio, André Cesar; Galvão Duarte, Felipe; Cafofo Silva, Emanuel Giovani; Domingos De Angelis, Bruno Luiz Christopher Thomas Blum. 2010. AVALIAÇÃO DE ÁRVORES DE RISCO NA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS DE NOVA OLÍMPIA, PARANÁ. Soc. Bras. de Arborização Urbana 5(2):82-104

G.D.F. (Gobierno del Distrito Federal). 2000. Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la Ciudad de México. Consultado 04 nov. 2017
Disponible en:
http://www.rivasdaniel.com/Articulos/manual_tecnico_poda_derribo_trasplante_arboles.pdf

Gallegos, L. 2005. Descripción y manejo de plagas y enfermedades en el arbolado urbano de la comuna de la reina. Tesis (Ing. Forestal). Santiago, CL. Universidad de Santiago de Chile. 122 p.

González, Luis Carlos. 1981. Introducción a la fitopatología. Universidad de Costa Rica. 1 ed. San José de Costa Rica. IICA. 148p. (en línea). Consultado 07 jul. 2016.
Disponible en
https://books.google.com.pe/books?id=yZ_A3mS7sXgC&printsec=frontcover&dq=introduccion+a+la+fitopatologia+pdf&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQp-Gg8eLNAhXKXh4KHeXFC8wQ6AEIGjAA#v=onepage&q&f=false

Goñi Córdoba Alicia; Fernández Carrasquilla, Javier. 2014. Ensayos no destructivos para localización de grietas en piezas estampadas. Universidad Pública de Navarra. Consultado 03 nov. 2016. Disponible en: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11803/TFGGGo%C3%B1iCordobaAlicia.pdf?sequence=1>

- Gurney, Shawn y Ward, Greg. 2017.** Natural Tree Hazard Management strategy: Parks, Recreation and Culture. Consultado 07 jul. 2016. Disponible en: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=79215888b2b94bf2821d9bdbbeb89ff55>
- Hailey, J.R.; Morris, P.I. 1987.** Application of scanning and imaging technology to assess decay and wood quality in logs and standing trees. Vancouver, BC: Forintek Canada Corporation. 54 p.
- Ham, D. y Nelson, L. 2013.** Newly Planted Trees. Department of Forest Resources Clemson University. South Carolina, USA. Consultado 03/11/16. Disponible en: <http://www.state.sc.us/forest/urbsurv.htm>
- Hernández Oroza, Alberto; Balmaseda Sieiro, Raquel; Romeo Sáez, Alina. 2011.** Evaluación resistográfica de los árboles del Centro Histórico de La Habana. Medio Ambiente y Desarrollo 11(20):1683-8904
- Horáček, Peter. 2014.** Tree Biomechanics. Consultado 05 set. 2017. Disponible en: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/tree_biomechanics_skriptum.pdf
- Horst, Kennet R. 2001.** Westcott`s Plant Disease Handbook. Sixth edition. (en línea) Consultado 13 set. 2017. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=BGvIBwAAQBAJ&pg=PA354&dq=Brachysporium&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjXg4WiuKfWAhWLLSYKHf5vAgEQ6AEIQDAE#v=onepage&q=Brachysporium&f=false>
- Hoyle, R.J., Jr.; Rutherford, P.S. 1987.** Stress wave inspection of bridge timbers and decking. Pullman, WA: Washington State University, Department of Civil and Environmental Engineering. 166 p.
- Hubbard, W.G. 1993.** Street Tree Inventory and Urban Forest Assessment. Prepared for the City of Gainesville, Florida. Unpublished.

- Hunt, George M.; Garratt, G. A. 1952.** Preservación de la Madera. Madrid. 486. p
- Idris, A.S., Kushairi, A., Ismail, S., Ariffin, D., 2004.** Selection for partial resistance in oil palm progenies to Ganoderma basal stem rot. *Journal of Oil Palm Research* 16 (2):12-18.
- IFONA (Instituto Forestal Nacional). 2004.** Fichas Técnicas De Especies Nativas e Implantadas de Argentina. Consultado 15 nov. 17. Disponible en <http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/biblioteca-forestal/fichas-tecnicas-de-especies-nativas-e-implantadas-de-argentina.pdf>
- Iyayi, Ikhatua Matilda y Maureen, Onwuatuogwu Chekwube. 2012.** Cross infectivity of *Brachysporium* sp., from *Dacryodes edulis* and its associated organism on some pomaceous fruits. *Archives of Applied Science Research* 4(3):1470-1475.
- Jacas, José; Caballero, Primitivo y Ávila, Jesús. 2005.** El Control Biológico de Plagas y Enfermedades. La sostenibilidad de la agricultura mediterránea. Universidad Pública de Navarra. (en línea). Consultado 31 may. 2016. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=4hZ0loEeCPUC&printsec=frontcover&dq=DEFINICI%C3%92N+DE+PLAGAS+Y+ENFERMEDADES+FORESTALES.+PDF&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjzeSDwoXNAhUEph4KHYPmC6MQ6AEIHjAB#v=onepage&q=ENFERMEDAD&f=false>
- James, Kenneth R., Nicholas Haritos, and Peter K. Ades. 2006.** Mechanical stability of trees under dynamic loads. *American Journal of Botany* 93(10): 1522-1530.
- James, Kenneth R.; Dahle, Gregory A.; Grabosky, Jason; Kane, Brian and Andreas Detter. 2014.** Tree Biomechanics Literature Review: Dynamics. *ISA. Arboriculture & Urban Forestry* 40(1): 1–15

- Johnson, Gary R. 1999.** Protecting Trees From Construction Damage: A Homeowner's Guide. University of Minnesota. Consultado 29 ago. 2017. Disponible en <https://www.extension.umn.edu/garden/yard-garden/trees-shrubs/protecting-trees-from-construction-damage/>
- Jones, H. G. 1983.** Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 428 p.
- Kennard, Deborah K.; Putz, Francis E.; Niederhofer, Meg Niederhofer. 1996.** THE PREDICTABILITY OF TREE DECAY BASED ON VISUAL ASSESSMENTS. Journal of Arboriculture 22(6): 249 -254
- Kinga Buza, Agnes y Goncz, Balazs. 2015.** COMPARISON OF TREES AND NDT METHODS. University of West Hungary. Wood Research 60 (1): 45-58.
- Koeser, Andrew K.; Hasing, Gitta; McLean, Drew y Northrop, Rob. 2013.** Tree Risk Assessment Methods: A Comparison of Three Common Evaluation Forms. University of Florida. Consultado 10 set. 2017. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/EP/EP48700.pdf>
- Kollman, Franz F. 1959.** Tecnología de la madera en su aspect práctico. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias al servicio de la Madera. Madrid– España. 789 p.
- Kollman, Franz F.; Cote, Wilfred. 1984.** Principles of Wood Science and Technology; Solid Wood-Wood Based Materials. Berlin. Vol. I - II
- Larsson, Bertil; Bengtsson, Bengt A; Gustafsson, Mats. 2002.** Non Destructive Detection of Decay in Living Trees. Lund University. Consultado 12 set. 2017. Disponible en. <http://lup.lub.lu.se/search/ws/files/6058631/624943.pdf>

- Ledesma, Marcela. 2008.** Arbolado Publico. Conceptos. Manejo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - EEA Manfredi, Córdoba (en línea). Consultado 07 jun. 2016. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_libro_arbolado_publico_ledesma.pdf
- Lell, J. 2006.** Arbolado urbano. Implantación y cuidados de árboles para veredas. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina. 183 pp.
- Lesur, Luis. 2006.** Manual de plagas y enfermedades agrícolas. Editorial Trillas S.A, 2 ed. México. 62 p.
- Liang; Shanqing; Wang, Xiping; Wiedenbeck, Janice; Cai, Zhiyong and Feng Fu. 2008.** Evaluation of Acoustic Tomography for Tree Decay Detection. 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood – Session 1. Pg. 49 - 54
- Lonsdale, David. 1999.** The Principles of Tree Hazard Assessment and Management. Research for Amenity Trees. N° 7. Forestry Commission, TSO, London. 388 p.
- Lonsdale, David. 2000.** Hazards from Trees A General Guide. Forestry commission. Consultado 31 ago. 2017. Disponible en [https://www.forestry.gov.uk/pdf/fcpg13.pdf/\\$file/fcpg13.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/fcpg13.pdf/$file/fcpg13.pdf)
- Lopez R. Armando; García A. Juventino y Gonzales M. Alberto. 2015.** *Laetiporus sulphureus* Basidiomycota: Coriolaceae. Consultado el 01 Nov. 2018. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/273318157_Laetiporus_sulphureus_Basidiomycota_Coriolaceae
- Lovasi, G.S., J.W. Quinn, K.M. Neckermann, M.S. Perzanowski, and A. Rundle. 2008.** Children Living in Areas with More Street Trees Have Lower Prevalence of Asthma. *Journal of Epidemiology and Community Health* 62(7): 647-649.

- Luley, Christopher J. 2006.** Identificación del tipo de pudrición de la madera y hongos xilófagos en árboles urbanos. Consultado 01 jun. 2016. Disponible en <http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/Identifictipodepudric.pdf>
- Luna, Claudia Verónica. 2012.** Distribución e importancia maderera de la familia Anacardiáceas en el Gran Chaco argentino. Universidad Autónoma Indígena de México. Ra Ximhai 8 (3) 83-95
- Manta, MI. 2004.** Apuntes de clase de protección Forestal, Departamento de Manejo forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. 800 diapositivas.
- Manta, MI.; Mestre, A. Aragón, L. 2015.** Estimation of damage in forest plantations in the context of climate change. In Symposium: A Global Perspective on the Ecology and Management of Bark and Wood Boring Insects. IUFRO. Bariloche, Argentina. September 1-4, 2015.
- Manta, MI. 2015.** Pudrición de la madera del árbol vivo. Apuntes de clase de protección Forestal, Departamento de Manejo forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. 45 diapositivas.
- Martínez González, Lorena. 2008.** Árboles y áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su zona Metropolitana. Sedna, Xochitla, Conabio Deloitte. 549p.
- Martínez Rojas, María Antonieta. 2005.** Bases para el Manejo del Arbolado Urbano de las Principales Vías de Acceso a la Comuna de Maipú, Región Metropolitana. Tesis Ing. forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 129p.
- Martínez Soto, Joel; Montero, María; López, Lena; De la Roca Chiapas, José María. 2016.** EFECTOS PSICOAMBIENTALES DE LAS ÁREAS VERDES EN LA SALUD MENTAL. Interamerican Journal of Psychology 50(2): 204-214.

- Matheny, Nelda y Clark; Jim. 2009.** TREE RISK ASSESSMENT: What We Know (and What We Don't Know). Consultado 01 ago. 2017. Disponible en: http://www.isa-arbor.com/education/resources/educ_portal_risk_an.pdf
- Mattheck, C. y Breloer, H. 1994.** Field guide for visual tree assessment. Paper presented at the arboricultural association technical seminar, trees: a dinosaur in our midst, 27th National Arboricultural Conference, Swansea, 7-9 September, 1993. *Arboricultural Journal* 18 (1): 1-23.
- Mattheck, C.G.; Bethge, K.A. 1993.** Detection of decay in trees with the Metriguard Stress Wave Timer. *Journal of Abroriculture*. 19(6): 374–378.
- Mattheck, C.G.; Bethge, K.A. 1993.** Detection of decay in trees with the Metriguard Stress Wave Timer. *Journal of Abroriculture* 19(6): 374–378.
- Meredith, D.S., 1973.** Significance of spore release and dispersal mechanisms in plant disease epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 11, 313 -342.
- Meyer, J.-Y., and J. Florence. 1996.** Tahiti's native flora endangered by the invasion of *Miconia calvescens* DC. (Melastomataceae). *J. Biogeogr* 23(1):775–781.
- Miles, Irene, Sullivan, William C. and Kuo, Frances E. 1998.** Ecological restoration volunteers: the benefits of participation. *Urban Ecosystems* 2(1): 27–41.
- Ministerio del Ambiente. 2015.** Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Consultado 25 set. 2017. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-015-2015-minam/>
- Montecchio, L. and Causin, R. 2002.** A Twig Canker on English Hawthorn Caused by *Coniothyrium sporulosum* in Italy. Dipartimento TeSAF, University of Padova. *The American Phytopathological Societ* 86(12): 1403

- Monteoliva S., Senisterra G., Marquina J., Marlats R., Villegas S. 2002.** Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce. Consultado 25 set. 2017. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15671/Documento_completo_.pdf?sequence=1
- Moreno Hurtado, Flavio; Hoyos Estrada, Claudia Helena. 2015.** Guía Para el Manejo del Arbolado Urbano en el Valle de Aburrá. Universidad Nacional de Colombia. Consultado 25 set. 2017. Disponible en: <http://www.metropol.gov.co/ZonasVerdes/Documents/GuiaparaelmanejodelarboladourbanoenelValledeAburraNuevo.pdf>
- Móstiga Rodríguez, Maricel Jadith. 2014.** Prospección y evaluación de los insectos y ácaros perjudiciales en especies forestales del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis (Ing. For). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 236p.
- Municipalidad Distrital de San Miguel. 2016.** Plan De Desarrollo Local Concertado 2017- 2021. Lima- Perú. 151 p.
- Muthelo, Vuledzani Gloria. 2009.** Molecular characterization of Ganoderma species. Degree of magister in science. University of Pretoria, Pretoria South Africa. Consultado 07 nov. 2017. Disponible en: <https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/28930/dissertation.pdf?sequence=1>
- Navia Santana, Fernando Javier. 2006.** Comportamiento del módulo de elasticidad en madera juvenil de Pinus radiata D. Don en tres condiciones de sitio. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 58p.
- Nicolotti G.; Socco L.V.; Martinis R.; Godio A.; Sambuelli L. 2003.** Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. In: JOURNAL OF ARBORICULTURE 29(2): 66-78.

- Niemz, Peter y Mannes, David. 2012.** Non-destructive testing of wood and wood-based materials. *Journal of Cultural Heritage* 13(3): 26–34
- Niklas, Karl J. 1992.** *Plant Biomechanics An Engineering Approach to Plant Form and Function.* University of Chicago Press. Consultado 10 dic. 2016. Disponible en: <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/28577>
- Nilsson, Kjell; Randrup, Thomas B. y Tvedt, Tilde. 1997.** Aspectos tecnológicos del enverdecimiento urbano. Publicado en: *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe* (Krishnamurthy, L. y Nacimiento; JR). Capítulo 3. Universidad Autónoma de Chapingo. 39 - 81 pp. Consultado 08 set. 2017. Disponible en: http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf
- Nowak, David J. 1994.** Air pollution removal by Chicago's urban forest. Chapter 5 of *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project.* pp. 63-81. USDA Forest Service General Technical Report NE-186. Radnor, PA. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne186.pdf
- Nowak, David J; Dwyer, John F. y Childs, Gina. 1997.** Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. Publicado en: *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe* (Krishnamurthy, L. y Nacimiento; JR). Capítulo 2. Universidad Autónoma de Chapingo. 17 - 38 pp. Consultado 08 set. 2017. Disponible en: http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf
- O'Brian, J. 2002.** Hazard trees, North eastern area, USDA Service Forest, EE.UU. Consultado 22 ago. 2017. Disponible en. https://www.na.fs.fed.us/fhp/hazard_tree/
- Oja, J.; Grundberg, S.; Gronlund, A. 2000.** Predicting the strength of sawn products by x-ray scanning of logs: A preliminary study. *Wood and Fiber Science* 32(2): 203-208.

- Orellana Asenjo, Giancarlo. 2014.** Prospección y Evaluación de síntomas y signos de enfermedades en especies forestales del Campus de la UNALM. Tesis Ing. Forest. Lima - PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 194p
- Panshin, A.J.; Dezeew, C. 1980.** Textbook of Wood Technology, 4ta Ed. Mc. Graw-Hill-Book Company. 720 p.
- Paredes, Sofía. 2013.** Gestión del Arbolado Urbano: análisis de poblaciones del inventario diagnóstico e intervención en raíces - suelo y copa. Universidad de Barcelona. Consultado 10 set. 2017. Disponible en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1245/1/T-SENESCYT-00380.pdf>
- Peltola, Heli M. 2006.** MECHANICAL STABILITY OF TREES UNDER STATIC LOADS. American Journal of Botany 93(10): 1501–1511.
- Pereira, Paula Helena; Topanotti, Larissa Regina; Dallacort, Sidinei Clézio; Da Mota, José; König Brun, Flávia Gizele; Leão Silva, Rita Tatiane. 2011.** ESTUDO DE CASO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES URBANAS EM VIA PÚBLICA NA CIDADE DE DOIS VIZINHOS-PR. Synergismus scientifica UTFPR, Pato Branco 06 (1). 10p
- Piętka, Jacek y Ciurzycki, Wojciech. 2018.** The first record of *Fistulina hepatica* (Schaef.) With. on *Castanea sativa* Mill. in Poland. Acta Mycol. 2018;53(1):1108. 6p. Consultado el 01 Nov. 2018. Disponible en: <https://pbsociety.org.pl/journals/index.php/am/article/view/am.1108>
- Pokorny, J.D. (Coord.). 1992.** Urban tree Risk management: A Community Guide to Program and Implentation, USA Forest Service, Northeastern Area NA - TP - 03.

- Pokorny, Jill D. y Albers, Jana S. 2005.** Community Tree Risk Management: Program Planning and Design. USDA Forest Service, Northeastern Area, State & Private Forestry. Consultado 26 set. 2017. Disponible en: <https://urbanforestrysouth.org/resources/library/citations/community-tree-risk-management-program-planning-and-design>
- Portal Perú. Sf.** Clima de Lima. Consultado 02 jun. 2016. Disponible en <http://www.enperu.org/clima-capital-de-peru-lima-temperaturas-ciudad-de-lima-altitud-latitud-capital-peru.html>
- Priego González de Canales, Carlos. 2002.** Beneficios del Arbolado Urbano. Ensayo doctoral. 24 p.
- Provís, Arran. 2015.** Tree Risk Management Plan. Consultado 26 set. 2017. Disponible en http://www.palmerston.nt.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/18654/City-of-Palmerston-Tree-Risk-Management-Plan.pdf
- Quil Villa, Claudio. 2009.** Estimación del módulo de elasticidad por medio de la velocidad de propagación del sonido en madera de Aromo australiano. Tesis Ingeniero en Maderas. Valdivia-Chile. Universidad Austral de Chile. 73 p.
- RAE (Real Academia Española). 2004.** Diccionario enciclopédico. (En línea). Consultado el 20/11/2007. Disponible en: <http://www.rae.es/>
- Richard J. Hauer; Johnson, Gary R. 2003.** Tree Risk Management. In Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation. USDA, Forest Service. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/11070>
- Rinn, Frank. 2012.** Basics of typical resistance-drilling profiles. Western Arborist. Winter: 30–36

- Rivas Torres, Daniel. 2001.** Reconocimiento de árboles riesgo. Sociedad Internacional de Arboricultura. Chapingo – México. 4p.
- Rivas Torres, Daniel. 2005.** Beneficios de los arboles urbanos. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en: http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Beneficios_Arboles_Urbanos.pdf
- Rivera Coto, Germán. 2007.** Conceptos introductorios a la Fitopatología. Universidad Estatal a Distancia. San José de Costa Rica. (en línea). Consultado 07 jul. 2016. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=xpTHXEWG_t8C&printsec=frontcover&dq=introduccion+a+la+fitopatologia+pdf&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQp-Gg8eLNAhXKXh4KHeXFC8wQ6AEIzAC#v=onepage&q=ENFERMEDAD&f=false
- Ross, R.J.; Pellerin, R.F. 1991.** NDE of green material with stress waves: preliminary results using dimensión lumber. *Forest Products Journal* 41(6): 57-59.
- Ross, R.J.; Pellerin, R.F. 1994.** Nondestructive testing for assessing wood members in structures. A review. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–70. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 40 p.
- Roux, Jolanda; Wingfield, M.D; Cibrián. D. 2002.** First Report of Coniothyrium canker of Eucalyptus in México. *Plant Pathology*. 51,382
- Sadys, M.; Skjoht, C.A.; Kennedy, R. 2014.** Back-trajectories show export of airborne fungal spores (*Ganoderma* sp.) from forests to agricultural and urban areas in England. *Atmospheric Environment* 84(1): 88-99
- Sánchez-Blanco Martín-Atarjo, María y Septién Arceredillo, Andrés. 2010.** Defectos y anomalías del arbolado viario de Madrid: Guía de reconocimiento y diagnóstico. Consultado 22 oct. 2017. Disponible en: <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/ZonasVerdes/ContenidosGenericos/DefectosArbolado.pdf>

- Santibáñez, F. y Uribe, J. M. 1993.** Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Universidad de Chile y Ministerio de Agricultura. 99p.
- Sarajevs, Vadims. 2011.** Street tree valuation systems. Forestry commision. Consultado 09 set. 2017. Disponible en [https://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN008.pdf/\\$file/FCRN008.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN008.pdf/$file/FCRN008.pdf)
- Scharenbroch, B. y Catania, M. 2012.** Soil Quality Attributes as Indicators of Urban Tree Performance. *Arboriculture and Urban Forestry* 38 (5), 214–228.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, PE). 2006.** Manual de procedimiento de muestreo y toma y envío de muestras de hongos y chromistas de importancia forestal. Lima, PE. 17 p.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, PE). 2008.** Hongos e insectos forestales en el Perú: Identificación e inventario de insectos, hongos y chromistas de importancia forestal en las regiones de Huánuco, Junín, Lima, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Lima, PE. 41 p.
- Sesartic, A., Dallafior, T.N., 2011.** Global fungal spore emissions, review and synthesis of literature data. *Biogeosciences* 8(1), 1181-1192.
- Shigo, A. L.; Max, H. G., 1977.** Compartmentalization of decay in trees, USDA Forest Service, Agriculture Information Bulletin. 405, 73 pp.
- Sinclair, Wayne A., Lyon, Howard H. 2005.** Diseases of Trees and Shrubs. Second edition. Comstock Publishing Associates, a division of Cornell University Press, Ithaca and London, 660 pp.
- Sinn, G. y Wessolly, L. 1989.** A contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees. *Arboricultural Journal* 13: 45-65.

