

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Prospección y evaluación de síntomas
y signos de enfermedades en especies
forestales del campus de la Universidad
Nacional Agraria La Molina**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Giancarlo Jeremy Orellana Asenjo

Lima – Perú
2014

RESUMEN

El propósito de esta investigación es contribuir al conocimiento de las enfermedades de las especies forestales de las áreas urbanas. Por ello, se caracterizó el síntoma y signo, se identificó el agente causal (en lo posible) y se determinó la incidencia y severidad de los síntomas de enfermedades forestales; además, se determinó las zonas de riesgo y las causas que predisponen la aparición de enfermedades en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Se evaluaron 24 especies forestales con 406 individuos (23% del arbolado) durante las estaciones de invierno-primavera (2011) y verano-otoño (2012). El 58,33% (14 especies) mostraron síntoma y/o signo de enfermedad en las diferentes partes de la planta (raíces, leño y follaje). Los 11 síntomas encontrados se clasificaron en tres grupos: Las enfermedades claves agrupan los síntomas de defoliación atípica, muerte súbita y pudrición marrón del fuste, presentes en: *Delonix regia*, *Koelreuteria paniculata* y *Casuarina cunninghamiana*. Las enfermedades potenciales agrupan los síntomas de exudación en *Casuarina cunninghamiana* y *Grevillea robusta* y los tumores en el fuste y raíces de *Schinus molle*. Las enfermedades menos perjudiciales agrupan el síntoma de oidiosis en *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius* y *Lagerstroemia speciosa*, así como la mancha foliar en *Eucalyptus spp.* y la mancha foliar en *Salix humboldtiana*. Los mapas de riesgo epidemiológico permiten visualizar con facilidad la severidad de los síntomas y reconocer la focalización de los mismos dentro del campus universitario, con la finalidad de que se pueda efectuar las medidas de control y prevención. Para optimizar el vigor del arbolado del campus universitario y prevenir la dispersión de enfermedades se debe realizar una adecuada selección de especie; así como realizar el tratamiento de poda adecuadamente, ya que este último fue reconocido como la labor más importante que predispone la aparición de síntomas de enfermedades.

H10.
074
T

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	VI
ÍNDICE.....	VII
LISTA DE CUADROS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 DEFINICIÓN DE PLAGA	3
2.2 DEFINICIÓN DE ENFERMEDAD	3
2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ENFERMEDADES	4
2.4 COMPONENTES DE LA ENFERMEDAD.....	7
2.4.1 <i>Patógeno causante de la enfermedad</i>	8
2.4.2 <i>Las prácticas silviculturales inadecuadas</i>	13
2.4.3 <i>Especie forestal hospedera</i>	16
2.4.4 <i>El ambiente favorable a la enfermedad</i>	18
2.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN	20
2.5.1 <i>La prospección</i>	20
2.5.2 <i>Evaluación cualitativa</i>	21
2.5.3 <i>Evaluación cuantitativa</i>	23
2.6 DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES.....	25
2.7 MAPAS DE RIESGOS EPIDEMIOLÓGICO.....	27
2.8 ESTUDIOS PREVIOS DE ENFERMEDADES FORESTALES EN LIMA.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	30
3.1.1 <i>Ubicación</i>	30
3.1.2 <i>Topografía</i>	30
3.1.3 <i>Clima</i>	30
3.1.4 <i>Vegetación y áreas verdes del campus</i>	31
3.2 ZONIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	34
3.3.1 <i>Inventario y reconocimiento de la especies forestales del campus</i>	34
3.3.2 <i>Selección de las especies forestales a evaluar</i>	36
3.3.3 <i>Selección de los árboles a evaluar</i>	36
3.4 GEORREFERENCIACIÓN Y REGISTRO DE LOS ÁRBOLES	38
3.5 PERIODO DE EVALUACIÓN	40
3.6 PROCEDIMIENTO PARA LA COLECTA DE DATOS.....	40
3.6.1 <i>De las condiciones que predisponen la aparición de enfermedades</i>	40
3.6.2 <i>Prospección</i>	41
3.6.3 <i>Evaluación cualitativa de los síntomas y signos de las enfermedades</i>	42
3.6.4 <i>Evaluación cuantitativa de los síntomas causados por enfermedades forestales</i>	47
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49

43-481

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	CONDICIONES QUE PREDISPONEN LA APARICIÓN DE ENFERMEDADES	51
4.1.1	<i>El tiempo meteorológico</i>	51
4.1.2	<i>Tratamientos silviculturales inadecuadas</i>	52
4.2	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES EVALUADAS	59
4.2.1	<i>Fenología del follaje</i>	59
4.3	SÍNTOMAS Y SIGNOS DE LAS ESPECIES FORESTALES EN LA UNALM.....	61
4.4	EN LA PONCIANA REAL	62
4.4.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	62
4.4.2	<i>Síntoma: Defoliación atípica</i>	64
4.4.3	<i>Otras observaciones</i>	74
4.5	EN EL PAPELILLO.....	76
4.5.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	76
4.5.2	<i>Síntoma: Muerte súbita</i>	78
4.6	EN LA CASUARINA	87
4.6.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	87
4.6.2	<i>Síntoma 1: Pudrición marrón</i>	88
4.6.3	<i>Síntoma 2: Exudación</i>	94
4.7	EN LA GREVILEA	99
4.7.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	99
4.7.2	<i>Síntoma: Exudación</i>	100
4.8	EN EL MOLLE SERRANO.....	105
4.8.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	105
4.8.2	<i>Síntoma 1: Tumores en el fuste y raíces</i>	107
4.8.3	<i>Síntoma 2: Oidiosis en hoja</i>	116
4.8.4	<i>Otras observaciones</i>	124
4.9	EN EL EUCALIPTO.....	125
4.9.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	125
4.9.2	<i>Síntoma: Mancha foliar</i>	126
4.9.3	<i>Otras observaciones</i>	133
4.10	EN EL SAUCE.....	137
4.10.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	137
4.10.2	<i>Síntoma: Mancha foliar del sauce o cercosporiosis</i>	138
4.11	EN EL MOLLE COSTEÑO.....	147
4.11.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	147
4.11.2	<i>Síntoma: Oidiosis</i>	148
4.11.3	<i>Otras observaciones</i>	158
4.12	EN EL ÁRBOL DE JÚPITER.....	159
4.12.1	<i>Clasificación taxonómica de la especie hospedera</i>	159
4.12.2	<i>Síntoma: Oidiosis</i>	161
4.12.3	<i>Otras observaciones</i>	168
4.13	SÍNTOMAS EN OTRAS ESPECIES FORESTALES.....	169
4.13.1	<i>Exudación en el árbol de navidad</i>	169
4.13.2	<i>Exudación en la oreja de negro</i>	171
4.14	SIGNOS EN OTRAS ESPECIES FORESTALES.....	172
4.14.1	<i>Basidiocarpo en el palo verde</i>	172
4.14.2	<i>Basidiocarpo en la melia</i>	177
4.14.3	<i>Basidiocarpo en la tangarana</i>	179
4.15	DISTRIBUCIÓN DE BASIDIOCARPOS EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	180
4.16	CLASIFICACIÓN DE LOS SÍNTOMAS EVALUADOS Y PRESCRIPCIÓN PARA EL MANEJO DE LAS ENFERMEDADES.....	182
5.	CONCLUSIONES.....	185
6.	RECOMENDACIONES.....	187

ANEXO 1	195
MODELO DEL CARTEL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES DURANTE LA PROSPECCIÓN	195
ANEXO 2	196
COORDENADAS DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS	196
ANEXO 3	211
DATOS METEOROLÓGICO DEL OBSERVATORIO VON HUMBOLDT - UNALM	211
ANEXO 4	212
ANÁLISIS DEL SUELO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO	212
ANEXO 5	213
ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO	213
ANEXO 6	223
FORMATOS DE EVALUACIÓN PARA SÍNTOMAS Y SIGNOS.....	223
PARA: SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR	223
PARA: SÍNTOMA DE EXUDACIÓN.....	224
PARA: SÍNTOMA DE TUMORES EN EL FUSTE	225
PARA: CUERPOS FRUCTÍFEROS DE HONGOS (SIGNO)	226
ANEXO 7	227
FORMATO DE LA UNALM PARA LA REMISIÓN DE MUESTRAS	227
ANEXO 8	228
FORMATO DE SENASA PARA LA REMISIÓN DE MUESTRAS.....	228
ANEXO 9	229
FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS EN EL SENASA	229
ANEXO 10	233
DATOS TOMADOS EN CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD	233

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1	ESPECIES FORESTALES USADAS EN LIMA Y SUS PATÓGENOS.....28
CUADRO 2	ESPECIES FORESTALES DE LIMA Y SUS PATÓGENOS.....29
CUADRO 3	ADMINISTRACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES DENTRO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.....31
CUADRO 4	ESPECIES FORESTALES Y NÚMERO DE ÁRBOLES POR ZONAS EN LA UNALM.....34
CUADRO 5	ESPECIES Y ÁRBOLES SELECCIONADOS PARA LA EVALUACIÓN.....37
CUADRO 6	CRITERIOS PARA ELABORAR LA ESCALA DE SEVERIDAD.....47
CUADRO 7	ESPECIES FORESTALES SIEMPRE VERDES, CADUCIFOLIAS O SEMICADUCIFOLIAS.....59
CUADRO 8	ESPECIES HOSPEDERAS Y LOS SÍNTOMAS REGISTRADOS.....61
CUADRO 9	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>GANODERMA AUSTRALE</i>70
CUADRO 10	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE DEFOLIACIÓN ATÍPICA EN <i>DELONIX REGIA</i>73
CUADRO 11	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>FUSARIUM SP.</i> Y <i>GANODERMA AUSTRALE</i>83
CUADRO 12	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE MUERTE SÚBITA EN <i>KOELREUTERIA PANICULATA</i>86
CUADRO 13	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>GANODERMA SP.</i>90
CUADRO 14	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE PUDRICIÓN MARRÓN EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>92
CUADRO 15	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>97
CUADRO 16	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>GREVILLEA ROBUSTA</i>103
CUADRO 17	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>MELOIDOGYNE SP.</i>111
CUADRO 18	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE TUMORES EN EL FUSTE DE <i>SCHINUS MOLLE</i>114
CUADRO 19	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL <i>OIDIUM SP.</i>117
CUADRO 20	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE OÍDIOSIS EN <i>SCHINUS MOLLE</i>119
CUADRO 21	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN <i>EUCALYPTUS SPP.</i>129
CUADRO 22	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>CAPNODIUM SP.</i>136
CUADRO 23	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>CERCOSPORA SALICINA</i>140
CUADRO 24	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN <i>SALIX HUMBOLDTIANA</i>143
CUADRO 25	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL <i>OIDIUM SP.</i>150
CUADRO 26	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE OÍDIOSIS EN <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i>153
CUADRO 27	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL <i>OIDIUM SP.</i>162
CUADRO 28	VALORES DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL SÍNTOMA DE OÍDIOSIS EN <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i>164
CUADRO 29	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>GANODERMA SP.</i>175
CUADRO 30	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>176
CUADRO 31	CLASIFICACIÓN DE LOS SÍNTOMAS EVALUADOS DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN.....182

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1	TETRAEDRO EPIDEMIOLÓGICO7
FIGURA 2	MUESTRA DE MADERA AFECTADA POR LA PUDRICIÓN BLANCA.....9
FIGURA 3	MUESTRA DE MADERA AFECTADA POR LA PUDRICIÓN MARRÓN O PARDA10
FIGURA 4	MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL CAMPUS DE LA UNALM.....33
FIGURA 5	MAPA DE UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN EL CAMPUS DE LA UNALM.....39
FIGURA 6	PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS SÍNTOMAS Y SIGNOS EN LAS ESPECIES FORESTALES42
FIGURA 7	DATOS METEOROLÓGICOS DE T (C°) Y HR (%) PARA EL PERIODO DE EVALUACIÓN.....51
FIGURA 8	PLANTACIÓN DE ÁRBOLES DENTRO DEL CAMPUS52
FIGURA 9	TIPOS DE RIEGO DEL ARBOLADO DENTRO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.....54
FIGURA 10	MAPA DE TIPO DE RIEGO PARA LOS ÁRBOLES EVALUADOS DEL CAMPUS DE LA UNALM.....55
FIGURA 11	PODAS ELABORADAS A LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO57
FIGURA 12	TOCONES DE ÁRBOLES EXTRAÍDOS58
FIGURA 13	TENDENCIA ESTACIONAL DE LA DEFOLIACIÓN NATURAL DE LAS 12 ESPECIES60
FIGURA 14	ESPECIE FORESTAL <i>DELONIX REGIA</i>62
FIGURA 15	DEFOLIACIÓN DE <i>DELONIX REGIA</i> PARA EL PERIODO DE ESTUDIO.....63
FIGURA 16	EVALUACIÓN DEL SÍNTOMA DE DEFOLIACIÓN ATÍPICA EN <i>DELONIX REGIA</i> (Z1-PR04)64
FIGURA 17	EVOLUCIÓN DE LA DEFOLIACIÓN ATÍPICA EN <i>DELONIX REGIA</i> (Z2-PR03)65
FIGURA 18	CRECIMIENTO DEL BASIDIOCARPO A AMBOS LADOS DE LA BASE DEL ÁRBOL (Z2-PR03)66
FIGURA 19	DESARROLLO DE <i>GANODERMA AUSTRALE</i> (Z2-PR03)67
FIGURA 20	BASIDIOCARPO DE <i>GANODERMA AUSTRALE</i> (Z1-PR04)68
FIGURA 22	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE DEFOLIACIÓN ATÍPICA EN <i>DELONIX REGIA</i>72
FIGURA 23	<i>GANODERMA SP.</i> EN <i>DELONIX REGIA</i> (Z6-PR01)74
FIGURA 24	BASIDIOCARPO EN <i>DELONIX REGIA</i> (Z2-PR06).....75
FIGURA 25	<i>KOELREUTERIA PANICULATA</i>76
FIGURA 26	DEFOLIACIÓN DE <i>KOELREUTERIA PANICULATA</i> PARA EL PERIODO DE ESTUDIO77
FIGURA 27	EVOLUCIÓN DEL SÍNTOMA MUERTE SÚBITA EN <i>KOELREUTERIA PANICULATA</i>78
FIGURA 28	PRESENCIA DE MICELIO EN RAÍCES SECAS79
FIGURA 29	DESARROLLO DE <i>G. AUSTRALE</i> ADHERIDO EN FUSTE DE <i>KOELREUTERIA PANICULATA</i>80
FIGURA 30	CONIDIAS DE HONGOS EN <i>KOELREUTERIA PANICULATA</i> (VISTA 100X).....81
FIGURA 31	CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE <i>G. AUSTRALE</i> EN <i>KOELREUTERIA PANICULATA</i>82
FIGURA 32	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE MUERTE SÚBITA EN <i>KOELREUTERIA PANICULATA</i>85
FIGURA 33	<i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>87
FIGURA 34	SÍNTOMA DE PUDRICIÓN MARRÓN EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>88
FIGURA 35	DESARROLLO DEL BASIDIOCARPO EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>89
FIGURA 36	ESPORAS DEL BASIDIOCARPO EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>90
FIGURA 37	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE PUDRICIÓN MARRÓN EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>91
FIGURA 38	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE PUDRICIÓN MARRÓN EN LA ESPECIE <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i> DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN93
FIGURA 39	SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>94
FIGURA 40	MUESTRAS Y TESTIGOS DEL SÍNTOMA.....95
FIGURA 41	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i>96
FIGURA 42	MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN LA ESPECIE <i>CASUARINA CUNNINGHAMIANA</i> DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN.98
FIGURA 43	<i>GREVILLEA ROBUSTA</i>99
FIGURA 44	SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>GREVILLEA ROBUSTA</i>100
FIGURA 45	DIAGNÓSTICO DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL.....101
FIGURA 46	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>GREVILLEA ROBUSTA</i>102

FIGURA 47	MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN LA ESPECIE <i>GREVILLEA ROBUSTA</i> DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN.	104
FIGURA 48	<i>SCHINUS MOLLE</i>	106
FIGURA 49	TUMORES EN FUSTE DE <i>SCHINUS MOLLE</i>	107
FIGURA 50	AGALLAS EN LA RAÍZ EN <i>SCHINUS MOLLE</i>	108
FIGURA 51	MUESTRAS LLEVADAS AL LABORATORIO	109
FIGURA 52	AGENTE CAUSAL DE LAS AGALLAS RADICULARES	110
FIGURA 53	PRUEBAS REALIZADAS A SÍNTOMA DE TUMORES EN EL FUSTE.....	111
FIGURA 54	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE TUMORES EN EL FUSTE DE <i>SCHINUS MOLLE</i>	113
FIGURA 55	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE TUMORES EN EL FUSTE EN LA ESPECIE <i>SCHINUS MOLLE</i> DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN.....	115
FIGURA 56	CLOROSIS DE LA HOJA CAUSADO POR OIDIOSIS EN <i>SCHINUS MOLLE</i>	116
FIGURA 57	ASCOSPORAS DE <i>OIDIUM SP.</i> EN <i>SCHINUS MOLLE</i>	117
FIGURA 58	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN <i>SCHINUS MOLLE</i>	118
FIGURA 59	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS MOLLE</i> DURANTE EL INVIERNO DEL 2011.....	120
FIGURA 60	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS MOLLE</i> DURANTE LA PRIMAVERA DEL 2011.....	121
FIGURA 61	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS MOLLE</i> DURANTE EL VERANO DEL 2012.....	122
FIGURA 62	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS MOLLE</i> DURANTE EL OTOÑO DEL 2012.....	123
FIGURA 63	OTROS SÍNTOMAS OBSERVADOS DESPUÉS DEL PERIODO DE EVALUACIÓN.....	124
FIGURA 64	<i>EUCALYPTUS SPP.</i> (ZONA 2).....	125
FIGURA 65	SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN <i>EUCALYPTUS SPP.</i>	126
FIGURA 66	CÁMARA HÚMEDA PARA LAS MUESTRAS DE MANCHAS FOLIARES EN <i>EUCALYPTUS SPP.</i>	127
FIGURA 67	CONTRASTE ENTRE LA PARTE SANA Y ENFERMA DE LA HOJA CON MANCHA FOLIAR.....	127
FIGURA 68	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN <i>EUCALYPTUS SPP.</i>	128
FIGURA 69	MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN LA ESPECIE <i>EUCALYPTUS SPP.</i> DURANTE LA PRIMAVERA DEL 2011.....	130
FIGURA 70	MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN LA ESPECIE <i>EUCALYPTUS SPP.</i> DURANTE EL VERANO DEL 2012.....	131
FIGURA 71	MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN LA ESPECIE <i>EUCALYPTUS SPP.</i> DURANTE EL OTOÑO DEL 2012.....	132
FIGURA 72	SÍNTOMA DE GRIETAS PROFUNDAS EN EL FUSTE DE <i>EUCALYPTUS CAMALDULENSIS</i>	133
FIGURA 73	INCLINACIÓN DE ÁRBOLES DE <i>EUCALYPTUS SPP.</i> PRODUCTO DEL VIENTOS (ZONA 2)	134
FIGURA 74	SÍNTOMA DE FUMAGINA EN HOJA DE <i>EUCALYPTUS SPP.</i>	135
FIGURA 75	<i>SALIX HUMBOLDTIANA</i> (ZONA 3).....	137
FIGURA 76	SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN <i>SALIX HUMBOLDTIANA</i>	138
FIGURA 77	VISTA EN CAMPO Y EN ESTEREOSCOPIO DIGITAL (HASTA 60X) DEL SÍNTOMA.....	139
FIGURA 78	CONIDIAS DE <i>CERCOSPORA SALICINA</i> EN <i>SALIX HUMBOLDTIANA</i>	140
FIGURA 79	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN LA ESPECIE <i>SALIX HUMBOLDTIANA</i>	142
FIGURA 80	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN LA ESPECIE <i>SALIX HUMBOLDTIANA</i> DURANTE EL INVIERNO DEL 2011	144
FIGURA 81	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN LA ESPECIE <i>SALIX HUMBOLDTIANA</i> DURANTE LA PRIMAVERA DEL 2011	145
FIGURA 82	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR EN LA ESPECIE <i>SALIX HUMBOLDTIANA</i> DURANTE EL VERANO DEL 2012	146
FIGURA 83	<i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i> (ZONA 2).....	147
FIGURA 84	OIDIOSIS EN HOJAS DE <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i>	148
FIGURA 85	VISTA DEL MICELIO DE <i>OIDIUM SP.</i>	149
FIGURA 86	CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE <i>OIDIUM SP.</i> EN <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i>	149
FIGURA 87	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i>	152

FIGURA 88	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i> DURANTE EL INVIERNO DEL 2011	154
FIGURA 89	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i> DURANTE LA PRIMAVERA DEL 2011	155
FIGURA 90	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i> DURANTE EL VERANO DEL 2012	156
FIGURA 91	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i> DURANTE EL OTOÑO DEL 2012	157
FIGURA 92	DESARROLLO DE HONGO SOBRE LA CICATRIZACIÓN DE UNA RAMA PODADA	158
FIGURA 93	<i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i>	159
FIGURA 94	DEFOLIACIÓN DE <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i> PARA EL PERIODO DE ESTUDIO	160
FIGURA 95	SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i>	161
FIGURA 96	ASCOSPORAS DE <i>OIDIUM SP.</i> EN <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i>	161
FIGURA 97	ESCALA PARA EL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i>	163
FIGURA 98	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i> DURANTE LA PRIMAVERA DEL 2011	165
FIGURA 99	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i> DURANTE EL VERANO DEL 2012	166
FIGURA 100	MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO DEL SÍNTOMA DE OIDIOSIS EN LA ESPECIE <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i> DURANTE EL OTOÑO DEL 2012	167
FIGURA 101	OQUEDADES EN ÁRBOLES DE <i>LAGERSTROEMIA SPECIOSA</i> (ZONA 4)	168
FIGURA 102	SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>ARAUCARIA EXCELSA</i>	170
FIGURA 103	SÍNTOMA DE EXUDACIÓN EN <i>ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM</i>	171
FIGURA 104	<i>PARKINSONIA ACULEATA</i>	173
FIGURA 105	DESARROLLO DEL BASIDIOCARPO EN <i>PARKINSONIA ACULEATA</i>	174
FIGURA 106	BASIDIOCARPO EN EL FUSTE DE <i>PARKINSONIA ACULEATA</i>	174
FIGURA 107	DESARROLLO DE UN BASIDIOCARPO EN LA HENDIDURA DEL FUSTE	176
FIGURA 108	<i>GANODERMA AUSTRALE</i> EN ÁRBOL DE <i>MELIA AZEDARACH</i>	178
FIGURA 109	DESARROLLO DE <i>GANODERMA AUSTRALE</i> EN <i>TRIPLARIS PERUVIANA</i>	180
FIGURA 110	MAPA DE UBICACIÓN DE BASIDIOCARPO EN LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN EL CAMPUS DE LA UNALM	181

1. INTRODUCCIÓN

Varios estudios relacionados a la calidad de vida del hombre en las ciudades han determinado que las áreas verdes en la ciudad generan beneficios para el ambiente y la sociedad y son una necesidad básica del ser humano, al proporcionar sombra, aportar oxígeno, controlar la humedad ambiental, atenuar ruidos y vientos, retener partículas sólidas, permitir la recreación y contribuir con la mejora en la calidad de vida de los habitantes de las urbes (Gallegos, 2005).

El presente estudio se llevó a cabo en el campus de la UNALM, ubicada en el distrito de La Molina, con más de 200 ha de extensión. Gran parte de ella está cubierta por áreas verdes, con jardines y especies forestales, así como de cultivos agrícolas.

Dado que la sanidad forestal es una disciplina poco investigada en el Perú y en Latino América (Manta, 2004), se hace necesario hacer evaluaciones cualitativas, cuantitativas y documentar las enfermedades que afectan las plantaciones industriales y al arbolado urbano. Estos estudios permitirán una mejor toma de decisiones al momento de prescribir medidas preventivas, de control, y de reposición de áreas infectadas; reduciendo las pérdidas económicas y mejorando la calidad de vida de las personas, principalmente.

Resulta importante cuidar los espacios verdes reduciendo actividades que causen daños, ya sea por los tratamientos silviculturales inadecuadas (riego, podas) o por el desarrollo de agentes causales de enfermedades (biótico o abiótico). Sin embargo, debido al poco conocimiento de la etiología de la enfermedad que afectan a las especies forestales resulta difícil controlar y combatir las enfermedades actualmente.

Se contempló los siguientes objetivos específicos: contribuir al conocimiento de las enfermedades actuales y potenciales de las especies forestales evaluadas en el periodo de un año. Se caracterizó el síntoma y signo, se identificó el agente causal (cuando fue posible) y se determinó la incidencia y severidad de los síntomas de enfermedades de las especies forestales. Se determinó las causas que predisponen la aparición de enfermedades, las zonas de riesgo a enfermedades de los árboles en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), así como las recomendaciones para la prescripción de los tratamientos preventivos

y curativos para controlarlas. Por lo tanto, esta investigación permite contribuir y provee de información actual sobre los síntomas de enfermedades en especies forestales, representativas de las especies que se encuentran en la urbe limeña. Además, este documento registra por primera vez, física y espacialmente, la incidencia y severidad de los síntomas de enfermedades, dentro del campus de la UNALM, así como los mapas de riesgo epidemiológico para cada época de evaluación, los cuales podrían facilitar la toma de decisiones en el manejo de las áreas verdes del campus.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DEFINICIÓN DE PLAGA

FAO (2012), define plaga como cualquier especie, raza o biotipo de planta, animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales. Mientras Manta (2004), define una plaga como el tamaño de una población de insectos, microorganismos y de especies vegetales cuyos daños adquieren importancia económica sobrepasando el nivel económico o umbral económico. Afirma que los insectos y algunos vegetales generalmente causan daños físicos y mecánicos; mientras que los microorganismos, la falta de nutrientes en el suelo y la contaminación del agua, aire y suelo causan enfermedades en los árboles.

Por su parte Sánchez (2003), indica que uno de los inconvenientes para establecer un manejo integrado de las plagas urbanas es la dificultad para diagnosticar los problemas, la falta de información de la biología de las plagas, la escasa disponibilidad de productos alternativos a insecticidas, la falta de umbrales estéticos, así como el costo de la implementación del programa.

2.2 DEFINICIÓN DE ENFERMEDAD

Según Agrios (2005), una enfermedad de las plantas se define como el mal funcionamiento de las células y tejidos del hospedante que produce una alteración fisiológica debido al efecto continuo sobre estos últimos, de un organismo patógeno o factor ambiental que origina la aparición de los síntomas. El mismo autor, afirma que los procesos específicos que caracterizan las enfermedades, varían considerablemente según el agente causal y a veces según la planta misma. En un principio, la reacción de la planta ante el agente que ocasiona su enfermedad se concentra en la zona enferma y es de naturaleza química e invisible. Sin embargo, poco tiempo después la reacción se difunde y se producen cambios histológicos que se hacen notables y constituyen los síntomas de la enfermedad.

Así mismo FAO (2006), menciona que los cambios anormales en la forma, fisiología, integridad o conducta del árbol son debido al ataque de un patógeno o a la acción de los factores ambientales, afectando la producción de madera y de su calidad.

Bazán (1964), define una enfermedad como cualquier anomalía que interfiere con la estructura normal, función o valor económico de la planta. Además, indica que cuando se trata de especies forestales, las anomalías no solo se refieren a plantas en pie, sino que el daño puede extenderse a los productos.

Ramírez (1997), coincide con el concepto mencionado anteriormente, pero hace un mayor hincapié al perjuicio económico, ya que una anomalía que no conlleva una disminución en el crecimiento o desarrollo, y en la cosecha final, no puede considerarse como una verdadera enfermedad. También, añade que la enfermedad debe tener suficiente duración e incidencia para causar perjuicio o cesación de la actividad vital, ya que un microorganismo parásito está sujeto a la influencia del medio ambiente y generalmente requiere de ciertas circunstancias favorables para producir órganos infecciosos.

Gallegos (2005), señala que las enfermedades causan pérdidas no sólo a escala productiva en una plantación industrial, sino que en el arbolado urbano los daños causan también una disminución de los beneficios ambientales y sociales que los árboles ofrecen. Por ello, es necesario mantener planificadamente las enfermedades a niveles tolerables, mediante tácticas y estrategias preventivas, supresoras o reguladoras, las cuales tienen que ser ecológicas y económicamente eficientes, además de socialmente aceptables.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ENFERMEDADES

Agrios (2005), señala que las enfermedades de las plantas se clasifican según los síntomas que ocasionan (podridones de la raíz, canchales, marchitamientos, manchas foliares, sarnas, tizones, antracnosis, royas, carbonos, mosaicos, amarillamientos, manchas anulares), de acuerdo al órgano de las plantas que afectan (enfermedades de la raíz, tallo, hojas o frutos), o en base a los tipos de plantas afectadas (enfermedades de los cultivos mayores, de las hortalizas, de los árboles frutales, del bosque, del césped, de las plantas ornamentales).