- Siriphong, Intrama. 1967.** Coniothyrium rose canker in Oregon. Consultado 10 nov. 2017. Disponible en <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/15309>
- Smiley, E.Thomas; Fraedrich, Bruce.R. and Flenger, Peter H. 1993.** Hazardous tree inspetions, Evaluation and Management, Bartlett tree Research Laboratories, Charlotte, NC, 36p
- Smiley, E.T., Matheny, N., Lilly, S., 2011.** Best Management Practices: Tree Risk Assessment. International Society of Arboriculture, Champaign, IL, pp. 81.
- Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA). 2000.** Problemas causados por plagas y enfermedades. USA. 20 p. Consultado 07 jul. 2016. Disponible en <https://www.isahispana.com/treecare/brochures>
- Sotomayor Castellanos, Javier R. 2016.** Predicción del módulo de elasticidad estático de la madera empleando módulos dinámicos. Ciencia Nicolaita. Consultado 12 nov. 2017. Disponible en <https://www.cic.cn.umich.mx/index.php/cn/article/view/285>
- Stewart, M.G., O'Callaghan, D. & Hartley, M. 2013.** Review of QTRA and Risk-based Cost-benefit Assessment of Tree Management, Arboriculture & Urban Forestry 39(4): 165-172.
- Suárez Medellín, Jorge; Luna Rodríguez, Mauricio; Mendoza, Guillermo; Salinas, Alejandro; Suárez Quiroz, Mirna Leonor; Trigos, Ángel. 2012.** Caracterización morfológica y molecular de una cepa silvestre mexicana perteneciente al género Ganoderma. Revista Mexicana de Micología 36, (1) 33-39
- Swart, H.J. 1986.** Australian leaf-inhabiting fungi xxi. Coniothyrium on Eucalyptus. Botany School, University of Melbourne, Parkville, 3052, Australia. Trans. Br. mycol. Soc. 86 (3), (1986)

Tankersley, Larry. 2000. How to Recognize and Prevent Tree Hazards. Universidad de Tennessee - EE.UU. Extension Associate Forestry, Wildlife & Fisheries. Consultado 31 ago. 2017. Disponible en <https://www.purdue.edu/hla/sites/mastergardener/mglinks/how-to-recognize-and-prevent-tree-hazards/>

Thompson, Catherine Ward, Jenny Roe, Peter Aspinall, Richard Mitchell, Angela Clow, and David Miller. 2012. More Green Space Is Linked to Less Stress in Deprived Communities: Evidence from Salivary Cortisol Patterns.” Landscape and Urban Planning 105 (2): 221-29.

Torres, Juan. 1993. Patología Forestal. Principales enfermedades de nuestras especies forestales. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda Edición. España. Pg. 213

Tovar Corzo, German. 2007. Manejo del arbolado urbano en Bogotá. Territorios 1(16-17): 149-173.

Trujillo Cuellar, Florencio Teodoro. 1992. Índice de Resistencia de la Madera de 5 especies Forestales a la Acción de 2 Hongos Xilófagos. Tesis Ing. Forestal. Lima. PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 111p.

Trummer, Lori; Hennon, Paul. 2009. Hazard Trees in Alaska: A Guide to the Identification and Management of Hazard Trees in Alaska. USDA, Forest Service. Consultado 22 ago. 2017. Disponible en: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5274642.pdf

Universidad de California. 2008. Inspeccione los árboles del jardín para ver si hay peligros. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8365s.pdf>

Urcelay, Carlos; Robledo, Gerardo; Heredia, Federico; Morera, Guillermo y García Montaña, Francisco. 2012. Hongos de la madera en el arbolado urbano de Córdoba. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, 1ª ed. 104 p

- Verkasalo, Erkki; Ross, Robert J.; TenWolde, Anton; Youngs, Robert L. 1993.** Properties related to drying defects in red oak wetwood. Res. Pap. FPL-RP-516. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 10 p.
- Virdiana, I., Hasan, Y., Aditya, R., 2010.** Flood, J.: Testing the effects of oil palm replanting practices (windrowing, fallowing and poisoning) on incidence of Ganoderma. Consultado 13 set. 2017. Disponible en: <http://r4d.dfid.gov.uk/pdf/outputs/cabi/iopri-ivetaljune10final.pdf>
- Vogel; Steven. 1996.** Blowing in the wind: Storm-resisting features of the design of trees. Journal of Arboriculture 22(2): 92 -98
- Wallis, G., Morrison, D. y Ross, D. 1980.** Tree hazards in Recreation Sites in Columbia. B.C. Ministry of Lands, Parks and Housing. Canadian Forestry Service. Joint Report N° 13. 52 p.
- Wang, C.J.K. 2010.** Wood-Inhabiting Microfungi (Molds) of New York. Final Report NYHER 070401 To The New York State Biodiversity Research Institute. Consultado 13 set. 2017. Disponible en: <http://www.esf.edu/efb/wang/Wood-inhabiting%20Microfungi%20of%20New%20York.pdf>
- Wang, Xiping; Allison, R. Bruce. 2008.** Decay detection in red oak trees using a combination of visual inspection, acoustic testing, and resistance microdrilling. Arboriculture & urban forestry 34(1): 1-4.
- Wang, Xiping; Divos, Ferenc; Pilon, Crystal; Brashaw, Brian K.; Ross, Robert J.; Pellerin, Roy F. 2004.** Assessment of decay in standing timber using stress wave timing nondestructive evaluation tools—A guide for use and interpretation. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-147. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 12 p.
- Wessolly, L. y Erg, M. 1998.** Handbuch der baumstatik und baumkontrolle. Patzer Verlag. Berlin. 270 p.

WFP (Western Forest Products Inc). 2006. Management of Dangerous trees. Consultado 22 ago. 2017. Disponible en: http://www.safer.ca/docs/alerts-06-09-04-dngr_trees_wfp.pdf

Wildlife Tree Committee of British Columbia, in cooperation with WorkSafe BC, Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations and BC Parks”. 2012. Parks and Recreation Sites Course Module. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en: <http://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/plants-animals-and-ecosystems/conservation-habitat-management/wildlife-conservation/wildlife-tree-committee/parks-handbook.pdf>

Williams; R.H.; Whipps, J.M.; Cooke, R.C. 1998. Splash dispersal of *Coniothyrium minitans* in the glasshouse. *Annals of Applied Biology* 132(1): 77-90

ANEXO 1

CARTEL UTILIZADO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ESPECIES EVALUADAS



NOTA: El cartel muestra la institución y facultad del tesista a cargo, así como los escudos correspondientes. Luego el código de identificación indica: Zonificación (ZCO: Zona de la Costa); Especie (ME: Melia) y el número del árbol a ser evaluado (17: árbol diecisiete). Le sigue los nombres (común y científico) que identifica a la especie forestal. Finalmente, el periodo que de evaluación.

ANEXO 2.

ALGUNOS REGISTROS DE LA CAÍDA DE ÁRBOLES URBANOS EN LA CIUDAD DE LIMA

El Comercio POLÍTICA ECONOMÍA OPINIÓN LIMA PERÚ MUNDO TECN

SABADO 15 DE FEBRERO DEL 2014 | 18:30

Un árbol cayó sobre parabrisas de un auto en Surco

Dos personas iban en el vehículo, pero no resultaron heridas. El incidente ocurrió en la cuadra 13 de la Av. Velasco Astete

Compartir 2 Twitter G+ 0 LinkedIn Compartir 0 Print 0



Personal de la Municipalidad de Surco procedieron a talar lo que quedaba del árbol. (Foto: Giovanna Fernández)

El Comercio POLÍTICA ECONOMÍA OPINIÓN LIMA PERÚ MUNDO TECN

MARTES 09 DE DICIEMBRE DEL 2014 | 11:48

Cercado de Lima: árbol cayó sobre automóvil

Una de sus ramas quedó atascada en un camión que basura que pasaba por la avenida Alborada. Fue arrancado de raíz

Compartir 12 Twitter G+ 0 LinkedIn Compartir 0 Print 0



mas de 45 años cayó en los exteriores del Congreso | Sucesos | Lima

ol-mas-45-anos-cayo-exterior-es-congreso-noticia-1771985

El Comercio POLÍTICA ECONOMÍA OPINIÓN LIMA PERÚ MUNDO TECN

LUNES 17 DE NOVIEMBRE DEL 2014 | 12:20

Árbol de más de 45 años cayó en los exteriores del Congreso

Antiguo ficus se desplomó el domingo sobre una de las rejas que bordean la Plaza Bolívar del parlamento

Compartir 1 Twitter G+ 0 LinkedIn Compartir 0 Print 0



Árbol cayó sobre vehículo en movimiento en Ate [FOTOS] | Foto galería 1 de 5 | El Comercio P

pe/lima/ciudad/arbol-cayo-sobre-vehiculo-movimiento-ate-fotos-noticia-1819315/4

El Comercio Lima Miércoles 17 de junio del 2015 | 09:30 | 3 Comentarios

Árbol cayó sobre vehículo en movimiento en Ate [FOTOS]

4 de 5



En las imágenes se puede ver que trabajadores realizaron labores de limpieza en la zona y los árboles. (WhatsApp de El Comercio)

JUEVES 10 DE ABRIL DEL 2014 | 17:18

Miraflores: un árbol cayó en plena Av. Larco y dañó dos carros

Los dos conductores de los vehículos se salvaron. Incidente solo dejó daños materiales. Ocurrió a la altura de la cuadra 12.

Compartir 44 Twitter G+ 0 LinkedIn Compartir 0 Pasa 0



El árbol cayó sobre dos carros pero no causó lesiones graves. (Miguel Bellido / El Comercio)

Miércoles 19 de junio del 2014 | 16:02

Árbol cae sobre autos y causa congestión en Av. Javier Prado

4 de 17



DOMINGO 16 DE NOVIEMBRE DEL 2014 | 18:40

Miraflores: árbol de casi 10 metros cayó sobre auto estacionado

Ocurrió esta tarde en la calle Santa Isabel. En su caída, el árbol también impactó contra cables de luz y telefonía.

Compartir 35 Twitter G+ 0 LinkedIn Compartir 0 Pasa 0



MARTES 24 DE JUNIO DEL 2014 | 18:14

Árbol cayó sobre auto en parque de San Isidro

El incidente se produjo esta tarde a la altura de la cuadra 8 de la calle Ferreyros. Vehículo estaba estacionado.

Compartir 32 Twitter G+ 0 LinkedIn Compartir 0 Pasa 0

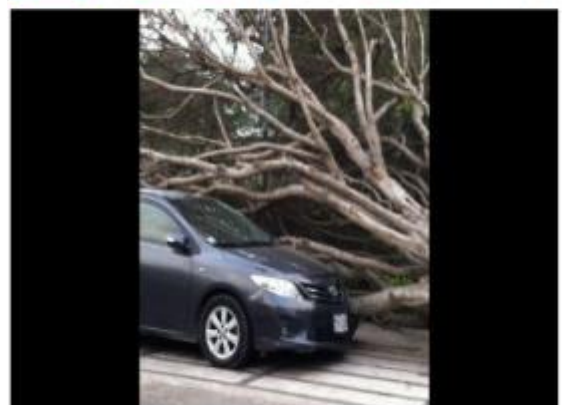


Foto: @ceperam

(Un árbol cayó esta tarde sobre un auto que se encontraba

DOMINGO 16 DE FEBRERO DEL 2014 | 17:40

Caída de árbol en Parque Reducto pudo cobrar la vida de niña

José Sánchez empujó a su hija de año y medio y la salvó del impacto del tronco. El tiene fractura de cadera y costillas rotas

Compartir 0 Twitter 0 G+ 0 LinkedIn 0 Facebook 0 Print 0



José Sánchez no pudo evitar ser aplastado por un árbol que cayó en el Parque Reducto N°2 de Miraflores, pero sí pudo lograr



VIERNES 19 DE FEBRERO DEL 2014 | 08:20

Parque de las Leyendas: mujer terminó herida por caída de árbol

El pesado tronco aplastó la pierna de una de las visitantes. Ocurrió en la zona de camping del zoológico

Compartir 133 Twitter 0 G+ 0 LinkedIn 0 Facebook 0 Print 0



En el video se ve que a una persona trata en el pasto de la zona de camping del Parque de las Leyendas. (Facebook)



VIERNES 14 DE FEBRERO DEL 2014 | 17:40

San Isidro: antiguo árbol de El Olivar cayó esta madrugada

El incidente no produjo heridos en el tradicional parque. Los árboles tienen entre 100 y 150 años

Compartir 32 Twitter 7 G+ 7 LinkedIn 0 Facebook 0 Print 0



DOMINGO 16 DE FEBRERO DEL 2014 | 18:32

Caída de árboles: casos que generaron alarma en últimos años

En solo dos días, tres árboles se han venido abajo en Miraflores, Surco y San Isidro. Conoce otros anteriores casos

Compartir 22 Twitter 0 G+ 0 LinkedIn 0 Facebook 0 Print 0



(Foto: Archivo El Comercio)

El Comercio (51) 947-031-286

Martes 09 de diciembre del 2014 | 07:17

WhatsApp San Miguel

Vía WhatsApp: árbol cayó en medio de avenida en San Miguel

El hecho ocurrió en la avenida Parque de Las Leyendas y podría ocasionar congestión vehicular

Comparte en Facebook Comparte en Twitter



El Comercio (51) 947-031-286

Jueves 18 de diciembre del 2014 | 17:26

WhatsApp La Molina

Vía WhatsApp: árbol cayó encima de carro frente a U. Agraria

A través de WhatsApp, un usuario informó de la caída de un árbol encima de un vehículo en movimiento



a de árbol en Coronel Portillo causó congestión vehicular | Suceso

an-isidro-caida-arbol-coronel-portillo-causo-cogestion-vehicu

El Comercio POLÍTICA ECONOMÍA OPINIÓN LIMA PERÚ MUNDO TEO

LUNES 07 DE OCTUBRE DEL 2015 | 12:33

San Isidro: caída de árbol en Coronel Portillo causó congestión vehicular

La [Municipalidad](#) informó que se desplomó a consecuencia de un hongo que afectó sus raíces. Trabajadores retiraron el tronco

Comparte Twitter G+ LinkedIn Compara RSS



Un árbol de mediano tamaño cayó sobre la vereda y la pista de la cuadra uno del Coronel Portillo en San Isidro. El arbolito ocasionó congestión vehicular en la zona y se retiró al mes posterior por

América Noticias » ACTUALIDAD »

28.09.2016 | 08:45 am

f t g+

Jesús María: dos personas quedaron atrapadas por caída de árbol

A la planta se le rompieron las raíces y cayó en medio de la pista



Árbol cayó asustando a peatones. Foto: Referencial/elmiguelo.com

ANEXO 3.

REGISTRO DE ÁRBOLES AFECTADOS

Zona internacional

Nº	ESPECIE	DAÑO	UBICACIÓN REFERENCIAL
1	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Oquedad en la parte alta	Frente museo
2	<i>Eucalyptus sp</i>	Oquedad en el fuste	Costado del baño
3	<i>Harpullia arborea</i>	Oquedad en el fuste	Costado del baño
4	<i>Harpullia arborea</i>	Oquedad en el fuste	Costado del baño
5	<i>Harpullia arborea</i>	Oquedad en el fuste	Costado del baño
6	<i>Harpullia arborea</i>	Oquedad parte alta	Costado del baño
7	<i>Melia azedarach</i>	Muy inclinado	Frente jirafa
8	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Inclinado	Frente a la muralla 55E
9	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Inclinado/cuerpo de hongo	Frente al Emú
10	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Cuerpo fructífero hongo	Frente Rest. Chabuca Granda
11	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Frente Rest. Chabuca Granda
12	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Frente Rest. Chabuca Granda
13	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Frente Rest. Chabuca Granda
14	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Muralla San Miguel
15	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Muralla San Miguel
16	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Hongo en la base	Frente Rest. Chabuca Granda
17	<i>Schinus terebinthifolius</i>	inclinado(parte raíz desnuda)	Frente oso de anteojos
18	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Debilitado por poda	Frente Rest. Chabuca (acuario peces)
19	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Debilitado por poda	Frente Rest. Chabuca (acuario peces)
20	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Esquina parque Chabuca Granda
21	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Frente Rest. Chabuca Granda
22	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Hongo en la base	Frente al kiwi y felinario
23	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	frente museo
24	<i>Schinus molle</i>	Oquedad /exudación	Picnic felinario (Baño)
25	<i>Schinus molle</i>	Exudación/hueco	Frente a los perros/museo del sitio
26	<i>Fraxinus americana</i>	Descortezado	Costado del baño
27	<i>Fraxinus americana</i>	Oquedad en el fuste	Cerca de poza de patos
28	<i>Fraxinus americana</i>	Oquedad en la rama	frente a la Jirafa
29	<i>Fraxinus americana</i>	Oquedad en la base	Costado de Pavo real
30	<i>Salix humboldtiana</i>	Pudrición en la base	Museo de petróleo
31	<i>Salix humboldtiana</i>	Ramas muertas/posible muerte	Picnic felinario
32	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frentes a los búfalos
33	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los osos
34	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los osos

35	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Entrada de picnic internacional
36	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en la rama	Frente a los búfalos
37	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los búfalos
38	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los búfalos
39	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los búfalos
40	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los búfalos
41	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los búfalos
42	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Picnic felinario
43	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Picnic felinario
44	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad (Termita)	costado del Hipopótamo
45	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	frente al Museo de petróleo
46	<i>Spathodea campanulata</i>	Termitero	Frente al Búfalo

Zona de la costa

Nº	ESPECIE	DAÑO	UBICACIÓN REFERENCIAL
1	<i>Acacia sp</i>	Oquedad /inclinado	Juegos
2	<i>Acacia sp</i>	Oquedad en el fuste	Juegos/baño
3	<i>Acacia sp</i>	Oquedad en el fuste	Frente al auditorio central
4	<i>Acacia sp</i>	Oquedad en el fuste	Frente al auditorio central
5	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Pudrición	Costado cruz baja
6	<i>Erythrina crista-galli</i>	Oquedad en el fuste	Costado huaca San Miguel
7	<i>Erythrina crista-galli</i>	Oquedad en el fuste	Frente a la cruz roja
8	<i>Erythrina crista-galli</i>	Oquedad en el fuste	Frente a la cruz roja
9	<i>Erythrina crista-galli</i>	Oquedad en el fuste	Frente a la cruz roja
10	<i>Eucalyptus sp</i>	Oquedad en el fuste	Costado del baño 2
11	<i>Ficus sp</i>	Oquedad en el fuste	Costado de banderas
12	<i>Grevillea robusta</i>	Oquedad en el fuste	Frente al cocodrilo de Tumbes
13	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad /inclinado	Frente quiosco 5ta dimensión
14	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad en el fuste	Frente al cocodrilo de Tumbes
15	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad en el fuste	Frente al cocodrilo de Tumbes
16	<i>Melia azedarach</i>	Madera podrida	Frente a huaca palma
17	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad en el fuste	Frente auditorio central
18	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad en el fuste	Frente al espejo de agua
19	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad base/inclinado	Espaldas del auditorio central
20	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad en el fuste	Costado auditorio central
21	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad en el fuste	Costado auditorio central/venados
22	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad en el fuste	Frente al baño 2/pingüinos
23	<i>Melia azedarach</i>	Raíz desnuda/podrida/inclinado	Frente a juegos/simulador
24	<i>Melia azedarach</i>	Raíz cortada/hueco	Frente a escaleras/costado juegos
25	<i>Melia azedarach</i>	Raíz hueco /hueco fuste	Frente huaca palma
26	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Costado huaca San Miguel

27	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Frente a la muralla 55
28	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad en el fuste	Cerca al espejo de agua
29	<i>Morus nigra</i>	Oquedad en el fuste	Juegos/baño
30	<i>Morus nigra</i>	Oquedad en el fuste	Juegos/baño
31	<i>Morus nigra</i>	Oquedad en el fuste	Frente al cocodrilo de Tumbes
32	<i>Morus nigra</i>	Oquedad en el fuste	Juegos/baño
33	<i>Inga sp</i>	Oquedad en el fuste	Costado de cocodrilo de Tumbes
34	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Oquedad en el fuste	Frente al cocodrilo de Tumbes
35	<i>Fraxinus americana</i>	Oquedad en el fuste	Frente a la laguna
36	<i>Delonix regia</i>	Oquedad en el fuste	Frente acuario de lobos
37	<i>Delonix regia</i>	Oquedad en el fuste	Frente a los juegos
38	<i>Delonix regia</i>	Oquedad en el fuste	Frente lobo marino
39	<i>Delonix regia</i>	Oquedad en el fuste	Frente lobo marino
40	<i>Salix humboldtiana</i>	Oquedad en el fuste	Entrada caballero Carmelo
41	<i>Tipuana tipu</i>	Oquedad en el fuste	Frente al baño 2
42	<i>Tipuana tipu</i>	Oquedad en el fuste	Frente al auditorio central
43	<i>Tipuana tipu</i>	Oquedad en el fuste	Frente a la huaca San Miguel
44	<i>Tipuana tipu</i>	Oquedad en el fuste	frente laguna/juego - deslizador
45	<i>Spathodea campanulata</i>	Hueco/rajadura	Frente al mini zoológico

Zona de la Selva

Nº	ESPECIE	DAÑO	UBICACIÓN REFERENCIAL
1	<i>Acacia sp</i>	Inclinado leve	Picnic selva
2	<i>Sapindus saponaria</i>	Inclinado leve	Picnic selva
3	<i>Sapindus saponaria</i>	Pudrición	Picnic selva
4	<i>Sapindus saponaria</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
5	<i>Sapindus saponaria</i>	Oquedad /pudrición en la base	Picnic selva
6	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Exudación (revisar)	Picnic selva
7	<i>Hura crepitans</i>	Pequeños daños en la base	Laguna (Puente 2)
8	<i>Ficus sp</i>	Oquedad /inclinación	Costado del sajino
9	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Pudrición	Picnic selva
10	<i>Melia azedarach</i>	Daño en la base	Costado de Tapir
11	<i>Melia azedarach</i>	Daño en la base	Picnic selva (Baño 2)
12	<i>Melia azedarach</i>	Daño en la base	Picnic selva (Baño 2)
13	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad (Martillo)	Picnic Selva
14	<i>Melia azedarach</i>	Oquedad base/polvillo de hongo	Picnic selva/frente al baño
15	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oquedad	Picnic selva
16	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pudrición	Picnic selva
17	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Inclinado/hueco	Picnic selva
18	<i>Schinus terebinthifolius</i>	inclinado	Picnic selva
19	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Hongo (polvillo)	costado de monos- huaca san miguel

20	<i>Schinus terebinthifolius</i>	inclinado	costado de monos- huaca san miguel
21	<i>Schinus molle</i>	Pudrición	Picnic selva
22	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
23	<i>Schinus molle</i>	Pudrición	Picnic selva
24	<i>Schinus molle</i>	Pudrición	Picnic selva
25	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
26	<i>Schinus molle</i>	Inclinado/hueco en la base	Picnic selva
27	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
28	<i>Schinus molle</i>	Oquedad /cuerpo de hongo	Entrada al museo del sitio
29	<i>Schinus molle</i>	Oquedad /Exudación	Entrada al museo del sitio
30	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
31	<i>Schinus molle</i>	Pudrición	Museo del sitio
32	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva - museo del sitio
33	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Rajadura	Costado de aves
34	<i>Fraxinus americana</i>	Pudrición	Picnic selva
35	<i>Fraxinus americana</i>	Oquedad /pudrición altura	Picnic selva
36	<i>Fraxinus americana</i>	Oquedad (Altura)	Picnic selva
37	<i>Fraxinus americana</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
38	<i>Hura crepitans</i>	Oquedad en el fuste	Frente a la Catarata se sierra
39	<i>Ochroma pyramidale</i>	Oquedad parte alta	Frente al baño
40	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Daño en la base (Leve)	Huaca/Picnic selva
41	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Daño en la base	Picnic selva
42	<i>Tipuana tipu</i>	Ligeramente inclinada	Picnic selva (Baño 2)
43	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
44	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad en el fuste	Picnic selva
45	<i>Spathodea campanulata</i>	Oquedad (Casi muerto)	Picnic selva

Zona de la Sierra

Nº	ESPECIE	DAÑO	UBICACIÓN REFERENCIAL
1	<i>Tecoma stans</i>	Inclinado	Costado de la catarata
2	<i>Eucalyptus sp</i>	Hueco en la base	Costado de la catarata
3	<i>Sambucus sp</i>	Afección en la base	Costado de la baño
4	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Costado de la catarata 2
5	<i>Eucalyptus sp</i>	Oquedad en el fuste	Camping sierra
6	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Costado de las Llamas
7	<i>Tecoma stans</i>	Inclinado	Costado del restaurant
8	<i>Sambucus sp</i>	Oquedad en el fuste	Costado del restaurant
9	<i>Tecoma stans</i>	Inclinado	Costado del restaurant
10	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Costado del aguilucho cordillerano
11	<i>Schinus molle</i>	Oquedad en el fuste	Dentro de llama (no accesible)
12	<i>Schinus molle</i>	Oquedad, rajadura	frente al puma
13	<i>Schinus molle</i>	Oquedad grande	Entrada rest. El Paisano de Pasco

ANEXO 4.