Sin embargo, el mismo autor menciona que el criterio más útil en la clasificación de una enfermedad es por el agente causal, ya que esta clasificación tiene la ventaja que permite prever su probable desarrollo y diseminación, así como las posibles medidas de control. Así mismo,

Bazán (1964), define al agente causal, a “aquel agente extraño cuya interferencia con la planta provoca la enfermedad”.

De acuerdo con lo mencionado, las enfermedades de las plantas se clasifican de la siguiente manera:

a) Enfermedades infecciosas (agente biótico) de las plantas

Las enfermedades infecciosas son las que se producen por la infección que ocasiona un patógeno en una planta. Se caracterizan por la capacidad que tiene el patógeno de crecer y reproducirse con gran rapidez en las plantas y por su habilidad para difundirse de éstas a otras plantas sanas y, por consiguiente, causar nuevas enfermedades (Agrios, 2005). Las enfermedades infecciosas pueden ser causadas por los siguientes organismos patógenos:

- Enfermedades ocasionadas por hongos y cromistas
- Enfermedades ocasionadas por procariontes (bacterias y micoplasmas)
- Enfermedades ocasionadas por plantas parásitas
- Enfermedades ocasionadas por virus y viroides
- Enfermedades ocasionadas por nematodos
- Enfermedades ocasionadas por protozoarios

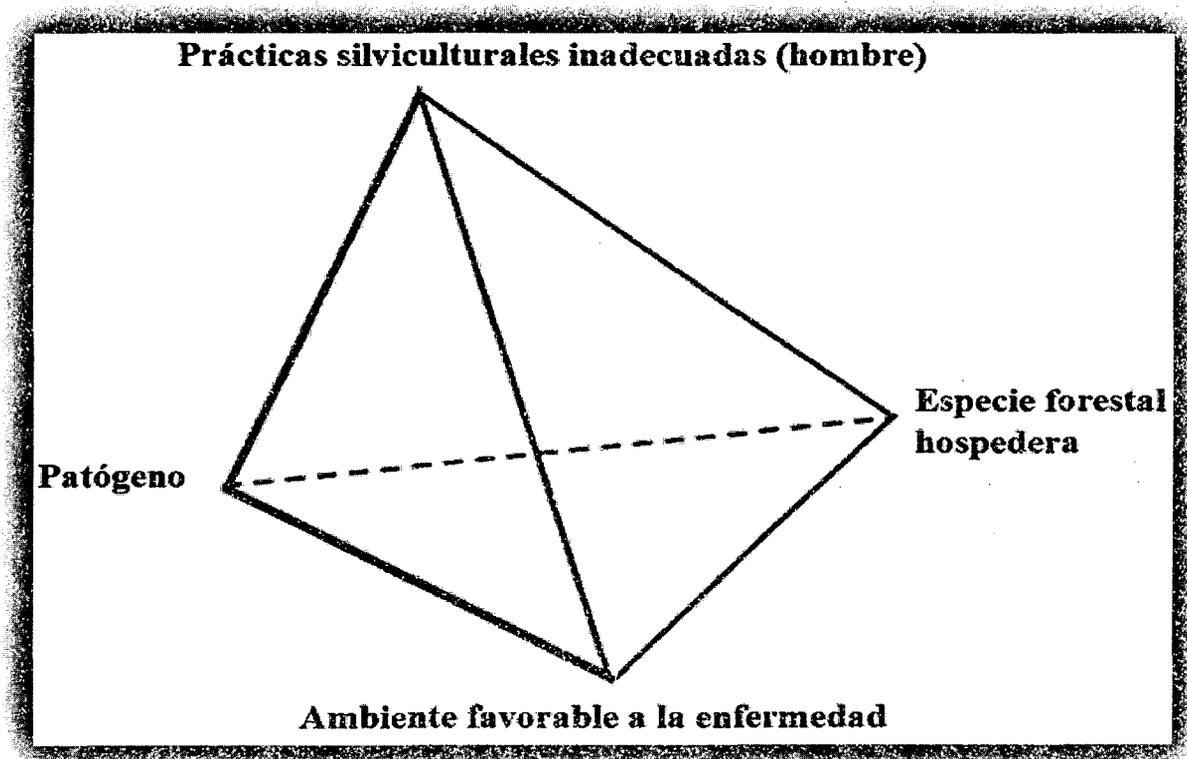
b) Enfermedades no infecciosas (agente abiótico) de las plantas

Bazán (1964), señala que las enfermedades abióticas o no infecciosas son aquellas causadas por alteraciones del ambiente. Así mismo Agrios (2005), indica que en caso de que no se pueda localizar, cultivar o transmitir el patógeno de una planta enferma podría suponerse que la enfermedad es ocasionada por un factor abiótico del medio. El número de factores ambientales causantes de enfermedades en las plantas es casi ilimitado, la mayoría de ellos afectan a las plantas al obstaculizar sus procesos fisiológicos normales. Las enfermedades no infecciosas pueden ser causadas por:

- Temperaturas muy altas o muy bajas
- Falta o exceso de humedad en el suelo
- Falta o exceso de luz
- Falta de oxígeno
- Contaminación atmosférica
- Deficiencia de nutrientes
- Aridez o alcalinidad del suelo (pH)
- Toxicidad de los plaguicidas
- Prácticas silviculturales y agrícolas inadecuadas

2.4 COMPONENTES DE LA ENFERMEDAD

En un sentido amplio, la epidemiología debe ser conceptualizada como el estudio del progreso de las enfermedades en el espacio y en el tiempo, en función de las interacciones entre las poblaciones de patógenos, poblaciones del hospedante, el medio ambiente y el ser humano (Torres, s.f.). A pesar que los tratamientos silviculturales pueden ser consideradas como parte de un agente causal de tipo abiótico por algunos autores, en la actualidad estas acciones del hombre son tomados en cuenta como un componente más de la aparición de enfermedades, ya que es el hombre el que interfiere en el proceso de una epidemia de manera directa o indirecta, creando condiciones favorables o desfavorables para que la misma se desarrolle. El Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria – México (SINAVEF, s.f. a), agrega que para que se origine la enfermedad, se debe alterara al menos uno de los componentes del tetraedro epidemiológico (Figura 1).



Nota: Adaptado de Manta (2004) y Torres (s.f.)

Figura 1 Tetraedro epidemiológico

A continuación se explica cada uno de los componentes del tetraedro epidemiológico:

2.4.1 PATÓGENO CAUSANTE DE LA ENFERMEDAD

Bazán (1964), define como enfermedades infecciosas a todas aquellas causadas por agentes transmisibles (microorganismo y virus), y como patógenos a estos mismos agentes. Son los hongos, chromistas, bacterias y nematodos los que se presentan con mayor frecuencia en el arbolado urbano.

a) Enfermedades ocasionadas por hongos, chromistas y bacterias

Según Agrios (2005), cuando estén presentes micelios fungosos y esporas o bacterias en el área afectada de una planta enferma, deben considerarse dos posibilidades: 1) que el hongo o la bacteria sean la causa de la enfermedad o, 2) que puede ser uno de los muchos hongos o bacterias que crecen sobre los tejidos vegetales muertos una vez que estos últimos han sido destruidos por alguna otra causa incluso otros hongos o bacterias.

Arrojo (s.f.), determina que los hongos que atacan la materia a descomponer suelen suceder en este orden: primero intervienen especies pertenecientes a los Zygomycetes, después lo hacen Ascomycetes y Deuteromicetes y al final los Basidiomicetes. Así mismo, Gonzales (2012), menciona que la reproducción sexual se lleva a cabo cuando faltan nutrientes en el medio o cuando las condiciones de crecimiento se vuelven adversas, en cambio sí en el medio existen nutrientes y las condiciones son óptimas el hongo lleva a cabo la reproducción asexual.

Luley (2006), afirma que la presencia de un basidiocarpo es un indicador de pudrición avanzada en la madera. En estados avanzados de pudrición, la resistencia de la madera se pierde casi totalmente, no importa cuál sea el tipo de pudrición. La presencia de cuerpos fructíferos o la identificación de pudrición en la base de un árbol indican que la descomposición puede extenderse a las raíces. SENASA (2006), adiciona que la pudrición se puede dar en árboles vivos o madera y es causada mayormente por Basidiomicetos que pueden afectar la raíz, el tallo o la copa. En árboles vivos, atacan mayormente el duramen (tejido leñoso central maduro), pero también pueden atacar la madera externa (albura). Los hongos que causan estos daños, crecen en el interior de las células del tejido leñoso y utilizan los componentes de su pared celular para nutrirse y obtener energía. Manta (2004) reafirma que la

podrición puede ocurrir en alguna parte del árbol vivo, como cuando ocurre la muerte de una rama, o cuando parte del fuste y parte de la médula se muere.

Según O'Brien (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 pudrición blanca y pudrición marrón, explicados a continuación:

Pudrición blanca: La mayoría de los hongos xilófagos en los árboles de hoja caduca causan pudrición blanca. El hongo causante de la pudrición blanca remueve la lignina antes o al mismo tiempo que remueve el componente de celulosa de la madera, produciendo que esta se transforme en una masa esponjosa de color claro, que presenta depresiones blancas o franjas separadas por áreas pequeñas de madera firme. Ya que la lignina es marrón o de color oscuro, su degradación deja la madera de un blanco pálido o decolorado. Este aspecto es típico de los últimos estadios del proceso de pudrición, tal como se muestra en la Figura 2. *Ganoderma applanatum*, la seta del artista, es una común y bien conocida forma de pudrición blanca en árboles de hoja caduca.

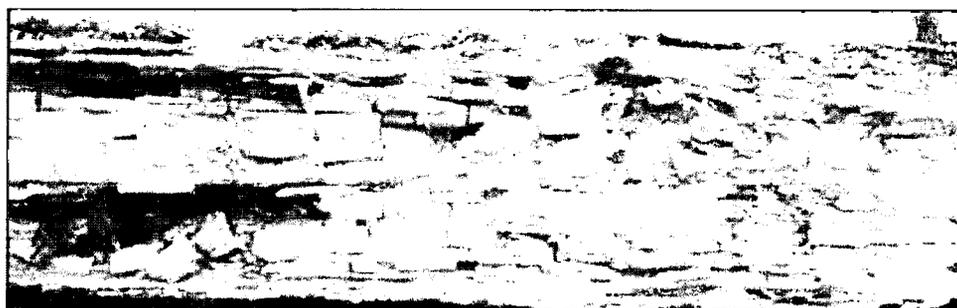
Los hongos de pudrición blanca tienen la capacidad de atacar a los árboles de madera dura, que normalmente son resistentes a los hongos de la pudrición marrón o café.



Fuente: SENASA (2006)

Figura 2 Muestra de madera afectada por la pudrición blanca

Pudrición marrón, parda o café: Luley (2006), indica que hay muchos menos hongos que causen pudrición marrón que pudrición blanca, la mayoría de aquellos atacan a las coníferas o a las maderas blandas. Los hongos causantes de pudrición marrón eliminan los componentes celulósicos de la madera y dejan detrás de ellos el marrón, que es el color característico que queda como resultado de la descomposición y la lignina modificada resultante. Debido a ello es frecuente que la madera se pudra y adquiera cierta tonalidad café y que en etapas avanzadas presente un modelo de agrietado cúbico y una textura frágil, tal como se muestra en la Figura 3. Un hongo de pudrición marrón común en frondosas y coníferas es el *Laetiporus sulphureus*. Los hongos de pudrición marrón inicialmente causan una pérdida más rápida de resistencia que los hongos de pudrición blanca.



Fuente: SENASA (2006)

Figura 3 Muestra de madera afectada por la pudrición marrón o parda

La infección por bacterias que tiene la gama de huéspedes más grande de cualquier fitopatógeno bacteriano es la del *Agrobacterium tumefaciens* (Olsen, 1999). Agrios (2005), Arguedas (2009) y otros autores, indican la enfermedad denominada “corona de agallas”, es causado por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* que se caracteriza por formar tumores, principalmente en la base de los tallos a nivel de la superficie del suelo. Inicialmente forma pequeños crecimientos esféricos con la apariencia de callos. Así mismo Gallegos (2005), afirma que las bacterias pueden ser transmitidas por material vegetativo, semillas, insectos, nematodos, en forma mecánica, de raíz a raíz y también por contacto aéreo de los árboles. Por su parte Agrios (2005), señala que las tumoraciones es un tipo de enfermedad en que las células afectadas en vez de ser debilitadas o destruidas, son estimuladas para dividirse con mayor rapidez (hiperplasia) o para crecer mucho más (hipertrofia) que las células normales, dando

como resultado la deformación de sobrecrecimientos amorfos sobre los órganos normales en apariencia.

b) Enfermedades ocasionadas por nematodos

Según Agrios (2005), la presencia dentro o fuera de una planta, de alguna especie de nematodo fitoparásito (que se distingue de los nematodos no parásitos por la posesión de un estilete), indica que ese nematodo es probablemente la causa de la enfermedad o que al menos contribuye a ella. En caso que se llegue a la conclusión que el nematodo pertenezca a una especie o género que se sabe ocasiona esa enfermedad, entonces la diagnosis de esta última puede hacerse con cierto grado de certeza. Torres (2006), añade que los nematodos pueden llegar a atacar desde plantas hortalizas hasta frutales, además de cultivos industriales, ornamentales y forestales. Así mismo, menciona que *Meloidogyne incognita* es considerado el nematodo de mayor importancia en el mundo debido a las grandes pérdidas que puede ocasionar al afectar las raíces de numerosos hospedantes con que cuenta.

Guzmán et al. (2012), señala que aunque los nematodos sobreviven en casi todos los hábitats, son esencialmente acuáticos. La mayoría de ellos son microscópicos y miden entre 300 y 1000 μm de largo y entre 15 y 35 μm de ancho; su tamaño los hace invisibles a simple vista, pero pueden ser fácilmente observados con la ayuda de un microscopio o estereoscopio. El estilete es usado para penetrar las células de las plantas y a través de él extraer los nutrientes, causando enfermedades en diferentes cultivos. Por su naturaleza, los nematodos fitoparásitos son patógenos, pero sus interacciones con otros agentes causantes de enfermedades dificultan medir su verdadero impacto en el rendimiento de los cultivos y su estimativo a gran escala.

Por otro lado, Alcázar (2008), menciona que existen especies de nematodos que son benéficas ya que parasitan a insectos considerados plagas, la mayoría conviven con su huésped, los debilitan y afectan su reproducción y desarrollo, pero muy pocos causan la muerte del insecto.

c) Parasitismo y patogenicidad

Un parásito es el organismo que vive ya sea fuera o dentro de otro organismo, del cual obtiene su alimento. A la relación que se establece entre un parásito y su hospedante se denomina parasitismo. Un fitoparásito es un organismo que se asocia de manera estrecha con una planta y que se reproduce o desarrolla a expensas de ella. Por lo común, la obtención de los nutrientes y

agua de la planta hospedante por el parásito da origen a una menor eficiencia en el desarrollo normal de la planta y provoca un detrimento en su posterior desarrollo y reproducción. Así, en la mayoría de los casos el parasitismo se encuentra estrechamente relacionado con la patogenicidad, debido a que la capacidad que tiene el parásito de invadir y establecerse en su hospedante por lo general provoca el desarrollo de una enfermedad en este último (Agrios, 2005).

Madriz (2002), señala que un patógeno puede ser muy patogénico o poco patogénico para un hospedante dado. El grado de patogenicidad se define frecuentemente como virulencia. De esta forma y dependiendo de su habilidad de causar enfermedad, un patógeno puede ser altamente virulento para un hospedante y levemente virulento para otro. También indica que el nivel de virulencia se determina con respecto a la resistencia del hospedante. En otras palabras, la virulencia es un concepto estrechamente ligado a la habilidad del patógeno de superar la resistencia de la planta.

Así mismo, Agrios (2005) y Cadenas (s.f.), clasifican a los agentes causales de enfermedades y a los saprofitos, en base al comportamiento del microorganismo sobre la planta hospedera.

- Parásitos obligados o parásitos biotróficos: Son los organismos que solo puede completar su ciclo en constante relación con el hospedero, solo viven de células vivas por lo que no pueden desarrollarse en medios de cultivo (virus, mildiús, royas, oidiosis, nematodos fitoparásitos)
- Parásitos semiobligados o saprofitos facultativos: Son parásitos que están ligados a su hospedero, pero que pueden vivir parte de su ciclo como saprofitos (carbonces, *Phytophthora infestans*).
- Parásitos facultativos o no obligados, parásitos necrotróficos o saprofitos no obligados: Son saprofitos pero que pueden convertirse en parásitos bajo ciertas condiciones, cuando el medio ambiente hace que el hospedero se torne susceptible. (*Rhizoctonia solani*, *Phytophthora spp.*, *Fusarium spp.*, *Botrytis spp.*, *Alternaria spp.*)
- Saprofitos obligados: Es un organismo que vive de materia orgánica muerta o en descomposición y de material inorgánico (fumagina). No tiene función parasítica nunca.

Antes estos niveles de clasificación Luley (2006), señala que no hay límite entre parásito facultativo y saprofito facultativo, pues estos términos describen a los extremos de los microorganismos que tienen fases parasíticas y saprofiticas, pero el saprofito facultativo tiene mayor potencial patogénico que el parásito facultativo. Así mismo, indica que la mayoría de los fitopatógenos están en un lugar intermedio.

2.4.2 LAS PRÁCTICAS SILVICULTURALES INADECUADAS

Los tratamientos silviculturales son un conjunto de operaciones y acciones realizadas por las personas encargadas de las plantaciones y de los bosques naturales con fines de mejorar la producción y los servicios ambientales (Manta, 2004). En el caso de las plantaciones urbanas, consta principalmente de las operaciones de riego, tratamiento al suelo y las podas.

a) El riego

Duarte y Robles (s.f.) en su estudio para el arbolado de Lima, indica que debido a las bajas precipitaciones en Lima en general, el riego se convierte en una práctica de suma importancia, por lo que debería ser lo suficiente como para que la planta no se deshidrate, ni como para que sufra de estrés hídrico. Además, menciona que un riego superficial y continuo da la impresión de que la planta ha recibido el agua que necesita, pero las raíces no la llegan a absorber. Por otro lado, menciona que durante los primeros 2 o 3 años después de la plantación el riego debe ser permanente para asegurar que éste se establezca bien, pues después de ello hay casos en que el árbol ha extendido sus raíces. Recomienda, que lo más adecuado sería dejar una zona donde se empoza el agua lo más amplia y cercana al tamaño del área de la proyección de la copa que se pueda.

Floralies (2010), señala que todas las plantas necesitan agua para vivir pero unas requieren menos que otras. La tolerancia a la sequedad varía de acuerdo al lugar y según la especie. Las plantas originarias de las zonas áridas o semiáridas han desarrollado estrategias de adaptación para enfrentar y superar la falta de agua y poseen características físicas que les permiten sobrevivir y, más aún, desarrollarse bien en las condiciones que les ofrece su hábitat. Duarte y Robles (s.f.), agrega que en especies caducifolias el riego en invierno puede omitirse o ser mínimo, debido a que estas especies presentan mecanismos de adaptación, ya que evitan la pérdida de agua al defoliarse o al poseer hojas muy pequeñas.

Por otro lado cabe mencionar que el agua del riego intensivo puede llegar a los cimientos de la construcción y por capilaridad asciende a los muros, columnas, etc. Si esta agua llegase al acero estructural, lo corroerá convirtiéndolo en herrumbre y reventando el concreto que lo recubre (De Orellana, 2011).

b) Tratamientos al suelo.

Floralies (2010), afirma que para especies del arbolado urbano el suelo franco es ideal, ya que está compuesto por partes iguales de arena, limo y arcilla.

Alegre (2005), indica que el Nitrógeno, Fosforo y Potasio son macronutrientes suministrados por el suelo en pocas cantidades, por lo que necesariamente tiene que ser abastecido por fuentes externas, especialmente en cultivos intensivos.

De Orellana (2011), sugiere que si el suelo fuese básico o alcalino, se le debería contrarrestar con algún ácido suave. Usualmente los suelos húmedos tienen un pH de 5 a 7 (medianamente ácido y neutro) y los secos suelen tener el pH entre 7 y 8,5 (neutro y medianamente alcalino).

Torres (s.f.), afirma que ciertos patógenos infectan más severamente plantas desnutridas y otros prefieren plantas vigorosas. De un modo general, elevados niveles de nitrógeno tienden a aumentar la susceptibilidad; mientras que altas concentraciones de potasio reducen la susceptibilidad.

c) La poda

Los diferentes tipos de podas se aplican según el objetivo de la plantación o del bosque natural. Para las podas de árboles urbanos, Duarte y Robles (s.f.), refiriéndose a las podas de árboles urbanos definen la poda de mantenimiento como aquella que se hace a lo largo de la vida del árbol y consiste en eliminar ramas en exceso para darle mejor ventilación e iluminación al centro de la copa. También, se puede usar para reducir el tamaño de árboles que están creciendo en exceso o cuyas ramas están amenazando con quebrarse y caer en la calle o vereda, contactar con líneas de alambres o con paredes de casas o edificios. Además, esta poda se puede usar para controlar el tamaño de un árbol que normalmente es grande y mantenerlo pequeño de manera que se acomode a una zona estrecha o cuando se trata de que sus raíces no crezcan demasiado y creen problemas a pistas, veredas y redes de agua subterráneas. En estos

casos esta poda deberá ser hecha con frecuencia, posiblemente todos los años. El mismo autor, menciona que un criterio importante para el tiempo adecuado de poda puede ser la época de floración o fructificación. Las especies que florecen en primavera deben podarse al final de la floración para que se reponga la copa y se formen yemas florales para la siguiente temporada, mientras las que florecen en verano se deben podar al final del invierno, antes del crecimiento. Si lo ornamental son los frutos se podarán cuando estos terminen de caer o pierdan su belleza. En los demás casos generalmente se podará en invierno para que la planta rebrote en la primavera. Los árboles siempre verdes se pueden podar casi todo el año, en el caso de las coníferas estas no rebrotan de partes viejas normalmente, por lo que hay que eliminarles los brotes jóvenes anualmente si se quieren mantener compactas las plantas. De Orellana (2011), agrega que para el caso de Lima la poda debe hacerse, siempre, hacia finales del invierno (últimos 45 días). Pues en primavera los árboles retoman con más fuerza su plan de crecimiento, luego de su medio reposo vegetativo del invierno. Esta época del año permite un correcto secado de la herida, con condiciones inapropiadas para el desarrollo de hongos; en primavera se inicia el proceso de desarrollo del tejido que cubrirá y compartimentará la herida sana. Si se practicase hacia fines de primavera o en el verano, la mayor actividad fisiológica del árbol hará que pierda mayor cantidad de savia (más humedad) y el clima fomentará la presencia de enfermedades (hongos, bacterias e insectos xilófagos o comejenes). Adicionalmente, manifiesta que en esta época el árbol invierte su energía en desarrollarse y si se le plantea la recuperación luego de una poda, ello va en contra de su vigor, retardando su desarrollo. Esta práctica lo que hace es desestabilizar el equilibrio del árbol, pudiendo llevarlo hasta su caída.

2.4.3 ESPECIE FORESTAL HOSPEDERA

Bazán (1964), define como hospedante u hospedero a la planta enferma o susceptible de enfermarse.

Por otro lado FAO (2006), indica que una planta está sana cuando sus funciones fisiológicas se desarrollan dentro de los rangos óptimos para el potencial marcado por su información genética, teniendo las siguientes características:

- Por lo menos 2/3 de la parte aérea con follaje completo, hojas con lámina completa, sin o con escasas manchas y sin alteraciones de color.
- Tallo sin deformaciones, heridas o manchas, cuello sin heridas.
- Volumen o masa de raíces en plántula proporcionada a la parte aérea, sin deformaciones ni heridas.

La selección de las especies forestales acorde a un clima y suelo dado es un aspecto clave en el estado sanitario de la especie (Manta, 2004). Por su parte Duarte y Robles (s.f.), menciona que las especies seleccionadas para la plantación deben estar libre de enfermedades y ataque de insectos. Además de ser una planta bien conformada, con un tallo recto, libre de daños, heridas o cicatrices importantes y con un sistema de raíces sin defectos. Así mismo, la decisión de qué especie escoger depende del área disponible, si es un parque o jardín, una calle o avenida. Para los parques los espacios son más holgados y los posibles peligros son menores, ya que normalmente los sistemas de agua y desagüe, líneas subterráneas y aéreas de alambres no se encuentran presentes o están más alejadas.

Agrios (2005), indica que los patógenos difieren entre sí en base al tipo de planta que atacan, a los órganos y tejidos que infectan y a la edad del mismo órgano o tejidos de una misma planta sobre la que puedan desarrollarse. Algunos patógenos son específicos de una especie particular o de cierto género de plantas, mientras que otros tienen un rango más amplio que incluye a muchos grupos taxonómicos de plantas. Ciertos patógenos sólo se desarrollan en partes específicas del hospedante como en las raíces, sobre los tallos, las hojas, frutos carnosos o en los tejidos vasculares de las plantas, mientras ciertos patógenos producen efectos distintos en diferentes partes de una misma planta. Con respecto a la edad de las plantas, algunos patógenos

atacan a las plántulas o a las partes inmaduras de las plantas, mientras que otros atacan a sus tejidos maduros.

El mismo autor, señala que los patógenos como virus, bacterias vasculares, chromistas y protozoarios, son llevados directamente en las células de las plantas por sus vectores, mientras que casi todos los hongos, bacterias y plantas parásitas inicialmente son puestos en contacto con la superficie externa de los órganos de la planta. Asimismo, menciona que no se sabe cómo los patógenos reconocen a sus hospedantes y viceversa, pero se piensa que cuando el patógeno entra en contacto con la célula hospedante, ocurre un evento inicial que desencadena una respuesta bastante rápida en cada organismo, que permite o evita el crecimiento posterior del patógeno y el desarrollo de la enfermedad. Una planta puede ser inmune a un patógeno, es decir, no es atacada por el patógeno (aun en las condiciones más favorables para éste) o mostrar varios grados de resistencia, que van casi desde la inmunidad hasta la completa susceptibilidad. La resistencia puede estar condicionada por varios factores internos y externos que influyen para reducir la probabilidad y el grado de infección. En otras palabras, la primera etapa en cualquier interacción hospedante - patógeno compatible, en cualquier infección, es el reconocimiento del hospedante por el patógeno y quizá la situación inversa. Por lo tanto, la falta de factores de reconocimiento en el hospedante lo haría resistente a algún patógeno particular.

Gallegos (2005), indica que el estado sanitario de los árboles está muy ligado a su edad y a los factores de estrés que lo han afectado. Por ejemplo, los árboles que han sufrido podas severas y se les causa heridas que facilitan la transmisión de enfermedades, están sometidos a factores de estrés adicionales que afectan su desarrollo y duración.

2.4.4 EL AMBIENTE FAVORABLE A LA ENFERMEDAD

Coscollá (1980), manifiesta que la influencia del clima sobre la enfermedad es una consecuencia de su acción sobre la planta, sobre el agente de la enfermedad y sobre la relación entre la planta y la enfermedad. En el caso de las enfermedades los factores climáticos fundamentales: temperatura por una parte, humedad y precipitaciones por otra, actúan conjuntamente.

Agrios (2005), indica que naturalmente, un cambio en cualquier factor del medio puede favorecer al hospedante, al patógeno o a ambos, e incluso puede favorecer más a uno que al otro, por lo que el curso de una enfermedad se verá afectada de acuerdo con ello. Por lo general, las enfermedades de las plantas aparecen durante una amplia variedad de condiciones ambientales. Sin embargo, su extensión y frecuencia de aparición, así como su impacto sobre las plantas individuales, se ven afectadas por el grado de desviación de cada condición del ambiente a partir del punto de desarrollo óptimo de la enfermedad.

Duarte y Robles (s.f.), indica que debido a la contaminación del aire en la ciudad de Lima el follaje de los árboles se cubre de "smog" generando un aspecto poco atractivo a los árboles y les dificulta hacer una fotosíntesis adecuada, en un clima donde de por sí casi seis meses del año no hay iluminación solar directa, mientras que por causas de la falta de agua obliga a regar los árboles todo el año, por lo que hay que planificar la preparación del lugar de plantación de modo que se les pueda regar eficientemente y plantar especies con bajos requerimientos hídricos en los lugares donde el riego sea problemático. Un punto a favor en este caso es la alta humedad relativa de la costa que reduce la transpiración en forma notable. Sin embargo, para Manta (2004) la alta humedad relativa y la escasa precipitación que impide lavar el follaje de los árboles favorece al desarrollo de enfermedades en los árboles urbanos de la costa.