COORDENADAS DE LAS CUATRO ESPECIES MÁS ABUNDANTES

Número	CÓDIGO	X	Y	Z	DAÑO	UBICACIÓN
1	ZIN-MC01	272821	8664951	75 m	Inclinación/oquedad	Costado_jard_Botánico
2	ZIN-MC02	273122	8665091	76 m	Cuerpo fruct. Hongo	Frente_felinario
3	ZIN-MC03	273048	8664882	72 m	Cuerpo fruct. Hongo	Rest_Chabuca
4	ZIN-MC04	273046	8664865	71 m	Oquedad en el fuste	Rest_Chabuca
5	ZIN-MC05	273045	8664856	70 m	Oquedad en el fuste	Rest_Chabuca
6	ZIN-MC06	273042	8664830	70 m	Oquedad en el fuste	Rest_Chabuca
7	ZIN-MC07	272989	8664815	70 m	Oquedad en el fuste	Rest_Chabuca
8	ZIN-MC08	272995	8664879	70 m	Cuerpo fruct. Hongo	Rest_Chabuca
9	ZIN-MC09	272990	8664803	72 m	Oquedad en el fuste	Rest_Chabuca
10	ZSE-MC10	273297	8664843	74 m	Baja Inclinación/polvillo	Picnic_Selva
11	ZSE-MC12	273285	8664812	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
12	ZSE-MC11	273244	8664757	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
13	ZSE-MC13	273226	8664755	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
14	ZCO-MC14	272924	8664738	55 m	Oquedad en el fuste	Entrada_principal
15	ZCO-MC15	272765	8664786	57 m	Oquedad en el fuste	Frente_Venados
16	ZCO-MC16	272881	8664903	75 m	Oquedad en el fuste	Frente_espej_agua
17	ZIN-MC17	272989	8664928	78 m	Inclinación/oquedad en raíz	Detrás_acuario_peces
18	ZIN-MC18	273005	8664911	76 m	Madera podrida	Frente_acuario_peces
19	ZIN-MC19	273014	8664914	75 m	Madera podrida	Frente_acuario_peces
20	ZIN-MC20	273002	8664731	70 m	Hongo (Polvillo marrón)	Rest_Chabuca
21	ZIN-MC21	273021	8664742	72 m	Alta inclinación	Rest_Chabuca
22	ZIN-MC22	273042	8664794	62 m	Oquedad en el fuste	Rest_Chabuca
23	ZIN-MC23	273046	8664859	65 m	Oquedad en el fuste	Rest_Chabuca
24	ZIN-MC24	273176	8665067	69 m	Cuerpo fruct. Hongo	Costado_Felinario
25	ZSE-ME01	273118	8664663	69 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
26	ZSE-ME02	273112	8664652	69 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
27	ZSE-ME03	273130	8664797	71 m	Baja Inclinación	Frente_Sajino
28	ZCO-ME04	272895	8664912	56 m	Inclinación/posible hueco	Frente_espej_agua
29	ZCO-ME05	272596	8664838	53 m	Oquedad cuello radicular	Costado_cocodrilo
30	ZCO-ME06	272608	8664851	55 m	Oquedad en el fuste	Costado_cocodrilo
31	ZCO-ME07	272521	8665024	68 m	Oquedad cuello radicular	Frente_Huaca_palma
32	ZIN-ME08	273015	8664973	78 m	Moderada inclinación	Costado_Jirafa
33	ZCO-ME09	272838	8664784	65 m	Oquedad en el fuste	Costado_audit_princi
34	ZCO-ME10	272736	8664838	68 m	Oquedad base/inclinación	Costado_puente
35	ZCO-ME11	272839	8664838	78 m	Oquedad cuello radicular	Frente_audit_princi
36	ZCO-ME12	272802	8664815	72 m	Daños en la base	Costado_puente
37	ZCO-ME13	272785	8664808	71 m	Oquedad en el fuste	Costado_puente
38	ZCO-ME14	272712	8664799	67 m	Oquedad en el fuste	Costado_baños
39	ZCO-ME15	272652	8664885	57 m	Oquedad en el fuste	Frente_Juegos

40	ZCO-ME16	272662	8664870	56 m	Oquedad en el fuste	Frente_Juegos
41	ZCO-ME17	272521	8664989	67 m	Oquedad en el fuste y raíz	Frente_Huaca_palma
42	ZSE-ME18	273271	8664774	77 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
43	ZSE-ME19	273105	8664649	67 m	Oquedad en la base	Picnic_Selva
44	ZIN-MS01	273163	8664995	76 m	Oquedad en el fuste	Costado_Juegos
45	ZSE-MS02	273171	8664877	73 m	Oquedad en el fuste	Frente_Hua_cruz_bla
46	ZSE-MS03	273182	8664870	73 m	Cuerpo fruct. Hongo	Frente_Hua_cruz_bla
47	ZSE-MS04	273228	8664860	73 m	Oquedad en el fuste/hongo	Picnic_Selva
48	ZSE-MS05	273253	8664850	73 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
49	ZSE-MS06	273265	8664849	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
50	ZSE-MS07	273260	8664769	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
51	ZSE-MS08	273223	8664774	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
52	ZSE-MS09	273192	8664839	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
53	ZSE-MS10	273175	8664763	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
54	ZSI-MS11	273036	8664631	71 m	Oquedad en el fuste	Costado_aguilucho
55	ZSI-MS12	273046	8664592	76 m	Oquedad en el fuste	Frente_catarata
56	ZSI-MS13	273007	8664578	78 m	Oquedad en el fuste	Frente_alpacas
57	ZSI-MS14	272968	8664601	77 m	Oquedad en el fuste	Frente_Puma
58	ZSI-MS15	272978	8664590	68 m	Oquedad en el fuste	Entrada_rest_puno
59	ZSE-MS16	273325	8664858	68 m	Oquedad en el fuste	Costado_museo_sitio
60	ZSE-MS17	273300	8664853	76 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
61	ZSE-MS18	273220	8664862	75 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
62	ZSE-MS19	273318	8664919	89 m	Oquedad en el fuste	Costado_museo_sitio
63	ZSE-MS20	273291	8664924	87 m	Oquedad en el fuste	Frente_perros
64	ZCO-MS21	273218	8664773	76 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
65	ZIN-TA01	272930	8665092	76 m	Oquedad en el fuste	Frente_Hipopótamos
66	ZIN-TA02	272944	8665092	76 m	Oquedad en el fuste	Frente_Hipopótamos
67	ZIN-TA03	272989	8665091	76 m	Oquedad/termitas	Frente_Hipopótamos
68	ZIN-TA04	273089	8665210	78 m	Oquedad en el fuste	Frente_Museo_Petroleo
69	ZIN-TA05	273088	8665100	76 m	Oquedad en el fuste	Frente_Búfalos
70	ZIN-TA06	273087	8665092	76 m	Oquedad en el fuste	Frente_Búfalos
71	ZIN-TA07	273089	8665072	75 m	Oquedad en el fuste	Frente_Búfalos
72	ZIN-TA08	273083	8665052	76 m	Oquedad en el fuste	Frente_Búfalos
73	ZIN-TA09	273085	8665035	75 m	Oquedad en el fuste	Frente_Búfalos
74	ZIN-TA10	273089	8665023	75 m	Oquedad en el fuste	Frente_Búfalos
75	ZCO-TA11	272700	8664854	74 m	Oquedad en el fuste	Frente_minizoolo
76	ZIN-TA12	273248	8664962	74 m	Oquedad en el fuste	Picnic_felinario
77	ZSE-TA13	273210	8664859	72 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
78	ZSE-TA14	273285	8664844	73 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
79	ZSE-TA15	273299	8664849	73 m	Oquedad en el fuste	Picnic_Selva
80	ZIN-TA16	273255	8665034	50 m	Oquedad en el fuste	Picnic_felinario
81	ZIN-TA17	273079	8665149	74 m	Oquedad en el fuste	Frente_Museo_Petr
82	ZIN-TA18	273092	8665190	76 m	Oquedad en el fuste	Frente_Museo_Petr
83	ZIN-TA19	273028	8665101	73 m	Oquedad/termitas	Frente_Hipopótamos

ANEXO 5.

EVALUACIÓN VISUAL REALIZADA A LOS ÁRBOLES DE LA MUESTRA



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS



Lugar de la evaluación : Parque de las Leyendas

Zona/ Ubicación. Internacional/ área verdes costado de Rest. Chabuca Granda

Evaluador: Geyser Mendoza Saucedo

Fecha de Evaluación. 04 de marzo del 2017

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL

Árbol (Código): ZIMC08 Especies: N. común Molle Costeño N científico *Schinus terebinthifolius*

DAP (cm) 40 Altura Total (m): 8,00 Altura de fuste: 4,30

Forma: Generalmente simétrica asimétrica

Fuste: cilíndrico Ligeramente cilíndrico Torcido inclinado con brotes en la base Bifurcado

Copa: círculo completo círculo incompleto medio círculo menos de medio círculo solamente pocas ramas

Edad del árbol: joven Semi - maduro maduro sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: De formación De sanación De Rejuvenecimiento De Prevención otro motivo

Fechas aproximada de la poda: No se tiene registro.

Otras anotaciones _____

SALUD DE LOS ÁRBOLES

Distribución de ramas: Uniforme No uniforme: Mayor porcentaje ramas: _____ Dirección: _____

Color del follaje: Normal clorótico necrótico

Densidad del Follaje: Normal Escasa

Obstrucción de crecimiento: Cables Pavimento Ninguno Otros: _____

Vigor: Excelente normal Debilitado por podas Debilitado por otro motivo _____

Estado del fuste: Presencia de cuerpos fructíferos de hongos en la base del árbol.

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior No

CONDICIONES DE SITIOS

Riego: Sin riego Adecuado Excesivo Observación el árbol es regado por aspersores o con manguera.

Iluminación: Plena solo lateral Ninguna

Perturbación reciente del sitio: Construcción Zanjas en el suelo Cableado eléctrico Otro Ninguno

Problemas del suelo: Ninguno Poco profundo compactado Otro: _____

Exposición al viento: Plena Solamente la copa Al borde del dosel No está expuesto al viento

Solamente en una dirección Sur-Este a Nor-Oeste

Pendiente del suelo: 3% aproximadamente Otras anotaciones _____

OBJETIVO

Uso del espacio Bajo árbol: Construcción Estacionamiento Banquillas Recreación Para descansar

Para almorzar Camino de paso otros Banquillas móviles

Frecuencia de su uso: No se usa Ocasional Frecuente Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas Banquillas Carros Quioscos Animales

Otros También puede afectar el cerco que limita con la Huaca San Miguel.

Puede cambiarse de objetivo? Si No El uso puede ser restringido? Si No

Otras anotaciones _____

DEFECTOS DEL ÁRBOL. _____.

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si
 Raíces expuestas: () Mucho () Poco (X) No expuesta:
 Raíces podadas: (X) No () Si **Distancia al Tronco** _____.
 Restricción en el área de la raíz: (X) No () Si _____.
 Potencial de ruptura de la raíz: () Alta (X) moderada () baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección Norte. Distancia horizontal de la base al centro de la copa 90cm.
Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm) _____ horizontal (cm) a. _____ b. _____ c. _____.
 Profundidad (cm): **Horizontal** _____ **Vertical:** Inferior _____ Superior _____.
 Orientación de la oquedad _____. Altura de inicio más arriba de los 1,70m.
Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No () Si (X) Cuantos? Tres...Datos del más grande:
 Orientación. De este a norte Altura de ubicación 0.00m (base).
 Largo. 13.5cm Ancho 20cm Alto 10cm.
 Textura. Suave Color marrón, bordes blancos.
Madera en pudrición: No (X) Si () Color _____ Textura _____ Humedad _____.
Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ Textura _____ Olor. _____.
Daños antrópicos: No (X) Si () _____.
Grieta: No () Si (X) **Rajaduras** No (X) Si () **Chancros:** No (X) Si ()
Otras anotaciones Presenta nudos vivos y muertos (Restos de podas) a diferentes alturas y orientaciones.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO. _____.

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo. Fuste.

$$\frac{4}{\text{Fractura potencial}} + \frac{3}{\text{Tamaño de la parte}} + \frac{4}{\text{Evaluación blanco}} = \frac{11}{\text{Puntuación del riesgo}}$$

Fractura potencial: 1- Bajo; 2- Medio; 3- alto; 4- Severo
Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 - (20-40cm)
 3 - (40-50cm); 4 - (>50cm)
Evaluación del Blanco: 1- (Sin Uso); 2- (Uso ocasional)
 3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO _____.

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: (X) Eliminar el árbol: ()
 Otras medidas: _____.

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: (X) Copa: ()
 Uniones de Ramas: () Otras partes del árbol _____.

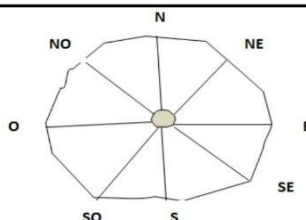
Frecuencia:

Mensual: () Anual: (X) Bianual: ()

OTRAS EVALUACIONES: _____.

Simetría de la copa

Norte (N) **2.30m**
 Nor-Oeste (NO) **2.40m**
 Oeste (O) **2.50m**
 Sur-Oeste (SO) **2.70m**

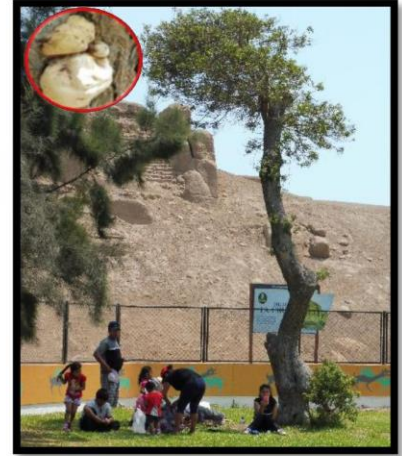


Sur (S) **2.80m**
 Sur-Este (SE) **3.50m**
 Este (E) **3.30m**
 Nor-Este (NE) **2.90m**

COMENTARIOS. Debido a la presencia de muchos defectos estructurales, se recomienda realizar evaluaciones internas, caso contrario se puede reducir el peso de la copa mediante podas adecuadas; asimismo, se debe liberar la zona que rodea al cuello radicular para evitar aparición de otros patógenos por el exceso de humedad en dicha zona.



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS



Lugar de la evaluación: Parque de las Leyendas.

Zona/ Ubicación. Selva/ Picnic Selva

Evaluador: Geysler Mendoza Saucedo.

Fecha de Evaluación. 12/03/2017

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL _____.

Árbol (Código): ZSEMC08 Especies: N. común Molle Costeño N científico Schinus terebinthifolius.

DAP (cm) 43 Altura Total (m): 6.00 Altura de fuste: 4.50

Forma: () Generalmente simétrica (X) asimétrica

Fuste: () cilíndrico () Ligeramente cilíndrico (X) Torcido (X) inclinado (X) con brotes en el fuste () Bifurcado

Copa: () círculo completo () círculo incompleto () menos de medio círculo (X) solamente pocas ramas

Edad del árbol: () joven () Semi - maduro (X) maduro () sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: () De formación () De sanación () De Rejuvenecimiento (X) De Prevención () otro motivo _____.

Fechas aproximada de la poda: No se tiene registro.

Otras anotaciones _____.

SALUD DE LOS ÁRBOLES _____.

Distribución de ramas: () Uniforme (X) No uniforme: Mayor porcentaje ramas: Más del 50% Dirección: Norte - Este

Color del follaje: (X) Normal () clorótico () necrótico

Densidad del Follaje: () Normal (X) Escasa

Obstrucción de crecimiento: () Cables () Pavimento (X) Ninguno () Otros: _____.

Vigor: () Excelente () normal (X) Debilitado por podas (X) Debilitado por otro motivo: Daños antrópicos

Estado del fuste: Presencia de cuerpos fructíferos de hongos en la base del árbol y otros defectos estructurales

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior No

CONDICIONES DE SITIOS _____.

Riego: () Sin riego (X) Adecuado () Excesivo Observación el árbol es regado por aspersores o con manguera.

Iluminación: (X) Plena () solo lateral () Ninguna

Perturbación reciente del sitio: () Construcción () Zanjas en el suelo () Cableado eléctrico () Otro Ninguno

Problemas del suelo: (X) Ninguno () Poco profundo () compactado () Otro: _____.

Exposición al viento: (X) Plena () Solamente la copa () Al borde del dosel () No está expuesto al viento

() Solamente en una dirección

Pendiente del suelo: Completamente plano .Otras anotaciones _____.

OBJETIVO. _____.

Uso del espacio Bajo árbol: () Construcción () Estacionamiento () Banquillas () Recreación (X) Para descansar (X) Para almorzar () Camino de paso () otros _____.

Frecuencia de su uso: () No se usa () Ocasional () Frecuente (X) Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas (X) Banquillas () Carros () Quioscos () Animales ()

Otros (X) También puede afectar el cerco que limita con la Huaca La Cruz.

¿Puede cambiarse de objetivo? () Si (X) No El uso puede ser restringido? (X) Si () No

Otras anotaciones _____.

DEFECTOS DEL ÁRBOL. _____

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si

Raíces expuestas: () Mucho () Poco (X) No expuesta:

Raíces podadas: (X) No () Si Distancia al Tronco _____.

Restricción en el área de la raíz: (X) No () Si _____.

Potencial de ruptura de la raíz: (X) Alta () moderada () baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección Nor - Este. Distancia horizontal de la base al centro de la copa: 1,00m

Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm) _____ horizontal (cm) a. _____ b. _____ c. _____.

Profundidad (cm): Horizontal _____ Vertical: Inferior _____ Superior _____.

Orientación de la oquedad _____. Altura de inicio _____. (NO SE HA ENCONTRADO)

Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No () Si (X) Cuantos? Tres Datos del más grande:

Orientación: Nor - Oeste Altura de ubicación 49cm.

Largo 7,00cm Ancho 4,00cm Alto 2,00cm.

Textura: Suave Color: Blanquecino a crema.

Madera en pudrición: No () Si (X) Color Marrón claro Textura Áspera Humedad Seca al tacto

Abundancia: Poco abundante. Ubicación: Resto de poda antigua y zona de daños antrópicos

Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ Textura _____ Olor: _____.

Daños antrópicos: No () Si (X) Huellas de herramientas punzocortantes cercano a la zona basal del árbol.

Grieta: No () Si (X) Rajaduras No (X) Si () Chancros: No () Si (X)

Otras anotaciones: Abundancia de brotes en la zona basal y en los últimos metros del fuste. Aparte de ello zonas con corteza suelta. Deterioro de poda antigua. parece ataque de termitas

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO. _____

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo. Fuste.

$$\frac{4}{\text{Fractura potencial}} + \frac{3}{\text{Tamaño de la parte}} + \frac{4}{\text{Evaluación blanco}} = \frac{11}{\text{Puntuación del riesgo}}$$

Fractura potencial: 1 - Bajo; 2 - Medio; 3 - alto; 4 - Severo

Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 - (20-40cm)

3 - (40-50cm); 4 - (>50cm)

Evaluación del Blanco: 1- (Sin Uso); 2- (Uso ocasional)

3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO. _____

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: () Eliminar el árbol: (X)

Otras medidas: Restringir el uso del área de influencia del árbol.

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: (X) Copa: ()

Uniones de Ramas: () Otras partes del árbol _____.

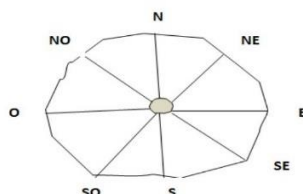
Frecuencia:

Mensual: () Cada seis meses: (X) Anual: () Bianaual: ()

OTRAS EVALUACIONES: _____

Simetría de la copa

Norte (N) **1,80m**
Nor-Oeste (NO) **2,40m**
Oeste (O) **2,10m**
Sur-Oeste (SO) **1,90m**



Sur (S) **2,00m**
Sur-Este (SE) **2,350m**
Este (E) **2,10m**
Nor-Este (NE) **0,90m**

COMENTARIOS. ZEMC11 es uno de los árboles con mayores daños mecánicos registrados hasta los 1,70m de altura, se sospecha de poca pared residual y posible pudrición de la raíz. Pérdida de vigor por las múltiples podas para reducir el peso de la copa. Ello nos permite sugerir una reposición del árbol, por cuestiones de seguridad para los visitantes, estética del lugar y la plantación de un nuevo árbol, a futuro, generaría más sombra en días calurosos, mejorando la estadía de los visitantes.



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS



Lugar de la evaluación: Parque de las Leyendas.

Zona/ Ubicación. Costa/entre espejo de aguas y la Huaca San Miguel

Evaluador: Geyser Mendoza Saucedo.

Fecha de Evaluación. 13/03/2017

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL _____.

Árbol (Código): ZCOME04 Especies: N. común Melia N científico Melia azedarach,

DAP (cm) 56 **Altura Total** (m): 8,50 **Altura de fuste:** 3,80

Forma: (X) Generalmente simétrica () asimétrica

Fuste: (X) cilíndrico () Ligeramente cilíndrico () Torcido (X) inclinado () con brotes en el fuste () Bifurcado

Copa: () círculo completo (X) círculo incompleto () menos de medio círculo () solamente pocas ramas

Edad del árbol: () joven () Semi - maduro (X) maduro () sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: () De formación () De sanación () De Rejuvenecimiento (X) De Prevención () otro motivo _____.

Fechas aproximada de la poda: _____ No se tiene registro. _____.

Otras anotaciones _____.

SALUD DE LOS ÁRBOLES _____..

Distribución de ramas: (X) Uniforme () No uniforme: Mayor porcentaje ramas: _____ Dirección: _____.

Color del follaje: (X) Normal () clorótico () necrótico

Densidad del Follaje: (X) Normal () Escasa

Obstrucción de crecimiento: () Cables () Pavimento (X) Ninguno () Otros: _____.

Vigor: () Excelente (X) normal () Debilitado por podas () Debilitado por otro motivo: _____.

Estado del fuste: Presencia de chancro por encima de los 1,70m de evaluación y posibles uniones débiles de las ramas

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior No _____.

CONDICIONES DE SITIOS _____.

Riego: () Sin riego (X) Adecuado () Excesivo Observación el árbol es regado por aspersores y/o por cisternas.

Iluminación: (X) Plena () solo lateral () Ninguna

Perturbación reciente del sitio: () Construcción () Zanjas en el suelo () Cableado eléctrico () Otro Ninguno _____.

Problemas del suelo: (X) Ninguno () Poco profundo () compactado () Otro: _____.

Exposición al viento: (X) Plena () Solamente la copa () Al borde del dosel () No está expuesto al viento
() Solamente en una dirección

Pendiente del suelo: 2% **Otras anotaciones** _____.

OBJETIVO _____.

Uso del espacio Bajo árbol: () Construcción () Estacionamiento () Banquillas () Recreación (X) Para descansar
(X) Para almorzar (X) Camino de paso () otros _____.

Frecuencia de su uso: () No se usa () Ocasional _____ () Frecuente (X) Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas (X) Banquillas () Carros () Quioscos () Animales ()
Otros (X) Mapa de ubicación que usan los visitantes. posibles vehículos que pasan.

¿Puede cambiarse de objetivo? () Si (X) No

¿El uso puede ser restringido? () Si (X) No

Otras anotaciones _____.

DEFECTOS DEL ÁRBOL._____

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si
Raíces expuestas: () Mucho () Poco (X) No expuesta:
Raíces podadas: (X) No () Si Distancia al Tronco _____
Restricción en el área de la raíz: (X) No () Si _____
Potencial de ruptura de la raíz: () Alta () moderada (X) baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección Nor - Este . Distancia horizontal de la base al centro de la copa: 1.20m
Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm) _____ horizontal (cm) a. _____ b. _____ c. _____
Profundidad (cm): **Horizontal** _____ **Vertical:** Inferior _____ Superior _____
Orientación de la oquedad _____ . Altura de inicio _____ . (NO SE HA ENCONTRADO)
Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No (X) Si () Cuantos? _____ Datos del más grande:
Orientación. _____ Altura de ubicación _____ .
Largo _____ Ancho _____ Alto _____ .
Textura. _____ Color: _____ .
Madera en pudrición: No (X) Si () Color _____ Textura _____ Humedad _____ .
Abundancia: _____ . Ubicación: _____ .
Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ . Textura. _____ Olor. _____ .
Daños antrópicos: No () Si (X) Pequeños cortes en la corteza (cuello radicular) ocasionados al cortar el césped
Grieta: No (X) Si () Rajaduras No (X) Si () Chancros: No () Si (X)
Otras anotaciones: Se ha encontrado corteza suelta en los primeros metros de altura, y crecimiento de posibles líquenes .

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO._____

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo. Fuste .

$$\frac{3}{\text{Fractura potencial}} + \frac{4}{\text{Tamaño de la parte}} + \frac{4}{\text{Evaluación blanco}} = \frac{11}{\text{Puntuación del riesgo}}$$

Fractura potencial: 1 – Bajo; 2 – Medio; 3 – alto; 4 - Severo
Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 – (20-40cm)
3 – (40-50cm); 4 – (>50cm)
Evaluación del Blanco: 1– (Sin Uso); 2– (Uso ocasional)
3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO_____

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: (X) Eliminar el árbol: ()
Otras medidas: Retiro del mapa de ubicación que está en el área de influencia del árbol.

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: (X) Copa: ()
Uniones de Ramas: (X) Otras partes del árbol _____ .

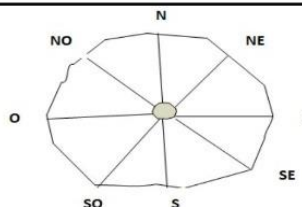
Frecuencia:

Mensual: () Cada seis meses: () Anual: (X) Bianual: ()

OTRAS EVALUACIONES:_____

Simetría de la copa

Norte (N) **1.50m**
Nor-Oeste (NO) **1.90m**
Oeste (O) **2.60m**
Sur-Oeste (SO) **2.20m**

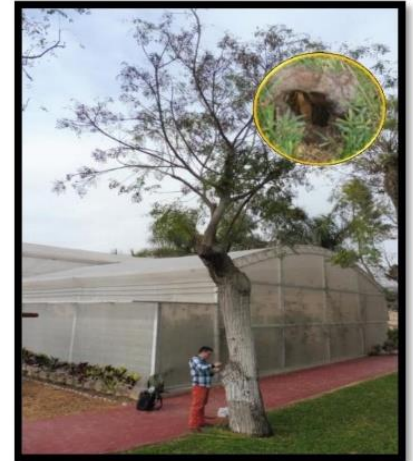


Sur (S) **2.40m**
Sur-Este (SE) **2,40m**
Este (E) **2.50m**
Nor-Este (NE) **1.70m**

COMENTARIOS. ZCOME04 es uno de los árboles con menores daños mecánicos registrados en el fuste. Sin embargo, está en una zona de mucha concurrencia por los visitantes, debido al mapa de ubicación bajo el árbol. Por lo que se recomienda cambiar de lugar dicho mapa y si es posible reducir la altura del árbol mediante una poda adecuada, con ello se reduce el riesgo de caída y aumenta la seguridad para los visitantes.



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS



Lugar de la evaluación: Parque de las Leyendas.

Zona/ Ubicación. Costa/ Entre el laberinto y Huaca la Palma

Evaluador: Geysler Mendoza Saucedo.

Fecha de Evaluación. 10/03/2017

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL

Árbol (Código): ZCOME17 Especies: N. común Melia N científico Melia azedarach

DAP (cm) 60 Altura Total (m): 7,00 Altura de fuste: 3,30

Forma: () Generalmente simétrica (X) asimétrica

Fuste: (X) cilíndrico () Ligeramente cilíndrico () Torcido (X) inclinado () con brotes en el fuste () Bifurcado

Copa: () círculo completo () círculo incompleto (X) menos de medio círculo () solamente pocas ramas

Edad del árbol: () joven () Semi - maduro (X) maduro () sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: () De formación () De sanación (X) De Rejuvenecimiento () De Prevención () otro motivo

Fechas aproximada de la poda: No se tiene registro.

Otras anotaciones _____.

SALUD DE LOS ÁRBOLES

Distribución de ramas: () Uniforme (X) No uniforme: Mayor porcentaje ramas: 50% Dirección: Oeste

Color del follaje: (X) Normal () clorótico () necrótico

Densidad del Follaje: () Normal (X) Escasa

Obstrucción de crecimiento: () Cables () Pavimento (X) Ninguno () Otros: _____.

Vigor: () Excelente () normal (X) Debilitado por podas () Debilitado por otro motivo: _____.

Estado del fuste: Principal defecto es una oquedad

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior Si _____.

CONDICIONES DE SITIOS

Riego: () Sin riego (X) Adecuado () Excesivo Observación: El árbol es regado principalmente por aspersores.

Iluminación: (X) Plena () solo lateral () Ninguna

Perturbación reciente del sitio: (X) Construcción () Zanjas en el suelo () Cableado eléctrico () Otro _____.

Problemas del suelo: (X) Ninguno () Poco profundo () compactado () Otro: _____.

Exposición al viento: (X) Plena () Solamente la copa () Al borde del dosel () No está expuesto al viento

() Solamente en una dirección

Pendiente del suelo: Completamente plano .Otras anotaciones _____.

OBJETIVO.

Uso del espacio Bajo árbol: () Construcción () Estacionamiento () Banquillas () Recreación (X) Para descansar (X) Para almorzar (X) Camino de paso () otros _____.

Frecuencia de su uso: () No se usa () Ocasional () Frecuente (X) Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas (X) Banquillas () Carros () Quioscos () Animales ()

Otros (X) Parte de la construcción del mariposario

¿Puede cambiarse de objetivo? () Si (X) No ¿El uso puede ser restringido? () Si (X) No

Otras anotaciones _____.

DEFECTOS DEL ÁRBOL.

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si

Raíces expuestas: () Mucho (X) Poco () No expuesta:

Raíces podadas: () No (X) Si Distancia al Tronco 0,30m.

Restricción en el área de la raíz: () No (X) Si Por la construcción de una vereda a centímetros del cuello radicular.

Potencial de ruptura de la raíz: () Alta (X) moderada () baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección Norte. Distancia horizontal de la base al centro de la copa: 50cm.

Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm) _____ horizontal (cm) 6,00.

Profundidad (cm): Horizontal _____ Vertical: Inferior 24cm Superior _____.

Orientación de la oquedad Nor - Oeste. Altura de inicio 1,10m.

Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No (X) Si () Cuantos? _____ Datos del más grande:

Orientación. _____ Altura de ubicación _____.

Largo _____ Ancho _____ Alto _____.

Textura. _____ Color: _____.

Madera en pudrición: No () Si (X) Color Marrón claro Textura: Suave, corchosa Humedad Alta.

Abundancia: Poca. Ubicación: En la oquedad registrada.

Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ Textura. _____ Olor. _____.

Daños antrópicos: No (X) Si () _____.

Grieta: No (X) Si () Rajaduras No (X) Si () Chancros: No (X) Si ()

Otras anotaciones: Al final del fuste, debido a podas de ramas se ha generado una protuberancia que aumenta el peso del árbol.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO.

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo: Fuste.

$$\frac{4}{\text{Fractura potencial}} + \frac{4}{\text{Tamaño de la parte}} + \frac{4}{\text{Evaluación blanco}} = \frac{12}{\text{Puntuación del riesgo}}$$

Fractura potencial: 1 - Bajo; 2 - Medio; 3 - alto; 4 - Severo

Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 - (20-40cm)
3 - (40-50cm); 4 - (>50cm)

Evaluación del Blanco: 1- (Sin Uso); 2- (Uso ocasional)

3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: (X) Eliminar el árbol: ()

Otras medidas: Reducir la altura del árbol, mediante podas con personal capacitado.

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: (X) Copa: ()

Uniones de Ramas: (X) Otras partes del árbol raíz expuesta.

Frecuencia:

Mensual: () Cada seis meses: () Anual: (X) Bianual: ()

OTRAS EVALUACIONES:

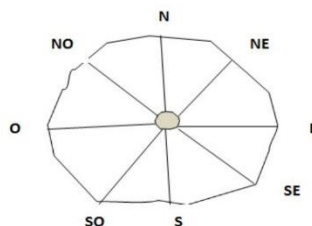
Simetría de la copa

Norte (N) **2.70**

Nor-Oeste (NO) **2.50m**

Oeste (O) **2.70m**

Sur-Oeste (SO) **3.20m**



Sur (S) **4.00m**

Sur-Este (SE) **3,20m**

Este (E) **3,20m**

Nor-Este (NE) **2.60m**

COMENTARIOS. En base a la evaluación visual, para el árbol ZCOME17, se recomienda reducir la altura total, mediante la reducción de la copa; asimismo, podar las ramas buscando la simetría y estabilidad del árbol.



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS

Lugar de la evaluación: Parque de las Leyendas.

Zona/ Ubicación: Selva / Picnic Selva, próximo a la huaca Cruz Blanca

Evaluador: Geyser Mendoza Saucedo.

Fecha de Evaluación: 15/03/2017



CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL

Árbol (Código): ZCO-MS04 Especies: N. común Molle serrano N científico Schinus molle ,

DAP (cm) 55 Altura Total (m): 9.50 . Altura de fuste: 3.80 .

Forma: () Generalmente simétrica (X) asimétrica

Fuste: () cilíndrico () Ligeramente cilíndrico () Torcido (X) inclinado (X) con brotes en la base () Bifurcado

Copa: (X) círculo completo () círculo incompleto () menos de medio círculo () solamente pocas ramas

Edad del árbol: () joven () Semi - maduro (X) maduro () sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: () De formación () De sanación () De Rejuvenecimiento (X) De Prevención () otro motivo

Fechas aproximada de la poda: No se tiene registro .

Otras anotaciones _____.

SALUD DE LOS ÁRBOLES

Distribución de ramas: () Uniforme (X) No uniforme: Mayor porcentaje ramas: 70% Dirección: Nor -Oeste a Sur-Oeste .

Color del follaje: (X) Normal () clorótico () necrótico

Densidad del Follaje: (X) Normal () Escasa

Obstrucción de crecimiento: () Cables () Pavimento (X) Ninguno () Otros: _____.

Vigor: () Excelente () normal (X) Debilitado por podas () Debilitado por otro motivo: _____.

Estado del fuste: Presencia de múltiples defectos estructurales

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior No _____.

CONDICIONES DE SITIOS

Riego: () Sin riego (X) Adecuado () Excesivo Observación: Riego por aspersores y manguera

Iluminación: (X) Plena () solo lateral () Ninguna

Perturbación reciente del sitio: () Construcción () Zanjas en el suelo () Cableado eléctrico () Otro Ninguno .

Problemas del suelo: (X) Ninguno () Poco profundo () compactado () Otro: _____.

Exposición al viento: (X) Plena () Solamente la copa () Al borde del dosel () No está expuesto al viento () Solamente en una dirección

Pendiente del suelo: 2% .Otras anotaciones _____.

OBJETIVO.

Uso del espacio Bajo árbol: () Construcción () Estacionamiento () Banquillas () Recreación (X) Para descansar (X) Para almorzar () Camino de paso () otros _____.

Frecuencia de su uso: () No se usa () Ocasional ____ . () Frecuente __ (X) Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas (X) Banquillas (X) Carros () Quioscos () Animales () Otros () _____.

¿Puede cambiarse de objetivo? () Si (X) No ¿El uso puede ser restringido? () Si (X) No

Otras anotaciones En ocasiones se ha encontrado banquillas temporales, acondicionadas para sentarse a almorzar bajo la sombra del árbol.

DEFECTOS DEL ÁRBOL. _____.

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si

Raíces expuestas: () Mucho () Poco (X) No expuesta:

Raíces podadas: (X) No () Si Distancia al Tronco _____.

Restricción en el área de la raíz: (X) No () Si _____.

Potencial de ruptura de la raíz: (X) Alta () moderada () baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección Oeste. Distancia horizontal de la base al centro de la copa: 1.00m.

Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm): 27.00 horizontal (cm) a. 13.00 b. 16 c. 12.50

Profundidad (cm): **Horizontal** 20.00 **Vertical:** Inferior 35.00 Superior 8.00

Orientación de la oquedad Norte. Altura de inicio 0.90m.

Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No () Si (X) Cuantos? Uno (al interior) Datos del más grande:

Orientación. Sur Altura de ubicación 1.00m.

Largo 9.00cm Ancho 10.00cm Alto 3.00cm

Textura. Lisa Color: Marrón oscuro

Madera en pudrición: No () Si (X) Color Marrón claro Textura: Suave, corchosa Humedad Seco al tacto

Abundancia: En todas las paredes de la oquedad.

Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ Textura. _____ Olor. _____.

Daños antrópicos: No (X) Si () _____.

Grieta: No (X) Si () Rajaduras No (X) Si () Chancros: No (X) Si ()

Otras anotaciones: Presencia de tumoración a lo largo del fuste y oquedad al inicio de la ramificación.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO. _____.

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo. Fuste

3	+	4	+	4	=	11
Fractura potencial		Tamaño de la parte		Evaluación blanco		Puntuación del riesgo

Fractura potencial: 1 - Bajo; 2 - Medio; 3 - alto; 4 - Severo

Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 - (20-40cm)

3 - (40-50cm); 4 - (>50cm)

Evaluación del Blanco: 1- (Sin Uso); 2- (Uso ocasional)

3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO _____.

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: (X) Eliminar el árbol: ()

Otras medidas: Reducir la altura del árbol, mediante podas con personal capacitado.

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: () Copa: ()

Uniones de Ramas: (X) Otras partes del árbol

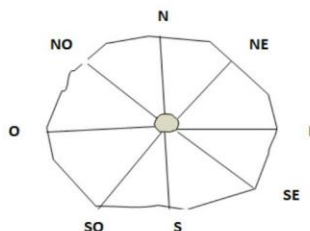
Frecuencia:

Mensual: () Cada seis meses: (X) Anual: () Bianual: ()

OTRAS EVALUACIONES: _____.

Simetría de la copa

Norte (N) **3.40**
Nor-Oeste (NO) **3.20m**
Oeste (O) **3.40m**
Sur-Oeste (SO) **2.80m**



Sur (S) **2.60m**
Sur-Este (SE) **2,40m**
Este (E) **2,60m**
Nor-Este (NE) **3.10m**

COMENTARIOS. Los defectos estructurales del árbol ZCO-MS04 lo califican con un riesgo alto, por lo que se debe reducir la altura del árbol o realizar podas para mantener su estabilidad. Se sospecha de una posible pudrición de la médula a lo largo del todo el fuste, ya que las oquedades pueden comunicarse. Por lo que se recomienda realizar evaluaciones internas.



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS



Lugar de la evaluación: Parque de las Leyendas.

Zona/ Ubicación. Sierra / Al costado del restaurant

Evaluador: Geysner Mendoza Saucedo.

Fecha de Evaluación. 15/03/2017

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL

Árbol (Código): ZSI-MS15 **Especies:** N. común Molle serrano N científico Schinus molle ,

DAP (cm) 30,50 **Altura Total (m):** 5.50 **Altura de fuste:** 3.70 .

Forma: () Generalmente simétrica (X) asimétrica

Fuste: () cilíndrico () Ligeramente cilíndrico () Torcido (X) inclinado (X) Con brotes en la base () Bifurcado

Copa: () círculo completo (X) círculo incompleto () menos de medio círculo () solamente pocas ramas

Edad del árbol: () joven () Semi - maduro (X) maduro () sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: () De formación () De sanación () De Rejuvenecimiento (X) De Prevención () otro motivo

Fechas aproximada de la poda: No se tiene registro .

Otras anotaciones _____.

SALUD DE LOS ÁRBOLES

Distribución de ramas: () Uniforme (X) No uniforme: **Mayor porcentaje ramas:** 60% **Dirección:** Este.

Color del follaje: (X) Normal () clorótico () necrótico

Densidad del Follaje: (X) Normal () Escasa

Obstrucción de crecimiento: () Cables () Pavimento (X) Ninguno () Otros: _____.

Vigor: () Excelente () normal (X) Debilitado por podas () Debilitado por otro motivo: _____.

Estado del fuste: Presencia de oquedad y tumoraciones rodeado por brotes

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior No .

CONDICIONES DE SITIOS

Riego: () Sin riego () Adecuado (X) Excesivo **Observación:** Se registra inundación con manguera

Iluminación: (X) Plena () solo lateral () Ninguna

Perturbación reciente del sitio: () Construcción () Zanjas en el suelo () Cableado eléctrico () Otro Ninguno .

Problemas del suelo: (X) Ninguno () Poco profundo () compactado () Otro: _____.

Exposición al viento: () Plena (X) Solamente la copa () Al borde del dosel () No está expuesto al viento () Solamente en una dirección

Pendiente del suelo: Completamente plano . **Otras anotaciones:** Hay una pared en la dirección de caída, a unos 3,30m de la base del tronco .

OBJETIVO.

Uso del espacio Bajo árbol: (X) Construcción () Estacionamiento () Banquillas () Recreación () Para descansar () Para almorzar (X) Camino de paso () otros _____.

Frecuencia de su uso: () No se usa () Ocasional ___ . () Frecuente ___ (X) Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas (X) Banquillas () Carros () Quioscos () Animales ()
Otros (X) Muro ubicado en la dirección de caída del árbol

¿Puede cambiarse de objetivo? () Si (X) No

¿El uso puede ser restringido? () Si (X) No

DEFECTOS DEL ÁRBOL.

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si

Raíces expuestas: () Mucho () Poco (X) No expuesta:

Raíces podadas: (X) No () Si Distancia al Tronco _____.

Restricción en el área de la raíz: (X) No () Si _____.

Potencial de ruptura de la raíz: () Alta () moderada (X) baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección Nor-Este Distancia horizontal de la base al centro de la copa: 1.00m.

Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm): 20,00 horizontal (cm) a. 12,05 b. 15,00 c. 13,00.

Profundidad (cm): **Horizontal** 24,05 **Vertical:** Inferior 37,00 Superior ----.

Orientación de la oquedad Norte Altura de inicio 0,90m.

Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No (X) Si () Cuantos? _____ Datos del más grande:

Orientación, _____ Altura de ubicación _____.

Largo _____ Ancho _____ Alto _____.

Textura, _____ Color: _____.

Madera en pudrición: No () Si (X) Color Marrón oscuro a Negro Textura: Suave, corchosa Humedad: Alta.

Abundancia: En todas las paredes de la oquedad.

Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ Textura, _____ Olor, _____.

Daños antrópicos: No (X) Si () _____.

Grieta: No (X) Si () Rajaduras No (X) Si () Chancros: No (X) Si ()

Otras anotaciones: Presencia de tumoración a lo largo del fuste, rodeado con múltiple brotes

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO.

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo, Fuste.

$$\frac{4}{\text{Fractura potencial}} + \frac{2}{\text{Tamaño de la parte}} + \frac{4}{\text{Evaluación blanco}} = \frac{10}{\text{Puntuación del riesgo}}$$

Fractura potencial: 1 – Bajo; 2 – Medio; 3 – alto; 4 - Severo

Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 – (20-40cm)

3 – (40-50cm); 4 – (>50cm)

Evaluación del Blanco: 1– (Sin Uso); 2– (Uso ocasional)

3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: (X) Eliminar el árbol: ()

Otras medidas: Reducir la altura del árbol, mediante podas con personal capacitado.