Agrios (2005) y Torres (s.f.), mencionan que la temperatura y la humedad relativa son las variables más importantes para el desarrollo de enfermedades.

a) La temperatura

Las enfermedades son en general favorecidas por temperaturas más altas o más bajas que un rango óptimo de temperatura para la planta, pues reducen el nivel de resistencia del hospedante. Estas plantas se tornan débiles y predispuestas a la enfermedad, mientras que el patógeno permanece vigoroso y más fuerte. Las temperaturas de inviernos rigurosos reducen la cantidad de inóculo de hongos, chromistas, bacterias y nematodos, así como los veranos calurosos afectan a virus y fitoplasmas. Adicionalmente, inviernos muy fríos reducen el número de vectores sobrevivientes y reducen la actividad de los mismos durante la estación de cultivo.

b) La humedad

Agrios (2005), afirma que la humedad relativa es importante para la germinación de las esporas de los hongos y para la penetración del tubo germinativo en el hospedante.

La humedad abundante, prolongada o frecuente, sea en forma de rocío, lluvia o la misma humedad relativa es un factor predominante en el desarrollo de la mayoría de las epidemias, pues facilita la reproducción y la diseminación de la mayoría de patógenos. En algunos casos, fitopatógenos habitantes del suelo, como *Fusarium spp.*, son más severos en climas secos. Tales enfermedades raramente se transforman en grandes epidemias. La lluvia puede aumentar la actividad de hongos, chromistas y nematodos que son vectores de ciertos virus. La alta humedad de suelos es importante para ciertos chromistas como *Phytophthora spp.* y hongos como *Pythium spp.* (Agrios, 2005).

c) El viento

Agrios (2005), indica que el viento influye sobre las enfermedades de las plantas, principalmente, en la diseminación de los fitopatógenos. Mientras, Manta (2004) afirma que este factor puede producir rotura de ramas especialmente en aquellos árboles de madera blanda y así heridas que servirán de entrada para los diferentes patógenos.

2.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN

Manta (2004), propone dos tipos de evaluación de plagas forestales: la evaluación cualitativa y la evaluación cuantitativa. Antes de pasar a desarrollar estos aspectos primero se realiza la evaluación prospectiva que es una forma de evaluación cualitativa. La misma autora, señala que el diagnóstico de las enfermedades requiere de diferentes métodos de evaluación; de la observación macroscópica y microscópica meticulosa y de un exhaustivo análisis de los resultados.

2.5.1 LA PROSPECCIÓN

Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2005), prospección es una “exploración de posibilidades futuras, basadas en indicios presentes”.

Una prospección consiste en la búsqueda de una plaga en zonas donde esta no ocurre, a fin de demostrar permanentemente su no-ocurrencia, o donde existe información no confirmada de su ocurrencia. Cuando la plaga ha sido encontrada, la prospección termina y son aplicables otro tipo de evaluación monitoreo (Reátegui, 2012).

Torres (2011), señala que los pasos a seguir para realizar la prospección, son los siguientes:

- Identificación de las zonas a prospectar: establecer caminos, zonificación, e identificar los hospedantes.
- Recorrido de las áreas a prospectar e inspección de los árboles: diferenciar si los árboles presentan daños de plagas o daños causados por factores abióticos.
- Toma de muestras para el laboratorio: debido a que en campo generalmente no es posible determinar el agente causal del síntoma, sea biótico o abiótico. A no ser que sea muy conocido, es necesario un diagnóstico de laboratorio.
- Identificación del patógeno: permite determinar la clasificación taxonómica del patógeno y por lo tanto establecer un control adecuado, en base a estudios realizados.
- Realización de la escala de evaluación: para el caso en que posteriormente se evalúe el grado de severidad del síntoma de la enfermedad.

En la metodología de la presente investigación, se consideró el procedimiento de identificación del agente causal dentro de la evaluación cualitativa, debido a que el área de estudio no presenta antecedentes de enfermedades forestales.

2.5.2 EVALUACIÓN CUALITATIVA

Consiste en describir el daño producido por el agente perjudicial, por lo tanto el síntoma que tiene el arbolado ante el agente causal. Incluye también la descripción del signo. Si el agente perjudicial es biológico se procede a la identificación taxonómica, la caracterización biológica y ecológica. Si el agente de destrucción es inanimado se describe detalladamente las características y circunstancias en que se produjo el daño en el árbol (Manta, 2004).

A) SÍNTOMAS

Según Manta (2004), el síntoma es la expresión o manifestación del árbol (planta) ante un agente biótico o abiótico que le causa daño físico, mecánico o una alteración funcional (amarillamiento de hojas, marchitamiento, caída de ramas, caída del follaje, tumores, retardo del crecimiento, muerte).

Agrios (2005), define síntoma como la apariencia que toman las plantas o sus tejidos cuando han sido infectados por un patógeno o cuando un factor ambiental los ha afectado. Así mismo, FAO (2006) resalta que la reacción del árbol se desencadena y los cambios que sufren los tejidos se manifiestan macroscópicamente constituyendo los síntomas de la enfermedad. También señala que el síntoma es el efecto que produce el agente causal en el hospedero. La secreción de sustancia, el incremento de la respiración, la desintegración y el colapso de las células, las pudriciones y otros trastornos aparecerán en mayor o menor grado dependiendo de la habilidad del parasito para intervenir en una o varias funciones vitales o del tipo e incidencia del factor abiótico actuante. Por su parte Cadenas (s.f.), señala que el síntoma es la manifestación externa de la enfermedad que puede ser percibida por uno o más de nuestros sentidos.

Bazán (1964), divide en tres tipos los síntomas que producen las enfermedades de las plantas:

- 1) necróticas, que es la muerte del tejido afectado, dejando una coloración grisáceo. Puede afectar órganos enteros como hoja, brotes, ramas, etc. o partes de estos o pudrición de la madera, chancros en la corteza y otros.
- 2) atróficos, que es el resultado de la división anormal o

generación de células, siendo el más común el enanismo producidos por condiciones ambientales desfavorables, condiciones inapropiadas de suelo o presencia de virus o hongos. Otra consecuencia es la clorosis o amarillamiento del follaje, ocasionado por virus, bacterias, hongos, excesos o deficiencias de elementos nutritivos. Y 3) hipertróficos, que se caracteriza por un desarrollo anormal de los diversos órganos debido a una división exagerada de las células o en un aumento exagerado de ellas, o ambas cosas a la vez. Trayendo como consecuencia agallas, tumores, lenticelas hipertrofiadas, deformación de frutos y flores.

Ramírez (1997), manifiesta que cada enfermedad presenta una gama cambiante de síntomas, según su etapa de desarrollo y la del hospedero, así como también es influenciada por el medio ambiente. Muchos síntomas son bastantes característicos pero otros pueden confundirse fácilmente con desordenes nutricionales, daños causados por insectos o ácaros, toxicidad de herbicidas, anormalidades genéticas y otras.

B) SIGNO

De acuerdo a Manta (2004), el signo es el agente perjudicial biótico o abiótico. Cuando es biológico puede estar presente una parte de él o uno o varios estados de desarrollo. Mientras un signo abiótico es la sequía, inundaciones o incendios forestales. Cadenas (s.f.), añade que el signo es la presencia visible del agente causante de la enfermedad, sea mediante una o varias de sus estructuras.

Bazán (1964), indica que la mayoría de los signos son identificados por las estructuras vegetativas o reproductivas de los agentes patógenos, los cuales se presentan sobre o cerca de la planta afectada. Por consiguiente, es necesario conocer los varios estados del organismo patógeno, especialmente si se trata de un agente fungoso, con el objeto de reconocerlo y evaluar los signos. Los diferentes fructificaciones del hongo se presentan comúnmente y son signos valiosos. En algunos casos puede no haber síntomas de una enfermedad, pero si estar presente los signos. Por ejemplo, usualmente la única evidencia externa de la decadencia de la madera de un árbol, producida por un agente patógeno fungoso, es la formación de sus fructificaciones. Conjuntamente con estas estructuras, otro signo común son las emanaciones de plantas enfermas como: exudaciones, exudaciones bacterianas, gomosis, resinosis entre otras.

Agrios (2005), señala que en muchas enfermedades el patógeno se desarrolla o produce varias estructuras, sobre la superficie de su hospedante. Estas estructuras, que incluyen al micelio, esclerocios, esporo-foros, cuerpos fructíferos y esporas, se les denominan signos y difieren de los síntomas, los cuales sólo se refieren a la apariencia que toman las plantas o sus tejidos cuando han sido infectados.

2.5.3 EVALUACIÓN CUANTITATIVA

Como su nombre indica, la evaluación cuantitativa usa indicadores que le permita verificar cuantitativamente el desarrollo de una enfermedad. Manta (2013) propone indicadores que pueden ser usados indistintamente, según los fines del gestor forestal, ellos son:

- La incidencia del síntoma (%)
- La severidad del síntoma (Unidades y rangos de %)
- La duración del síntoma (días, semanas, meses, años)
- La reducción del crecimiento dimétrico (cm) y de la altura (m)
- La reducción de la productividad de semillas hojas, flores, aceites esenciales (kg/ ha-1)
- La reducción o pérdida económica de los servicios ambientales (S/. ha-1)
- La reducción o pérdida económica de la plantación (S/. ha-1)

Manta (2004), afirma que la evaluación cuantitativa de los daños a la plantación y al bosque natural causado por los agentes bióticos y abióticos debe ser determinada para indicar el grado de peligro en que se encuentren, por ello utiliza y modifica el método desarrollado por Agrios (2005) quien evalúa cuantitativamente a la enfermedad a través de la incidencia, severidad y pérdida de la producción.

A) INCIDENCIA

Agrios (2002), señala que la incidencia, es el número o proporción de plantas enfermas, el número o proporción de hojas, tallos y frutos que muestran cualquier tipo de síntomas expresado en porcentaje. Según Torres (s.f.), las enfermedades de las plantas muestran a lo largo del tiempo diferentes niveles de incidencia, afectando económicamente a los productores.

B) SEVERIDAD

Agrios (2005), menciona que la severidad es la proporción del área o cantidad de tejidos de la planta que está enferma. La pérdida de la producción del área, es la proporción de la producción que el agricultor no podrá cosechar debido a que la enfermedad destruyó directamente o evitó que las plantas produjeran.

A la luz de los conocimientos actuales no existe una clasificación de enfermedades propiamente dicha (Manta, 2004). Sin embargo, Manta (2013) menciona que la clasificación de plagas, entre ellas las enfermedades de origen biológico, puede ser realizada a través de la incidencia, la severidad y la duración del síntoma en el arbolado. La misma autora afirma, que la clasificación permite priorizar los niveles de riesgo y la prescripción preventiva y curativa de las enfermedades u otras plagas. De esta manera propone la siguiente clasificación:

- a) Plagas actuales o claves: Es aquella que tiene altos indicadores cuantitativos de incidencia y severidad. Al encontrar el punto crítico para la especie hospedera, se le considera plaga clave, en este caso enfermedad clave.
- b) Temporales:
 - Esporádica u ocasionales: Aquellas plagas que se presentan en cualquier momento o época. En este caso aquella enfermedad que causa daño económico y que se presenta en cualquier momento o época.
 - Periódica: Aquella enfermedad que se presenta en una época definida, por ejemplo en una sola estación climática del año.

- c) Plagas potenciales: Es aquella enfermedad que se desarrolla cuando encuentra las condiciones predisponentes ocasionadas por la modificación de la resistencia ambiental o por la modificación del potencial biótico de la especie.
- d) Agente perjudicial: Es aquel agente que produce daño, el cual no es económicamente significativo. El reconocerlo da la oportunidad de actuar preventivamente.

2.6 DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES

Para FAO (2006), el diagnóstico es el resultado final o conclusión a la que se llega luego de observar los síntomas “in situ”, su evolución y de realizar estudios del material colectado. Además, indica que puede ser complicado y no es posible hacerlo basándose exclusivamente en la presencia o ausencia de un organismo o factor.

Esta aseveración puede entenderse si se tiene presente que:

- Un organismo puede estar presente y no estar causando daño.
- Un organismo puede o no ser patogénico o ser más o menos agresivo dependiendo de las condiciones en que esté actuando.
- Un organismo puede estar presente en el árbol y no ser la causal original del síntoma observado.
- Un mismo síntoma puede estar desarrollado por una o varias causas que no tienen por qué estar asociadas.
- Un agente causal puede desarrollar más de un síntoma.
- A veces para que ocurran ciertos síntomas es necesario que actúen varios agentes simultáneamente.
- No siempre encontraremos la causa de la enfermedad donde se localiza el síntoma.

El diagnóstico acertado de las enfermedades es el más importante paso hacia un control exitoso de los patógenos. Cuando se ha identificado correctamente una enfermedad y se conoce su causa, se pueden tomar las medidas necesarias para su control. Cuando se hace un diagnóstico es necesario examinar varios individuos de la población, conocer las condiciones ambientales del lugar y examinar otros factores como el suelo, trabajo de mantenimiento, y sobre todo conocer los diferentes tipos de síntomas que provoca cada enfermedad (Morales, 2002).

Por lo tanto y según la Sociedad Internacional de Arboricultura (s.f), el diagnóstico correcto de los problemas de salud de la planta requiere de un examen cuidadoso de la situación, considerando si la enfermedad es específica de ciertas plantas, comparar la planta afectada con otras de alrededor, examinar cuidadosamente el terreno y sus alrededores, examinar las raíces, tronco y ramas ya que estas proveen entradas para patógenos. Advertir la posición y aspecto de las hojas afectadas. Además, de pensar sobre las prácticas de manejo presente y pasadas, debido a que algunas veces el problema actual de una planta es el resultado de algo que ocurrió mucho antes.

Agrios (2005), señala que para diagnosticar la enfermedad de una planta es conveniente determinar primero si esa enfermedad es ocasionada por un patógeno o por algún factor ambiental. La presencia activa de los patógenos en la superficie de una planta, podría indicar que probablemente son la causa de la enfermedad. En algunos casos, su detección e identificación puede lograrse a simple vista (teniendo cierta experiencia) o mediante el uso de lentes de aumento (en el caso de algunos hongos, todas las plantas superiores parásitas y algunos nematodos) o, con mayor frecuencia, mediante el examen microscópico (en el caso de los hongos, cromistas, bacterias y nematodos). Si no hay patógenos en la superficie de las plantas enfermas, será necesario buscar entonces síntomas adicionales y en especial a los patógenos que se encuentren dentro de la planta enferma. Por lo común, esos patógenos están en los límites de los tejidos infectados, en los tejidos vasculares, en la base de la planta y en las raíces o sobre ellas.

2.7 MAPAS DE RIESGOS EPIDEMIOLÓGICO

Torres (s.f.) señala que la epidemia (también llamada epifitía) es el desarrollo de la enfermedad en poblaciones de plantas en intensidades y/o extensión. Esto involucra un aumento de la incidencia o severidad en una extensión de área geográfica tomada por la enfermedad. Una epidemia siempre se caracteriza por el incremento de la cantidad de enfermedad en una población de plantas, en un determinado tiempo y espacio.

Los mapas de riesgos epidemiológicos surgen a partir de la necesidad de ubicar sitios que reúnen condiciones climáticas y ambientales para que la enfermedad se establezca, basándose en sus hospederos. El objetivo principal de este tipo de mapas es ubicar los sitios potenciales para la presencia de plagas y reconocer la intensidad probabilística de daño, con el fin de establecer medidas fitosanitarias preventivas, (SINAVEF, s.f. b)

Los primeros mapas de riesgos de plagas, avalados científicamente, son los publicados por la Cooperative Agricultural Pest Survey Program (CAP's), difundidos a partir del programa NAPFAST (An internet system for the weather-based mapping of plant pathogens) y elaborados dentro de un proyecto de investigadores de la Universidad de Carolina del Norte (USA), APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service) y la compañía de informática y tecnología ZedX, inc. (SINAVEF, s.f. b)

Los mapas epidemiológicos se pueden realizar por métodos de interpolación, la cual se define como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conociendo los valores de esta variable en otras posiciones del espacio (puntos muestrales, con valores reales). Los métodos de interpolación más usuales a partir de un conjunto de puntos distribuidos pueden reducirse a tres: IDW (ponderación en función inversa de la distancia), SPLINE (superficies de tendencia) y KRIGING, (Puerta et al., 2013).

Johnson et al (2001), menciona que IDW es similar al Kriging ordinario, pero FAO (2003), recomienda usar IDW en los diferentes campos de la silvicultura, pero que la diferencia principal radica en que las predicciones de este último tienen un fundamento estadístico basado en variogramas, es decir posee una complejidad de cálculo, por ello Kravchenko y Bullock (1999), indican que antes de usar el método Kriging ordinario es necesario estudiar el

comportamiento espacial de los valores, en este caso severidad, para una selección cuidadosa del variograma y una transformación logarítmica es necesaria para normalizar los datos, de esta manera mediante el Kriging se podría obtener mejores estimaciones que las del IDW.

2.8 ESTUDIOS PREVIOS DE ENFERMEDADES FORESTALES EN LIMA

Bazán (1973), presenta algunas especies forestales con síntomas de enfermedades, tal como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Especies forestales usadas en Lima y sus patógenos

<i>Especies forestales</i>	<i>Síntoma</i>	<i>Agentes patógenos (N. científico)</i>
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</i> Kuhn
	Mancha de la hoja	<i>Pestalotia</i> sp.
	Muerte de brotes	<i>Pseudobeltrania cedrelae</i> P. Henn
	Muerte regresiva	<i>Phyllachora balansae</i> Dothid
CIPRES <i>Cupressus</i> sp.	Chupadera fungosa	<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn
Eucalipto <i>Eucalyptus</i> spp.	Chupadera fungosa	<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn
	Manchas de hojas	<i>Alternaria tenuissima</i> (Fr.) Wilt. <i>Cephalotecium roseum</i> Corda <i>Cercospora epicoccoides</i> Cooke <i>Cylindrosporium</i> sp. <i>Gloeosporium</i> sp.
	Muerte de retoños	<i>Sclerotium</i> sp.
	Muerte de plantas jóvenes	<i>Rhizoctonia babaticola</i> (Taub.) Butl
	Oidiosis	<i>Oidium</i> sp.
	Pudrición radicular	<i>Fusarium</i> sp. <i>Fomes australis</i> (Fr.) <i>Phytophthora</i> sp.
HUARANGUAY <i>Tecoma stans</i>	Roya	<i>Puccinia hymenochaetoides</i> P. Henn.
MOLLE SERRANO <i>Schinus molle</i>	Oídio	<i>Oidium</i> sp.
PINO DE NAVIDAD <i>Araucaria excelsa</i>	Podredumbre del talluelo	<i>Phytophthora parasitica</i> Dastur
PONCIANA REAL <i>Delonix regia</i>	Podredumbre del cuello y raíces	<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers. Ex Wallr)
SAUCE <i>Salix humboldtiana</i> L.	Manchas de hojas	<i>Cercospora salicina</i> Ell. & ev. <i>Ramularia rosae</i> (Fckl.) Sacc.
	Royas	<i>Melampsora abietii-caprearum</i> Tubeuf

Por otro lado SENASA (2008), en su investigación menciona algunos patógenos que atacan a los árboles en la ciudad de Lima (Cuadro 2).

Cuadro 2 Especies forestales de Lima y sus patógenos

Hospedante	Patógeno	Distribución
Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)	<i>Thielaviopsis basicola</i>	Lima (San Juan de Miraflores)
Grevilea (<i>Grevillea robusta</i>)	<i>Ganoderma applanatum</i>	Lima (Villa el Salvador)
Molle costeño (<i>Schinus terebinthifolius</i>) Eucalipto (<i>Eucalyptus spp.</i>) Tipa (<i>Tipuana tipa</i>) Molle serano (<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>Phyllosticta sp.</i>	Lima (Villa El Salvador),

Sin embargo, en ninguno de estos estudios se realizó una evaluación cuantitativa de las enfermedades.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el verano del 2011 se llevó a cabo un muestreo piloto, con la finalidad de conocer la situación fitosanitaria del arbolado del campus universitario. Se reconoció la importancia de caracterizar los síntomas y signos, que causaban daños en diferentes partes de las especies forestales, diferenciándolos del daño causado por insectos. Con esta información se estableció la metodología para evaluar los síntomas y signos causantes de enfermedades en el arbolado del campus.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 UBICACIÓN:

El estudio se realizó dentro del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), la cual está ubicada en la ciudad de Lima, distrito de La Molina. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 12 °05' Latitud Sur y 76° 56' Longitud Oeste a 251 msnm.

3.1.2 TOPOGRAFÍA

Alvares et al. (2001), menciona que la topografía de la UNALM está conformada por una terraza de superficie plana, con una pendiente de 1% y con un drenaje moderado. No presenta pedregocidad superficial. La permeabilidad y profundidad son moderadas.

3.1.3 CLIMA

Para Alvares et al. (2001), según la clasificación de Köppen basada en la temperatura y la precipitación el clima de la Molina es de tipo árido, según la clasificación de Thornthwaite basada en la relación precipitación/evaporación, el clima corresponde a uno de tipo árido de desierto, meso térmico y con lluvia escasa a lo largo de todo el año. Este clima se caracteriza por tener una evaporación mayor a la precipitación, por lo cual el cociente de relación mencionada es menor a uno.

Según Rivera (2008), el clima del área de estudio se caracteriza por tener una temperatura media anual de 18,9 °C, una precipitación promedio de 1,15 mm y humedad relativa de 84%.

3.1.4 VEGETACIÓN Y ÁREAS VERDES DEL CAMPUS

La ONERN (1976), menciona que según las “Zonas de Vida de Holdridge” la formación ecológica se clasifica como Desierto desecado subtropical (dd - S), en la cual no existe o es muy escasa la vegetación, apareciendo especies halófitas distribuidas en pequeñas manchas verdes dentro del extenso y monótono arenal grisáceo eólico. Sin embargo, las diferentes actividades de investigación y enseñanza han cambiado este paisaje natural dotándolo de campos de cultivos, áreas verdes y el cultivo de árboles, todo ello bajo riego.

Las áreas verdes del campus Universitario se encuentran a cargo de diferentes Facultades y oficinas administrativas dentro de la Universidad (Cuadro 3), por lo cual se solicitó el permiso correspondiente a cada administración para la evaluación de los árboles dentro de su jurisdicción.

Cuadro 3 Administración de las áreas verdes dentro del campus universitario

Facultad u oficina administrativa	Área a cargo
Facultad de Agronomía	Ornamentales, Arboretum, Fundo, Programa de maíz, Programa de leguminosas, Cereales, Frutales
Facultad de Ciencias	Jardín Botánico
Facultad de Ciencias Forestales	Bosque “Campo II”, Dantitas
Facultad de Zootecnia	Establos
Servicios Generales	Parques y Jardines del Campus
Proyección Social	Campo Ferial

Alvares et al. (2001), indica que debido a la escasa precipitación en La Molina, es necesario aplicar el riego para el óptimo desarrollo de la flora. Por ello, son importantes las fuentes de agua subterránea que se extrae de tres pozos. Por otro lado el agua de regadío proviene del río Rímac y es administrada por la dirección de riego de la UNALM y el riego es aplicado principalmente por el método de inundación.

3.2 ZONIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para facilitar la evaluación de los árboles, el recorrido durante las evaluaciones y llevar un orden en los mismos, se realizó la zonificación del campus universitario.

Inicialmente se elaboraron croquis y se determinaron 6 zonas, las cuales se establecieron en base a las principales calles peatonales y avenidas dentro del campus universitario. Posteriormente, se realizó un mapa (Figura 4) mediante el programa ArcGis 10.1, con la colaboración de los Técnicos en Geomática Johnny Huamaní y Julian Lima, siendo la escala óptima de 1: 6500. Se utilizó la imagen satelital "Quicbird", proporcionado por el Laboratorio de Teledetección de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, la cual tenía una resolución de 60 cm, que ayudó a identificar los detalles ubicados en cada zona.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 INVENTARIO Y RECONOCIMIENTO DE LA ESPECIES FORESTALES DEL CAMPUS

Se realizó un inventario de las especies forestales dentro del campus universitario, llegándose a identificar 46 especies de importancia forestal (42 especies de árboles y 4 palmeras), con un total de 1838 individuos (Cuadro 4). Algunas especies fueron identificadas en el campo, pero aquellas que no pudieron reconocerse fácilmente, fueron llevadas al laboratorio del “Herbario MOL- UNALM”, para su comparación con las muestras del herbario y posteriormente su identificación.

Cabe mencionar que se reconoció tres especies de Eucaliptos: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus* y *E. citriodora*, pero para este estudio fueron considerados como *Eucalyptus spp.* De la misma manera, se identificó dos especies de Huaranguay: *Tecoma stans* y *Tecoma sambucifolia*, considerándose ambas como *Tecoma spp.* Por último, el herbario tiene identificado a la “mimosa” como *Acacia retinoides*, sin embargo en el 2003 el especialista en Mimosaceae G. Lewis indica que podría tratarse de *Acacia saligna*.

Cuadro 4 Especies forestales y número de árboles por zonas en la UNALM

Especie forestal			Zonas con N° de árboles						Total
Nombre común	Nombre científico	Familia	1	2	3	4	5	6	
Grevilea	<i>Grevillea robusta</i>	Proteaceae	110	11	40	25	9	3	198
Molle Serrano	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	99	15	31	5	13	14	177
Casuarina	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Casuarinaceae	5	29	61	24	5	20	144
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>	Myrtaceae	32	13	62	25	0	0	132
Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	Moraceae	27	24	30	18	27	0	126
Sauce criollo	<i>Salix humboldtiana</i>	Salicaceae	33	16	37	6	1	18	111
Huaranguay	<i>Tecoma spp.</i>	Bignoniaceae	9	21	30	8	3	33	104
Tipa	<i>Tipuana tipu</i>	Fabaceae	1	1	22	41	26	7	98
Tulipan	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	44	17	15	4	6	8	94
Mimosa	<i>Acacia retinoides</i>	Mimosaceae	0	0	48	2	0	19	69
Ponciana Real	<i>Delonix regia</i>	Caesalpinaceae	10	29	0	8	12	2	61
Molle Costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Anacardiaceae	17	4	25	2	2	4	54
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Melaceae	0	9	20	7	18	0	54
Papelillo	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Sapindaceae	5	1	44	4	0	0	54

Cuadro 4 Especies forestales y número de árboles por zonas en la UNALM (Continuación)

Especie forestal			Zonas con N° de árboles						Total
Nombre común	Nombre científico	Familia	1	2	3	4	5	6	
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bignoniaceae	7	10	0	26	5	0	48
Oreja de negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	9	0	25	0	0	4	38
Tangarana	<i>Triplaris peruviana</i>	Polygonaceae	37	0	0	0	0	0	37
Fresno	<i>Fraxinus americana</i>	Olaceae	35	1	0	0	0	0	36
Azote de Cristo	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Caesalpinaceae	5	2	14	3	1	2	27
Melia	<i>Melia azedarach</i>	Melaceae	8	7	0	7	0	0	22
Árbol de júpiter	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Lythraceae	7	0	0	11	0	0	18
Árbol de navidad	<i>Araucaria excelsa</i>	Aracariaceae	3	1	1	4	4	0	13
Cipres	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cupressaceae	2	0	3	6	0	0	11
Schefflera	<i>Schefflera sp.</i>	Araliaceae	4	0	0	5	0	0	9
Overo	<i>Cordia oblicua</i>	Boraginaceae	0	2	5	0	0	0	7
Caoba	<i>Swietenia macrophyllum</i>	Melaceae	0	2	2	2	0	0	6
Acacia blanca	<i>Acacia aroma</i>	Fabaceae	0	1	0	0	5	0	6
Acacia	<i>Albizia multiflora</i>	Fabaceae	5	0	1	0	0	0	6
Ceibo	<i>Ceiba sp.</i>	Bombacaceae	6	0	0	0	0	0	6
Mata Cojudo	<i>Kigelia pinnata</i>	Bignoniaceae	0	0	6	0	0	0	6
Tara	<i>Caesalpinia espinosa</i>	Caesalpinaceae	4	0	0	1	0	0	5
Cresta de Gallo	<i>Errytrina crista-galli</i>	Fabaceae	2	0	0	3	0	0	5
Nogal de la India	<i>Aleurites moluccana</i>	Euphorbiaceae	0	0	3	0	1	0	4
Ocotea	<i>Ocotea bofo</i>	Lauraceae	0	0	4	0	0	0	4
Quercus	<i>Quercus robur</i>	Fagaceae	0	0	4	0	0	0	4
Caoba del Caribe	<i>Swietenia mahogani</i>	Melaceae	0	0	3	0	0	0	3
Escobillon	<i>Callistemon ciminalis</i>	Myrtaceae	0	1	0	1	0	0	2
Quercus	<i>Quercus ilex</i>	Fagaceae	0	0	2	0	0	0	2
Tuja	<i>Thuja sp.</i>	Cupressaceae	0	2	0	0	0	0	2
Ubus	<i>Spondia mombin</i>	Anacardiaceae	0	0	2	0	0	0	2
Ulcumanu	<i>Prumnopitys harmsiana</i>	Podocarpaceae	0	0	0	2	0	0	2
Quercus	<i>Quercus suber</i>	Fagaceae	0	0	1	0	0	0	1
Sub - Total árboles			522	219	541	245	138	134	1808
Palmera Roja	<i>Areca nobilis</i>	Arecaceae	0	0	0	10	0	0	10
Palmera Fenix	<i>Phoenix canariensis</i>	Arecaceae	5	1	0	2	0	0	8
Palmera real	<i>Roystonea regia</i>	Arecaceae	0	0	1	0	7	0	8
Palmera verde	<i>Levistonía leavis</i>	Arecaceae	0	0	0	4	0	0	4
Sub - Total palmeras			9	2	1	23	8	0	30
Total			531	221	542	268	146	134	1838

Fuente: elaboración propia

3.3.2 SELECCIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES A EVALUAR

Se procedió a seleccionar las especies forestales, registradas en el inventario, en base a su abundancia (cantidad de individuos por especie) y frecuencia (distribución de individuos por zonas) dentro de la universidad.