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: () Copa: ()

Uniones de Ramas: () Otras partes del árbol

Frecuencia:

Mensual: () Cada seis meses: (X) Anual: () Bianaual: ()

OTRAS EVALUACIONES:

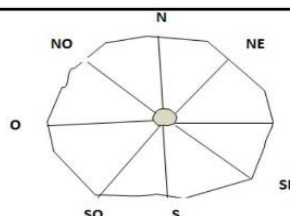
Simetría de la copa

Norte (N) **1.80**

Nor-Oeste (NO) **1.20m**

Oeste (O) **1.10m**

Sur-Oeste (SO) **1.80m**



Sur (S) **2.20m**

Sur-Este (SE) **1,80m**

Este (E) **2,60m**

Nor-Este (NE) **2.50m**

COMENTARIOS. Los defectos estructurales del árbol ZIN-MS15 lo califican, de acuerdo a las puntuaciones de los índices, con un riesgo alto. Para reducir este riesgo solo se puede intervenir en el árbol realizando podas en busca de la estabilidad y la distribución homogénea de las ramas. En cuanto al objetivo, este tiene la máxima puntuación por el muro construido en el área de influencia, mas no por la elevada concurrencia de visitantes cerca a este lugar, incluso el restaurant próximo permanece cerrado.



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS



Lugar de la evaluación: Parque de las Leyendas.

Zona/ Ubicación. Internacional / Picnic felinario

Evaluador: Geyscr Mendoza Saucedo.

Fecha de Evaluación. 15/02/2017

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL

Árbol (Código): ZIN-TA16 Especies: N. común Tulipán africano N científico Spathodea campanulata .

DAP (cm) 32,00 Altura Total (m): 6.50 . Altura de fuste: 3,20 .

Forma: (X) Generalmente simétrica () asimétrica

Fuste: () cilíndrico (X) Ligeramente cilíndrico () Torcido () inclinado () con brotes en la base () Bifurcado

Copa: (X) círculo completo () círculo incompleto () menos de medio círculo () solamente pocas ramas

Edad del árbol: () joven () Semi - maduro (X) maduro () sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: () De formación () De sanación (X) De Rejuvenecimiento (X) De Prevención () otro motivo

Fechas aproximada de la poda: No se tiene registro .

Otras anotaciones _____.

SALUD DE LOS ÁRBOLES

Distribución de ramas: (X) Uniforme () No uniforme: Mayor porcentaje ramas: 60% Dirección: Este.

Color del follaje: (X) Normal () clorótico () necrótico

Densidad del Follaje: (X) Normal () Escasa

Obstrucción de crecimiento: () Cables () Pavimento (X) Ninguno () Otros: _____.

Vigor: () Excelente (X) normal () Debilitado por podas () Debilitado por otro motivo: _____.

Estado del fuste: Presencia de oquedades

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior No _____.

CONDICIONES DE SITIOS

Riego: () Sin riego () Adecuado (X) Excesivo Observación: Inundaciones frecuentes con manguera

Iluminación: (X) Plena () solo lateral () Ninguna

Perturbación reciente del sitio: () Construcción () Zanjas en el suelo () Cables eléctricos () Otro Zanjas poco profundas cercanas a la base del árbol.

Problemas del suelo: (X) Ninguno () Poco profundo () compactado () Otro: _____.

Exposición al viento: (X) Plena () Solamente la copa () Al borde del dosel () No está expuesto al viento () Solamente en una dirección

Pendiente del suelo: Completamente plano . Otras anotaciones: _____.

OBJETIVO.

Uso del espacio Bajo árbol: () Construcción () Estacionamiento () Banquillas () Recreación (X) Para descansar (X) Para almorzar () Camino de paso () otros _____.

Frecuencia de su uso: () No se usa () Ocasional () Frecuente (X) Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas (X) Banquillas () Carros () Quioscos () Animales () Otros () _____.

¿Puede cambiarse de objetivo? () Si (X) No ¿El uso puede ser restringido? () Si (X) No

DEFECTOS DEL ÁRBOL.

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si

Raíces expuestas: () Mucho () Poco (X) No expuesta:

Raíces podadas: (X) No () Si Distancia al Tronco _____.

Restricción en el área de la raíz: (X) No () Si _____.

Potencial de ruptura de la raíz: () Alta (X) moderada () baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección _____, Distancia horizontal de la base al centro de la copa: _____ (No está inclinado)

Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm): 34,00 horizontal (cm) a. 10,00 b. 17,05 c. 10,00.

Profundidad (cm): Horizontal 21,00 Vertical: Inferior 20,00 Superior 34,00.

Orientación de la oquedad Sur-Este. Altura de inicio 0,50m.

Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No (X) Si () Cuantos? _____ Datos del más grande:

Orientación _____ Altura de ubicación _____.

Largo _____ Ancho _____ Alto _____ Textura _____.

Madera en pudrición: No () Si (X) Color Marrón oscuro Textura: Suave, corchosa Humedad: Alta.

Abundancia: En Parte superior de la oquedad.

Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ Textura _____ Olor _____.

Daños antrópicos: No () Si (X) Daños en la base, posiblemente ocasionado durante la poda del césped.

Grieta: No (X) Si () Rajaduras No (X) Si () Chancros: No () Si (X)

Otras anotaciones: Presencia de una segunda oquedad a los 2,10m de altura, la cual muestra madera húmeda, en descomposición y acompañada de posibles termitas.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO.

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo: Fuste.

$$\frac{4}{\text{Fractura potencial}} + \frac{2}{\text{Tamaño de la parte}} + \frac{4}{\text{Evaluación blanco}} = \frac{10}{\text{Puntuación del riesgo}}$$

Fractura potencial: 1 - Bajo; 2 - Medio; 3 - alto; 4 - Severo

Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 - (20-40cm)

3 - (40-50cm); 4 - (>50cm)

Evaluación del Blanco: 1- (Sin Uso); 2- (Uso ocasional)

3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: (X) Eliminar el árbol: ()

Otras medidas: Reducir la altura del árbol, mediante podas con personal capacitado.

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: () Copa: ()

Uniones de Ramas: () Otras partes del árbol

Frecuencia:

Mensual: () Cada seis meses: (X) Anual: () Bianaual: ()

OTRAS EVALUACIONES:

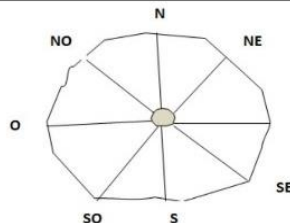
Simetría de la copa

Norte (N) 3,50m

Nor-Oeste (NO) 3,60m

Oeste (O) 3,30m

Sur-Oeste (SO) 2,50m



Sur (S) 3,10m

Sur-Este (SE) 3,40m

Este (E) 3,20m

Nor-Este (NE) 3,55m

COMENTARIOS

Este árbol, a pesar de presentar grandes defectos estructurales: oquedades que posiblemente estén conectadas, muestra tener un gran vigor, ello debido a la abundancia de follaje siempre verde y a la floración temporal. Debido a su uso y defectos representa un alto riesgo para los visitantes, por lo que para reducir ello se tendría que disminuir la altura total sin afectar la estética del árbol.



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE ÁRBOLES EN AMBIENTES URBANOS



Lugar de la evaluación: Parque de las Leyendas.

Zona/ Ubicación. Internacional / Frente a los hipopótamos

Evaluador: Geyscer Mendoza Saucedo.

Fecha de Evaluación. 15/02/2017

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL

Árbol (Código): ZIN-TA19 **Especies:** N. común Tulipán africano N científico *Spathodea campanulata*,
DAP (cm) 32.00 **Altura Total (m):** 7.00 **Altura de fuste:** 2.70

Forma: (X) Generalmente simétrica () asimétrica

Fuste: () cilíndrico (X) Ligeramente cilíndrico () Torcido (X) inclinado () con brotes en la base () Bifurcado

Copa: () círculo completo (X) círculo incompleto () menos de medio círculo () solamente pocas ramas

Edad del árbol: () joven () Semi - maduro (X) maduro () sobre - madura / senescentes

Podas realizadas: (X) De formación () De sanación () De Rejuvenecimiento () De Prevención () otro motivo

Fechas aproximada de la poda: No se tiene registro.

Otras anotaciones _____.

SALUD DE LOS ÁRBOLES

Distribución de ramas: (X) Uniforme () No uniforme: Mayor porcentaje ramas: 60% **Dirección:** Este.

Color del follaje: (X) Normal () clorótico () necrótico

Densidad del Follaje: () Normal (X) Escasa

Obstrucción de crecimiento: () Cables () Pavimento (X) Ninguno () Otros: _____.

Vigor: () Excelente () normal () Debilitado por podas (X) Debilitado por otro motivo: Falta de suficiente follaje. Se ha encontrado abundancia de ramas secas. Pues en este periodo árboles de la misma especie muestran abundancia de follaje.

Estado del fuste: Presencia de oquedades

Situación de la raíz: Presenta partes expuestas al exterior No _____.

CONDICIONES DE SITIOS

Riego: () Sin riego (X) Adecuado () Excesivo **Observación:** Principalmente se riega con cisternas.

Iluminación: (X) Plena () solo lateral () Ninguna

Perturbación reciente del sitio: () Construcción () Zanjas en el suelo () Cableado eléctrico () Otro Ninguno.

Problemas del suelo: (X) Ninguno () Poco profundo () compactado () Otro: _____.

Exposición al viento: (X) Plena () Solamente la copa () Al borde del dosel () No está expuesto al viento () Solamente en una dirección

Pendiente del suelo: Plano **Otras anotaciones:** _____.

OBJETIVO.

Uso del espacio Bajo árbol: () Construcción () Estacionamiento () Banquillas () Recreación () Para descansar () Para almorzar (X) Camino de paso (X) otros: Próximo a cerco que divide el área del hipopótamo.

Frecuencia de su uso: () No se usa () Ocasional () Frecuente (X) Constante

Su caída puede impactar sobre: Personas (X) Banquillas () Carros () Quioscos () Animales () Otros (X) Otros árboles próximos y al cerco de los hipopótamos.

¿Puede cambiarse de objetivo? () Si (X) No **¿El uso puede ser restringido?** () Si (X) No

DEFECTOS DEL ÁRBOL. _____.

EN LA RAÍZ:

Sospecha de pudrición en la raíz: () No (X) Si

Raíces expuestas: () Mucho () Poco (X) No expuesta:

Raíces podadas: (X) No () Si Distancia al Tronco _____.

Restricción en el área de la raíz: (X) No () Si _____.

Potencial de ruptura de la raíz: () Alta (X) moderada () baja () Ninguno

EN EL FUSTE

Inclinación del fuste: Dirección: Nor – Este . Distancia horizontal de la base al centro de la copa: 50,00cm .

Oquedad hasta los 1,70m de altura: Diámetro: vertical (cm): 19,00 horizontal (cm) a. 20,00 b. 19,00 c. 17,00.

Profundidad (cm): Horizontal 12,00 Vertical: Inferior _____ ---- Superior _____ .

Orientación de la oquedad Sur-Este . Altura de inicio 0,20m .

Presencia de Cuerpo fructífero de Hongos: No (X) Si () Cuantos? _____ Datos del más grande:

Orientación. _____ Altura de ubicación _____ .

Largo _____ Ancho _____ Alto _____ Textura _____ .

Madera en pudrición: No () Si (X) Color Marrón oscuro Textura: Suave, aspera Humedad: seca al tacto.

Abundancia: En las paredes de la oquedad.

Presencia de exudación: No (X) Si () Color _____ Textura _____ Olor _____ .

Daños antrópicos: No (X) Si () _____ .

Grieta: No (X) Si () Rajaduras No (X) Si () Chancros: No () Si (X)

Otras anotaciones: Presencia de una segunda oquedad de menor diámetro que la anterior, ubicada a dos metros de altura, en dirección Nor-Este.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO _____.

Parte del árbol con mayor probabilidad de Fallo. Fuste _____.

$$\frac{4}{\text{Fractura potencial}} + \frac{2}{\text{Tamaño de la parte}} + \frac{4}{\text{Evaluación blanco}} = \frac{10}{\text{Puntuación del riesgo}}$$

Fractura potencial: 1 – Bajo; 2 – Medio; 3 – alto; 4 - Severo

Tamaño de la parte: 1 - <20cm; 2 – (20-40cm)

3 – (40-50cm); 4 – (>50cm)

Evaluación del Blanco: 1– (Sin Uso); 2– (Uso ocasional)

3- (Uso frecuente); 4- (Uso constante)

REDUCCIÓN DEL RIESGO _____.

Acción: Eliminar parte defectuosa: () Reducir el Peso: () Reducir la copa: (X) Eliminar el árbol: ()

Otras medidas: Eliminar las posibles ramas secas .

Inspección Futura:

Parte del árbol:

Defectos del Fuste: (X) Zona en contacto con el nivel del suelo: () Copa: (X)

Uniones de Ramas: () Otras partes del árbol

Frecuencia:

Mensual: () Cada seis meses: (X) Anual: () Bianual: ()

OTRAS EVALUACIONES: _____.

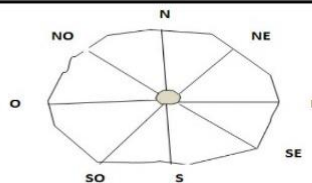
Simetría de la copa

Norte (N) **3,40m**

Nor-Oeste (NO) **3,760m**

Oeste (O) **3,30m**

Sur-Oeste (SO) **3,40m**



Sur (S) **3.60m**

Sur-Este (SE) **2,30m**

Este (E) **1,80m**

Nor-Este (NE) **2.80m**

COMENTARIOS. _____.

Este árbol debido a estar en una zona de alta concurrencia por los visitantes y al presentar daño en la base del fuste, es categorizado como riesgo alto. Se puede reducir este riesgo, principalmente disminuyendo la altura del árbol y mediante podas adecuadas sobre las posibles ramas muertas.

ANEXO 6.

REGISTRO DEL TIEMPO DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA EN ÁRBOLES EVALUADOS

Lugar _____ Zona _____

Código del Árbol _____ . Penetración máxima del sensor (cm) _____.

Orientación del primer sensor _____ Sentido de numeración _____.

Fecha _____

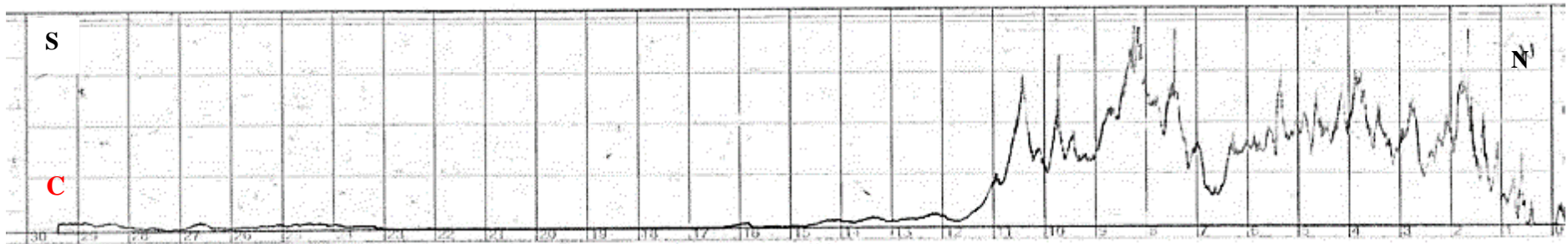
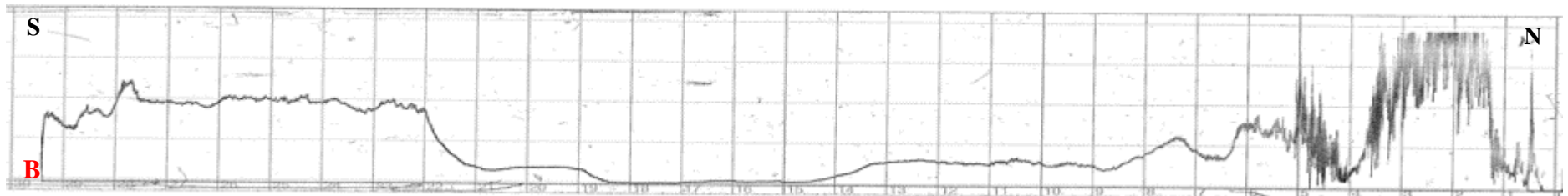
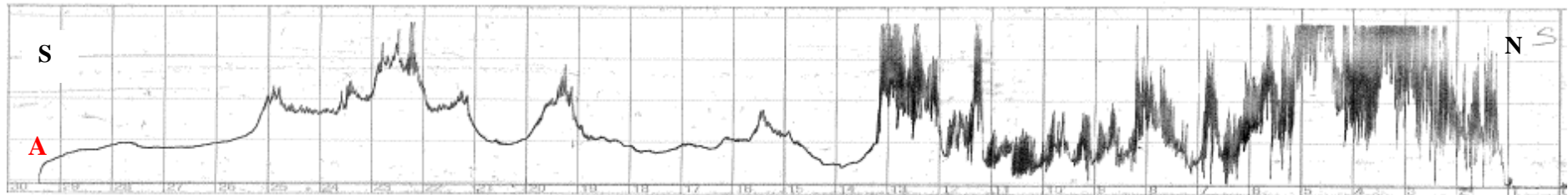
Evaluador. _____

Altura (m)	Orientación	Longitud Real (cm)	Tiempo de transmisión (μ s)			Observación
			T1	T2	T3	
	1-2					
	1-3					
	1-4					
	1-5					
	1-6					
	1-7					
	1-8					
	2-3					
	2-4					
	2-5					
	2-6					
	2-7					
	2-8					
	3-4					
	3-5					
	3-6					
	3-7					
	3-8					
	4-5					
	4-6					
	4-7					
	4-8					
	5-6					
	5-7					
	5-8					
	6-7					
	6-8					
	7-8					

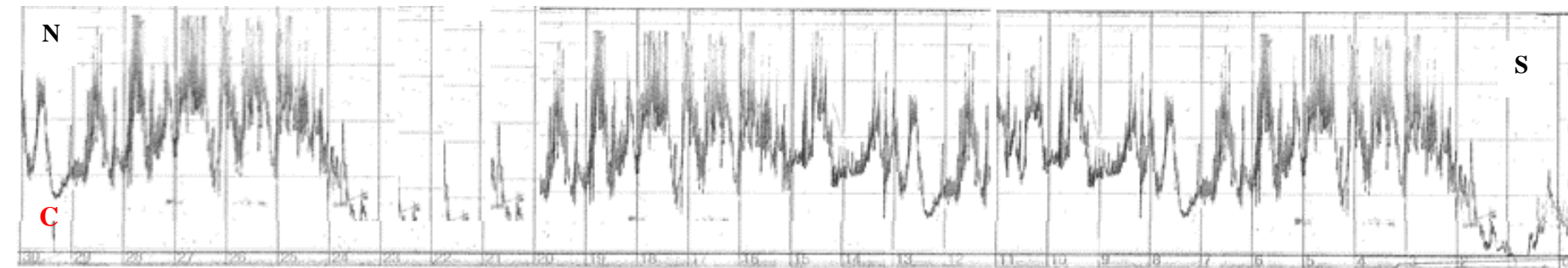
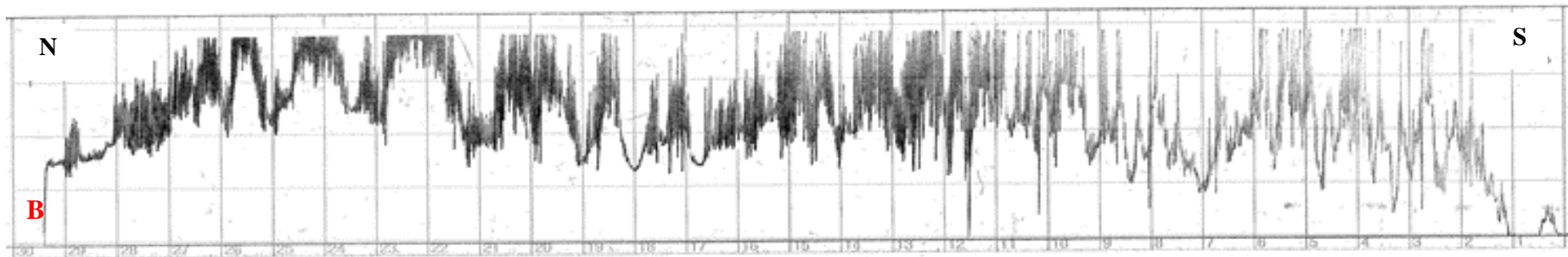
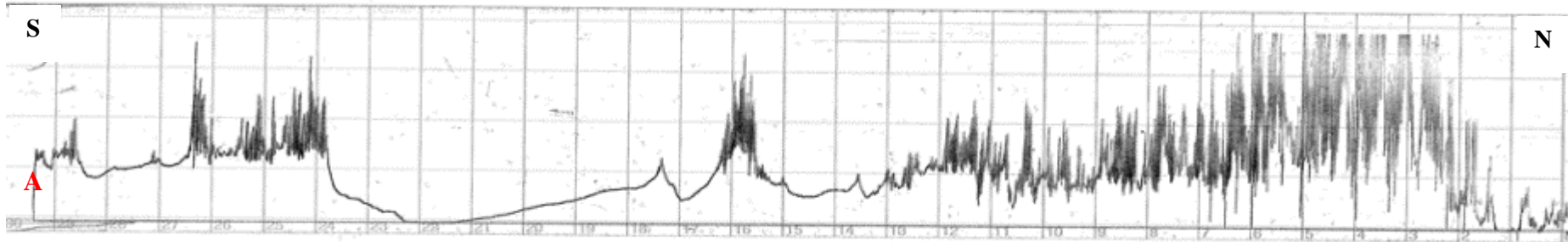
ANEXO 7.

RESISTOGRAMAS DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS.