Solo se consideró especies forestales de tipo arbóreas (no palmeras ni arbustos), con la finalidad de uniformizar la muestra. Además, se consideró que estas especies deben tener una cantidad mínima de 10 individuos en todo el campus universitario, a excepción de la *Swietenia macrophyllum* (“caoba”) que a pesar de tener 6 árboles, fue considerada en la evaluación por su importancia forestal. En base a esto se obtuvo 24 especies forestales seleccionadas con 1732 árboles que lo conforman, tal y como se muestra en el Cuadro 5. Luego se proporcionó un código específico para cada especie forestal que dependía, básicamente, del nombre común o científico de la especie.

3.3.3 SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES A EVALUAR

Los árboles para la evaluación fueron seleccionados de tal manera que estuviesen distribuidos espacialmente y sean proporcionales a la cantidad de árboles en cada una de las seis zonas establecidas para el campus universitario. Por tal motivo, el número de árboles de las especies evaluadas por zonas no es homogénea. Se priorizó aquellos individuos que mostraron síntomas de tener alguna enfermedad o presencia de signos. Además, se evaluaron aquellos árboles ubicados en rodales de monocultivo, como los que se encuentran en el área denominada “Dantitas” y “Campo II” o “Carmelita”. En el caso de estas especies que se encontraron dentro de rodales o en hileras, el método de selección de los árboles fue al azar (Cuadro 5).

También se consideró que los individuos debían tener un diámetro a la altura del pecho (DAP) mínimo de 10 cm, a excepción de los que se encontraban en el área “Campo II”. Se procedió a tomar los DAP de los árboles seleccionados usando una forcípula de madera, esta información también sirvió para comparar la aproximación de las edades entre árboles de la misma especie. Finalmente, se obtuvo 406 árboles de 24 especies forestales que serían evaluados durante el periodo de estudio.

Cuadro 5 Especies y árboles seleccionados para la evaluación

Código	Especie forestal	N° Total de árboles	Zonas con N° de árboles						N° de árboles Evaluados	% de la especie
			1	2	3	4	5	6		
G.R	<i>Grevillea robusta</i>	198	13	3	4	5	4	1	30	15
M.S	<i>Schinus molle</i>	177	14	5	3	4	4	4	34	19
C.A	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	144	1	7	8	3	1	3	23	16
E.U	<i>Eucalyptus spp.</i>	132	8	6	8	6	0	0	28	21
F.I	<i>Ficus benjamina</i>	126	6	4	3	5	6	0	24	19
S.A	<i>Salix humboldtiana</i>	111	4	7	5	2	1	5	24	22
H.U	<i>Tecoma spp.</i>	104	5	5	3	3	1	6	23	22
T.I	<i>Tipuana tipu</i>	98	1	1	3	9	7	3	24	24
T.U	<i>Spathodea campanulata</i>	94	7	5	1	4	3	3	23	24
M.I	<i>Acacia retinoides</i>	69	0	0	11	1	0	6	18	26
P.R	<i>Delonix regia</i>	61	5	7	0	3	3	2	20	33
M.C	<i>Schinus terebinthifolius</i>	54	6	3	1	1	2	2	16	30
C.D	<i>Cedrela odorata</i>	54	0	3	1	4	4	0	12	22
P.A	<i>Koelreuteria paniculata</i>	54	4	1	4	3	0	0	12	22
J.A	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	48	4	4	0	6	2	0	16	33
O.N	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	38	3	0	3	0	0	1	7	18
T.G	<i>Triplaris peruviana</i>	37	5	0	0	0	0	0	5	14
F.R	<i>Fraxinus americana</i>	36	5	1	0	0	0	0	6	17
A.C	<i>Parkinsonia aculeata</i>	27	4	2	3	3	1	1	14	52
M.E	<i>Melia azedarach</i>	22	3	5	5	5	0	0	13	59
L.A	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	18	4	0	0	6	0	0	10	56
A.N	<i>Araucaria excelsa</i>	13	3	1	1	3	2	0	10	77
C.I	<i>Cupressus macrocarpa</i>	11	2	0	1	5	0	0	8	73
C.B	<i>Swietenia macrophyllum</i>	6	0	2	2	2	0	0	6	100
	Total	1732	107	72	66	83	41	37	406	23

Fuente: elaboración propia

3.4 GEOREFERENCIACIÓN Y REGISTRO DE LOS ÁRBOLES

- Materiales:

- Carteles
- Forro plástico
- Alambre
- GPS Garmin 60 CSx
- Programa Arc GIS 10.1

Se elaboraron carteles, para los árboles seleccionados, con su respectivo código de acuerdo a la zona donde se encontraban (Anexo 1). Posteriormente se tomaron las coordenadas UTM de cada árbol (Anexo 2) usando un GPS Garmin 60 CSx, luego estos datos fueron importados al programa Arc GIS 10.1, el cual permitió obtener el mapa de ubicación de los árboles (Figura 5) a escala 1:6500.

3.5 PERIODO DE EVALUACIÓN

Los árboles seleccionados fueron evaluados durante el periodo de un año, en las cuatro estaciones (invierno y primavera del 2011, verano y otoño del 2012), de esta manera se obtuvo información y conocimiento sobre la duración de los síntomas y signos observados a lo largo del periodo de evaluación, ya que el comportamiento tanto del agente causal como del hospedero varía con los cambios del tiempo meteorológico y con los tratamientos silviculturales.

Las evaluaciones se realizaron en los días promedios de cada estación, es decir, se inició dos semanas después de comenzada la estación y se finalizó dos semanas antes de que termine la misma. De acuerdo a lo mencionado las evaluaciones fueron alrededor a los meses de agosto (invierno), noviembre (primavera), febrero (verano) y mayo (otoño).

3.6 PROCEDIMIENTO PARA LA COLECTA DE DATOS

3.6.1 DE LAS CONDICIONES QUE PREDISPONEN LA APARICIÓN DE ENFERMEDADES

• Materiales:

- Datos meteorológicos (temperatura y humedad relativa)
- Información de análisis del suelo
- Información de análisis de riego

a) Tiempo meteorológico

Se solicitó al “Observatorio Von Humboldt (OVH)”, ubicada en la UNALM, los datos meteorológicos (temperatura máxima, temperatura mínima y humedad relativa) correspondientes a los meses de evaluación, es decir agosto 2011, noviembre 2011, febrero 2012 y mayo 2012 (Anexo 3); con la finalidad de relacionarlo con la aparición y desarrollo de las enfermedades, así como del grado de daño causado a la planta en cada estación.

b) Tratamientos silviculturales

Se solicitó la caracterización del suelo (Anexo 4) al “laboratorio de suelo, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM”, información que se basa en muestras tomadas de las áreas verdes urbanas de la universidad. La interpretación de dichos datos se realizó con la colaboración de la Ing. Diana Ayala Montejo.

También se realizó un análisis de agua de riego, el cual consistió en evaluar el riego con agua de canal y subterránea o de pozo (Anexo 5). Estos análisis y la metodología fueron desarrollados en el Laboratorio de Pulpa y Papel del Área de transformación química de la Facultad de Ciencias Forestales - UNALM, con la colaboración de la Licenciada en Química Deysi Guzmán Loayza. Luego se elaboró un mapa de riego diferenciando los árboles con su respectivo tipo de riego.

Finalmente, se registró las podas y la extracción de los árboles sujetos a evaluación, a través de observaciones en campo.

3.6.2 PROSPECCIÓN

Antes de la evaluación de cada estación se realizó una prospección en el campus (a los árboles seleccionados), con la finalidad de reconocer los síntomas que no se hayan observado anteriormente y poder diseñar o modificar las escalas y formatos para las evaluaciones posteriores. Además, se identificó el comportamiento del follaje de las especies evaluadas, clasificándolas en especies siempreverdes o perennes, especies caducifolias o semicaducifolias. Esta caracterización evitó confusiones con el síntoma de defoliación causado por alguna enfermedad. Los registros fenológicos obtenidos fueron comparados con las investigaciones de Florales (2010) y SERPAR (2012), autores que describen las especies ornamentales en la ciudad de Lima.

Tal como se menciona en la revisión de literatura se procedió a identificar (en lo posible) el agente causal de los síntomas, ya sea en el campo o en el laboratorio (Figura 6). Pero si en esta etapa no se llegó a la identificación, esta se realizó durante las siguientes evaluaciones (evaluación cualitativa).



Figura 6 Prospección y evaluación de los síntomas y signos en las especies forestales

3.6.3 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS SÍNTOMAS Y SIGNOS DE LAS ENFERMEDADES

La evaluación cualitativa de las enfermedades bióticas y abióticas, consistió en la descripción macroscópica de los síntomas y signos que presentaron los árboles. Para ello se utilizó los formatos que describen las características observadas y las condiciones presentes alrededor del árbol enfermo (Anexo 6). Además, se consideró la descripción microscópica y la clasificación taxonómica del posible agente causal, tal como se detalla a continuación:

- Diagnóstico del agente patógeno:

Se llevó un registro fotográfico, los cuales incluyeron la sintomatología de la enfermedad, las características micro y macroscópica del agente causal que permitieran su identificación. En terreno se utilizó cámara digital (hasta de 10X) para observar la evolución tanto del síntoma como del signo visible, desde agosto del 2011 hasta febrero del 2014; mientras en el laboratorio se obtuvo imágenes con microscopio y estereoscopio digital.

A) PARA LA COLECCIÓN Y REMISIÓN DE MUESTRAS DE PATÓGENOS AL LABORATORIO

- Materiales:
 - Cuchillo de monte o hacha pequeña
 - Libreta de campo, lápiz
 - Tijera de podar y tijera telescópica
 - Lupa (15x)
 - Placa Petri, barrenador metálico y tarugo de madera
 - Pala y pico
 - Formatos de remisión de muestras para envío al laboratorio
 - Bolsas de papel y de plástico
 - Papel toalla
 - Plumón indeleble
 - Caja pequeña

Primero se procedió a coleccionar muestras de partes u órganos del árbol que presentaron síntomas y signos del patógeno, considerando las muestras suficientes para su identificación, SENASA (2006), recomienda 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 debe ser fresco ya que los tejidos muertos son una fuente de microorganismos saprofitos dificultando el aislamiento del patógeno causante del síntoma.

Para el caso de las hojas infectadas, fueron colocadas en papel toalla y luego en bolsa de papel, con la finalidad de evitar la deshidratación de las muestras, posteriormente se colocó en bolsa plástica donde se rotuló, con plumón indeleble, los datos del material (fecha de recolección, precedencia, síntoma, código y nombre del emisor o institución). Lo mismo se consideró para las muestras de basidiocarpos, tumores y agallas, teniendo cuidado de coleccionar parte del tejido arbóreo sano, luego se colocaron en caja para evitar los golpes y el deterioro de las mismas. Mientras que para árboles con síntoma de pudrición y exudación se utilizó el barrenador metálico para obtener muestras internas del fuste, las cuales fueron colocadas inmediatamente en placa Petri para evitar su contaminación, luego se puso un tarugo de madera en el orificio causado con el fin de impedir el ingreso de otros patógenos a la planta. Para el caso de la exudación también se extrajo parte de la corteza, para esto se procedió a limpiar la superficie de la zona afectada con el fin de disminuir la contaminación de la muestra con microorganismos saprofitos o ajenos al síntoma.

Finalmente, las muestras fueron enviadas al laboratorio de la UNALM con su respectivo formato (Anexo 7) y también a la “Unidad de Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal del SENASA”, acompañadas de la información solicitada por el formato (Anexo 8). Posteriormente, se obtuvo la ficha de identificación de los patógenos enviados al SENASA (Anexo 9).

B) PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO.

La identificación se realizó bajo la siguiente metodología:

a) Identificación de hongos:

Para el caso de la identificación de hongos fitopatógenos se procesa la muestra con la finalidad de obtener estructuras de los hongos involucrados en los síntomas que se observaron. El material vegetal seleccionado, puede ser procesado sea por siembra en medio de cultivo, colocándolo en cámara húmeda o por observación directa, según sea el caso.

- Siembra en medio de cultivo

El área comprendida en el límite entre la parte sana y enferma del material seleccionado se cortó en pequeños trozos, se lavó con agua corriente y enseguida se desinfectó con hipoclorito de sodio al 1%, durante 5 minutos si la parte es dura (raíz, ramitas) y 3 minutos si la parte es menos consistente (hojas), pasado este tiempo se realizó un triple enjuague con agua destilada estéril, para luego colocarlos en medio de cultivo PDA (papa, dextrosa, agar).

A continuación, las placas se incubaron a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 7 días. Pasado este tiempo, se realizó el montaje de las estructuras formadas y se procede a la identificación del hongo.

- Cámara húmeda

Consistió en seleccionar el material con síntomas, (hojas, porciones de tallo, raíces, frutos, etc.) lavar y desinfectarlo, de forma similar al procedimiento anterior, seguidamente fueron colocados sobre soportes metálicos o plásticos, dentro de envases estériles tapados, conteniendo una película de agua para mantener el ambiente húmedo. Se incuban por al menos 5 días a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, posteriormente se realizó el montaje para su identificación.

- Por observación directa

Para el caso de los patógenos que presentaron a simple vista las estructuras necesarias para su identificación, esta se realizó directamente en el microscopio luego de coleccionar micelio que crecía sobre las hojas infectadas. Es decir, no hizo la siembra ya que algunos hongos como *Oidium sp.* son patógenos obligados y no se desarrollan en medio de cultivo.

Este método también se usó para el caso de los hongos que desarrollaron cuerpo fructífero, estos fueron identificados mediante la comparación de las basidiosporas obtenidas con las claves de identificación, además se comparó las características morfológicas de los basidiocarpos con las muestras anteriormente colectadas por el laboratorio, para otros estudios, y con lo indicado por la bibliografía especializada.

Luego que en los tres métodos mencionados, se obtuvo las estructuras formadas del hongo y chromistas, estas fueron llevadas al microscopio donde se determinó el promedio de sus dimensiones. Posteriormente y mediante la utilización de “claves de identificación” especializadas, tales como Barnett (1972), Richard T. Hanlin (1995) y Ryvarden (1991) se llegó a identificar al patógeno. Finalmente, para determinar la clasificación taxonómicamente del hongo se utilizó la base de datos de la nomenclatura mundial establecida por Index Fungorum (2014).

b) Identificación de bacterias:

Para el aislamiento de bacteria primero se desinfectó las muestras con un lavado con agua corriente a chorro continuo y luego por inmersión en hipoclorito de sodio al 1%, durante un tiempo de 10 a 20 minutos, después se enjuago tres veces con agua destilada y se secó en papel toalla. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en un mortero estéril con el fin de que las bacteria salga del interior de la muestra, luego se extrajo una pequeña muestra y se sembró en medio de cultivo PDA (Pectona, Dextrosa y Agar). Las siembras se incubaron en estufa, en oscuridad y a 25°C siendo evaluadas diariamente. Luego se fue observando el desarrollo de las colonias, teniendo en cuenta, que por lo general las colonias fitopatógenos crecen en 48 horas. Además, aquellas colonias con indicios de ser patógenos fueron estriadas y separadas. Finalmente, se realizan las pruebas de patogenicidad y pruebas bioquímicas para identificar a la bacteria.

c) Identificación de nematodos:

Las raíces extraídas son cortadas en pequeños trozos para luego colocarlas, con agua, en una licuadora donde se tritura por un tiempo de 3 a 5 segundos, con la finalidad de que los nematodos se desprendan de la raíz. Luego se coloca en un tamiz papel toalla y sobre esta la mezcla licuada, dejándose por un tiempo de 24 a 48 horas, periodo en el que los nematodos pasan por el papel toalla hacia un recipiente colocado, previamente, debajo del tamiz. Posteriormente, se saca el tamiz evitando que se rompa el papel toalla y contamine el recipiente. Con una pipeta se obtiene muestra del recipiente y se lleva a la placa Petri, para finalmente identificar el nematodo.

3.6.4 EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS SÍNTOMAS CAUSADOS POR ENFERMEDADES FORESTALES

Para realizar la evaluación cuantitativa se elaboró una escala específica para cada relación síntoma – hospedero, tomando en cuenta el muestreo y la prospección previa a cada evaluación estacional descritos en el Cuadro 6.

Cuadro 6 Criterios para elaborar la escala de severidad

<i>Síntoma en el árbol evaluado</i>	<i>Criterios para la elaboración de la escala del síntoma</i>
Calidad de copa: Muerte súbita, Defoliación anormal o Marchitez de copa	Se realizó en base a la pérdida del follaje (% de copa), bajo un comportamiento anormal. Recordando que por lo general la pérdida de vigor de la copa es un síntoma secundario.
Manchas foliares	Se colectaron varias hojas infectadas y se clasificaron por el porcentaje del área dañada de la hoja, usándose papel milimetrado. Para el cálculo de la severidad se tomaron 20 hojas al azar de los cuatro puntos cardinales por árbol.
Podredumbre del fuste	La escala se realizó en base al porcentaje de la oquedad en un rango desde el suelo hasta una altura de 2 m a lo largo del fuste.
Tumores en el fuste	Se realizó en base a la ubicación de los tumores hasta una altura 2 m del fuste y las ramas accesibles. Teniendo en cuenta que la severidad de daño es mayor al estar más cerca al cuello radicular ya que podría estar interfiriendo en el paso del agua y los nutrientes.
exudación	Se realizó en base a la ubicación de las exudaciones, hasta una altura de 2 m (visualización del síntoma). Teniendo en cuenta que la severidad de daño es mayor al estar más cerca al cuello radicular ya que podría estar interfiriendo en el paso del agua y los nutrientes.

Cabe mencionar que las escalas de los síntomas de tumor en el fuste, exudación y defoliación atípica fueron elaboradas al finalizar el periodo de evaluación, dado a la poca variación de su evolución en las especies estudiadas. Mientras que las escalas de evaluación correspondientes a los síntomas en hoja se elaboraron al inicio del estudio y fueron perfeccionadas o completadas en las prospecciones previas a cada evaluación.

Posteriormente, se calculó la incidencia y severidad de los síntomas del arbolado, en base a las formulas definidas por Agrios (2005) y modificado por Manta (2004).

A) *INCIDENCIA (I)*:

$$I = \frac{n}{N} \cdot 100\%$$

Dónde:

I = incidencia del síntoma o daño

n = número de árboles con el síntoma o daño

N = número total de árboles evaluados

B) *SEVERIDAD (S)*:

$$S = \frac{1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + xn_n}{N}$$

Dónde:

S = severidad del síntoma o daño

1, 2, 3...x = grados del síntoma o daño de acuerdo a la escala del síntoma fijada por el investigador.

n₁, n₂, n₃, n_n = órgano o partes del árbol con el grado del síntoma o daño correspondiente.

N = número total de árboles o número total de partes del árbol observado.

Para el presente estudio, cuando el valor obtenido fue mayor de 0,5 se aproximó a la unidad inmediatamente superior.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Durante el periodo de estudio se procedió a observar, interpretar y analizar la información por cada especie forestal.

Dentro de lo descrito para cada especie hospedera se muestra su descripción y comportamiento dentro del campus universitario, la evaluación cualitativa del síntoma y del signo, así como la incidencia y severidad del síntoma.

Con los valores de severidad para cada árbol y especie se elaboró los mapas de riesgos epidemiológicos de aquellos síntomas que presentaron una distribución espacial significativa y cuyo grado de severidad fue diferenciado. Con la finalidad que permitan la visualización espacial de la enfermedad, para tomar medidas correctivas o de control pero sobre todo de prevención.

Para el caso de aquellos síntomas que permanecieron casi constantes (exudación, tumores, etc.), es decir, que no presentaron cambios significativos en su evolución durante el periodo de evaluación, solo se elaboró un mapa.

Los mapas de riesgo epidemiológicos (agente causal biótico) y de localización del síntoma (agente causal abiótico) fueron elaborados con la colaboración de los Técnicos en Geomática Johnny Huamaní y Julián Lima. Dichos mapas tienen una escala de 1:6500 y se presentan en rango de colores que van desde el verde, que señala un área sana o libre del síntoma; hasta el color rojo que significa que esa área se encuentra con una alta severidad del síntoma. Los rangos de colores corresponden a los grados de cada escala del síntoma de enfermedad. Para la elaboración de los mapas se utilizaron los grados de severidad de cada estación (Anexo 10) y mediante el programa ArcGIS 10.1 se utilizó la herramienta de interpolación denominada IDW, que por sus siglas en español significa distancia inversa ponderada, debido a que Johnson et al. (2001), afirma que esta herramienta da más peso a los valores cercanos a un punto en la interpolación, influencia que va disminuyendo conforme se aleja del punto de interés, usando un algoritmo simple basado en distancia. Además, Kravchenko (2003), señala que el método IDW es el más adecuado para este estudio por tratarse de un terreno con pocas elevaciones, una base de datos pequeñas y donde los parámetros del variograma no son conocidos.

Los síntomas evaluados, se clasificaron en base al orden de importancia de los siguientes criterios: grado de virulencia del patógeno, pérdida de resistencia del leño, reducción del rol estético de los árboles, abundancia de la especie forestal hospedera en el campus, así como los valores de incidencia y severidad. Se tomó en cuenta lo descrito por, la “Comisión Interinstitucional del Proyecto de La Sabana” (CIPRLS, 2008) y Castillo (2005), quienes señalan un mayor riesgo que causa a la población cuando los árboles tienen la parte estructural y fisiológica dañada o anómala. De esta manera, se puede definir las prescripciones sanitarias en el arbolado universitario con la finalidad de prevenir y controlar la aparición y el incremento de enfermedades, así como su distribución espacial en el campus. A continuación se describe los criterios de la clasificación establecida:

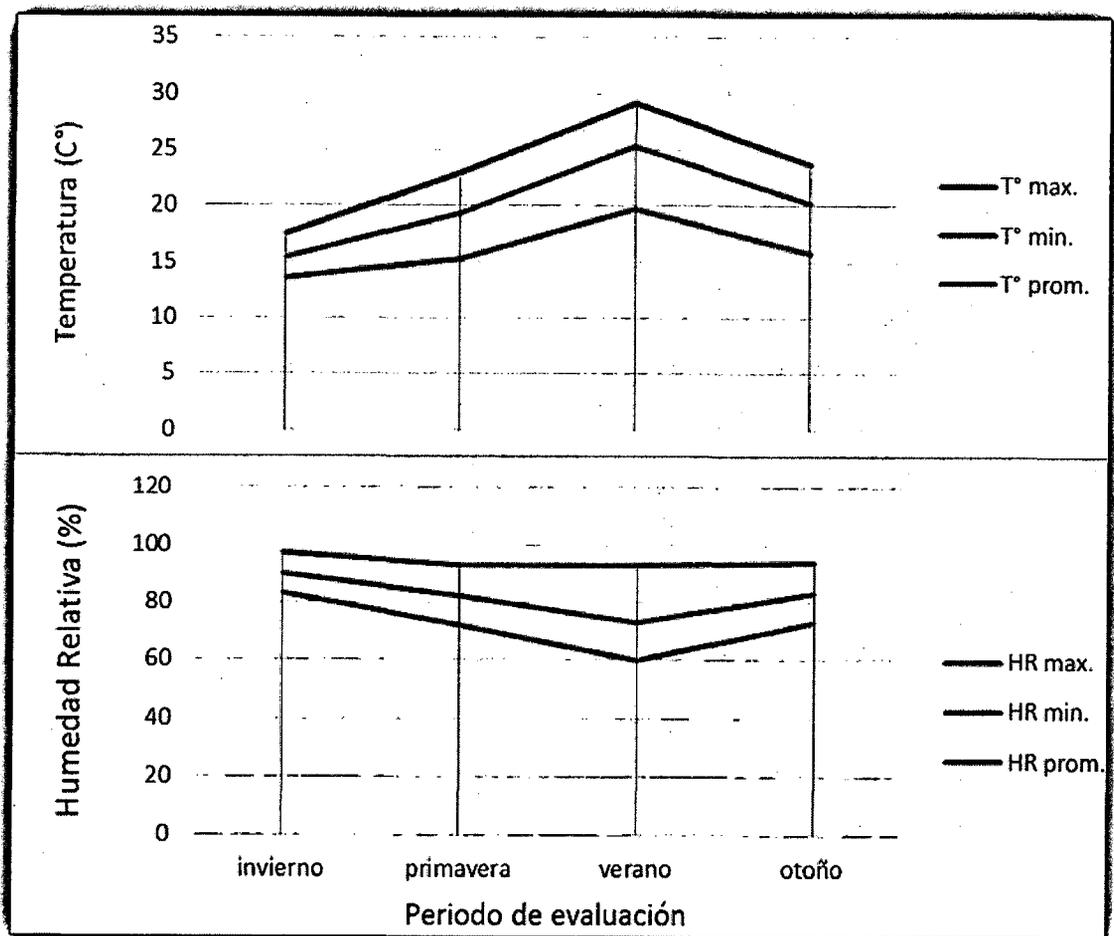
- **Enfermedades claves o actuales:** agrupa los síntomas de mayor interés, pues el grado de virulencia de los patógenos es tal que llega a matar a sus huéspedes. También, se incluyen los síntomas de ataque prolongado del patógeno, por lo que manifiestan notoriamente la pérdida de la resistencia estructural del árbol; esto representa un riesgo de accidente para las personas, debido que el patógeno infecta el sistema vascular y transporte de nutrientes disminuyendo gravemente el vigor de la planta. Además, estos síntomas disminuyen notoriamente el aspecto estético de la planta. El control de estas enfermedades no es posible ya que la muerte de estos árboles es inevitable, pero si se puede evitar su propagación. La duración de estos síntomas fue prolongada, aunque el avance de la enfermedad fue lento y poco notorio en el tiempo de evaluación. Además, se esperaría valores de incidencia y severidad que sobrepasa el umbral económico notoriamente.
- **Enfermedades potenciales:** A diferencia de la clasificación anterior en este caso no se observó una disminución de la resistencia estructural del árbol, pero si una depreciación del rol estético u ornamental. Se espera que los valores de incidencia y severidad sean moderados.
- **Agentes perjudiciales o agentes patógenos:** agrupa los síntomas que no disminuye notablemente el vigor del arbolado ni afecta la estética u otra función de la misma. Dentro de esta clasificación, el orden de importancia es en base a la abundancia de árboles evaluados en el campus. Se espera que los valores de incidencia y severidad sean inconspicuos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONDICIONES QUE PREDISPONEN LA APARICIÓN DE ENFERMEDADES

4.1.1 EL TIEMPO METEOROLÓGICO

De acuerdo a la bibliografía consultada, se asume que las variables de temperatura y humedad relativa y el déficit de precipitación son las principales variables meteorológicas que influyen en el desarrollo de los patógenos y de las enfermedades. En la Figura 7 se muestra la temperatura mínima y máxima así como la humedad relativa mínima y máxima de las estaciones evaluadas.



Nota: Datos obtenidos del OVH - Estacion meteorologica UNALM (Anexo 3)

Figura 7 Datos meteorológicos de T (C°) y HR (%) para el periodo de evaluación

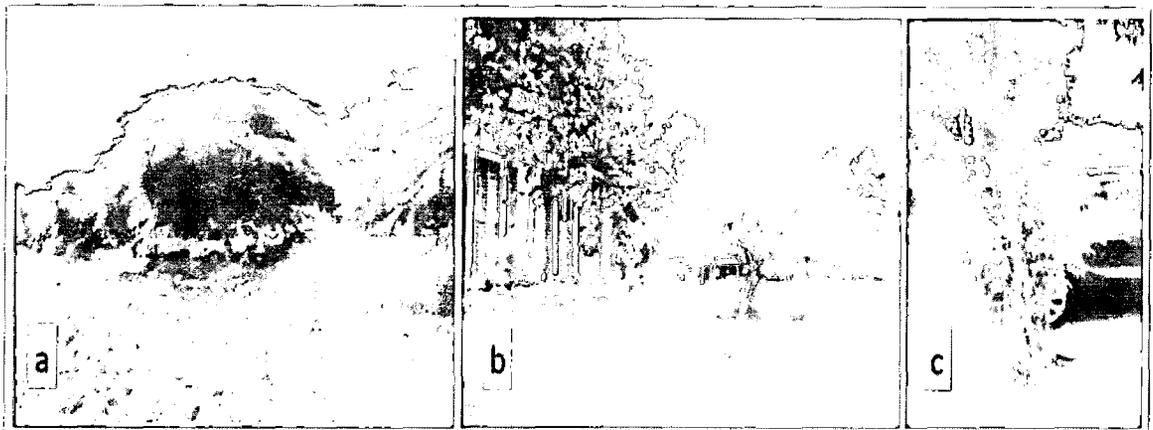
De acuerdo a la Figura 7 la T° mínima se mantiene por encima de $13,5^{\circ}\text{C}$ en el invierno, asciende en primavera y alcanza el máximo en verano ($29,2^{\circ}\text{C}$); así mismo, la humedad relativa mínima alcanza el 60% durante el verano, y se acerca al 100% en el invierno. Ambas variables meteorológicas se encuentran en un rango favorable para el desarrollo de los microorganismos, ya que ambas variables se aproximan a los óptimos requeridos por los patógenos.

4.1.2 TRATAMIENTOS SILVICULTURALES INADECUADAS

A continuación se describen los tratamientos silviculturales que reciben los árboles del campus.

a) Al suelo

Los árboles dentro del campus universitario cumplen diferentes funciones, por lo que algunos fueron plantados cerca de los terrenos agrícolas, las cuales tiene un suelo fértil; mientras que otros árboles se plantaron dentro de las áreas urbanas, y algunos de estos rodeados de asfalto y cemento perjudicando el desarrollo de las raíces y no siempre gozan de un riego adecuado (Figura 8). Los suelos donde se les plantaron no recibieron ningún tipo de enmienda, de manera que hay una pérdida de elementos nutritivos en diferentes proporciones, a pesar que el árbol devuelve parte de lo que extrae al suelo, a través de la hojarasca. La reducción de hojarasca es mayor en las zonas urbanas debido a las constantes limpiezas realizadas.



a) Árbol junto a terreno agrícola (zona 2). b) Árbol en área verde (zona 1). c) Árbol rodeado de pavimento (zona 4).

Figura 8 Plantación de árboles dentro del campus

Por otro lado, el análisis de suelo (Anexo 4) indica que la cantidad de Nitrógeno es pobre lo cual, puede originar el amarillamiento o clorosis de la copa. De la misma manera se observa que la cantidad de Fósforo es baja, lo cual podría estar limitando la fotosíntesis originando síntomas, dependiendo de la especie, como reducción del crecimiento, variación de color de la hoja hacia un verde claro a amarillo o un tinte púrpura (Ayala, 2010). La proporción de Potasio podría ser considerado como moderada, teniéndose en cuenta que su deficiencia podría provocar la muerte descendente en especies de árboles más susceptible. Así mismo, la cantidad de materia orgánica presente en el suelo es pobre ya que se trata de suelo costeño, más aún cuando a estos suelos no se le aplica enmiendas. Con un pH igual a 7 los carbonatos son estables (a pesar que muestra un valor alto), por tanto el efecto tóxico es el mínimo, además los micronutrientes se encontraban disponibles para las plantas (Porta, 2000). De acuerdo a Brady (2008), los rangos del pH comprendidos entre 6-8; 6-7,5; 6,8-7,5; son deseables para la disponibilidad de Nitrógeno, Potasio y Fósforo.

Finalmente la textura del suelo es franco arenoso, lo cual es deseable para las plantas, ya que para Floralies (2010), este tipo de suelo presenta un equilibrio entre partículas grandes y pequeñas, lo que permite la aireación y retención del agua por un tiempo mayor. Además, permite remediarlo fácilmente mediante tratamientos al suelo.

b) El riego

Según Floralies (2010), la mejor hora para regar es temprano en la mañana, a fin de que la tierra absorba el agua antes que el sol de mediodía la evapore. Si no es posible, debe hacerse al atardecer. Sin embargo, por motivos administrativos el riego de las plantas en el campus de la UNALM se realiza entre las ocho de la mañana y las tres de la tarde. Esta práctica es mediante riego por inundación con agua de canal (Figura 9 a) o con la utilización de mancuernas, aspersión y cisternas que proviene de agua subterránea (Figura 9 b y c). En la Figura 10 se indica el mapa del campus universitario con la ubicación de los árboles evaluados y su tipo de riego. Floralies (2010), indica que el exceso de agua en plantas que no requieren mucha humedad les produce enfermedades, tanto como si no la recibieran en absoluto.



a) Riego por inundación (zona 2) b) Riego por aspersión (zona 6) c) Riego por cisterna (zona 4).

Figura 9 Tipos de riego del arbolado dentro del campus universitario

El análisis de agua (Anexo 5) en las zonas de estudio, muestra que los sólidos precipitados en la entrada del canal al campus universitario (muestra 1) es mucho mayor que en las otras muestras tomadas, a excepción de la muestra 2 que por ser agua tratada no contiene sólidos precipitados. La conductividad eléctrica para las muestras obtenidas del canal indican un valor moderado al óptimo, mientras que para la muestra del riego con agua tratada el conductímetro portátil indica valores extremos debido a la alta cantidad de sales ya que esta agua proviene del subsuelo. Los valores de pH para todas las muestras se encuentran dentro de un rango normal, por lo cual se asume que las plantas no tienen mayores inconvenientes para la absorción de nutrientes. La dureza de todas las muestras obtenidas es considerada como agua moderadamente blanda, y los valores de todas las muestras no indican problemas de alcalinidad.

En el análisis de la turbidez se observa que la muestra 2 es la que contiene una mayor transparencia, mientras que las otras muestras por estar cerca a las áreas de cultivo o pasar por ellas mantienen una coloración más opaca.

c) La poda

Fue el tratamiento silvicultural más frecuente observado durante el estudio. Las podas pueden ayudar a mejorar el aspecto del árbol y del paisaje o por el contrario puede perjudicar el vigor de la planta si se realiza en forma y frecuencia inadecuada.

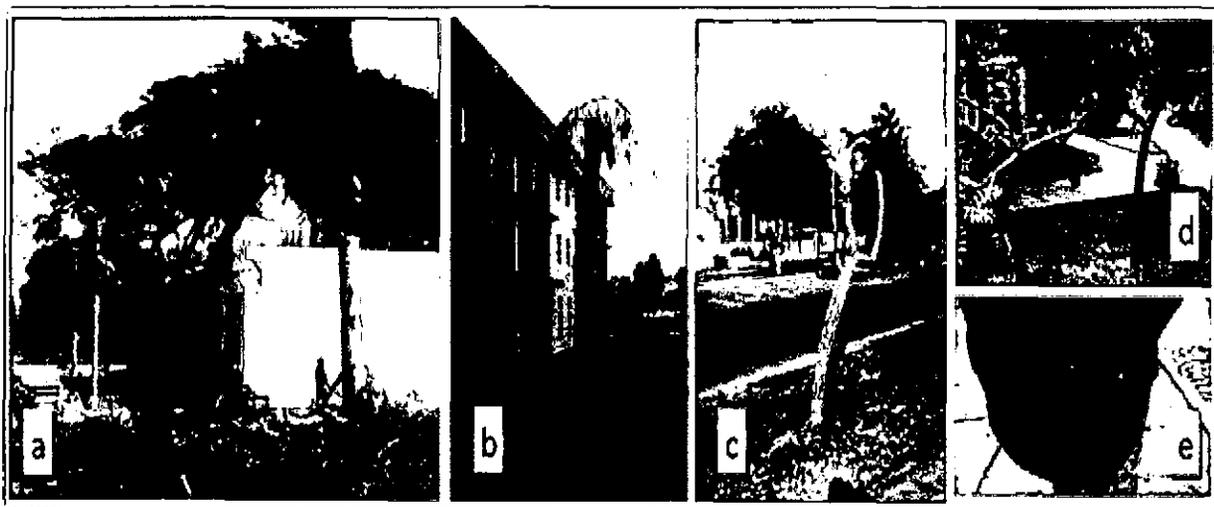
Durante el periodo de estudio se observó dos tipos de podas, las cuales se mencionan a continuación:

- Poda de mantenimiento: que consistió en eliminar ramas en exceso para reducir o mantener el tamaño del árbol, más aún cuando la especie forestal mostró un ritmo de crecimiento rápido. También se incluye en este tipo de poda, los casos en el que las ramas amenazaban con quebrarse o aquellos que por su altura se enredaban con los cables aéreos.
- Poda de rejuvenecimiento: Se realizó frecuentemente durante el año.

Durante el periodo de estudio se observó que ambas podas, se realizaron en diferentes épocas del año (Figura 11), ya sea en época fría o cálida, sin importar la época de floración del arbolado ni si se trataba de una especie u otra. Este desconocimiento y ejecución no es recomendable de acuerdo a lo mencionado por Duarte y Robles (s.f) y De Orellana (2011), quienes recomiendan podar de acuerdo a la época de floración o dependiendo de la estación y de la especie, con la finalidad de no perjudicar el desarrollo y vigor de los árboles. El tipo de poda depende de la ubicación y la función que cumplen los árboles, es decir si es usado como árbol ornamental, como cortina rompeviento o como separador de áreas o ambientes.

Todas las especies estudiadas fueron podadas por una o por ambos tipos de poda, ya que la mayor cantidad de árboles del campus universitario se encuentra en jardines o espacios de áreas verdes donde hay un mayor tránsito de personas. Así mismo, es importante mencionar que no se aplica desinfección alguna a las herramientas de poda y que la mayoría de ellas no están afiladas, pues en casi todos los casos, las podas realizadas dejaban heridas, desgarramiento de las ramas o del fuste y muñones mal cortados. Duarte y Robles (sf.), menciona que si bien en la costa prácticamente no llueve, la alta humedad relativa puede ayudar a algunos hongos a infectar las heridas de poda, por lo que recomienda que para heridas grandes, de más de 3 cm de diámetro, se debe desinfectar usando una pasta conteniendo cobre como sulfato de cobre u otros

fungicidas. También se puede usar productos para sellar heridas a base de alquitrán vegetal o pinturas especiales.



a) Poda de mantenimiento (zona 1). b) y c) Poda drásticas (zona 2). d) Caída de ramas por falta de poda (zona2). e) Cancro originado por una inadecuada poda (zona 1).

Figura 11 Podas elaboradas a los árboles del campus universitario

A pesar de que la práctica actual de la poda causa daños estructurales a los árboles y la posible infección de patógenos, este tratamiento silvicultural debería ser mejorado con la capacitación y técnica al personal de la UNALM.

d) La extracción o raleos de árboles

Durante las evaluaciones también se dio la muerte y la extracción de algunos árboles, sin haber determinado el verdadero riesgo de accidentes a los transeúntes (Figura 12). De Orellana (2011), afirma que cuando el árbol (o los árboles) ya está enfermo y produce rebrote de sus ramas, existe el consiguiente peligro público de ramas débiles pueden caer sobre el público, por lo que la solución a la que se recurre, usualmente, es la poda severa, y no necesariamente a la extracción del individuo. Mientras, Manta (2004) afirma que antes de su muerte se debe realizar una prueba de ultrasonido para poder estimar el real peligro público y dependiendo de ello, prescribir la extracción del árbol.

43781

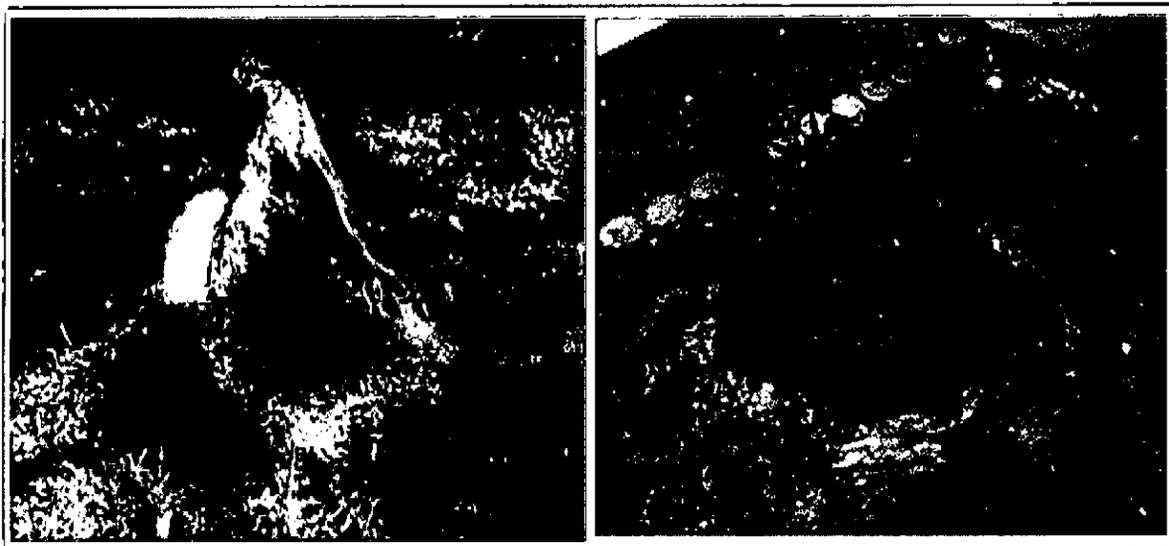


Figura 12 Tocones de árboles extraídos

4.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES EVALUADAS

4.2.1 FENOLOGÍA DEL FOLLAJE

Durante las cuatro estaciones del periodo de evaluación, se determinó que de las 24 especies, la mitad mantuvo un follaje siempre verde o perenne y la otra mitad presentó pérdida del mismo, bajo un comportamiento natural, pues estas especies eran caducifolias o semicaducifolias, tal como se indica en el Cuadro 7.

Cuadro 7 Especies forestales siempre verdes, caducifolias o semicaducifolias

<i>Especies siempre verdes o perennes</i>		<i>Especies caducifolias o semicaducifolias</i>	
<i>N. científico</i>	<i>N. común</i>	<i>N. científico</i>	<i>N. común</i>
<i>Acacia retinoides</i>	Mimosa	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro
<i>Araucaria excelsa</i>	Árbol de navidad	<i>Delonix regia</i>	Ponciana Real
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Casuarina	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Oreja de negro
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	<i>Fraxinus americana</i>	Fresno
<i>Eucalyptus spp.</i>	Eucalipto	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda
<i>Ficus benjamina</i>	Ficus	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Papelillo
<i>Grevillea robusta</i>	Grevilea	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Árbol de júpiter
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce criollo	<i>Melia azedarach</i>	Melia
<i>Schinus molle</i>	Molle Serrano	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Azote de Cristo
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle Costeño	<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán
<i>Tecoma spp.</i>	Huaranguay	<i>Swietenia macrophyllum</i>	Caoba
<i>Triplaris peruviana</i>	Tangarana	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa

La Figura 13, indica el comportamiento del follaje para la especies caducifolias, observándose que durante el verano conservan la copa verde en su totalidad (0% de defoliación), con excepción de *Spathodea campanulata*, debido a que en la época de calor presentó su máxima defoliación, incluso algunos individuos perdieron el 100% del follaje. Durante el invierno *Lagerstroemia speciosa*, *Parkinsonia aculeata*, *Melia azedarach* y *Fraxinus americana* presentaron su máxima defoliación; mientras que: *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophyllum*, *Jacaranda mimosifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Koelreuteria paniculata* y *Delonix regia* son especies que se defoliaron durante la primavera. Finalmente, *Tipuana tipu* tiene defoliación moderada y constante durante el invierno y primavera.

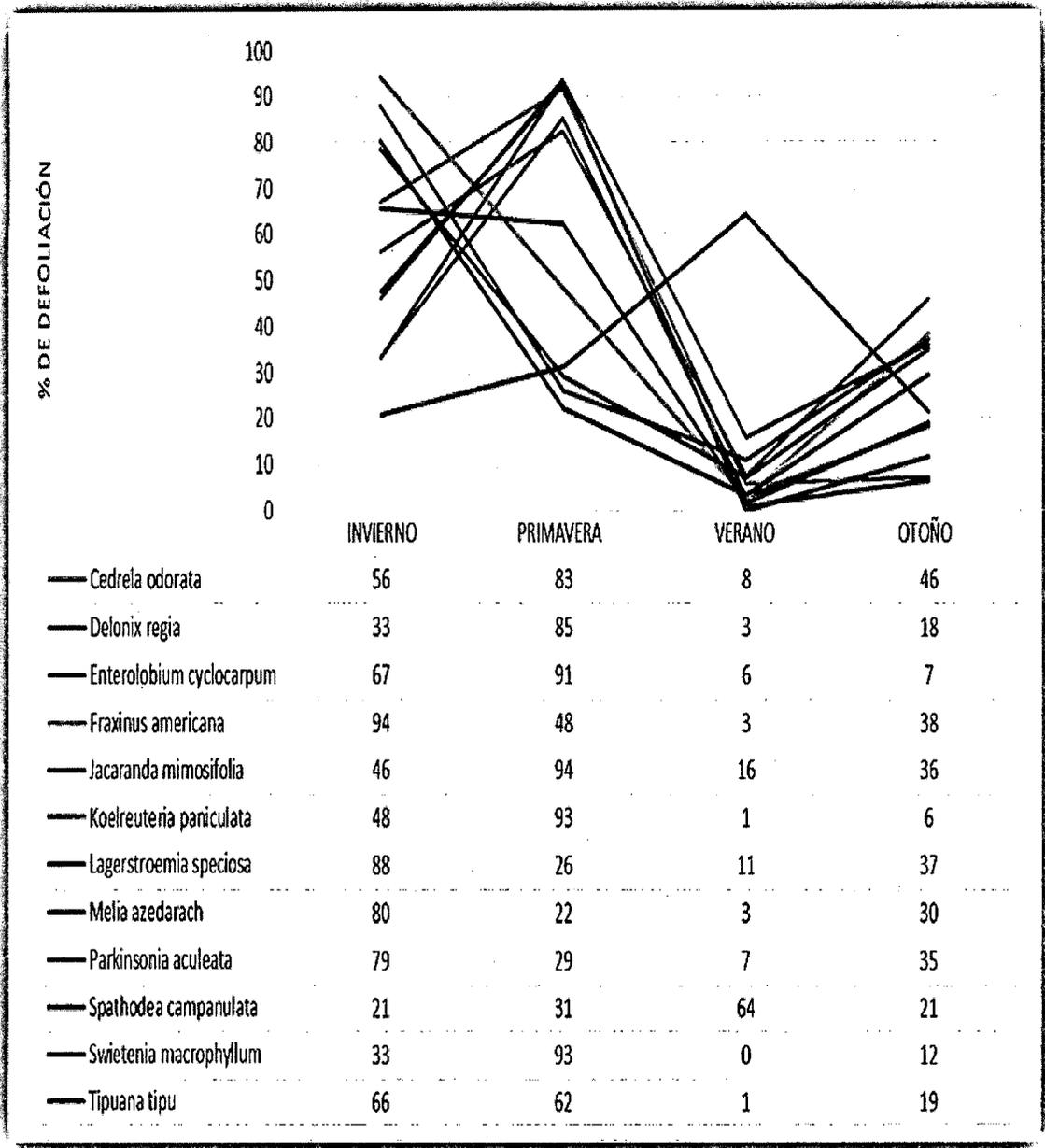


Figura 13 Tendencia estacional de la defoliación natural de las 12 especies

4.3 SÍNTOMAS Y SIGNOS DE LAS ESPECIES FORESTALES EN LA UNALM

De las 24 especies evaluadas, 10 presentaron síntomas (Cuadro 8). Dichos síntomas se encontraron en diversas partes de los árboles, ya sea en las hojas (copa), fuste o raíz.

Cuadro 8 Especies hospederas y los síntomas registrados

<i>Especie hospedera</i>		<i>N° árb.</i>	<i>N° árb.</i>	<i>Síntomas</i>
<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Totales</i>	<i>Evaluados</i>	
Grevilea	<i>Grevillea robusta</i>	198	30	Exudación
Molle serrano	<i>Schinus molle</i>	177	34	Oidiosis en hoja (mancha foliar) Tumores en el fuste Agallas en la raíz Pudrición marrón y exudación
Casuarina	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	144	23	Pudrición marrón y exudación
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>	132	28	Mancha foliar y fumagina Grietas profundas en el fuste
Sauce criollo	<i>Salix humboldtiana</i>	111	24	Mancha foliar o cercosporosis
Ponciana real	<i>Delonix regia</i>	61	20	Defoliación atípica
Papelillo	<i>Koelreuteria paniculata</i>	54	12	Muerte súbita
Molle costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>	54	16	Oidiosis en hoja (mancha foliar)
Árbol de júpiter	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	18	10	Oidiosis en hoja (mancha foliar) Oquedades en el fuste

Por otro lado, se observó síntomas de exudaciones en las especies *Enterolobium cyclocarpum* y *Araucaria excelsa*, por motivos como podas, caídas natural de ramas y agujeros originados por causa humana. Además, se encontró la presencia de basidiocarpos (signo) en el fuste de árboles de las especies *Parkinsonia aculeata*, *Melia azedarach* y *Triplaris peruviana*. Aunque estos síntomas y signos, en estas últimas cinco especies, son mencionados al final de los resultados, podrían causar enfermedades en un futuro.

Las especies forestales que no presentaron síntomas, son: *Ficus benjamina*, *Tipuana tipu*, *Acacia retinoides*, *Swietenia macrophyllum*, *Cedrela odorata*, *Cupressus macrocarpa*, *Jacaranda mimosifolia*, *Fraxinus americana*, *Spathodea campanulata* y *Tecoma spp.*, es decir son consideradas especies sanas o libres de enfermedades para el periodo de estudio.

A continuación se describen los síntomas y signos por especie forestale hospedera, en base a la clasificación realizada.

4.4 EN LA PONCIANA REAL

4.4.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Fabaceae (Caesalpinoidae)

Nombre científico: *Delonix regia*

Nombre común: Ponciana real

Dentro del campus universitario, *Delonix regia* cumple función ornamental y fundamentalmente el de brindar sombra ya que presenta una copa aparasolada (Figura 14). Se encontraron árboles de hasta 8 m de altura en el campus. Además, se reconoció que es una especie caducifolia ya que eliminaron sus hojas naturalmente durante la primavera; que de acuerdo a SERPAR (2012), en su evaluación para los árboles de la ciudad de Lima, también encontraron esta característica fenológica de la especie. Además Florales (2010), agrega que esta especie desarrolla una raíz pivotante y profunda, es poco exigente en suelo, pero necesita un buen drenaje, resiste la salinidad y necesita un riego moderado (preferible regar poco en invierno).

Delonix regia es la decima primera especie en orden de abundancia en el campus (61 árboles), evaluándose 20 árboles (33% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 35 cm, siendo el DAP máximo de 56 cm y el mínimo de 19,7 cm.



a) En estación de verano (zona 1) b) En estación de invierno (zona 1) c) Dando sombra (zona 2)

Figura 14 Especie forestal *Delonix regia*

La pérdida del follaje (Figura 15), por condiciones naturales, se registró durante los meses de setiembre a octubre (primavera), tiempo en el que la especie llegó a perder hasta el 85% de su follaje y la mayoría de individuos se defoliaron. Además, se observó que algunos individuos fueron podados en su totalidad. Al inicio del verano todos los árboles evaluados se mostraron con su copa llena de nuevos brotes y el inicio de la floración. Posteriormente, en el otoño la planta empieza nuevamente su defoliación natural, siendo esta de 18% y en el invierno de 33%, en promedio.

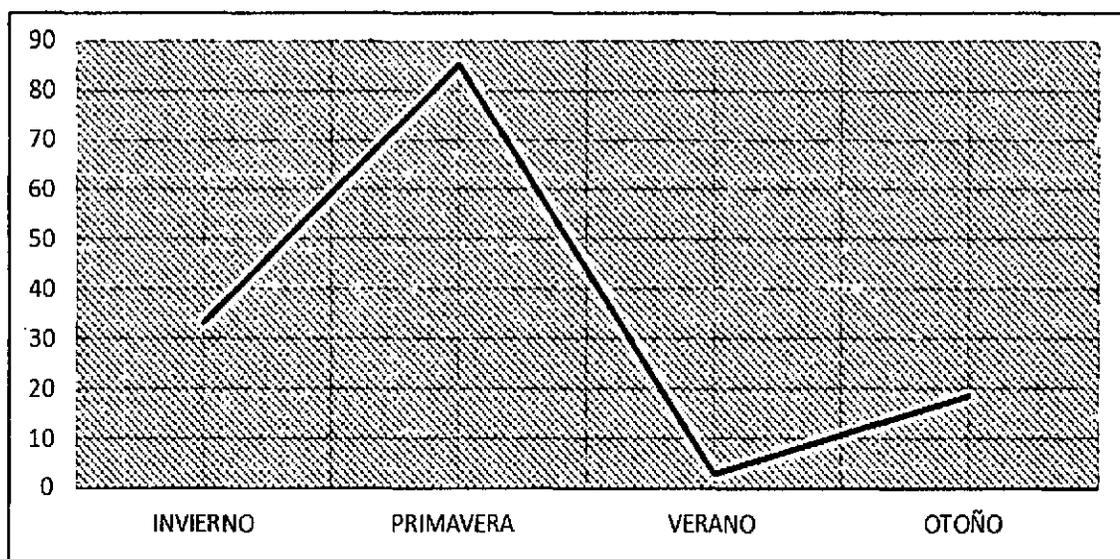


Figura 15 Defoliación de *Delonix regia* para el periodo de estudio

4.4.2 SÍNTOMA: DEFOLIACIÓN ATÍPICA

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

En algunos individuos de esta especie se observó el cambio de coloración de su copa y luego la pérdida del follaje, lo cual ocurrió en época en que la especie no debería defoliarse. Este síntoma se presentó en 2 árboles de esta especie, mientras que los otros 18 individuos estudiados mantuvieron su comportamiento normal. El primer árbol (código Z1-PR04) que mostró el síntoma, tuvo una floración abundante en comparación con los otros árboles evaluados durante enero del 2012 (Figura 16 a, b, c, d). A inicio de marzo, empezó a marchitarse la copa y a fines de ese mes se defolió en un 80% (Figura 16 e, f), luego paso a defoliarse por completo a fines de abril (Figura 16 g). Después, a mediados de mayo, el árbol siguió perdiendo vitalidad, luego empezó a secarse y finalmente murió en el transcurso de dos meses y medio (Figura 16 h).



a) Agosto 2011. b) Octubre 2011. c) Enero 2012. d) Febrero 2012. e) y f) Marzo 2012. g) Abril 2012. h) Mayo 2012.

Figura 16 Evaluación del síntoma de defoliación atípica en *Delonix regia* (Z1-PR04)

El segundo árbol (de código Z2-PR03) que también manifestó un comportamiento atípico de su follaje, ya que estuvo defoliados desde el invierno y presentó la particularidad que en enero del 2012 mantuvo una floración exuberante cuando la copa ya se había defoliado por completo. Esto no es característico de la especie ya que durante el mes en cuestión los otros árboles evaluados se encontraban culminando su brotación (Figura 17 a). El follaje no llegó a brotar en el verano, debido tal vez que el árbol enfermo se encontraba con una infección que tuvo su mayor avance durante el periodo de latencia (invierno). Comprometiendo así la parte fisiológica de la planta e iniciando esta floración atípica, la cual sería una reacción propia de supervivencia (Figura 17 b), pues para *Delonix regia* es común que florezca cuando la copa esta verde.

Posteriormente a la muerte del árbol se llegó a secar el fuste hasta que la corteza se desprendió y fue infestada (Figura 17 c, d y e), pero esto no corresponde al síntoma propiamente dicho, pues en esta condición el árbol es susceptible a todo tipo de ataque.

Smith (1998), menciona que el síntoma de la pérdida de vigor de la copa, puede iniciarse mediante la penetración de un hongo por heridas, causadas de las caídas de ramas o por las raíces dañadas.



a) Enero 2012, árbol con defoliación atípica, notándose al lado otro árbol de la misma especie con follaje normal. b) Floración anormal. c), d) y e) Agosto 2012, desprendimiento de corteza e infestación como consecuencia de la muerte del árbol.