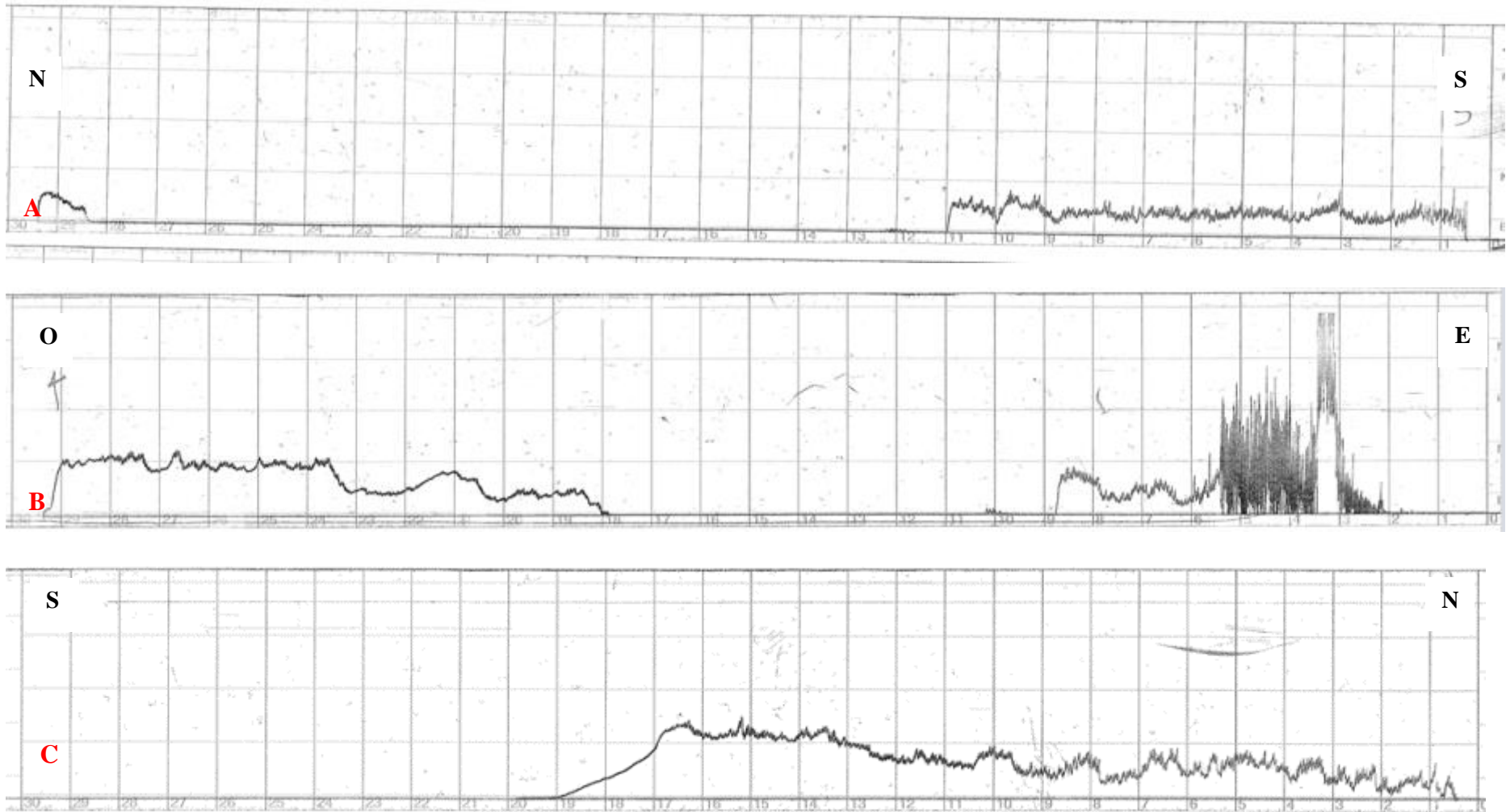
Melia azedarach, código ZCO-ME04, Altura de evaluación: "A" 0,30cm, "B" 1,00m, "C" 1,70m



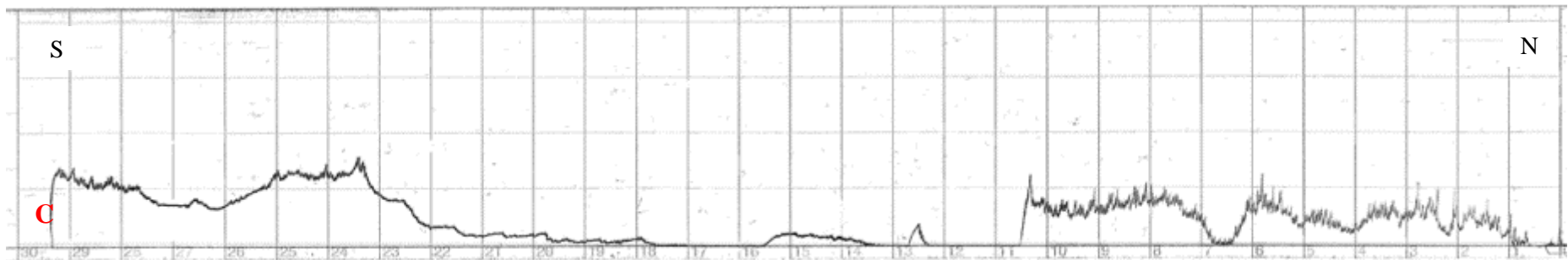
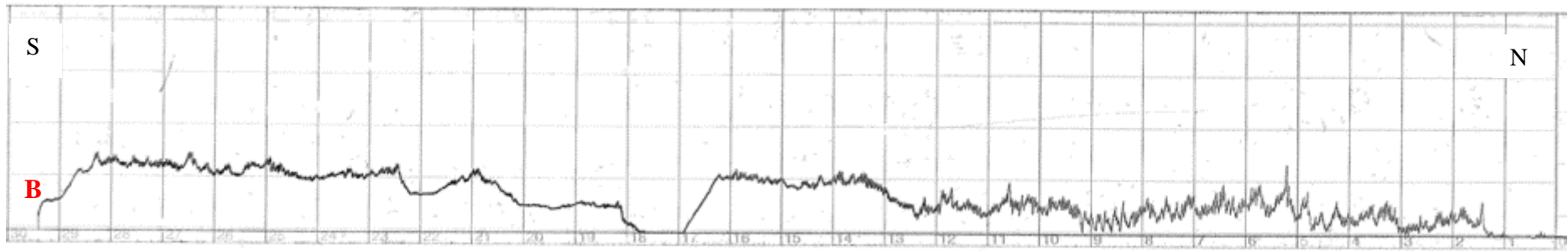
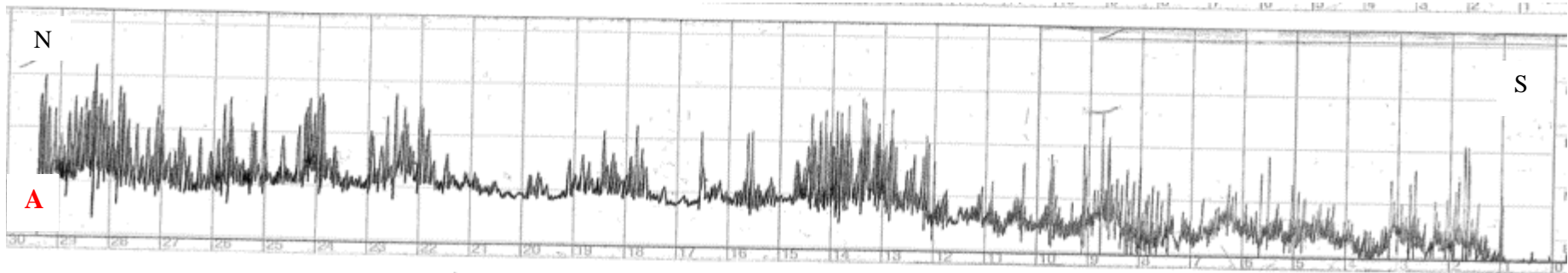
Melia azedarach, código ZCO-ME17, Altura de evaluación: “A” 0,30cm, “B”1,00m, “C” 1,70m



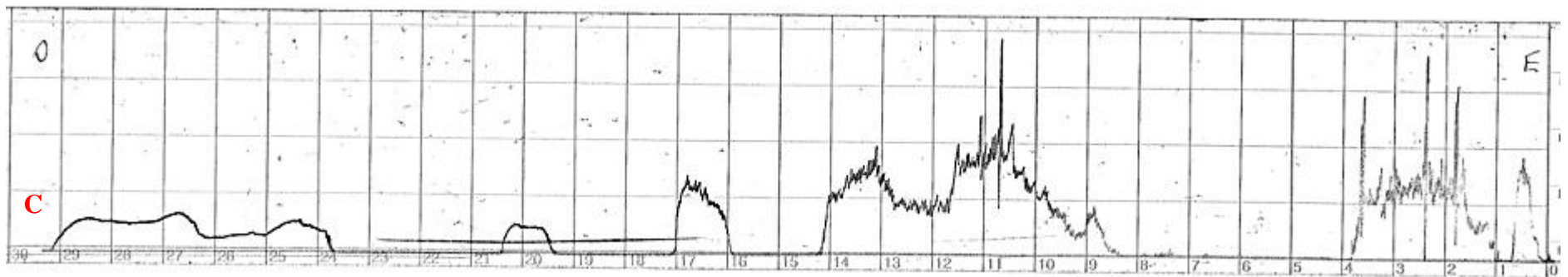
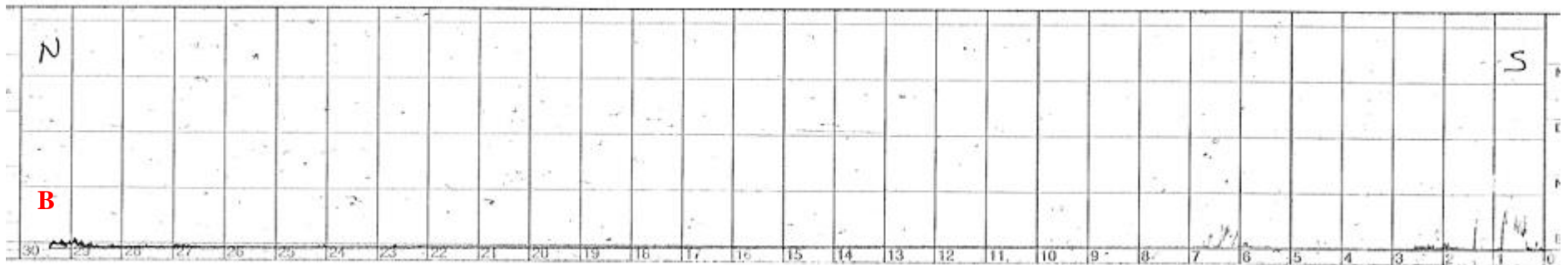
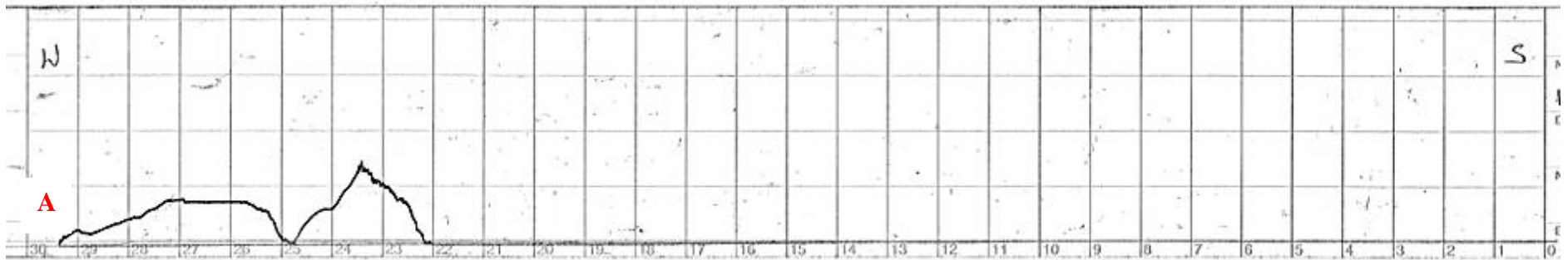
Spathodea campanulata, Código ZIN-TA16 Altura de evaluación: "A" 0,30cm, "B"1,00m, "C" 1,70m



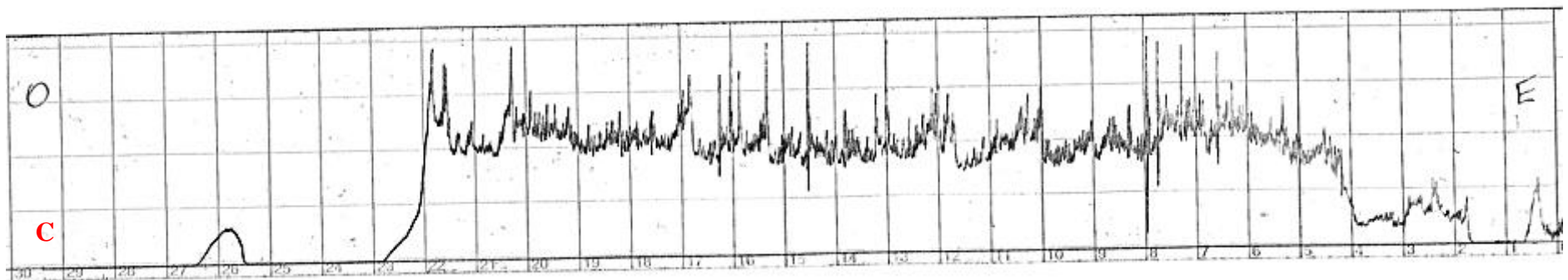
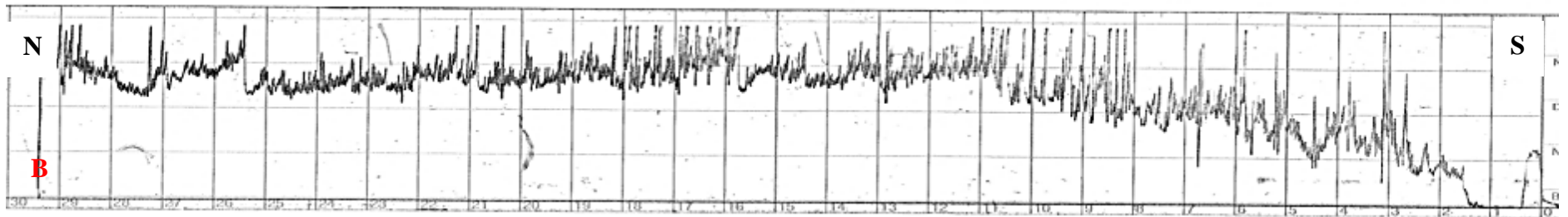
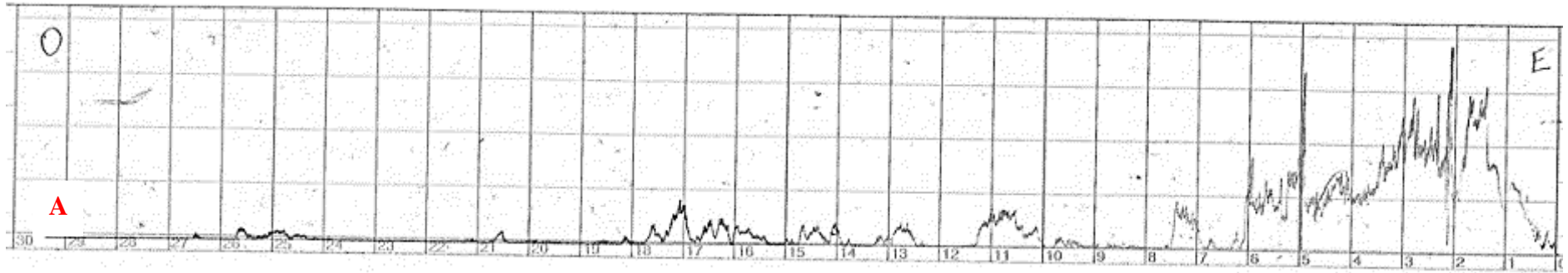
Spathodea campanulata, Código ZIN-TA19. Altura de evaluación: “A” 0,30cm, “B” 1,00m, “C” 1,70m



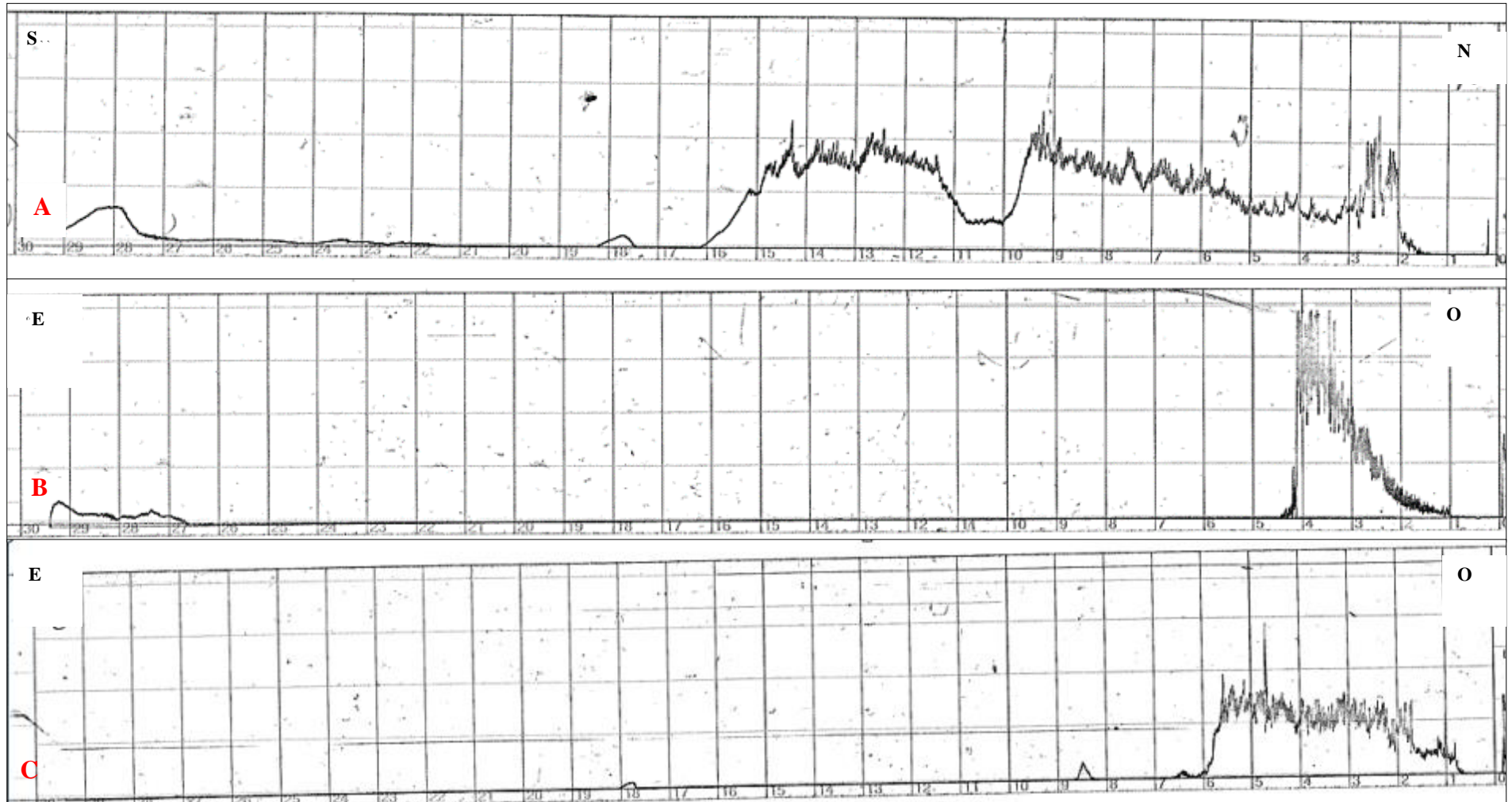
Schinus terebinthifolius: código ZSE-MC11. Altura de evaluación: "A" 0,30cm, "B"1,00m, "C" 1,70m



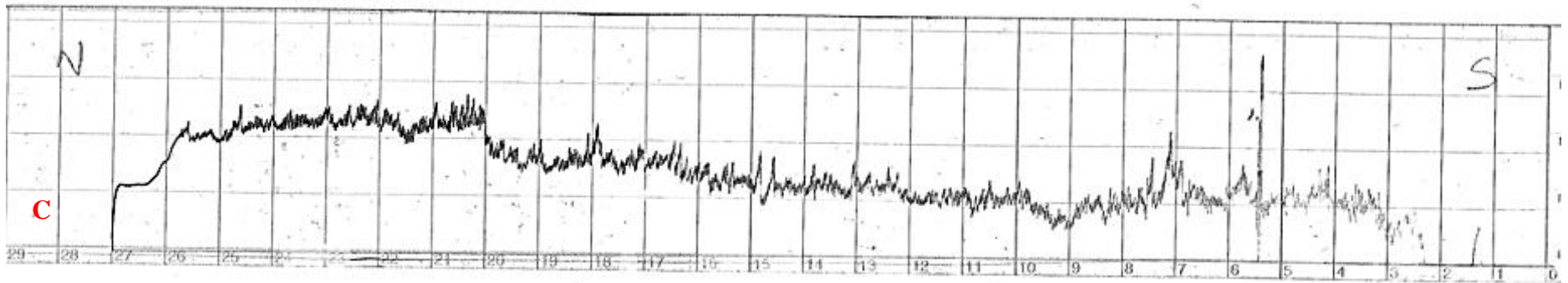
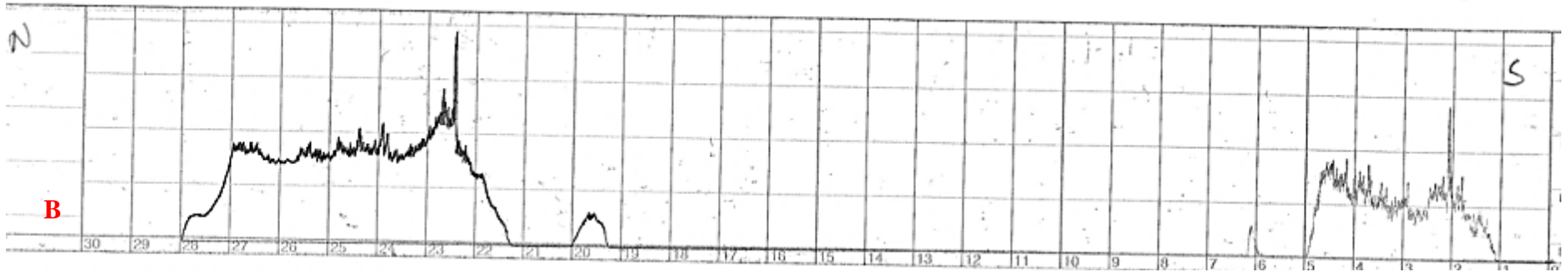
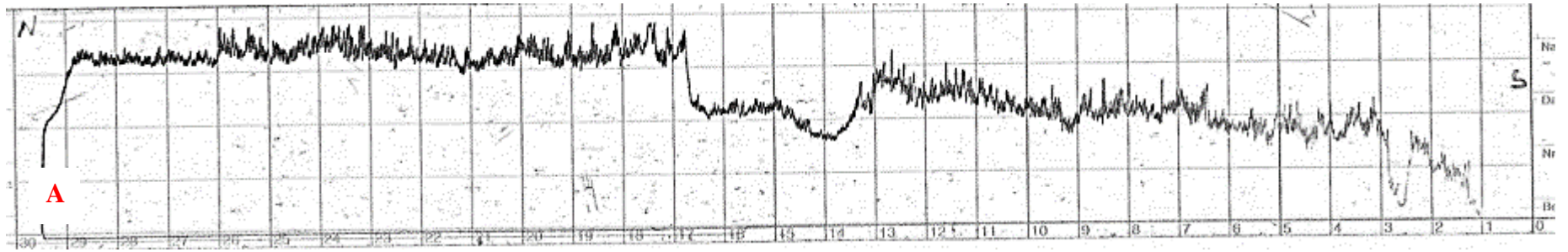
Schinus terebinthifolius: código ZIN-MC08. Altura de evaluación: "A" 0,30cm, "B" 1,00m, "C" 1,70m



Schinus molle: código ZSE-MS04. Altura de evaluación: “A” 0,30cm, “B” 1,00m, “C” 1,70m



Schinus molle: código ZSI-MS15. Altura de evaluación: "A" 0,30cm, "B" 1,00m, "C" 1,70m



ANEXO 8.