Figura 17 Evolución de la defoliación atípica en *Delonix regia* (Z2-PR03)

B) CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICA DEL SIGNO

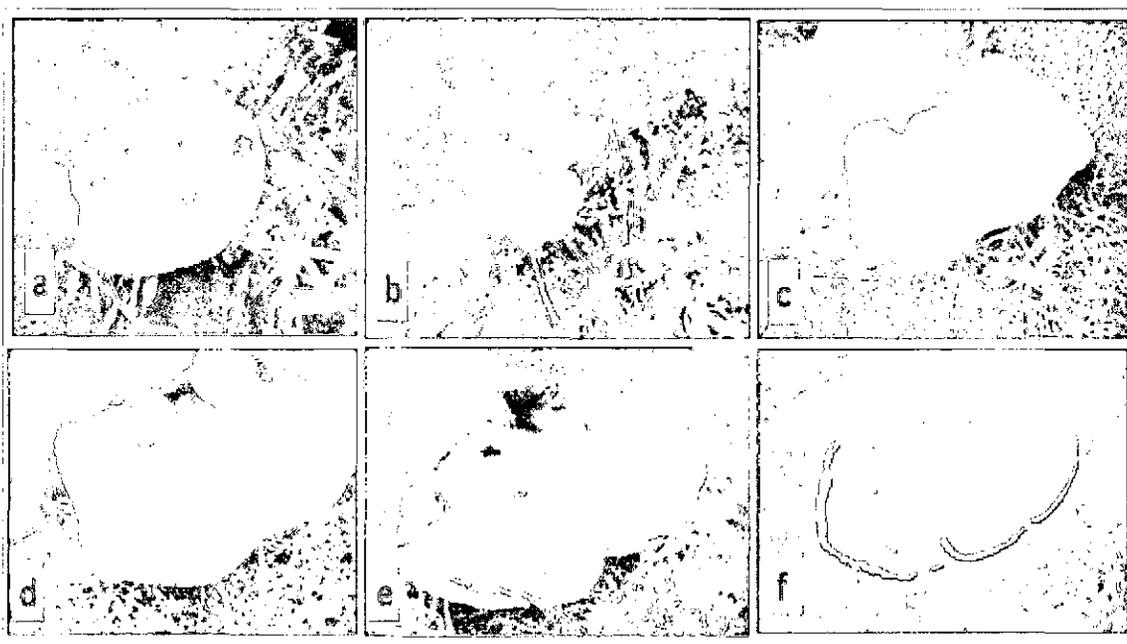
El cuerpo fructífero considerado el signo o estructura macroscópica del hongo corresponde a la etapa de reproducción de *Ganoderma australe*. Este basidiocarpo se caracterizó por fructificar sobre el mismo tallo, es decir no tiene pie, por lo que su aspecto es el de una repisa (Figura 18). Mansilla (2003), menciona que el basidiocarpo suele ubicarse en la parte baja de los árboles maduros, lo cual fue observado en los 2 árboles atacados.

El basidiocarpo en el árbol de código Z2-PR03, presentó hasta 38 cm de largo, 25 cm de ancho y 4 cm de altura. El pileo (parte superior) tenía forma dimeada (semicircular), aplanado, superficie con textura rugosa, sinuosa y húmeda antes de la madurez, recorrida con círculos concéntricos. El himenio (parte inferior) tenía superficie de color blanquecino.



Figura 18 Crecimiento del basidiocarpo a ambos lados de la base del árbol (Z2-PR03)

Al principio de su desarrollo en agosto del 2011 tuvo un color blanquecino y rápidamente, en menos de un mes, pasó a una mezcla de color amarillento y café (Figura 19 a y b). En enero del 2012, mantuvo un crecimiento alterado pues se cubrió toda la superficie de color blanco, después de 10 días la parte superior del basidiocarpo empezó a tomar un color marrón rojizo, posteriormente un mes después (febrero) cambió a color marrón oscuro (Figura 19 c y d). El margen o borde tenía color blanquecino, bastante ancho, pero al dejar de crecer el basidiocarpo este margen de color blanco se volvió más delgado (Figura 19 e). En el mes de marzo, el pileo presentó una textura más rugosa, cuarteada y con menos brillo que en las fases anteriores, posiblemente por la pérdida de humedad del basidio (Figura 19 f).



a) y b) Agosto 2011. c) y d) Enero 2012, crecimiento atípico del basidio. e) Febrero 2012.
f) Marzo 2012.

Figura 19 Desarrollo de *Ganoderma australe* (Z2-PR03)

En el otro árbol (código Z1-PR04) que también presentó el síntoma de defoliación atípica, se desarrolló varios basidiocarpos en la base del fuste y de dimensiones similares al descrito anteriormente (Figura 20). La aparición de este signo se observó luego que el árbol muriera y se secará.

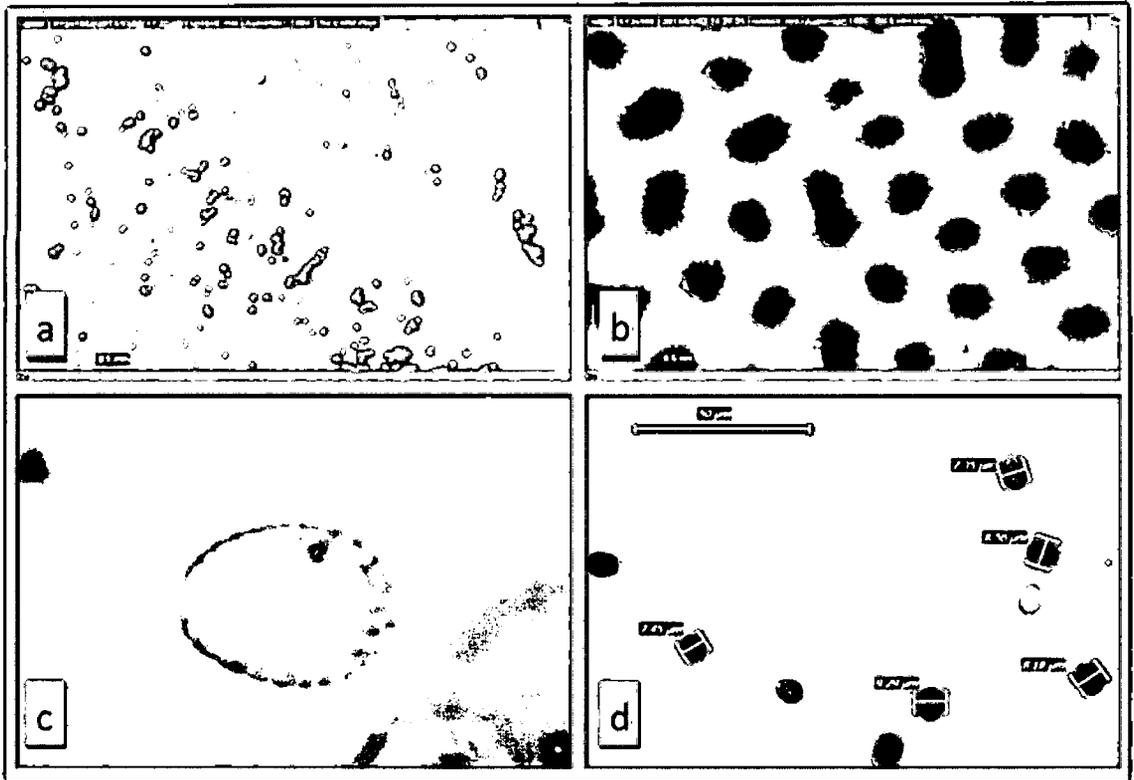


a) Basidiocarpio en estado juvenil. b) Basidiocarpio en estado maduro. c) Borde del basidiocarpio.

Figura 20 Basidiocarpio de *Ganoderma australe* (Z1-PR04)

C) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA DEL SIGNO

Se observó en el estereoscopio que el pileo presentó una superficie brillante (Figura 21 a), la cual en la madurez del hongo llegó a opacarse y tomar a un color café oscuro. El himenio está formado por poros de forma circular (Figura 21 b). Las basidiosporas se caracterizaron por tener dos paredes interconectadas por pilares truncadas, de color dorado a marrones y con dimensiones promedio de 11,55 μm de largo y 8,17 μm de ancho (Figura 21 c y d).



- a) Vista en estereoscopio del pileo. b) Vista en estereoscopio de los poros en el himenio.
c) Basidiospora (vista a 100X) de *G. australe*. d) Dimensiones de basidiosporas.

Figura 21 Características microscópicas de *Ganoderma australe* en *Delonix regia*

D) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL

Las dimensiones de las basidiosporas y las características morfológicas del cuerpo fructífero permitieron identificar y clasificar taxonómicamente al hongo (Cuadro 9), basándose en lo mencionado en la clave de identificación para poliporos neotropicales (Ryvarden, 2004).

Cuadro 9 Clasificación taxonómica de *Ganoderma australe*

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Orden	Polyporales
Familia	Ganodermataceae
Género	<i>Ganoderma</i>
Especie	<i>australe</i>
Nombre científico	<i>Ganoderma australe</i> (Pers.) Pat.
Nombre común	Hongo de repisa, seta del artista

Según Cribián et al. (2007), *Ganoderma australe* es común en los ambientes tropicales y es posible confundirlo con *Ganoderma applanatum*, ya que ambos tienen basidiocarpos perennes y similares pero *G. applanatum* es común en el hemisferio norte y se caracteriza por tener esporas más pequeñas (7 μm a 12 μm de largo).

E) PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y ECOLÓGICAS DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL

- Penetración: las heridas causadas por el hombre o naturalmente, son las vías por donde generalmente ocurre la inoculación de las esporas. Posteriormente, empieza el desarrollo del micelio causando la penetración propiamente dicha (Robledo, 2006).
- Infección: una vez que el micelio llega hasta el centro del fuste comienza a extenderse hacia arriba y hacia abajo del punto de infección. *Ganoderma australe* al ser un hongo de pudrición blanca cuenta con enzimas (celulasas y lignasas) capaces de remover o degradar todos los componentes de las paredes celulares del leño, es decir, celulosa, hemicelulosa y lignina (Robledo, 2006).
- Colonización: las esporas de esta especie tienen que colonizar, en el tronco o colonizar las ramas muertas del árbol. Cuando el hongo se ha desarrollado lo suficiente y está en condiciones de fructificar lo hace generalmente en la base del fuste (Robledo, 2006).
- Incubación: no se puede precisar el tiempo que transcurre desde la infección hasta la manifestación del síntoma.
- Sintomatología: decoloración del follaje, cambio de textura y dureza del leño (Robledo, 2006). Según Luley (2006), el hongo puede llegar a comportarse como saprofito debido a que su aparición se asocia generalmente con un estado avanzado de descomposición. Smith (1988), agrega que en los estadios iniciales en secciones del leño, la pudrición aparece solo como un moteado blancuzco, pero en la presente investigación esta característica no fue observada en campo.

F) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

Para determinar el grado de severidad del síntoma fue necesario evaluar la evolución del síntoma en los individuos de la especie de *Delonix regia* en las cuatro estaciones del periodo de estudio, con esta información se elaboró la escala de la enfermedad, la cual se puede apreciar en la Figura 22.

			
G1	G2	G3	G4
0 %	Del 1% al 40%	Del 41% al 70%	Del 71 al 100%
Árbol sano, sin defoliación atípica.	Marchitez de la copa y/o defoliación atípica en el rango de 1% al 40%	Defoliación atípica de la copa en el rango de 41% al 70%	Defoliación atípica de la copa en el rango de 71% al 100%

Figura 22 Escala para el síntoma de defoliación atípica en *Delonix regia*

El Cuadro 10, muestra que el síntoma de la defoliación atípica en *Delonix regia* se encontró distribuido en un número bajo de individuos de la especie, ya que de los 20 árboles evaluados solo 2 individuos presentaron este síntoma, estos estaban ubicados en la zona 1 y zona 2. El árbol de la zona 1, de código Z1-PR04, estuvo ubicado en la zona urbana de la universidad (ciudad universitaria), específicamente dentro de una jardinera, por lo que tenía poca área donde las raíces podrían desarrollarse adecuadamente. Posiblemente, las raíces no tuvieron agua del subsuelo, a esto se le suma el riego escaso. El árbol mantuvo un comportamiento normal en las primeras tres estaciones del periodo de evaluación, siendo en el otoño cuando se presentó el síntoma más agudo, es decir, que en menos de tres meses el árbol mostró grado de severidad de valores 2, 3 y 4. Por otro lado, el árbol de la zona 2 (código Z2-PR03) también presentó escaso riego debido a que estuvo ubicado en una berma alejada del canal. Sin embargo, a diferencia del árbol de la zona 1 este registró una defoliación total durante todo el periodo de evaluación.

Cuadro 10 Valores de incidencia y severidad del síntoma de defoliación atípica en *Delonix regia*

ZONAS	N° árboles	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
1	5	0%	0%	0%	20%	1	1	1	2
2	7	14%	14%	14%	14%	1	1	1	1
3	0	—	—	—	—	—	—	—	—
4	3	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
5	3	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
6	2	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
Campus	20	5%	5%	5%	10%	1	1	1	1

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño, (---)=no existen árboles de *Delonix regia* en esa zona

Aunque el grado de severidad durante el periodo de evaluación indica que los árboles se encontraron sanos, se debe tener en cuenta que este valor es un promedio y que esta enfermedad llegó a matar a los árboles infectados, lo cual fue corroborado por la presencia de los basidiocarpos que se desarrollaron en la base de los árboles. Posteriormente, a la muerte de ambos árboles, los encargados del arbolado universitario decidieron retirarlos para evitar accidentes, pues la pudrición del leño del fuste y raíces o el debilitamiento de ramas hicieron inestable al árbol. Adicionalmente, a esta acción se recomienda la extracción del tocón junto a los basidiocarpos con la finalidad de evitar la proliferación del hongo. Además, no producir desgarros durante la poda de los otros árboles, desinfectar las herramientas al pasar de un árbol a otro y utilizar selladores antifúngicos; ya que queda claro de que *Delonix regia* es una especie susceptible al ataque de *Ganoderma australe*.

Los valores de incidencia y severidad deben ser tomados con cautela para este estudio pues la cantidad de árboles observados en cada una de las 6 zonas de estudio son diferentes.

4.4.3 OTRAS OBSERVACIONES

SIGNO: BASIDIOCARPO EN EL FUSTE

También se observó un basidiocarpo en otro individuo de *Delonix regia*, de código Z6-PR01, el cual hasta el final de esta investigación no presentó defoliación atípica como lo descrito anteriormente, ni otro síntoma que indiquen un daño avanzado por parte del hongo (Figura 23 a). Dicho signo se encontraba en un callo de una rama mal podada (Figura 23 b). Posiblemente, esta parte del árbol se encontraba en proceso de descomposición, generando el desarrollo del cuerpo fructífero del hongo, el cual se estaría comportando como un agente saprofito, ya que se alimentaría de la parte muerta del árbol.

El hongo fue identificado como *Ganoderma sp.*, el cual volvió a fructificar en el mes de marzo (otoño) después que el cuerpo fructífero fuese extraído por los encargados (Figura 23 c).



- a) Comportamiento normal de la copa del árbol. b) Agosto 2011, desarrollo del basidiocarpo después de una poda. c) Marzo 2012, desarrollo del cuerpo fructífero.

Figura 23 *Ganoderma sp.* en *Delonix regia* (Z6-PR01)

Otro árbol de *Delonix regia* (Z2-PR06), presentó un cuerpo fructífero en una bifurcación de la parte baja del fuste durante el verano del 2012. Este basidiocarpo tenía dimensiones de hasta 24 cm de largo, 10 cm de ancho y 5 cm de alto. Su color al inicio de su desarrollo era de color dorado, luego pasó a un color blanquecino con manchas cremas (Figura 24).

Cabe resaltar que la presencia de este hongo, al igual que el anterior, tampoco registró síntoma de defoliación atípica u otros en el hospedero. No se llegó a identificar dicho basidiocarpo por que este fue extraído del árbol.



a) y b) Febrero 2012, desarrollo del basidiocarpo después de una poda.

Figura 24 Basidiocarpo en *Delonix regia* (Z2-PR06)

4.5 EN EL PAPELILLO

4.5.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Sapindaceae
Nombre científico: *Koelreuteria paniculata*
Nombre común: Papelillo, Coelreuteria

Los árboles de *Koelreuteria paniculata* llegaron a medir hasta 8 m en promedio y presentaron copa globosa o redonda, además es considerada una especie caducifolia, es decir que naturalmente pierde su follaje en cierta época del año (Figura 25). Además, según Florales (2010), esta especie mantiene un ritmo de crecimiento moderado.



a) En verano (zona 1). b) En otoño (zona 1). c) En primavera (zona 1).

Figura 25 *Koelreuteria paniculata*

Dentro del campus universitario, la defoliación ocurrió durante la primavera (mes de octubre) llegando a perder hasta el 93% de su follaje, en promedio, mientras que en el verano y otoño la copa se encontró verde, luego en el invierno empezó a perder lentamente el follaje, tal como se observa en la Figura 26. Sin embargo Floralies (2010), para su estudio en Lima considera esta especie como semicaducifolia, con raíz profunda y no invasora. El mismo autor indica que crece en diversos suelos (tolera suelos alcalinos), pero con buen drenaje y riego normal hasta que se establezca, uno dos años después tolera la sequía, su floración se da en el verano lo cual coincide con lo visto durante la época de evaluación.

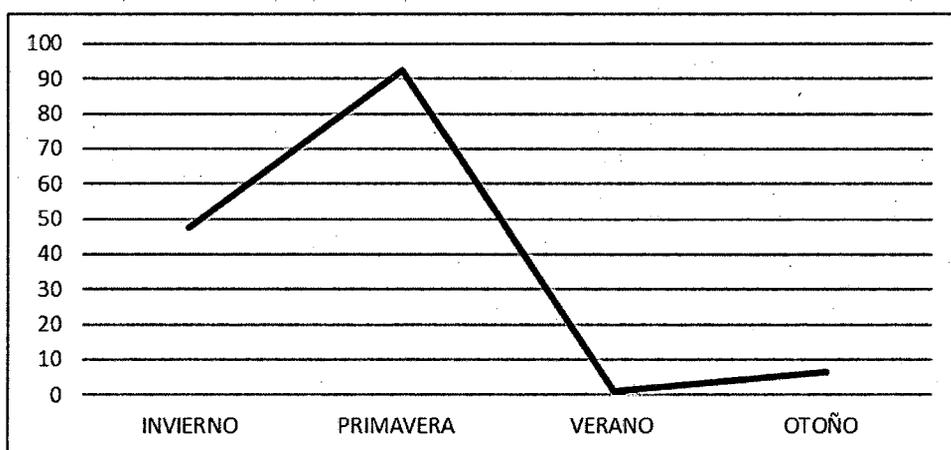


Figura 26 Defoliación de *Koelreuteria paniculata* para el periodo de estudio

Koelreuteria paniculata es la decima cuarta especie en orden de abundancia en el campus (54 árboles), evaluándose 12 árboles (22% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 21,2 cm, siendo el DAP máximo de 48,5 cm y el mínimo de 5,5 cm, este último se encontraron ubicados en el bosque (zona 3).

4.5.2 SÍNTOMA: MUERTE SÚBITA

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

La anomalía inició abruptamente con la marchitez del 70% del follaje (Figura 27 a y b) en la quincena de diciembre del 2011, aproximadamente dos semanas después el árbol marchito se defolió por completo (Figura 27 c).

Durante el otoño e invierno no hubo foliación, sino por el contrario el fuste se secó y se puede afirmar que el árbol murió cuando se observó el desprendimiento de la corteza, la infestación del fuste por insectos no identificados (Figura 27 d) y la posterior aparición del basidiocarpo.



a) Diciembre 2011, inicio de caída del follaje marchito. b) Decoloración de las hojas más jóvenes. c) Enero 2012, comparación del árbol evaluado con otro de la misma especie al lado izquierdo. d) Diciembre 2013, árbol muerto.

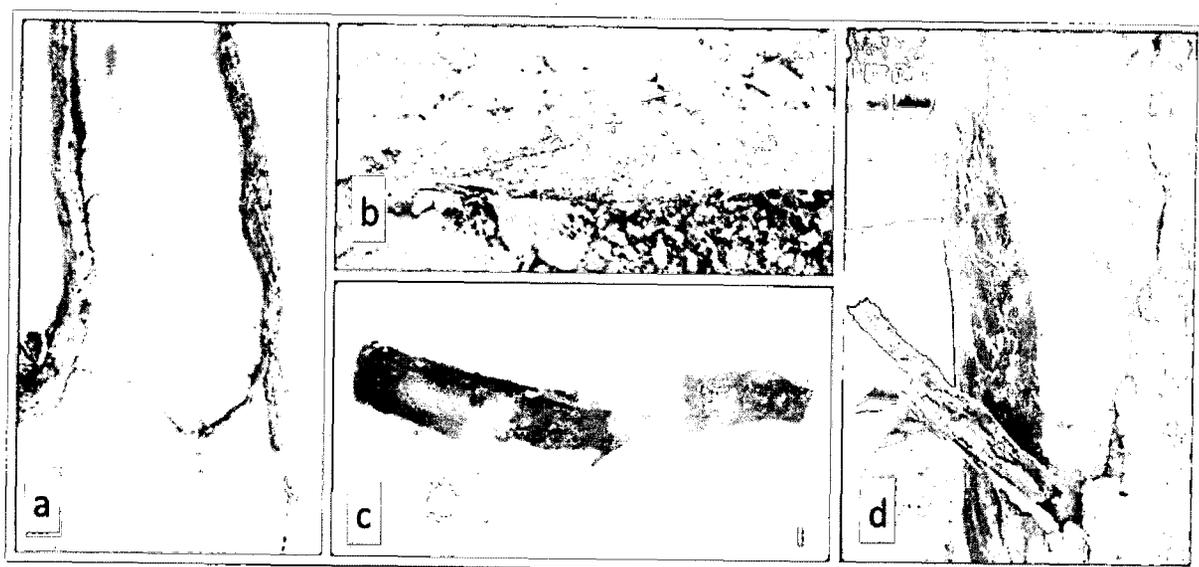
Figura 27 Evolución del síntoma muerte súbita en *Koelreuteria paniculata*

B) CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICA DE LOS SIGNOS

B.1) SIGNO EN LAS RAICES

Boa (2008), indica que la pérdida de vigor de la copa es considerado un síntoma secundario del daño causado, posiblemente, por algún agente patógeno (bacteria, hongo, nematodo, chromista) ubicado en la raíz o en el tejido vascular de la planta. Por tal motivo, apenas se observó el síntoma en el árbol de código Z2-PA03, se procedió a evaluar la zona radicular del mismo.

La raíz y raicillas del árbol afectado se encontraban secas y parte de estas estaban cubierta por micelio, el cual tenía aspecto algodonoso y de color blanco. Además, en el mes de mayo del año 2013 (al finalizar el periodo de evaluación) se observó el fuste seco y empezó a cuartearse (Figura 28), pero aún presentaba resistencia al tacto, es decir no se halló indicios de ningún tipo de pudrición.

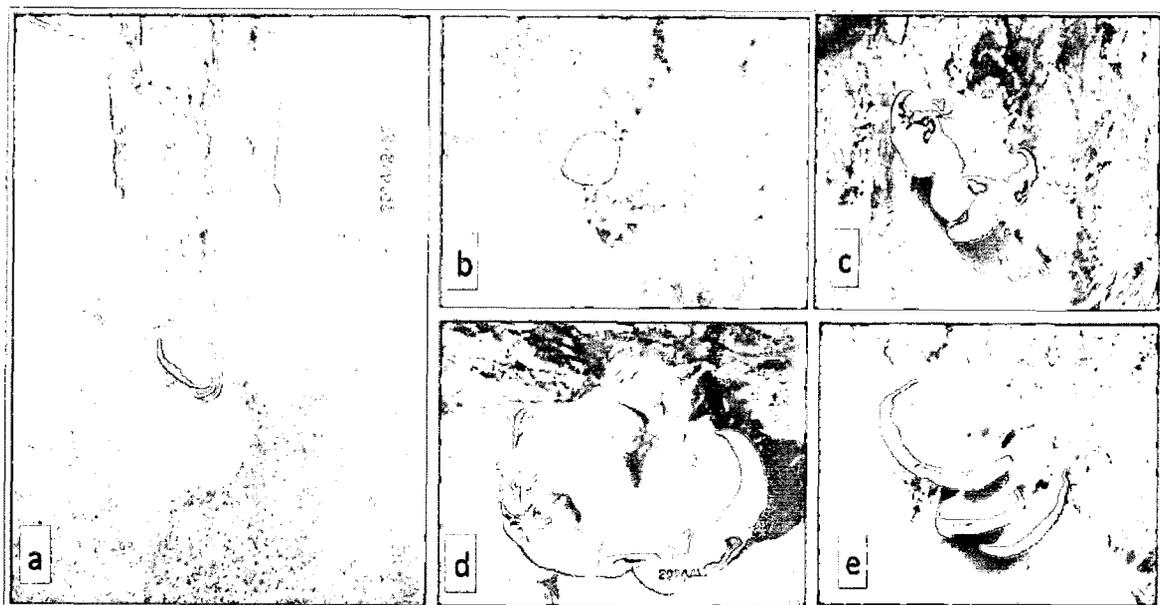


a) Enero 2012, raíces secas. b) y c) Vista de raíz con micelio en campo y en laboratorio, respectivamente. d) Síntoma de insectos grabadores de madera en la parte media del fuste seco.

Figura 28 Presencia de micelio en raíces secas

B.2) SIGNO EN EL FUSTE

Después del periodo de evaluación se observó el desarrollo de un cuerpo fructífero en la parte baja del fuste, luego de que el árbol se seicara por completo. El basidiocarpo era de tipo repisa, sin pie y color blanquecino al inicio de su desarrollo, luego pasó a un color café oscuro, llegando a tener las siguientes dimensiones: 25 cm de largo, 15 cm de ancho y 2,5 cm de alto. Tal como se observa en la Figura 29.



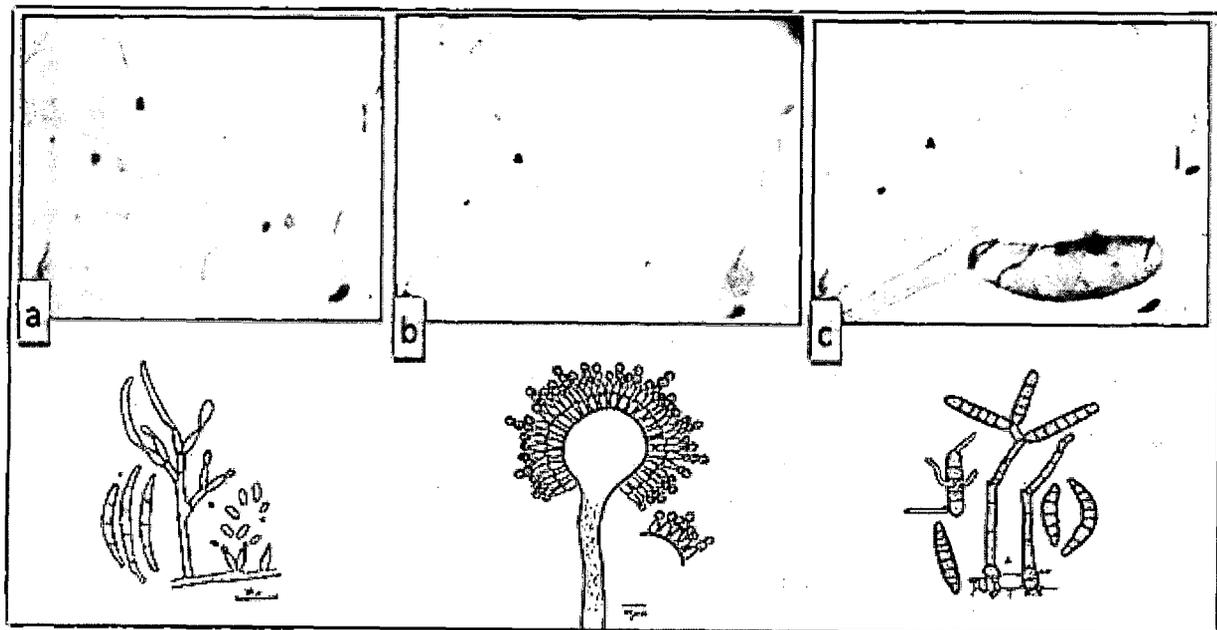
- a) Basidiocarpo en la parte basal del árbol. b) Estado inicial del basidio. c) Estado juvenil del basidio. d) y e) Estado avanzado del basidio.

Figura 29 Desarrollo de *G. australe* adherido en fuste de *Koelreuteria paniculata*

C) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA DE LOS SIGNOS

C.1) SIGNO EN LAS RAICES

Al extraer la raíz se encontró micelio sobre este, el cual mediante dos métodos: el de cámara húmeda y el del cultivo en medio PDA, fue aislado y se identificó un hongo del género *Fusarium* (Figura 30 a). En medio de cultivo PDA también se aisló e identificó un hongo del género *Aspergillus* (Figura 30 b). Con la misma metodología, pero para la muestra del leño del fuste, se encontró un hongo del género *Helminthosporium* (Figura 30 c). Mientras que en las muestras de hojas y ramitas no se encontró ningún patógeno.



a) *Fusarium* sp. b) *Aspergillus* sp. c) *Helminthosporium* sp.