ANÁLISIS DE SUELO DEL PARQUE DE LAS LEYENDAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : PATRONATO DEL PARQUE DE LAS LEYENDAS
 Departamento : LIMA
 Distrito : SAN MIGUEL
 Referencia : H.R. 45774-066C-14

Fact: 26665

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 08/07/14

Lab	Numero de Muestra	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Analisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	Sat. De Bases %	
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺ mg/100g	Mg ²⁺ mg/100g	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺				
11440	Taxodiaceae JB		7.58	0.91	1.80	6.66	42.5	432	47	32	21	Fr.	19.20	12.59	3.97	2.19	0.44	0.00	0.00	19.20	19.20	100
11441	Arecaceae JB		7.65	0.95	1.70	3.81	41.2	339	51	30	19	Fr.	16.80	11.21	3.63	1.66	0.30	0.00	0.00	16.80	16.80	100
11442	Cupressaceae JB		7.71	0.91	5.40	3.69	35.2	325	51	32	17	Fr.	14.40	10.08	2.87	1.30	0.16	0.00	0.00	14.40	14.40	100
11443	Pinaceae JB		7.67	2.15	1.90	6.39	42.7	353	57	28	15	Fr.A.	17.60	11.07	4.08	1.94	0.50	0.00	0.00	17.60	17.60	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.A.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab	Numero de Muestra	Claves	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
11441	Arecaceae JB	3.6	6.70	69.30	17.50	17.80	
11442	Cupressaceae JB	3.6	6.60	41.90	24.60	13.80	
11443	Pinaceae JB	7.7	5.10	33.50	28.30	15.10	



Dr. *[Signature]* **García Bendeck**
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNA* 1 - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5F?? e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : PATRONATO DEL PARQUE DE LAS LEYENDAS

Departamento : LIMA
 Distrito : SAN MIGUEL
 Referencia : H.R. 45774-066C-14

Fact.: 26665

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 08/07/14

Lab	Numero de Muestra	C.E. pH (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Analisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
							Arena %	Limó %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺				
11444	Moraceae	7.85	0.63	1.20	3.79	28.3	308	49	30	21	Fr.	16.00	11.60	2.80	1.43	0.17	0.00	16.00	16.00	100
11445	Frutales	7.49	3.86	0.50	1.97	64.8	730	51	32	17	Fr.	11.52	5.53	2.60	2.99	0.39	0.00	11.52	11.52	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L. = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab.	Numero de Muestra	Claves				
		B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
11444	Moraceae	4.1	9.80	69.40	16.60	19.10
11445	Frutales	6.0	13.80	134.20	26.00	25.50



Dr. Sergio García Bendezú
 Jefe del Laboratorio

ANEXO 9.

ANÁLISIS DE AGUA DEL PARQUE DE LAS LEYENDAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : PATRONATO DEL PARQUE DE LAS LEYENDAS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ SAN MIGUEL
REFERENCIA : H.R. 45777
FACTURA : 26664

No. Laboratorio	477
No. Campo	Agua de Riego Suelos
pH	7.41
C.E. dS/m	0.88
Calcio meq/L	6.55
Magnesio meq/L	1.45
Potasio meq/L	0.11
Sodio meq/L	1.87
SUMA DE CATIONES	9.98
Nitratos meq/L	0.15
Carbonatos meq/L	0.00
Bicarbonatos meq/L	2.68
Sulfatos meq/L	1.23
Cloruros meq/L	5.50
SUMA DE ANIONES	9.56
Sodio %	18.74
RAS	0.94
Boro ppm	0.55
Clasificación	C3-S1
Cobre ppm	0.010
Zinc ppm	0.033
Manganeso ppm	0.014
Hierro ppm	0.001

La Molina, 07 de Julio del 2014



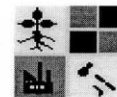
Dr. Saúl García Bendezu
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274 - 968811831



INFORME DE ENSAYO N° 1408257 - LMT

SOLICITANTE : PARQUE DE LAS LEYENDAS

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE RIEGO

1408257) POZO PATPAL

PROCEDENCIA : Parque de las Leyendas - San Miguel
 TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 650 ml aprox.
 ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
 FECHA DE MUESTREO : 2014 - 08 - 27
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2014 - 08 - 27
 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2014 - 08 - 29
 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2014 - 09 - 05

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1408257	Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua (*)
¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/100 ml)	7.8	50 x 10 ²
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/100 ml)	< 1.8	10 x 10 ²
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)	< 1.8	10 x 10
² Detección de <i>Salmonella</i> sp. (/100 ml)	Ausencia	Ausencia
² Detección de <i>Vibrio cholerae</i> (/100 mL)	Ausencia	Ausencia

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

(*) Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Vegetales de tallo bajo.

Métodos:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

²SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9213. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 12 de setiembre de 2014

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 799 5788 / 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

□ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

ANEXO 10.

CONDICIONES DEL TIEMPO METEOROLÓGICO DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN.

AÑO/MES	2016					2017				
	T,Max (°C)	T, Mín (°C)	HR	Vient, Máx (m/s)	Direcc,	T,Max (°C)	T, Mín (°C)	HR	Vient, Máx (m/s)	Direcc,
Enero	27,7	19,5	85	14,5	SSW	28,7	18,4	71	14,5	SSE
Febrero	28	22,3	87	14,5	SE	30,5	21,7	70	11,3	SSE
Marzo	28,2	21,3	84	14,5	SSW	31,6	22,3	68	11,3	S
Abril	28,3	18,3	81	12,9	S	27,1	19,3	68	11,3	SSE
Mayo	23,7	17	82	11,3	S	29,9	18,3	67	12,9	SSE
Junio	20,8	15,4	82	11,3	SSW	21,9	16,8	67	11,3	SSE
Julio	20,1	15,5	80	9,7	S	21,3	16	63	12,9	SSE
Agosto	20,8	15,1	79	11,3	SSE	20	15,1	63	11,3	S
Septiembre	18,8	15,1	78	11,3	W	20,4	14,9	56	12,9	WNW
Octubre	21,2	15,9	76	17,7	W	20,1	15,4	45	14,5	WNW
Noviembre	23,2	15,2	75	14,5	S					
Diciembre	24,6	17,3	74	12,9	S					

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información de las dos estaciones meteorológica del Parque de las leyendas.

Registro de la velocidad del viento, a tres alturas diferentes, para cada uno de los árboles evaluados

Especie	Código	Velocidad mínima (m/s)			Velocidad máxima (m/s)			Dirección predominante
		2,00m	4,00m	6,00m	2,00m	4,00m	6,00m	
Molle	ZIN-MC08	1,30	0,00	0,00	3,6	3,1	3,1	SE
Costeño	ZSE-MC11	0,00	0,90	1,80	3,00	3,6	4,5	S-SW
Molle	ZSE-MS04	0,00	0,00	0,40	4,50	2,7	3,6	S
Serrano	ZSI-MS15	0,00	0,00	0,00	0,40	3,1	3,1	S -SE
Melia	ZCO-ME04	0,40	0,00	0,00	3,60	3,6	2,7	S
	ZCO-ME17	0,00	0,00	0,00	3,10	2,7	1,8	SW
Tulipán africano	ZIN-TA16	0,00	0,00	0,00	3,10	3,1	4,9	S-SW
	ZIN-TA19	1,80	2,20	2,20	4,05	4,5	5,4	SE

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos en campo (Estación meteorológica)

ANEXO 11.

MEDICIONES DEL INFORME ARBORSONIC 3D

ZSE-MS04

Especies arbóreas: *Schinus molle*

Molle costeño	<i>Schinus molle</i>
----------------------	----------------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	10
1 - 3	22
1 - 4	29
1 - 5	33
1 - 6	29
1 - 7	23
1 - 8	11
5 - 2	31
5 - 3	21
5 - 4	9
5 - 6	9
5 - 7	22
5 - 8	31
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	10
1 - 3	20
1 - 4	25
1 - 5	30
1 - 6	27
1 - 7	18
1 - 8	11
5 - 2	33
5 - 3	23
5 - 4	12
5 - 6	8
5 - 7	22
5 - 8	31
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	10
1 - 3	24
1 - 4	29
1 - 5	35
1 - 6	35
1 - 7	24
1 - 8	13
5 - 2	32
5 - 3	25
5 - 4	11
5 - 6	12
5 - 7	22
5 - 8	35
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

µs	105±0	245±0	429±0	607±0	469±0	265±0	150±0
105±0		73±0	194±0	326±0	499±0	469±0	286±0
245±0	73±0		79±0	162±0	273±0	505±0	467±0
429±0	194±0	79±0		65±0	133±0	269±0	461±0
607±0	326±0	162±0	65±0		81±0	160±0	308±0
469±0	499±0	273±0	133±0	81±0		62±0	171±0
265±0	469±0	505±0	269±0	160±0	62±0		67±0
150±0	286±0	467±0	461±0	308±0	171±0	67±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

µs	200±0	400±0	500±0	600±0	540±0	360±0	210±0
200±0		184±0	380±0	595±0	646±0	537±0	408±0
400±0	184±0		121±0	319±0	440±0	569±0	569±0
500±0	380±0	121±0		106±0	173±0	505±0	601±0
600±0	595±0	319±0	106±0		102±0	223±0	392±0
540±0	646±0	440±0	173±0	102±0		101±0	262±0
360±0	537±0	569±0	505±0	223±0	101±0		103±0
210±0	408±0	569±0	601±0	392±0	262±0	103±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

µs	89±0	216±0	360±0	528±0	355±0	236±0	109±0
89±0		96±0	207±0	355±0	464±0	407±0	231±0
216±0	96±0		85±0	192±0	254±0	461±0	402±0
360±0	207±0	85±0		81±0	140±0	276±0	481±0
528±0	355±0	192±0	81±0		79±0	179±0	358±0
434±0	464±0	254±0	140±0	79±0		99±0	250±0
236±0	407±0	461±0	276±0	179±0	99±0		98±0
109±0	231±0	402±0	481±0	358±0	250±0	98±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	1092	962	685	544	625	909	837
1092		2221	1333	966	595	604	755
962	2221		1796	1403	896	562	605
685	1333	1796		1598	1213	948	654
544	966	1403	1598		1211	1453	1024
625	595	896	1213	1211		2429	1510
909	604	562	948	1453	2429		2371
837	755	605	654	1024	1510	2371	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	570	535	508	500	505	540	568
570		931	679	560	500	517	549
535	931		1081	771	610	500	512
508	679	1081		1282	1079	510	500
500	560	771	1282		900	1058	806
505	500	610	1079	900		1655	1021
540	517	500	510	1058	1655		1297
568	549	512	500	806	1021	1297	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	1283	1198	819	663	897	1080	1303
1283		1744	1204	915	764	703	1015
1198	1744		1921	1398	1342	697	840
819	1204	1921		1478	1582	915	678
663	915	1398	1478		1730	1326	990
897	764	1342	1582	1730		1647	1291
1080	703	697	915	1326	1647		1911
1303	1015	840	678	990	1291	1911	

Biomecánica:

Area de copa	39,29 m ²
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	9,5 m
...centro de la copa	7,1 m
Grado de inclinación	55 °
Velocidad del viento	17,7 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	1760 N
Factor de Seguridad	100 %

Nombre Capa	Altura	Area en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	65 %	138 %	Riesgo moderado
Capa #2	100 cm	67 %	100 %	Riesgo alto
Capa #1	30 cm	62 %	182 %	Riesgo bajo

ZSI-MS15

Especies arbóreas: *Schinus molle*

Molle serrano	<i>Schinus molle</i>
----------------------	----------------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	7
1 - 3	17
1 - 4	24
1 - 5	25
1 - 6	25
1 - 7	15
1 - 8	8
5 - 2	22
5 - 3	15
5 - 4	7
5 - 6	9
5 - 7	19
5 - 8	23
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	9
1 - 3	20
1 - 4	27
1 - 5	28
1 - 6	27
1 - 7	22
1 - 8	11
5 - 2	26
5 - 3	19
5 - 4	8
5 - 6	10
5 - 7	18
5 - 8	27
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	7
1 - 3	18
1 - 4	25
1 - 5	29
1 - 6	27
1 - 7	19
1 - 8	9
5 - 2	28
5 - 3	18
5 - 4	9
5 - 6	9
5 - 7	20
5 - 8	29
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

μs	61±0	150±0	179±0	164±0	164±0	122±0	63±0
61±0		73±0	122±0	136±0	154±0	148±0	129±0
150±0	73±0		53±0	97±0	146±0	150±0	159±0
179±0	122±0	53±0		56±0	124±0	162±0	182±0
164±0	136±0	146±0	56±0		59±0	117±0	152±0
164±0	154±0	146±0	124±0	59±0		48±0	115±0
122±0	148±0	150±0	162±0	117±0	48±0		52±0
63±0	129±0	159±0	182±0	152±0	115±0	52±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

μs	47±0	109±0	210±0	181±0	124±0	81±0	39±0
47±0		47±0	104±0	160±0	241±0	187±0	117±0
109±0	47±0		36±0	94±0	131±0	171±0	221±0
210±0	104±0	36±0		40±0	82±0	125±0	163±0
181±0	160±0	94±0	40±0		43±0	92±0	131±0
124±0	241±0	131±0	82±0	43±0		37±0	79±0
81±0	187±0	171±0	125±0	92±0	37±0		28±0
39±0	117±0	221±0	163±0	92±0	79±0	28±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

μs	55±0	115±0	158±0	203±0	170±0	117±0	56±0
55±0		74±0	121±0	182±0	159±0	140±0	111±0
115±0	74±0		51±0	121±0	130±0	133±0	146±0
158±0	121±0	51±0		62±0	90±0	123±0	153±0
203±0	182±0	121±0	62±0		62±0	135±0	184±0
170±0	159±0	130±0	90±0	62±0		65±0	141±0
117±0	140±0	133±0	123±0	135±0	65±0		58±0
56±0	111±0	146±0	153±0	184±0	141±0	58±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	1577	1300	1443	1594	1615	1464	1623
1577		1952	1844	1777	1710	1425	1223
1300	1952		2652	1463	1616	1595	1411
1443	1844	2652		1751	1512	1534	1437
1594	1777	1463	1751		2098	1870	1639
1615	1710	1616	1512	2098		4005	2037
1464	1425	1595	1534	1870	4005		2250
1623	1223	1411	1437	1639	2037	2250	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	2183	1969	1282	1547	2169	2810	3195
2183		3013	2233	1653	1154	1402	1754
1969	3013		3685	2124	1931	1584	1227
1282	2233	3685		2283	2264	1922	1760
1547	1653	2124	2283		2635	2115	2458
2169	1154	1931	2264	2635		2874	2910
2810	1402	1584	1922	2115	2874		5475
3195	1754	1227	1760	2458	2910	5475	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	1671	1787	1684	1480	1672	1846	2092
1671		2199	2027	1619	1857	1798	1654
1787	2199		2545	1707	1858	1881	1713
1684	2027	2545		1865	2098	2014	1871
1480	1619	1707	1865		1866	1671	1627
1672	1857	1858	2098	1866		2452	1852
1846	1798	1881	2014	1671	2452		2777
2092	1654	1713	1871	1627	1852	2777	

Biomecánica:

Área de copa	11,7 m ²
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	5,5 m
...centro de la copa	4 m
Grado de inclinación	65 °
Velocidad del viento	17,7 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	524 N
Factor de Seguridad	826 %

Nombre Capa	Altura	Área en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	29 %	826 %	Riesgo bajo
Capa #2	100 cm	55 %	1013 %	Riesgo bajo
Capa #1	30 cm	19 %	888 %	Riesgo bajo

ZIN-TA19

Especies arbóreas: *Spathodea campanulata*

Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata</i>
-------------------------	------------------------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	8
1 - 3	17
1 - 4	23
1 - 5	25
1 - 6	25
1 - 7	20
1 - 8	9
5 - 2	25
5 - 3	18
5 - 4	8
5 - 6	9
5 - 7	17
5 - 8	22
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	9
1 - 3	15
1 - 4	25
1 - 5	28
1 - 6	28
1 - 7	22
1 - 8	11
5 - 2	27
5 - 3	22
5 - 4	9
5 - 6	8
5 - 7	16
5 - 8	25
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	9
1 - 3	17
1 - 4	25
1 - 5	28
1 - 6	25
1 - 7	23
1 - 8	11
5 - 2	26
5 - 3	18
5 - 4	8
5 - 6	8
5 - 7	19
5 - 8	29
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

μs	83±0	151±0	175±0	208±0	240±0	173±0	98±0
83±0		77±0	163±0	219±0	280±0	251±0	188±0
151±0	77±0		93±0	194±0	254±0	278±0	220±0
200±0	163±0	93±0		83±0	167±0	220±0	211±0
208±0	219±0	194±0	83±0		69±0	139±0	199±0
240±0	280±0	254±0	167±0	69±0		77±0	157±0
173±0	251±0	278±0	220±0	139±0	77±0		84±0
98±0	188±0	220±0	211±0	199±0	157±0	84±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

μs	81±0	163±0	185±0	193±0	206±0	172±0	82±0
81±0		74±0	152±0	200±0	223±0	221±0	167±0
163±0	74±0		81±0	171±0	218±0	220±0	192±0
185±0	152±0	81±0		78±0	175±0	199±0	186±0
193±0	200±0	171±0	78±0		85±0	160±0	181±0
206±0	223±0	218±0	175±0	85±0		66±0	148±0
172±0	221±0	220±0	199±0	160±0	66±0		78±0
82±0	167±0	192±0	186±0	181±0	148±0	78±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

μs	93±0	147±0	229±0	218±0	288±0	203±0	112±0
93±0		105±0	223±0	248±0	284±0	277±0	196±0
147±0	105±0		138±0	181±0	286±0	282±0	199±0
229±0	223±0	138±0		107±0	278±0	292±0	217±0
218±0	248±0	181±0	107±0		160±0	271±0	189±0
288±0	284±0	286±0	278±0	160±0		211±0	300±0
203±0	277±0	282±0	292±0	271±0	211±0		104±0
112±0	196±0	199±0	217±0	189±0	300±0	104±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	1087	1251	1277	1226	1074	1254	1085
1087		1805	1369	1178	999	1035	927
1251	1805		1404	1014	984	947	1017
1277	1369	1404		1153	1086	1054	1114
1226	1178	1014	1153		1574	1363	1147
1074	999	984	1086	1574		1530	1314
1254	1035	947	1054	1363	1530		1644
1085	927	1017	1114	1147	1314	1644	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	1779	1186	1573	1650	1547	1551	2116
1779		1712	1749	1551	1479	1350	1404
1186	1712		2825	1558	1369	1310	1355
1573	1749	2825		1871	1168	1260	1584
1650	1551	1558	1871		1483	1283	1618
1547	1479	1369	1168	1483		2640	1858
1551	1350	1310	1260	1283	2640		2715
2116	1404	1355	1584	1618	1858	2715	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	1767	1643	1311	1531	996	1438	1620
1767		1652	1165	1245	1033	1143	1302
1643	1652		1220	1324	839	1050	1529
1311	1165	1220		1269	630	934	1571
1531	1245	1324	1269		731	852	1874
996	1033	839	630	731		678	897
1438	1143	1050	934	852	678		2608
1620	1302	1529	1571	1874	897	2608	

Biomecánica:

Área de copa	24,36 m ²
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	7 m
...centro de la copa	4 m
Grado de inclinación	85 °
Velocidad del viento	17,7 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	1092 N
Factor de Seguridad	531 %

Nombre Capa	Altura	Área en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	42 %	881 %	Riesgo bajo
Capa #2	100 cm	36 %	715 %	Riesgo bajo
Capa #1	30 cm	23 %	531 %	Riesgo bajo

ZIN-TA16

Especies arbórea: *Spathodea campanulata*

Tulipán	<i>Spathodea campanulata</i>
----------------	------------------------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	6
1 - 3	14
1 - 4	21
1 - 5	22
1 - 6	21
1 - 7	12
1 - 8	7
5 - 2	22
5 - 3	14
5 - 4	6
5 - 6	7
5 - 7	18
5 - 8	22
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	9
1 - 3	16
1 - 4	23
1 - 5	26
1 - 6	20
1 - 7	13
1 - 8	8
5 - 2	27
5 - 3	19
5 - 4	8
5 - 6	8
5 - 7	19
5 - 8	26
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	10
1 - 3	21
1 - 4	30
1 - 5	34
1 - 6	30
1 - 7	21
1 - 8	10
5 - 2	31
5 - 3	23
5 - 4	10
5 - 6	10
5 - 7	19
5 - 8	31
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

μs	70±0	136±0	158±0	184±0	198±0	78±0	49±0
70±0		58±0	130±0	176±0	192±0	162±0	146±0
136±0	58±0		57±0	139±0	200±0	175±0	174±0
158±0	130±0	57±0		64±0	145±0	171±0	185±0
184±0	176±0	139±0	64±0		69±0	124±0	160±0
198±0	192±0	200±0	145±0	69±0		74±0	170±0
78±0	162±0	175±0	171±0	124±0	74±0		75±0
49±0	146±0	174±0	185±0	160±0	170±0	75±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

μs	90±0	144±0	191±0	271±0	227±0	129±0	84±0
90±0		75±0	160±0	225±0	285±0	205±0	196±0
144±0	75±0		81±0	174±0	234±0	238±0	231±0
191±0	160±0	81±0		82±0	142±0	299±0	279±0
271±0	225±0	174±0	82±0		78±0	201±0	301±0
227±0	285±0	234±0	142±0	78±0		97±0	192±0
129±0	205±0	238±0	299±0	201±0	97±0		78±0
84±0	196±0	231±0	279±0	301±0	192±0	78±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

μs	137±0	237±0	310±0	440±0	353±0	206±0	91±0
137±0		86±0	190±0	343±0	432±0	312±0	204±0
237±0	86±0		80±0	223±0	342±0	411±0	273±0
310±0	190±0	80±0		98±0	180±0	331±0	421±0
440±0	343±0	223±0	98±0		98±0	210±0	447±0
353±0	432±0	342±0	180±0	98±0		80±0	278±0
206±0	312±0	411±0	331±0	210±0	80±0		162±0
91±0	204±0	273±0	421±0	447±0	278±0	162±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	1399	1302	1514	1350	1198	2307	2843
1399		3033	1763	1406	1311	1241	1123
1302	3033		2886	1284	1028	1231	1235
1514	1763	2886		1596	1092	1354	1366
1350	1406	1284	1596		1663	1825	1600
1198	1311	1028	1092	1663		2751	1318
2307	1241	1231	1354	1825	2751		1369
2843	1123	1235	1366	1600	1318	1369	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	1287	1284	1285	980	938	1201	1244
1287		1845	1498	1253	856	1080	995
1284	1845		1924	1242	879	942	1035
1285	1498	1924		1282	1053	744	968
980	1253	1242	1282		1360	1060	912
938	856	879	1053	1360		1435	1092
1201	1080	942	744	1060	1435		1413
1244	995	1035	968	912	1092	1413	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	852	966	972	778	870	1102	1297
852		1701	1343	923	701	792	985
966	1701		1942	1092	771	593	971
972	1343	1942		1202	1042	676	707
778	923	1092	1202		1202	996	709
870	701	771	1042	1202		1584	934
1102	792	593	676	996	1584		975
1297	985	971	707	709	934	975	