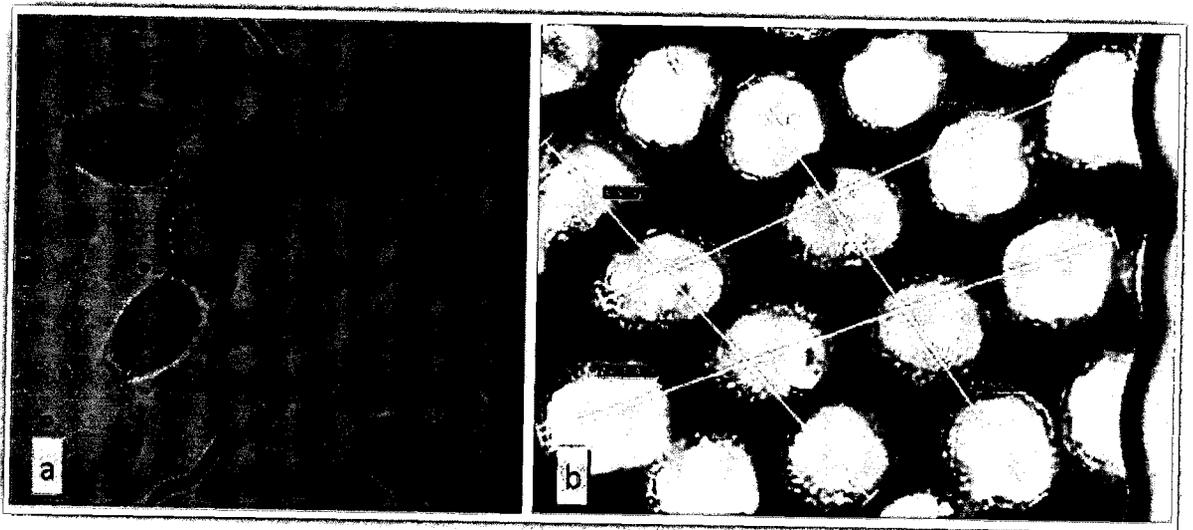
Figura 30 Conidias de hongos en *Koelerutera paniculata* (vista 100X)

El hongo de género *Fusarium* se caracterizó por presentar macroconidios fusoides, ligeramente curvados, septados y con una célula basal pedicelada, tal como indica la clave de identificación de Richard T. Hanlin (1995). Londoño (2012), señala que además este hongo presenta microconidios y clamidosporas terminales o intercalares, que pueden estar ausentes o presentes. Por otro lado OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agraria, 2003), indica que el patógeno sobrevive en el suelo con mayor frecuencia como clamidosporas, las que pueden sobrevivir hasta por 30 años, por lo que es considerado un excelente habitante del suelo. Se disemina a través de corrientes de agua de riego o lluvia, movimientos y trasplante de materiales en suelo contaminado. El desarrollo del hongo es mejor en suelos de textura fina francos y arenosos, similares a los encontrados en el campus universitario, además menciona que le es favorable los suelos ácidos con pH de 3,8-5,0; valores contrarios a los encontrados ya que el pH del suelo es de 7. La temperatura del suelo en un rango de 25-35 °C favorece el desarrollo y reproducción del hongo, datos que coinciden con las temperaturas obtenidas para las cuatro estaciones de evaluación.

Asimismo, sobre la raíz se encontró el hongo *Trichoderma sp.*, que según Sanchez (s.f.), es un hongo controlador de otros hongos, nematodos e insectos. Así mismo, se extrajo muestra de suelo para determinar la presencia de algún nematodo patógeno pero esta hipótesis fue descartada, ya que los nematodos encontrados no eran patogénicos.

C.2) SIGNO EN EL FUSTE

El basidiocarpo desarrollado en la base del fuste fue identificado como *Ganoderma australe*, ya que mantuvo características similares al descrito en ponciana real, así como se determinó en el himenio 4 poros en promedio por milímetro, lo cual es corroborado por Ryvar den (2004) para esta especie de hongo (Figura 31).



a) Basidiosporas vistas a 100X. b) Poros circulares vista en microscopio.

Figura 31 Características microscópicas de *G. australe* en *Koelreuteria paniculata*

En base a la bibliografía consultada, se podría decir que el *Fusarium sp.* sería el posible causante de la muerte súbita en el árbol de la especie *Koelreuteria paniculata*, ya que *Aspergillus spp.* y *Helminthosporium spp.* son considerado hongos oportunistas o secundarios y no tienen relación con esta enfermedad. Esto se sustenta con lo indicado por Arrojo (s.f.), quien afirma que el *Fusarium sp.* se encuentra dentro de la clasificación de hongos vasculares, ya que provocan daños en los vasos conductores o en la médula (en el interior del tallo), lo que

provoca un estrangulamiento paulatino de la planta que acaba muy dañada o muerta. En muchos casos suele presentar la sintomatología del daño en partes de la planta alejada de donde se está produciendo el ataque. Así mismo, *Fusarium sp.* son más severos en climas secos (Agrios, 2005).

CONAFOR (2012) en su estudio en México señala que *Ganoderma applanatum* podría causar marchitez, decoloración y hasta muerte de las ramas. Por lo que al encontrarse el basidiocarpo de *Ganoderma australe* (muchas veces confundido con *G. applanatum*) desarrollándose en el fuste no se descarta que pueda ser el posible agente causal de la muerte súbita del árbol infectado.

D) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SIGNOS

Los posibles hongos que originaron la infección y muerte del árbol, tienen la siguiente clasificación taxonómica (Cuadro 11)

Cuadro 11 Clasificación taxonómica de *Fusarium sp.* y *Ganoderma australe*

Reino	Fungi	Fungi
Phyllum	Ascomycota	Basidiomycota
Clase	Sordariomycetes	Basidiomycetes
Orden	Hypocreales	Polyporales
Familia	Nectriaceae	Ganodermataceae
Género	<i>Fusarium</i>	<i>Ganoderma</i>
Especie	sp.	<i>australe</i>
Nombre científico	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Ganoderma australe</i>

E) *PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y ECOLÓGICAS DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL*

- Penetración: *Fusarium* sp. al ser un hongo de suelo, ingresa a la planta por heridas generadas en las raíces. En este caso las heridas fueron provocadas al momento de trasplante del individuo para su plantación.
- Infección: OIRSA (2003), señala que el micelio del hongo se propaga intercelularmente a través de la corteza de la raíz, invadiendo los vasos xilémicos e impidiendo el libre movimiento del agua hacia la parte superior de la planta.
- Colonización: al germinar la espóra en la raíz emite un tubo germinativo, el cual mediante secreciones de enzimas y toxinas, perfora la epidermis necrosando las células adyacentes. Posteriormente, el micelio una vez dentro de los vasos prosigue su ataque extendiéndose a las demás partes de la planta (Besoain, 1999).
- Incubación: los árboles adultos infectados pueden seguir manifestando el síntoma durante varios años, pero los más jóvenes afectados seriamente pueden morir rápidamente (Besoain, 1999).
- Sintomatología: OIRSA (2003), indica que cuando el suministro de agua es inferior al mínimo requerido para el normal funcionamiento, los estomas se cierran, las hojas se marchitan y mueren, produciendo el colapso total y muerte de la planta. Adicionalmente, Gallegos (2005) añade que este patógeno puede afectar tanto a las raíces como al tallo y hojas, siendo el síntoma la pérdida de turgencia de hojas, clorosis, coloración color café del xilema (oxidación) y marchitamiento mientras que las raíces presentan pudriciones de coloración oscura.

Las características biológicas y ecológicas de *Ganoderma australe*, fueron descritas anteriormente en la especie hospedera *Delonix regia*.

F) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

Para la determinación del grado de severidad del síntoma, se elaboró la escala (Figura 32) en base a la evolución de la pérdida de vigor en el follaje del árbol de *Koelreuteria paniculata*, lo cual se obtuvo con las evaluaciones durante el periodo de estudio.

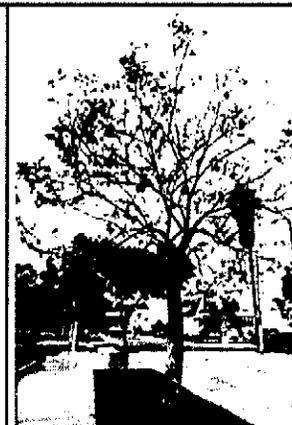
			
G1	G2	G3	G4
0 %	Del 1% al 40%	Del 41% al 90%	Del 91 al 100%
Arbol sano, sin defoliación atípica.	Amarillamiento de la copa y/o defoliación atípica en el rango de 1% al 40%	Defoliación atípica de la copa en el rango de 41% al 90%	Defoliación atípica de la copa en el rango de 91% al 100%

Figura 32 Escala para el síntoma de muerte súbita en *Koelreuteria paniculata*

El Cuadro 12, muestra que el síntoma muerte súbita en *Koelreuteria paniculata* tuvo una estrecha distribución espacial y grados de severidad bajos, debido a que de los 12 árboles evaluados solo uno presentó la enfermedad. Además, se observa que durante el invierno y primavera no se presentó el síntoma, pues fue en verano cuando inició la violenta anomalía. El árbol enfermo estuvo ubicado en la zona 1 (zona urbana de la ciudad universitaria) encontrándose vereda a su alrededor, por lo que el área de crecimiento de sus raíces fue limitada, dificultando la adecuada absorción del agua.

Cuadro 12 Valores de incidencia y severidad del síntoma de muerte súbita en *Koelreuteria paniculata*

ZONAS	N° árboles	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
1	4	0%	0%	25%	25%	1	1	2	2
2	1	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
3	3	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
4	4	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
5	0	---	---	---	---	---	---	---	---
6	0	---	---	---	---	---	---	---	---
Campus	12	0%	0%	8%	8%	1	1	1	1

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño, (---)=no existen árboles de *Koelreuteria paniculata* en esa zona

A pesar que la severidad indica que los árboles de *Koelreuteria paniculata* se encontraron sanos, cabe resaltar que este valor numérico es un promedio y que esta enfermedad fue fulminante para su hospedero, ya que llegó a matarlo en dos semanas.

Es importante mencionar que este individuo fue trasplantado en estado adulto y no manifestó síntomas aproximadamente durante un año. La infección posiblemente se produjo a partir del suelo o sustrato contaminado o que las herramientas que se emplearon para su traslado estaban contaminadas. Por tal motivo, se debe evitar ocasionar heridas de las raíces durante la plantación, así como también no ocasionar desgarros de ramas en las podas, desinfectar las herramientas a utilizar y emplear selladores antifúngicos.

4.6 EN LA CASUARINA

4.6.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Casuarinaceae
Nombre científico: *Casuarina cunninghamiana*
Nombre común: Casuarina

Especie con copa estrecha y vertical, considerada siempre verde (Figura 33 a) y utilizada como cortina rompeviento (Figura 33 b) por la gran altura que llegan a alcanzar. En el campus se encontró una altura máxima de 15 m aproximadamente. Floralties (2010), menciona que esta especie tiene raíz profunda con nódulos radiculares, además mantiene un ritmo de crecimiento rápido, adaptable a cualquier tipo de suelo, soporta bien la salinidad y es tolerante a la sequedad.



a) Árbol en zona 2. b) Árboles como cortina rompe viento en zona 3.

Figura 33 *Casuarina cunninghamiana*

Casuarina cunninghamiana es la tercera especie en orden de abundancia en el campus (144 árboles), evaluándose 23 árboles (16% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 34 cm, siendo el DAP máximo de 58 cm y el mínimo de 12 cm, este último ubicado en el bosque (zona 3).

En esta especie se encontró dos síntomas: pudrición y exudación del fuste.

4.6.2 SÍNTOMA 1: PUDRICIÓN MARRÓN

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

El síntoma se caracterizó por la degradación de una parte del leño en la parte baja y media del fuste de color marrón, consistencia quebradiza al tacto y finalmente la estructura de la madera se deshace como polvo (Figura 34 a). Las dimensiones de la concavidad fueron variadas, exponiendo la parte interna del fuste y comprometiendo gravemente la salud del individuo (Figura 34 b).

En el árbol de código Z2-CA01 se observó que la pudrición tuvo su origen, posiblemente en la médula del árbol dejando la corteza intacta, luego la corteza se desprendió y dejó al descubierto la parte interna que se encontraba podrida, lo cual se comprobó al introducir con facilidad el barreno metálico (Figura 34 c). Este mismo árbol mostró desde el inicio de la evaluación una inclinación desde la base del fuste (Figura 34 d), que no varió durante la época de estudio pero que presentaba un riesgo para las personas. Los otros árboles con el síntoma manifestaron la pudrición marrón junto con una concavidad con dimensiones considerables.



a) Degradación del leño. b) Concavidades producidas por la pudrición. c) Prueba de resistencia.
d) Árbol inclinado producto de la pudrición.

Figura 34 Síntoma de pudrición marrón en *Casuarina cunninghamiana*

B) CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICA DEL SIGNO

Al culminar el periodo de estudio se desarrolló un basidiocarpo, el cual tuvo las siguientes características. En su estado inicial era como un botón color blanco de tamaño muy pequeño (Figura 35 a), luego cambio de color amarillo pálido, forma esférica y húmeda al tacto (Figura 35 b). Después, continuó creciendo intentando tener forma de repisa (Figura 35 c) pero no se llegó a desarrollar completamente (Figura 35 d).



a) y b) Estado inicial del hongo. c) Hongo en forma de repisa. d) Decaimiento del hongo.

Figura 35 Desarrollo del basidiocarpo en *Casuarina cunninghamiana*

C) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA DEL SIGNO

La mayoría de las esporas colectadas del cuerpo fructífero se encontraban inmaduras, presentando forma globosa con doble pared, bien definida (Figura 36). Otras esporas presentaban características similares a las del género *Ganoderma* descrita por (Ryvarden, 2004).

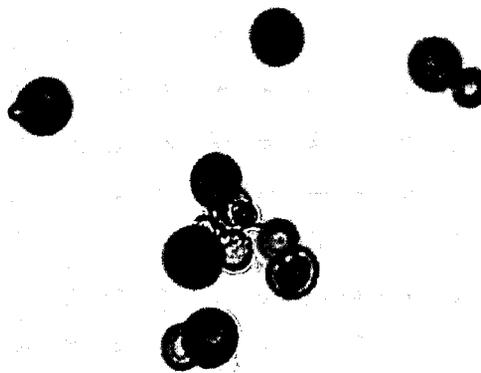


Figura 36 Esporas del basidiocarpio en *Casuarina cunninghamiana*

D) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SIGNO

Las características macro y microsoccopicas del desarrollo inicial del basidiocarpio fueron similares al *Ganoderma australe* observados en los hospederos *Delonix regia* y *Koelreuteria paniculata*. Cibrián et al. (2007), señala que los especímenes jóvenes de *Ganoderma australe* son de color blanquecino a amarillo pálido, características mencionadas anteriormente para este basidiocarpio. A pesar de esto no se puede afirmar que el agente causal fue *Ganoderma australe*, sin embargo sus características indican que este hongo pertenece al género *Ganoderma* (Cuadro 13).

Cuadro 13 Clasificación taxonómica de *Ganoderma* sp.

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Orden	Polyporales
Familia	Ganodermataceae
Género	<i>Ganoderma</i>
Especie	sp.
Nombre científico	<i>Ganoderma</i> sp.

E) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

La escala (Figura 37) fue elaborada en base al grado del ataque observado durante el periodo de evaluación, considerándose que el mayor grado de severidad se da cuando el árbol empieza a inclinarse, ya que según O'Brien (1992) manifiesta que la pudrición puede causar la inclinación del fuste y la posterior caída del árbol, ocasionando accidentes a la población.

			
G1	G2	G3	G4
0 %	Del 1% al 20%	Del 21% al 50%	Mayor al 51%
Fuste completamente sano, sin presencia de pudrición marrón.	Presencia de pudrición marrón del 1% al 20% del fuste en el rango desde la base hasta los 2m de altura.	Presencia de pudrición marrón del 21% al 50% del fuste en el rango desde la base hasta los 2m de altura.	Presencia de pudrición marrón mayor al 50% del fuste desde la base hasta los 2m de altura. O inclinación del árbol producto de la pudrición del leño.

Figura 37 Escala para el síntoma de pudrición marrón en *Casuarina cunninghamiana*

De acuerdo a los resultados de la evaluación cuantitativa se puede afirmar una baja distribución espacial y severidad de la pudrición marrón en *Casuarina cunninghamiana*, debido a que solo 3 árboles (zonas 2 y 3) presentaron el síntoma (Cuadro 14). Los resultados podrían ser explicados por que los árboles afectados de la zona 2 tuvieron riego por inundación y frecuente; mientras el árbol de la zona 3 estaba ubicado sobre un suelo totalmente seco, lo que evidenciaba la ausencia de riego anterior y durante la época de estudio. El avance de la pudrición fue lenta y solo se pudo confirmar al observar el síntoma de pudrición marrón en el fuste, lo cual indicó que el ataque se encuentra en un estado avanzado. Los síntomas secundarios (disminución del follaje de la copa u otro) son pocos perceptibles en la mayoría de los árboles, sin embargo algunos presentaron inclinación del fuste desde su base.

Así mismo el grado de severidad para la zona 2, indica que del 1 al 20% del fuste comprendido entre la base radicular y los 2 m de altura están descomponiéndose o pudriéndose, lo cual resulta peligroso por los accidentes que se podrían ocasionar.

Cuadro 14 Valores de incidencia y severidad del síntoma de pudrición marrón en *Casuarina cunninghamiana*

ZONAS	N° árboles	Incidencia	Severidad
		Periodo de estudio	Periodo de estudio
1	1	0%	1
2	7	29%	2
3	8	13%	1
4	3	0%	1
5	1	0%	1
6	3	0%	1
Campus	23	13%	1

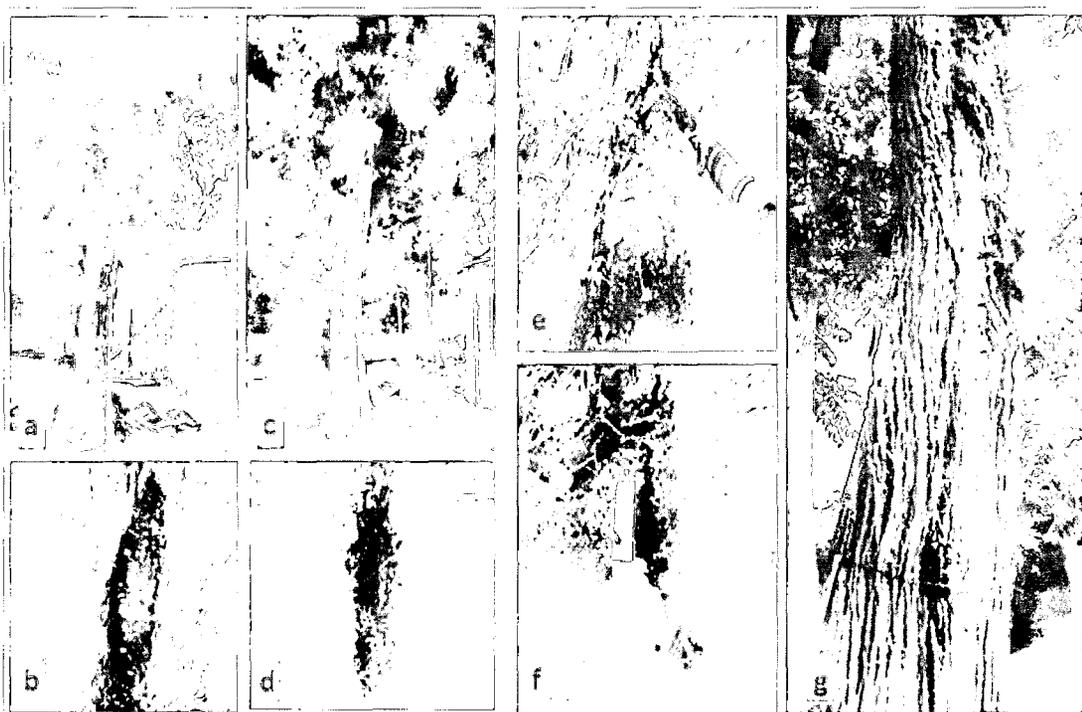
F) MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO

El mapa de riesgo epidemiológico (Figura 38) muestra que el síntoma afortunadamente se encuentra espacialmente ubicado en puntos focalizados en la zona 2 y 3 del campus universitario, por lo que la enfermedad podría dispersarse en los otros árboles de la zona 2 y en dirección a la zona 3, ya que en estas se encuentran la mayor parte de los árboles de *Casuarina cunninghamiana*. Para prevenir la proliferación de la enfermedad se debe desinfectar las herramientas utilizadas en los tratamientos silviculturales al pasar de un árbol a otro y evitar heridas en los mismos, así como eliminar los basidiocarpos.

4.6.3 SÍNTOMA 2: EXUDACIÓN

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

El síntoma se caracteriza por la exudación anormal en diferentes partes del fuste del árbol, es decir se observó en la parte basal, media o alta de este, sin que se muestre degradación de la madera. Además, durante el invierno la exudación se manifestó de color marrón claro, textura viscosa y con olor a humedad, mientras que durante el verano se mantuvo semi-seca y de color negro, notándose las pequeñas concavidades u orificios que dejó el paso de la exudación, tal como se muestra en la Figura 39. Los árboles con el síntoma no presentaron síntomas secundarios, es decir, debilitamiento o decoloración de su copa.



a) y b) Invierno, exudación húmeda. c) y d) Verano, exudación seca. e) Consistencia del leño del fuste. f) Apariencia viscosa de la exudación. g) Formación de canal en el fuste a causa de exudación de la parte alta.

Figura 39 Síntoma de exudación en *Casuarina cunninghamiana*

B) CARACTERIZACIÓN DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL

Clamens et al. (1998), señala que los exudados son productos naturales que excretan las plantas como una respuesta a la práctica de heridas a nivel del tallo, por remoción de una rama o por la presencia de insectos, bacterias u hongos. Sin embargo, las muestras extraídas de la raíz cercana al cuello y del leño interno de los árboles (Figura 40 a) que fueron llevadas al laboratorio no registraron presencia de patógenos.

Por otro lado para tener la certeza de que la exudación observada no era producto de heridas, se realizaron cortes con hacha en el fuste de árboles con el síntoma. Sin embargo, estos no mostraron esta exudación hasta las últimas evaluaciones del año 2013 (Figura 40 b). También se determinó que algunos individuos presentaban el síntoma, producto de la acción humana. En algunos árboles el origen de la exudación fue producto de un orificio generado por el ingreso de un barreno metálico, para extraer las muestras del leño del árbol a una altura de 1,60 m (Figura 40 c y d). Además, se observó que las exudaciones provenientes de la parte alta (a 6 m del suelo) eran producto de las caídas de las ramas (Figura 40 e).



a) Muestra de raíces y corteza de un árbol con síntoma. b) Testigo realizado a un árbol con presencia del síntoma. c) y d) Exudación por causa humana en la zona 3. e) Exudación a causa de caída de ramas o podas.

Figura 40 Muestras y testigos del síntoma

Así mismo, el síntoma podría estar influenciado por el riego pesado o inadecuado, ya que *Casuarina cunninghamiana* es una especie tolerante y adaptada a la sequedad por lo que el riego por inundación y frecuente estaría disminuyendo el vigor del árbol y predisponiéndolo a enfermarse.

C) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

La *Casuarina cunninghamiana* es una especie que se encontró en las 6 zonas del campus, pero más de la mitad de los árboles evaluados se concentraron en las zonas 2 y 3.

En base a los 23 árboles evaluados para el síntoma de exudación en *Casuarina cunninghamiana*, se elaboró la escala (Figura 41). Considerando la presencia del síntoma en la base del fuste como la de mayor grado de severidad (Agrios, 1997).

			
G1	G2	G3	G4
Fuste completamente sano, sin presencia de exudación.	Presencia de exudación en el fuste por encima de los 2 m de altura.	Presencia de exudación en la parte media del fuste, entre los 20 cm hasta los 2 m de altura.	Presencia de exudación en la base del fuste, por debajo de los 20 cm de altura.

Figura 41 Escala para el síntoma de exudación en *Casuarina cunninghamiana*

El Cuadro 15 muestra una evaluación para la época de estudio, debido a que la ubicación de la exudación no varió. La distribución espacial del síntoma fue amplia, pues se presentó en 4 de las 6 zonas del campus universitario. Los árboles que no presentaron estos síntomas se localizaron en las zonas 1 y 6; y tenían riego poco frecuente. Cabe recordar que los individuos ubicados en la zona 3 presentaban el síntoma por causa antrópica y la mayoría de árboles de la zona 4 originó la exudación por caídas de ramas.

Cuadro 15 Valores de incidencia y severidad del síntoma de exudación en *Casuarina cunninghamiana*

ZONAS	N° árboles	Incidencia		Severidad	
		Periodo de estudio	Periodo de estudio	Periodo de estudio	Periodo de estudio
1	1	0%		1	
2	7	71%		2	
3	8	63%		2	
4	3	100%		3	
5	1	100%		3	
6	3	0%		1	
Campus	23	61%		2	

D) MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA

El mapa de localización del síntoma (Figura 42) muestra que *Casuarina cunninghamiana* es susceptible a esta enfermedad y debido a que es una de las especies más abundantes del campus universitario se debe tomar acciones inmediatas para prevenir la manifestación del síntoma en los árboles sanos. El motivo principal de la aparición del síntoma parece ser la mala práctica de podas, la acción humana y el excesivo riego. Por lo cual se recomienda hacer las podas adecuadas y en la época oportuna, evitar hacer heridas y orificios, sellar los orificios originados por el barreno metálico utilizando tarugos desinfectados y finalmente el riego debe ser moderado según el requerimiento de la especie.

4.7 EN LA GREVILLEA

4.7.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Proteaceae
Nombre científico: *Grevillea robusta*
Nombre común: Grevilea, roble plateado

Árbol siempre verde de copa columnar o cónica alta y estrecha. Tronco recto y pocas veces se bifurca en la parte media del fuste, por lo que es plantado en pequeños rodales o utilizado como cortina rompeviento, tal como se muestra en la Figura 43. SERPAR (2012), indica que el recambio de sus hojas es moderada y que es de vida media. Floralies (2010), agrega que esta especie es de raíz profunda, tiene un ritmo rápido de crecimiento, adaptable a todo tipo de suelo, con buen drenaje, se desarrolla bien en suelos arcillosos y ácidos, necesita riego regular hasta que se encuentre bien establecido, después tolerante a la sequedad, con los años sus ramas se tornan quebradizas, lo cual se considera como poda natural. La misma autora y Rivera (2008) señalan que florece en primavera; sin embargo en el campus universitario se observó la floración en el verano, específicamente en el mes de febrero y la fructificación ocurrió en un periodo corto, entre marzo a abril.



a) Árboles jóvenes (zona 4). b) Árboles adultos (zona 1).

Figura 43 *Grevillea robusta*

Grevillea robusta es la primera especie en orden de abundancia en el campus (198 árboles), evaluándose 30 árboles (15% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 25 cm, siendo el DAP máximo de 60 cm y el mínimo de 9 cm, este último ubicado en el bosque (zona 3).

4.7.2 SÍNTOMA: EXUDACIÓN

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

El síntoma se caracteriza por el exudado de un líquido color oscuro (negro) a diferente altura del fuste, desde la base hasta la parte alta. La exudación no es típica de la especie; fue más abundante y continua durante la época de menor temperatura y mayor humedad relativa (invierno), siendo durante horas de la mañana más intenso (Figura 44 a). Mientras que durante las condiciones de mayor temperatura (verano) se observó que la exudación se secó (Figura 44 b), dejando sobre la superficie del fuste una coloración negruzca y seca.

La ubicación del síntoma también fue visto en el punto de bifurcación (Figura 44 c) de algunos árboles y en fustes monopodiales (Figura 44 d), incluso en la parte basal de otros individuos.



a) En invierno. b) En verano. c) Árbol bifurcado. d) Árbol monopodial.

Figura 44 Síntoma de exudación en *Grevillea robusta*

B) CARACTERIZACIÓN DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL

Bazán (1964), menciona que la ocurrencia de exudados es índice de estrés por factores abióticos, o reacción frente a un agente biótico tales como insectos u hongos. Sin embargo, en las muestras de leño interno y de corteza llevados al laboratorio no se identificó ningún patógeno.

También se observó que la especie *Grevillea robusta* exuda naturalmente goma de color ámbar, por las grietas de su fuste (Figura 45 a y b), la que se solidifica al contacto con el aire. Se procedió a realizar cortes en el fuste de árboles testigos con la finalidad de provocar la exudación. Al finalizar el periodo de estudio y hasta fines del 2013 no se registró cambios en dichas pruebas (Figura 45 c).

Por otro lado algunos árboles presentaron el síntoma a causa de la acción humana, ya que al igual que en *Casuarina cunninghamiana*, el origen de la exudación fue originado por la introducción de barreno metálico (Figura 45 d).



a) y b) Exudación natural de *Grevillea robusta*. c) Corte en árbol testigo. d) Exudación producto de la acción humana.

Figura 45 Diagnóstico del posible agente causal

De acuerdo a la ubicación de los árboles, cuya exudación no fue provocada por los orificios hechos por el hombre, se asume que la falta de riego sería el principal causante del síntoma.

C) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

En base a los 30 árboles evaluados para el síntoma de exudación en *Grevillea robusta*, se elaboró la escala (Figura 46) la cual permitió determinar el grado de severidad para el periodo de estudio.