Biomecánica:

Área de copa	31,45 m ²
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	6,5 m
...centro de la copa	4,2 m
Grado de inclinación	90 °
Velocidad del viento	17,7 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	1409 N
Factor de Seguridad	296 %

Nombre Capa	Altura	Área en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	60 %	296 %	Riesgo bajo
Capa #2	100 cm	45 %	314 %	Riesgo bajo
Capa #1	30 cm	49 %	507 %	Riesgo bajo

ZCO-ME04

Especies arbóreas: *Melia azedarach*

Melia	<i>Melia azedarach</i>
--------------	------------------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	16
1 - 3	34
1 - 4	47
1 - 5	48
1 - 6	41
1 - 7	27
1 - 8	11
5 - 2	43
5 - 3	30
5 - 4	17
5 - 6	16
5 - 7	33
5 - 8	46
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	16
1 - 3	35
1 - 4	47
1 - 5	47
1 - 6	45
1 - 7	33
1 - 8	14
5 - 2	43
5 - 3	31
5 - 4	14
5 - 6	15
5 - 7	33
5 - 8	45
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	18
1 - 3	37
1 - 4	49
1 - 5	52
1 - 6	45
1 - 7	35
1 - 8	17
5 - 2	45
5 - 3	33
5 - 4	16
5 - 6	19
5 - 7	34
5 - 8	45
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

µs	116±0	250±0	263±0	425±0	349±0	206±0	79±0
116±0		123±0	238±0	305±0	369±0	322±0	205±0
250±0	123±0		113±0	208±0	295±0	371±0	347±0
263±0	238±0	113±0		112±0	224±0	357±0	445±0
425±0	305±0	208±0	112±0		116±0	247±0	380±0
348±0	370±0	295±0	224±0	116±0		123±0	260±0
206±0	322±0	371±0	357±0	248±0	124±0		121±0
79±0	205±0	347±0	445±0	380±0	258±0	121±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

µs	117±0	247±0	352±0	402±0	333±0	242±0	116±0
117±0		124±0	240±0	309±0	364±0	322±0	211±0
247±0	124±0		128±0	219±0	303±0	360±0	327±0
352±0	240±0	128±0		109±0	221±0	316±0	385±0
402±0	309±0	219±0	109±0		116±0	223±0	332±0
333±0	364±0	303±0	221±0	116±0		115±0	227±0
242±0	322±0	360±0	316±0	223±0	115±0		122±0
116±0	211±0	327±0	385±0	332±0	227±0	122±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

µs	139±0	267±0	374±0	460±0	352±0	240±0	116±0
139±0		135±0	261±0	364±0	420±0	317±0	223±0
267±0	135±0		138±0	276±0	396±0	422±0	331±0
374±0	261±0	135±0		140±0	311±0	404±0	427±0
460±0	364±0	276±0	140±0		157±0	289±0	398±0
352±0	420±0	394±0	311±0	157±0		138±0	257±0
240±0	317±0	422±0	404±0	289±0	139±0		129±0
116±0	223±0	331±0	427±0	398±0	257±0	129±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	1518	1416	1808	1118	1201	1429	1598
1518		1871	1647	1428	1138	1117	1341
1416	1871		1804	1534	1265	1060	1159
1808	1647	1804		1726	1478	1207	1111
1118	1428	1534	1726		1567	1418	1224
1201	1138	1265	1478	1567		1755	1464
1429	1117	1060	1207	1418	1755		1747
1598	1341	1159	1111	1224	1464	1747	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	1719	1561	1395	1203	1404	1537	1526
1719		2087	1761	1466	1298	1361	1543
1561	2087		2015	1608	1425	1307	1374
1395	1761	2015		1634	1474	1428	1314
1203	1466	1608	1634		1628	1644	1419
1404	1298	1425	1474	1628		2189	1855
1537	1361	1307	1428	1644	2189		2215
1526	1543	1374	1314	1419	1855	2215	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	1431	1476	1315	1131	1292	1544	1620
1431		1758	1484	1256	1052	1308	1390
1476	1758		1568	1272	1049	1065	1288
1315	1484	1568		1302	1065	1059	1096
1131	1256	1272	1302		1332	1244	1148
1292	1052	1049	1065	1332		1344	1354
1544	1308	1065	1059	1244	1344		1684
1620	1390	1288	1096	1148	1354	1684	

Biomecánica:

Área de copa	12,81 m ²
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	8,5 m
...centro de la copa	5,5 m
Grado de inclinación	78 °
Velocidad del viento	17,7 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	574 N
Factor de Seguridad	1673 %

Nombre Capa	Altura	Área en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	40 %	2126 %	Riesgo bajo
Capa #2	100 cm	41 %	2309 %	Riesgo bajo
Capa #1	30 cm	40 %	1673 %	Riesgo bajo

ZCO-ME17

Especies arbóreas: Melia

tornillo	Melia azedarach
-----------------	-----------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Circle

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

C	167
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Circle

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

C	170
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Circle

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

C	173
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

μs	90±0	197±0	361±0	398±0	248±0	172±0	93±0
90±0		87±0	229±0	419±0	358±0	248±0	200±0
197±0	87±0		91±0	232±0	386±0	400±0	302±0
361±0	229±0	91±0		89±0	207±0	355±0	487±0
398±0	419±0	232±0	89±0		80±0	187±0	272±0
248±0	358±0	386±0	207±0	80±0		86±0	175±0
172±0	248±0	400±0	355±0	187±0	86±0		77±0
93±0	200±0	302±0	487±0	272±0	175±0	77±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

μs	112±0	231±0	353±0	502±0	362±0	235±0	132±0
112±0		114±0	282±0	494±0	622±0	438±0	323±0
231±0	114±0		148±0	316±0	428±0	364±0	301±0
353±0	282±0	148±0		128±0	230±0	378±0	326±0
502±0	494±0	316±0	128±0		115±0	250±0	374±0
362±0	622±0	428±0	230±0	115±0		116±0	222±0
235±0	438±0	364±0	378±0	250±0	116±0		84±0
132±0	323±0	301±0	326±0	374±0	222±0	84±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

μs	116±0	288±0	494±0	525±0	385±0	248±0	117±0
116±0		118±0	302±0	483±0	528±0	378±0	236±0
288±0	118±0		124±0	283±0	393±0	532±0	444±0
494±0	302±0	124±0		120±0	220±0	360±0	477±0
525±0	483±0	283±0	120±0		111±0	252±0	372±0
385±0	528±0	392±0	220±0	111±0		105±0	231±0
248±0	378±0	531±0	360±0	252±0	105±0		107±0
117±0	236±0	442±0	477±0	372±0	231±0	107±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	2550	2041	1384	1332	2014	2338	2467
2550		2637	1756	1192	1480	2014	2011
2041	2637		2521	1733	1294	1325	1654
1384	1756	2521		2578	1943	1407	1088
1332	1192	1733	2578		2868	2150	1837
2014	1480	1294	1943	2868		2668	2298
2338	2014	1325	1407	2150	2668		2980
2467	2011	1654	1088	1837	2298	2980	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	2087	1773	1442	1075	1406	1743	1771
2087		2050	1452	1030	868	1162	1268
1773	2050		1579	1296	1189	1483	1691
1442	1452	1579		1826	1781	1346	1656
1075	1030	1296	1826		2032	1638	1361
1406	868	1189	1781	2032		2015	1845
1743	1162	1483	1346	1638	2015		2782
1771	1268	1691	1656	1361	1845	2782	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	2054	1450	1050	1048	1348	1684	2037
2054		2019	1383	1074	1042	1372	1769
1450	2019		1922	1475	1322	1035	1171
1050	1383	1922		1986	1898	1441	1154
1048	1074	1475	1986		2147	1657	1395
1348	1042	1322	1898	2147		2269	1808
1684	1372	1035	1441	1657	2269		2227
2037	1769	1171	1154	1395	1808	2227	

Biomecánica:

Área de copa	7,45 m ²
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	7 m
...centro de la copa	5,4 m
Grado de inclinación	74 °
Velocidad del viento	33,0 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	1160 N
Factor de Seguridad	1359 %

Nombre Capa	Altura	Área en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	58 %	1807 %	Riesgo bajo
Capa #2	100 cm	58 %	1828 %	Riesgo bajo
Capa #1	30 cm	62 %	1359 %	Riesgo bajo

ZIN-MC08

Especies arbóreas: *Schinus terebinthifolius*

Molle costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>
----------------------	---------------------------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	10
1 - 3	20
1 - 4	27
1 - 5	31
1 - 6	30
1 - 7	23
1 - 8	12
5 - 2	29
5 - 3	21
5 - 4	13
5 - 6	12
5 - 7	20
5 - 8	29
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	10
1 - 3	20
1 - 4	28
1 - 5	30
1 - 6	29
1 - 7	21
1 - 8	10
5 - 2	30
5 - 3	21
5 - 4	9
5 - 6	9
5 - 7	20
5 - 8	29
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	12
1 - 3	22
1 - 4	34
1 - 5	36
1 - 6	32
1 - 7	22
1 - 8	11
5 - 2	34
5 - 3	26
5 - 4	12
5 - 6	11
5 - 7	22
5 - 8	30
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

μs	81±0	132±0	207±0	197±0	175±0	154±0	84±0
81±0		63±0	153±0	213±0	207±0	192±0	146±0
132±0	63±0		74±0	166±0	225±0	223±0	174±0
207±0	153±0	74±0		87±0	141±0	178±0	189±0
197±0	213±0	166±0	87±0		79±0	147±0	177±0
175±0	207±0	225±0	141±0	79±0		50±0	127±0
154±0	192±0	223±0	178±0	147±0	50±0		59±0
84±0	146±0	174±0	189±0	177±0	127±0	59±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

μs	75±0	127±0	178±0	201±0	179±0	132±0	79±0
75±0		69±0	147±0	182±0	192±0	169±0	135±0
127±0	69±0		82±0	146±0	170±0	169±0	162±0
178±0	147±0	82±0		69±0	132±0	160±0	174±0
201±0	182±0	146±0	69±0		65±0	142±0	171±0
179±0	192±0	170±0	132±0	65±0		81±0	136±0
132±0	169±0	169±0	160±0	142±0	81±0		58±0
79±0	135±0	162±0	174±0	171±0	136±0	58±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

μs	97±0	126±0	188±0	230±0	222±0	161±0	78±0
97±0		72±0	170±0	237±0	275±0	234±0	170±0
126±0	72±0		97±0	159±0	214±0	226±0	182±0
188±0	170±0	97±0		60±0	129±0	175±0	189±0
230±0	237±0	159±0	60±0		79±0	147±0	214±0
222±0	275±0	214±0	129±0	79±0		73±0	159±0
161±0	234±0	226±0	175±0	147±0	73±0		78±0
78±0	170±0	182±0	189±0	214±0	159±0	78±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	1405	1634	1341	1574	1743	1550	1615
1405		2148	1480	1385	1542	1458	1525
1634	2148		1524	1356	1273	1256	1576
1341	1480	1524		1681	1744	1536	1603
1574	1385	1356	1681		1721	1471	1669
1743	1542	1273	1744	1721		2474	1971
1550	1458	1256	1536	1471	2474		2541
1615	1525	1576	1603	1669	1971	2541	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	1915	1884	1746	1617	1793	1927	1792
1915		2663	1965	1797	1775	1823	1763
1884	2663		2234	1680	1687	1773	1779
1746	1965	2234		1919	1574	1780	1868
1617	1797	1680	1919		1963	1702	1860
1793	1775	1687	1574	1963		2296	2150
1927	1823	1773	1780	1702	2296		3514
1792	1763	1779	1868	1860	2150	3514	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	1489	2035	1921	1631	1506	1559	1738
1489		2257	1841	1507	1240	1257	1288
2035	2257		2182	1831	1427	1317	1496
1921	1841	2182		2681	1844	1726	1751
1631	1507	1831	2681		1714	1721	1491
1506	1240	1427	1844	1714		2261	1639
1559	1257	1317	1726	1721	2261		1957
1738	1288	1496	1751	1491	1639	1957	

Biomecánica:

Área de copa	16,3 m2
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	8 m
...centro de la copa	5,2 m
Grado de inclinación	83 °
Velocidad del viento	17,7 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	730 N
Factor de Seguridad	833 %

Nombre Capa	Altura	Área en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	17 %	1355 %	Riesgo bajo
Capa #2	100 cm	9 %	1104 %	Riesgo bajo
Capa #1	30 cm	49 %	833 %	Riesgo bajo

ZSE-MC11

Especies arbóreas: *Schinus terebinthifolius*

Molle costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>
----------------------	---------------------------------

Datos espaciales para la Capa "Capa #3":

Altura: 170 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	9
1 - 3	20
1 - 4	27
1 - 5	28
1 - 6	28
1 - 7	20
1 - 8	11
5 - 2	25
5 - 3	19
5 - 4	10
5 - 6	10
5 - 7	20
5 - 8	27
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #2":

Altura: 100 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	13
1 - 3	25
1 - 4	34
1 - 5	39
1 - 6	39
1 - 7	29
1 - 8	12
5 - 2	40
5 - 3	29
5 - 4	14
5 - 6	12
5 - 7	27
5 - 8	33
PD	0
BT	0

Datos espaciales para la Capa "Capa #1":

Altura: 30 cm

Diseño: Irregular

Recuento del sensor: 8

Datos de posición del sensor:

1 - 2	17
1 - 3	31
1 - 4	38
1 - 5	41
1 - 6	38
1 - 7	26
1 - 8	13
5 - 2	37
5 - 3	30
5 - 4	14
5 - 6	13
5 - 7	26
5 - 8	33
PD	0
BT	0

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #3":

µs	60±0	129±0	183±0	240±0	207±0	167±0	87±0
60±0		75±0	136±0	196±0	176±0	157±0	118±0
129±0	75±0		57±0	135±0	201±0	191±0	156±0
183±0	136±0	57±0		59±0	146±0	189±0	177±0
240±0	196±0	135±0	59±0		67±0	400±0	177±0
207±0	176±0	201±0	146±0	67±0		58±0	128±0
167±0	157±0	191±0	189±0	400±0	58±0		68±0
87±0	118±0	156±0	177±0	177±0	128±0	68±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #2":

µs	126±0	266±0	423±0	770±0	401±0	272±0	116±0
126±0		118±0	264±0	736±0	606±0	402±0	252±0
266±0	118±0		103±0	418±0	741±0	781±0	602±0
423±0	264±0	103±0		250±0	482±0	663±0	649±0
770±0	736±0	418±0	250±0		240±0	272±0	283±0
401±0	606±0	741±0	482±0	240±0		95±0	229±0
272±0	402±0	781±0	663±0	272±0	95±0		112±0
116±0	252±0	602±0	649±0	283±0	229±0	112±0	

Datos de Tiempo para la Capa "Capa #1":

µs	133±0	287±0	666±0	790±0	495±0	332±0	132±0
133±0		109±0	335±0	740±0	745±0	578±0	186±0
287±0	109±0		186±0	600±0	751±0	758±0	475±0
666±0	335±0	186±0		280±0	497±0	632±0	701±0
790±0	740±0	600±0	280±0		115±0	271±0	660±0
495±0	745±0	751±0	497±0	115±0		120±0	362±0
332±0	578±0	758±0	632±0	271±0	120±0		202±0
132±0	284±0	475±0	701±0	660±0	362±0	202±0	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #3":

m/s	1708	1662	1479	1167	1371	1285	1432
1708		1792	1607	1298	1603	1585	1700
1662	1792		2070	1479	1311	1440	1738
1479	1607	2070		1923	1436	1406	1664
1167	1298	1479	1923		1695	534	1549
1371	1603	1311	1436	1695		2514	1911
1285	1585	1440	1406	534	2514		1908
1432	1700	1738	1664	1549	1911	1908	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #2":

m/s	1569	1172	879	524	1078	1304	1685
1569		2331	1426	577	771	1073	1171
1172	2331		2749	804	537	523	549
879	1426	2749		712	589	543	529
524	577	804	712		669	1209	1352
1078	771	537	589	669		3370	1637
1304	1073	523	543	1209	3370		2523
1685	1171	549	529	1352	1637	2523	

Matriz de velocidades para la Capa "Capa #1":

m/s	1441	1136	577	513	784	848	1121
1441		1596	915	508	536	611	1150
1136	1596		1068	532	511	512	734
577	915	1068		567	543	538	500
513	508	532	567		1239	1032	511
784	536	511	543	1239		1551	805
848	611	512	538	1032	1551		742
1121	1150	734	500	511	805	742	

Biomecánica:

Área de copa	3,61 m2
Distancia de la base del tronco a...	
...ápice de la copa	6 m
...centro de la copa	5 m
Grado de inclinación	75 °
Velocidad del viento	17,7 m/s
Coefficiente de rozamiento	0,224291666666667
Límite de elasticidad	20 MPa
Carga del viento	162 N
Factor de Seguridad	1706 %

Nombre Capa	Altura	Área en pudrición	Factor de Seguridad	Índice de riesgo
Capa #3	170 cm	38 %	1706 %	Riesgo bajo
Capa #2	100 cm	68 %	1958 %	Riesgo bajo
Capa #1	30 cm	67 %	1971 %	Riesgo bajo

ANEXO 12.

IDENTIFICACIÓN FITOPATOLÓGICA DE LOS AGENTES



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail: clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 336-2017 WAT 140
JFT 331

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geysler Mendoza Saucedo (Tesista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

- MÉTODO.** - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.
- RESULTADOS**

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 1 ZSE- MS04 (H-1.00m)	<i>Basidiocarpo y madera podrida</i>	<i>Ganoderma sp.</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle Serrano que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Ganoderma sp.* como agente causal de la pudrición de madera.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 337-2017 WAT 141
JFT 332

Sres.

Universidad Nacional Agraria La Molina

La Molina

Presente. -

Atención: Sr. Geyser Mendoza Saucedo (Tesisista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

1. **MÉTODO.** - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

2. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 2 ZSE- MS04 (Raíz)	<i>Basidiocarpo</i>	<i>Ganoderma</i> sp.

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle Serrano que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Ganoderma* sp. como agente causal de la pudrición de madera.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 341-2017 WAT 145
JFT 336

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geysler Mendoza Saucedo (Tesisista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

1. MÉTODO. - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

2. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 6 ZSE-MS04 (H: 1.70m)	Madera con pudrición (húmeda)	<i>Coniothyrium sp</i> <i>Brachysporium sp.</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle serrano que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Brachysporium sp.* como agente causal de la pudrición de madera. El hongo *Coniothyrium sp* se encuentra como organismo secundario.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 343-2017 WAT 147
JFT 338

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geyser Mendoza Saucedo (Tesista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

1. MÉTODO. - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

2. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 8 ZSE-MS04 (Rama)	<i>Madera con pudrición</i>	<i>Brachysporium sp.</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle serrano que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Brachysporium sp.* como agente causal de la pudrición de madera.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 342-2017 WAT 146
JFT 337

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geyser Mendoza Saucedo (Tesista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

- 1. MÉTODO.** - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.
- 2. RESULTADOS**

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 7 ZSI-MS15	Madera con pudrición (húmeda y corteza)	<i>Brachysporium sp.</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle serrano que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Brachysporium sp.* como agente causal de la pudrición de madera-

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 18 de setiembre de 2017
FI-AF 370-2017 WAT 162
JFT 363

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geyser Mendoza Saucedo (Tesista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

1. MÉTODO. - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

2. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 11 ZIN-MC08 (a)	<i>Basidiocarpo</i>	<i>Ganoderma sp.</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle costeño que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Ganoderma sp.* como agente causal de la pudrición de madera-

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de agosto de 2017 FI-
AF 338-2017 WAT 142
JFT 333

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geyser Mendoza Saucedo (Tesisista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

1. MÉTODO. - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

2. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 3 ZIN-MC08 (b)	<i>Basidiocarpo</i>	<i>Ganoderma sp.</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle costeño que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Ganoderma sp.* como agente causal de la pudrición de madera-

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 339-2017 WAT 143
JFT 334

Sres.

Universidad Nacional Agraria La Molina

La Molina

Presente. -

Atención: Sr. Geyser Mendoza Saucedo (Tesista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

4. **MÉTODO.** - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

5. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 4 ZSE-MC11	<i>Basidiocarpo</i>	<i>Ganoderma sp.</i>

6. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Molle costeño que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Ganoderma sp.* como agente causal de la pudrición de madera.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 340-2017 WAT 144
JFT 335

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geysler Mendoza Saucedo (Tesisista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

1. MÉTODO. - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

2. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 5 ZCO-ME17	Madera con pudrición, seca	<i>Ganoderma</i> sp.

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Melia que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Ganoderma* sp. como agente causal de la pudrición de madera.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail:clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 345-2017 WAT 149
JFT 340

Sres.
Universidad Nacional Agraria La Molina
La Molina
Presente. -

Atención: Sr. Geysler Mendoza Saucedo (Tesista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

1. **MÉTODO.** - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.

2. RESULTADOS

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 10 ZIN-TA19	<i>Madera con pudrición, húmeda</i>	<i>Brachysporium sp</i> <i>Ganoderma sp.</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Tulipán africano que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Ganoderma sp.* y *Brachysporium sp* como agente causal de la pudrición de madera.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR
CLÍNICA DE DIAGNOSIS



WAT/h
mg



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 456
Telefax: 349-6631 - e-mail: clínica@lamolina.edu.pe



La Molina, 23 de Agosto de 2017
FI-AF 344-2017 WAT 147
JFT 339

Sres.

Universidad Nacional Agraria La Molina

La Molina

Presente. -

Atención: Sr. Geyser Mendoza Saucedo (Tesisista)

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de porciones de basidiocarpos de madera podrida, procedente del Parque de Las Leyendas, San Miguel - Lima Metropolitana, es el siguiente:

- 1. MÉTODO.** - Examen macroscópico y microscópico de los basidiocarpos y de las maderas con pudrición. Identificación con las claves taxonómicas correspondientes.
- 2. RESULTADOS**

No. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	RESULTADO
No. 9 ZIN-TA16	Madera con pudrición, húmeda	<i>Brachysporium sp</i>

3. DIAGNOSTICO.

En la muestra de Tulipán africano que UD. envió a nuestro laboratorio se identificó a *Brachysporium sp*, este hongo puede ocasionar pudrición de la madera.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc Walter Apaza Tapia
COORDINADOR CLÍNICA DE