			
G1	G2	G3	G4
Fuste completamente sano, sin presencia de exudación.	Presencia de exudación en el fuste por encima de los 2 m de altura.	Presencia de exudación en la parte media del fuste, entre los 20 cm hasta los 2 m de altura.	Presencia de exudación en la base del fuste, por debajo de los 20 cm de altura.

Figura 46 Escala para el síntoma de exudación en *Grevillea robusta*

El Cuadro 16 muestra una evaluación para la época de estudio, debido a que la ubicación de la exudación no varió. La distribución espacial fue moderada, llegando a manifestarse en 3 zonas del campus universitario con una severidad promedio que indica que el síntoma se manifestó por encima de los 2 m de altura del fuste. En la zona 1 se registró que más de la mitad de los árboles evaluados que presentaron el síntoma, se concentraron en la plantación ubicada en “Dantitas”, área que se caracterizó por el escaso riego. Así mismo, los otros árboles con exudación en la zona 1 y 2, tuvieron riego por aspersión, lo cual no garantiza la absorción de agua por las raíces. Por otro lado, se registró que los árboles que no manifestaron el síntoma tuvieron riego frecuente.

Cuadro 16 Valores de incidencia y severidad del síntoma de exudación en *Grevillea robusta*

ZONAS	N° árboles	Incidencia	Severidad
		Periodo de estudio	Periodo de estudio
1	13	54%	2
2	3	33%	2
3	4	0%	1
4	5	0%	1
5	4	25%	2
6	1	0%	1
Campus	30	30%	2

D) MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA

El mapa de localización del síntoma (Figura 47) muestra que existen dos focos de donde se originó el síntoma. El de la zona 1 fue causado por factores antrópico y se podría haber controlado sellando los orificios con tarugos desinfectados. Los otros árboles que manifestaron el síntoma, dejan en claro que *Grevillea robusta* es una especie que necesita un riego moderado y profundo. También se debe evitar que la planta se bifurque desde que es plantada, para que cuando tenga un tamaño considerable no genere tensiones en la madera de manera que no se produzcan rajaduras que originaría la exudación.

4.8 EN EL MOLLE SERRANO

4.8.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Anacardiaceae

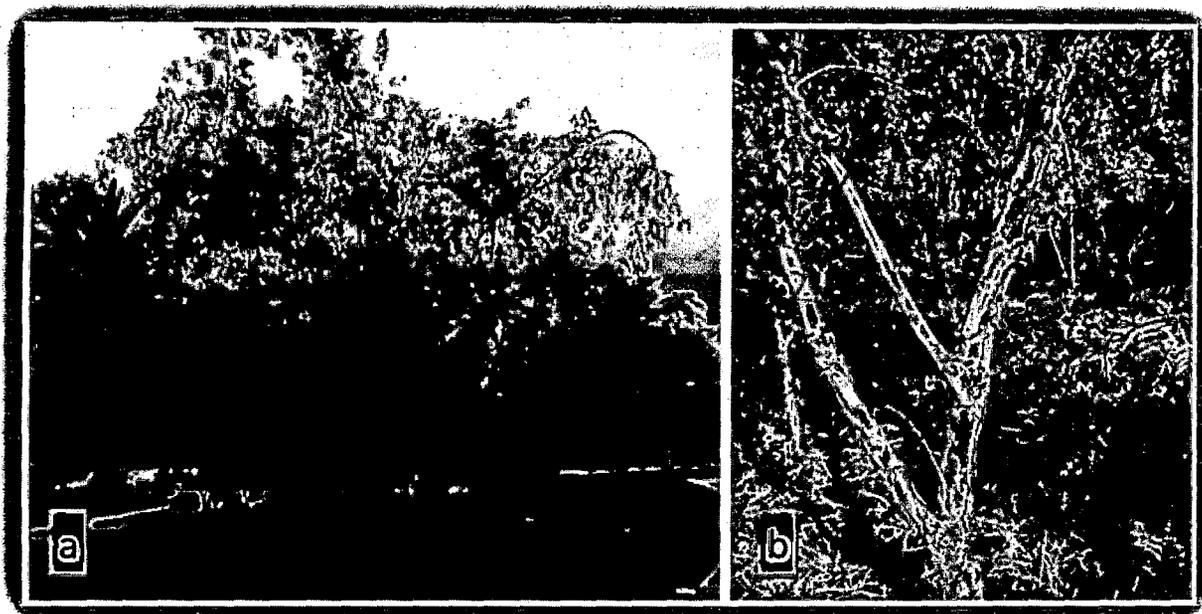
Nombre científico: *Schinus molle*

Nombre común: Molle serrano, molle peruano, falso pimiento, pimiento del Perú (pepper peruvian).

Dentro del campus los árboles de *Schinus molle* llegaron a crecer aproximadamente hasta los 10 m de altura, pues fueron podados drásticamente durante el año. Floralties (2010), recomienda una poda ligera en invierno para evitar que las ramas muy pesadas se desgajen. La especie se caracteriza por tener una copa amplia y redonda (Figura 48 a), con ramas colgantes y raíz pivotante, además su follaje no acumula polvo, porque sus pequeñas hojas se renuevan continuamente. Por tanto la especie es considerada siempre verde y tolera bien el polvo del campus de la UNALM.

SERPAR (2012), indica que es una especie muy longeva y que tiene un crecimiento rápido. El mismo autor indica que la especie es tolerante a la sequía, adaptable a todo tipo de suelo (inclusive arenoso o pedregoso), resistente a la salinidad. Riego normal, hasta que este establecido, además sus hojas pequeñas ofrecen menor superficie al sol y por eso transpiran menos.

Schinus molle es la segunda especie en orden de abundancia en el campus (177 árboles), evaluándose 34 árboles (19% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 28,2 cm, muchos de los cuales son árboles que no superan los 7 años de plantados. El DAP máximo es de 87 cm y el menor es de 7,5 cm, este último se ubicó en el bosque (zona 3) donde se encontró una población significativa de esta especie y que se caracterizan por eliminar su corteza exterior, principalmente cuando joven (Figura 48 b).



a) Árbol adulto (zona 1). b) Desprendimiento de ritidoma en árbol joven (zona 3).

Figura 48 *Schinus molle*

El *Schinus molle* presentó dos síntomas: tumores en fuste y raíces, y la oidiosis en las hojas.

4.8.2 SÍNTOMA 1: TUMORES EN EL FUSTE Y RAICES

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

Se caracteriza por la aparición de tumores de diferentes tamaños y ubicación en el árbol, ya que se observó en la parte basal y media del fuste, incluso en las ramas. Los tumores son de consistencia leñosa, de color y textura diferente a la corteza natural del árbol (Figura 49).



- a) Tumores en todo el fuste y ramas del árbol. b) Tumor en la parte basal del fuste. c) Contraste entre textura y color del tumor con la corteza natural del árbol.

Figura 49 Tumores en fuste de *Schinus molle*

Se observó que el follaje de los árboles siguió desarrollándose con normalidad, es decir, no se mostró un síntoma secundario causado por estos tumores sobre el vigor de la copa de los árboles. Sin embargo, Arguedas (2009) señala que este síntoma podría ser causado por bacteria, hongo o factores ambientales y que si uno de estos fuese el agente causal, podría producirse uno de los siguientes síntomas: retraso en el crecimiento, desprendimiento de la superficie del tumor y coloración oscura, muerte por anillamiento. El mismo autor, indica que en algunas ocasiones las agallas terminan por desintegrarse. Gallegos (2005), por su parte agrega que el ataque de bacterias es principalmente en plantas jóvenes y su sintomatología incluyen decoloración y muerte foliar y del fuste.

Además en las raíces de los árboles con tumores, cerca al cuello del árbol, se encontró agallas que fueron reconocidas como malformaciones radiculares y que comúnmente son denominadas como “agallas o nódulos radicales”. Al seccionar estas agallas y llevarlas al estereoscopio se observó gran cantidad de pequeños orificios (parecidos a poros), de diferentes dimensiones y cantidad, tal como se muestra en la Figura 50.



a) Agallas encontrado en campo. b) Diferentes tamaños de las agallas.

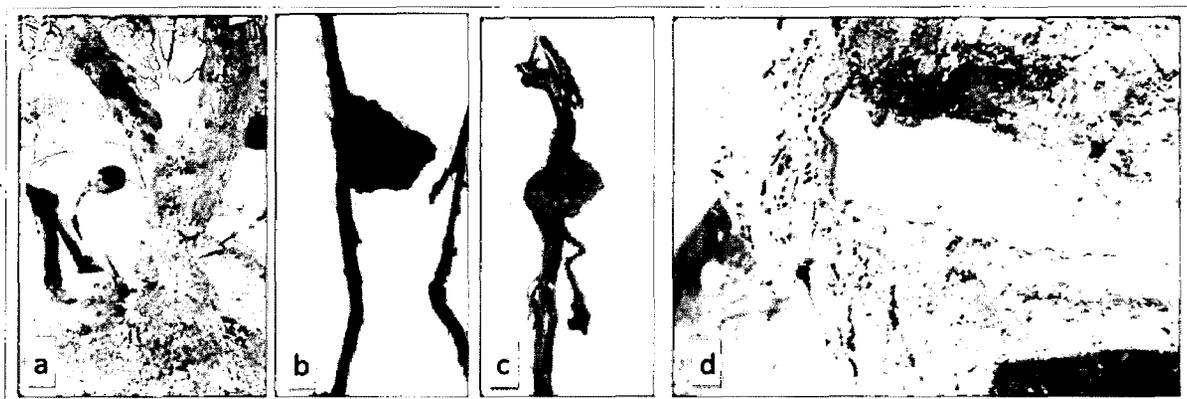
Figura 50 Agallas en la raíz en *Schinus molle*

B) CARACTERÍSTICAS DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL

El síntoma de tumores en el fuste podría ser causado por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* tal como indican Agrios (2005) y Arguedas (2009). Así mismo Martínez y Chalaco (1994) y Fernandez et al. (2012), en estudios en México, indican que esta bacteria provoca tumores en el fuste de *Schinus molle*, que al parecer no afectan el vigor del árbol. Por su parte Olsen (1999), agrega que *Agrobacterium tumefaciens* ingresa a la planta a través de heridas, principalmente en la parte baja del tallo y raíces. Por otro lado Moore (2013), adiciona que esta bacteria también puede ingresar a la planta por las heridas ocasionadas en las podas mediante herramientas infectadas, agua de riego, vientos, entre otros.

En vista a lo anterior, se realizó un análisis con la finalidad de determinar la presencia de esta u otra bacteria en las muestras de raíz y tumor del fuste. Para esto, en junio del 2013 se encontró pequeños tumores en las raíces cercanas al cuello del árbol de hasta 6 cm de dimensión, pero esta se encontraba necrosada, de color marrón oscuro y dura al tacto por lo que no fue posible

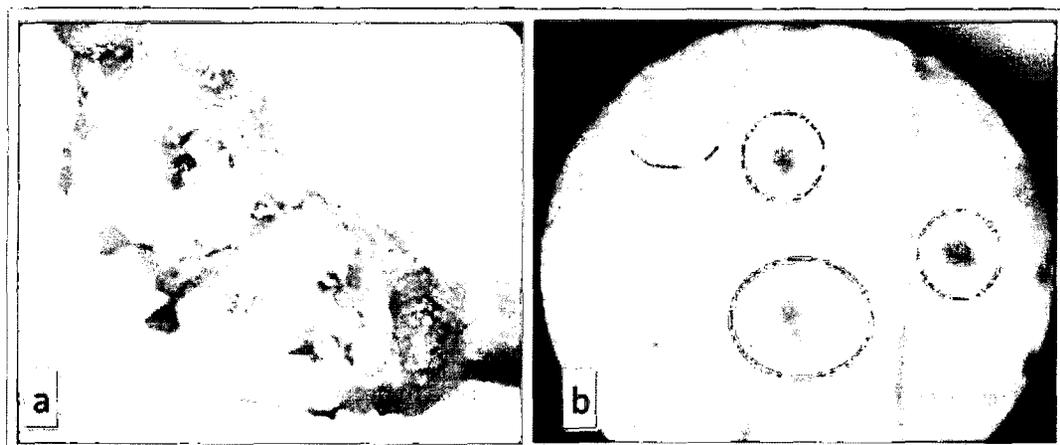
determinar el agente biológico en el laboratorio (Figura 51 b). En octubre del mismo año, se encontró muestras en mejores condiciones de color marrón claro y de textura más suave, pero de la misma manera que la muestra anterior no se llegó a identificar a ningún patógeno en el laboratorio (Figura 51 c). Al cortar una sección del tumor se observó que este no presentaba características diferentes en comparación con las partes sanas del mismo árbol, incluso se observó rebrotes de este. Se llevó una muestra del tumor (parte cortada) al laboratorio con la finalidad de determinar una posible infección, pero no se registró patógeno sobre esta muestra (Figura 51 d).



a) Búsqueda de raíces con agallas. b) Agalla en raíz necrosada. c) Agalla en raíz en buenas condiciones. d) Corte del tumor que muestra la parte interna.

Figura 51 Muestras llevadas al laboratorio

Agrios (2005), indica que por lo general los tumores o nódulos en las raíces son causados por un tipo de nematodo. Esto fue corroborado en el laboratorio, donde al seccionar estos tumores se observó pequeños orificios (Figura 52 a) causados por nematodo del género *Meloidogyne*. Además, se reconoció los nematodos hembras adulto que tenían forma de pera o esfera con un cuello corto (Figura 52 b), características propias de este patógeno; tal como lo señala Taylor y Sasser (1983).



a) Agalla seccionada (vista a 40X). b) Nematodos hembras (vista a 60X).

Figura 52 Agente causal de las agallas radiculares

Además Castro et al. (2007), registra *Meloidogyne* sp. en plantones de *Schinus molle* (en la ciudad de Bogotá) y menciona los siguientes síntomas: entrenudos cortos, plantas pequeñas, follaje transparente y tamaño de hojas reducido. Sin embargo, ninguno de estos síntomas se manifestó en los árboles del campus de la UNALM.

Según Agrios (2005) y Gallegos (2005), *Meloidogyne* sp. actúa como un vector de otras enfermedades a la especie hospedera, pues permite la penetración y establecimiento de hongos y bacterias causantes de pudriciones. Por su parte Moore (2013), agrega que este nematodo es un vector de *Agrobacterium tumefaciens*.

Por otro lado, se observó pequeñas protuberancias en el fuste (Figura 53 a), posiblemente a causa de podas o caídas de las ramitas. Por tal motivo y con la finalidad de comprobar o descartar el desarrollo de tumores en el fuste a causa de las podas, se procedió a realizar dos pruebas en 10 de los 34 árboles evaluados, la “prueba A” (Figura 53 b) constó en inducir la formación de tumores a través de la poda de ramas secundarias en 5 árboles sanos, mientras que en la “prueba B” (Figura 53 c) se extrajo algunos tumores completos de los otros 5 árboles. En ambas pruebas se observó el comportamiento durante el periodo de estudio, pero hasta finalizar las evaluaciones no se registró indicio de presencia, crecimiento o desarrollo de estas agallas.



a) Protuberancia normales productos de la poda o caída de ramitas. b) Testigo prueba A.
c) Testigo prueba B.

Figura 53 Pruebas realizadas a síntoma de tumores en el fuste

C) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL AGENTE CAUSAL DE LOS TUMORES EN LAS RAICES

Los nematodos causantes de las agallas de las raíces presentan la siguiente clasificación taxonómica (Cuadro 17).

Cuadro 17 Clasificación taxonómica de *Meloidogyne* sp.

Reino	Animalia
Phylum	Nematoda
Clase	Secementea
Orden	Tylenchida
Familia	Meloidogynidae
Género	<i>Meloidogyne</i>
Especie	sp.
Nombre científico	<i>Meloidogyne</i> sp.

Agrios (2005), califica al género *Meloidogyne* como endoparásitos sedentarios, debido a que penetran al sistema radical y se alimentan de células, las cuales son modificadas para su alimentación, además pierden la capacidad de moverse y mantienen un sitio activo de alimentación.

D) PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y ECOLÓGICAS DEL AGENTE CAUSAL DE LOS TUMORES EN LAS RAICES

- **Penetración:** La larva en el segundo estadio larval infectivo generalmente penetran en la raíz justamente sobre la caliptra (punta de la raíz). Se mueven principalmente entre las células no diferenciadas de la raíz y, finalmente, se colocan con sus cabezas en el cilindro central en desarrollo, cerca de la región de elongación celular, y con sus cuerpos en la corteza (Taylor y Sasser, 1983).
- **Infección:** Según Taylor y Sasser (1983) y Agrios (2005), el mayor daño parece ser causados al alimentarse, pues los nematodos utilizan sus estiletes para perforar las paredes de las células e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas (saliva) dentro del citoplasma extraen parte del contenido celular y se movilizan en unos pocos segundos. Estas secreciones causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular y aumentan la proporción de la división celular en el periciclo.
- **Colonización:** Taylor y Sasser (1983) indican que mientras se están formando las células gigantes y las agallas, las larvas aumentan el ancho y hay una dilatación considerable de las glándulas esofágicas. Las células del primordio genital se dividen y este se agranda haciéndose notorias dos ramificaciones en la hembra o formando un cuerpo alargado en el macho. El mismo autor menciona que este nematodo se multiplica logarítmicamente y se reproduce mediante partenogénesis. Generalmente cuando el alimento es abundante, la mayoría de las larvas se desarrollan como hembras; por lo contrario si hay poco alimento, la planta tiene otras infecciones o es vieja un gran número de las larvas se vuelven macho.
- **Incubación:** Si el hospedero es susceptible, el nematodo tendrá un desarrollo normal y rápidamente se tendrá una gran población de huevos, que en la temporada de crecimiento ocasionaría una fuerte infestación. Originando el síntoma en un tiempo relativamente corto (Taylor y Sasser, 1983).
- **Sintomatología:** el daño mecánico directo causado por los nematodos es muy leve. En algunos casos, sin embargo, los síntomas son ocasionados por las interacciones bioquímicas de las plantas con los nematodos afectando la fisiología general de estas, así como el papel

que desempeñan los nematodos en realizar heridas para la penetración de otros patógenos, que son los principales responsables del daño a las plantas (Agrios, 2005).

E) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

Schinus molle es la segunda especie más abundante dentro del campus universitario, siendo la zona 1 la que tiene casi la mitad de los árboles evaluados.

La severidad de los tumores en el fuste fue determinada en base a los grados de la escala (Figura 54), para la cual se tomó en cuenta la ubicación del tumor en el árbol, ya que según la ubicación de las agallas puede causar interrupción de la absorción y transporte de agua y nutrientes en diferentes grados de daño.

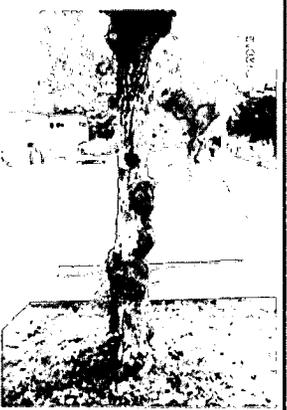
			
G1	G2	G3	G4
Arbol con fuste sano, sin presencia de tumoración	Arbol con presencia de tumores solo en las ramas o por encima de los 2m.	Arbol con presencia de tumores en el fuste en el rango del 1% al 30% por debajo de los 2m de altura	Arbol con presencia de tumores en el fuste ocupando mas del 30% por debajo de los 2m de altura.

Figura 54 Escala para el síntoma de tumores en el fuste de *Schinus molle*

Debido a que no hubo variación en el tamaño ni aparición de nuevos tumores en los árboles evaluados, solo se muestra una evaluación para la determinación de incidencia y severidad (Cuadro 18). La distribución espacial en el campus universitario de los tumores en el fuste de *Schinus molle* es moderada, pues solo se observó el síntoma en las zonas 1, 2 y 4. Los árboles afectados tenían diferentes diámetros, con un rango entre 21 a 87 cm, por lo que se asume que la

manifestación del síntoma fue indiferente a la edad del árbol. Sin embargo, se observó que la mayoría de los árboles afectados (diámetro mayor a 30 cm) presentaban tumores de gran tamaño en la base del fuste. Si bien la determinación de la severidad indica que los tumores se encuentran en las ramas (grado 2), es decir que los árboles no están gravemente afectados, la realidad es que todos estos árboles afectados presentaron el síntoma en el fuste y en una proporción considerable.

Cuadro 18 Valores de incidencia y severidad del síntoma de tumores en el fuste de *Schinus molle*

ZONAS	N° árboles	Incidencia	Severidad
		Periodo de estudio	Periodo de estudio
1	14	36%	2
2	5	20%	2
3	3	0%	1
4	4	25%	2
5	4	0%	1
6	4	0%	1
Campus	34	21%	2

F) MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO

El mapa de riesgo epidemiológico (Figura 55) muestra que los 7 árboles con el síntoma se encontraron ubicados en áreas, que generalmente, tenían riego frecuente y con agua salina, así como podas sin previa desinfección de las herramientas. Estos factores podrían ser considerados claves en la dispersión del posible agente causal o de su vector. Por tal motivo el riego debería ser menos frecuente, ya que *Schinus molle* es una especie que tolera la sequedad. Además, se debe evitar que durante las podas se desgarran parte de las ramas o tallo originando heridas que vuelvan susceptible a la planta ante una nueva infección. Así mismo, es recomendable que al momento de plantar no se produzcan lesiones en las raíces ni que la planta este a raíz desnuda.

4.8.3 SÍNTOMA 2: OIDIOSIS EN HOJA

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

Se observó que las hojas se cubren de un micelio denso de color blanquecino, originando malformaciones y enrollamiento de los bordes de las hojas. Por debajo de la capa del micelio se observó un área clorótica, lo cual estaría causando deficiencia fotosintética del árbol, tal como se muestra en la Figura 56. El síntoma fue similar a la oidiosis observada en las especies forestales *Lagerstroemia speciosa* y *Schinus terebinthifolius*, siendo en esta última especie donde el patógeno tuvo un mejor desarrollo, por lo cual se brinda mayores detalles en la descripción de este hospedero.

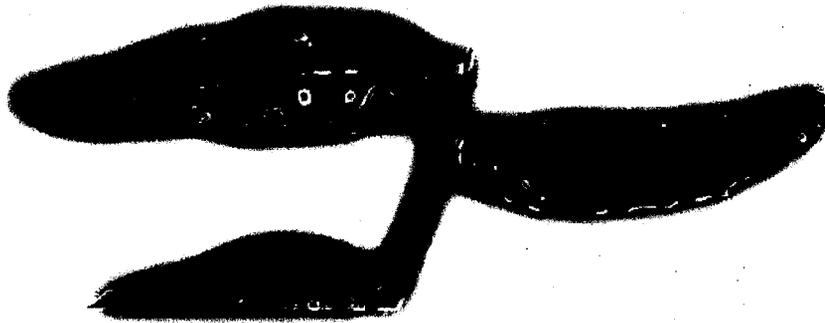


Figura 56 Clorosis de la hoja causado por oidiosis en *Schinus molle*

B) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA DEL SIGNO

Hay poca información precisa de este patógeno en *Schinus molle*, sin embargo Gallegos (2005), indica que el hongo de micelio blanquecino, tiene desarrollo externo y ascosporas unicelulares en su estado imperfecto; el teleomorfo corresponde siempre a un Ascomycota. Las hifas se distinguen sobre la cutícula y los haustorios atraviesan la epidermis de la planta, penetran en sus células y se alimentan de ellas. La Figura 57 muestra las ascosporas maduras, las cuales pertenecen al estado sexual del hongo.



Figura 57 Ascosporas de *Oidium* sp. en *Schinus molle*

C) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SIGNO

En base a la observación directa (en el laboratorio) de las características microscópicas del hongo y su comparación con la clave de identificación (Richard T. Hanlin, 1995); así como con las características macroscópicas del síntoma y signo en las hojas de *Schinus molle*, se determinó la clasificación taxonómica del patógeno (Cuadro 19).

Cuadro 19 Clasificación taxonómica del *Oidium* sp.

Reino	Fungi
Phyllum	Ascomycota
Clase	Leotiomycetes
Orden	Erysiphales
Familia	Erysiphaceae
Género	<i>Oidium</i>
Especie	sp.
Nombre científico	<i>Oidium</i> sp.
Nombre común	Oidio, blanquilla, moho blanco

D) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

La escala (Figura 58) se elaboró con las evaluaciones realizadas desde el inicio del periodo de estudio a los 34 árboles evaluados dentro del campus.

				
G1	G2	G3	G4	G5
0 %	Del 1% al 10%	Del 11% al 30%	Del 31% al 50%	Más del 50 %
Hoja completamente sana, sin presencia del oidiosis.	Oidiosis que cubre parte de los folíolos que en conjunto cubren una superficie del 1% al 10% de la hoja	Oidiosis que cubre parte de los folíolos que en conjunto cubren una superficie del 11% al 30% de la hoja	Oidiosis que cubre parte de los folíolos que en conjunto cubren una superficie del 31% al 50% de la hoja	Oidiosis que cubre parte de los folíolos que en conjunto cubren una superficie mayor al 50% de la hoja

Figura 58 Escala para el síntoma de oidiosis en *Schinus molle*

El Cuadro 20, muestra que la distribución espacial del síntoma fue amplia durante el invierno y primavera, pero no se observó daños considerables a las hojas de los árboles evaluados, debido tal vez a la continua y rápida renovación del follaje del hospedero. A lo anterior se suma que en estas estaciones se presentó ataque de insectos picadores-chupadores en el follaje, cubriendo las hojas y así limitando el desarrollo del hongo. Para ambas estaciones se registró que la zona 2 fue la más afectada, debido a que estos árboles fueron sometidos a podas drásticas, originando hojas tiernas favoreciendo el desarrollo del hongo. Durante el verano la reducción de la humedad relativa (73%) y la alta radiación solar disminuyó el ataque del *Oidium* sp. Posteriormente, en el otoño humedad relativa (83%) y la distribución espacial del síntoma aumentaron ligeramente, pero la severidad del daño continuó siendo imperceptible. Se observa

que los árboles de la zona 4 fueron los únicos que presentaron el síntoma en el verano, debido a que los árboles ubicados en el jardín botánico fueron podados. En la zona 3 el único árbol que presentó oidiosis se encontró en el “arboretum”, área que se caracterizaba por el escaso riego y tratamientos silviculturales, por tal motivo el árbol se encontró debilitado.

En el bosque (zona 3) se observó oidiosis en árboles de *Schinus terebinthifolius*, más no en *Schinus molle*, ambas especies presentaban árboles jóvenes (DAP menor a 10 cm) con follaje tierno, pero *Schinus molle* contrarresta el ataque con su recambio de hojas continuo.

Cuadro 20 Valores de incidencia y severidad del síntoma de oidiosis en *Schinus molle*

ZONAS	N° árboles	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
1	14	43%	64%	0%	29%	2	2	1	1
2	5	100%	80%	0%	0%	3	4	1	1
3	3	33%	0%	0%	0%	1	1	1	1
4	4	50%	25%	50%	25%	2	1	2	1
5	4	25%	75%	0%	25%	1	2	1	1
6	4	25%	75%	0%	0%	1	2	1	1
Campus	34	47%	59%	6%	18%	2	2	1	1

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño

E) MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO

Los mapas de riesgo epidemiológico en las cuatro estaciones del año (Figura 59, 60, 61 y 62) muestran que existen puntos focalizados en la zona 1, 2 y 4, donde el riego fue mediante inundación y frecuente al igual que las podas. Por lo tanto, se recomienda disminuir el riego ya que *Schinus molle* no requiere riego frecuente, así mismo realizar podas ligeras al finalizar el invierno con la finalidad que la radicación solar ingrese a las hojas.

4.8.4 OTRAS OBSERVACIONES

SIGNO: BASIDIOCARPO EN FUSTE

Durante la época más cálida del año (verano del 2013), después de culminar el periodo de evaluación, se observó abundante polvillo marrón en la parte media y alta del fuste de dos árboles (Figura 63 a y b) en *Schinus molle*, originado por un hongo semejante al mostrado en *Schinus terebinthifolius*. Dichos árboles, de código Z1-MS01 y Z1-MS04, tenían en común la presencia de tumores en la parte basal.

SÍNTOMA: EXUDACIÓN ATÍPICA DEL FUSTE

También, se observó exudación atípica de color negro de otro árbol, al parecer por la caída o extracción de una rama. Siendo lo peculiar la abundancia de la exudación y el gran orificio por donde afloraba (Figura 63 c y d).

Hasta el final del estudio no se observó ningún síntoma secundario en los árboles mencionados.



a) y b) Pudrición marrón en la parte media del fuste. c) y d) Exudación atípica en el fuste.

Figura 63 Otros síntomas observados después del periodo de evaluación

4.9 EN EL EUCALIPTO

4.9.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Myrtaceae

Nombre científico: *Eucalyptus* spp. (*E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. citriodora*)

Nombre común: Eucalipto

Los árboles de *Eucalyptus* spp. mantuvieron una copa siempre verde (Figura 64) y se caracteriza por tener un crecimiento muy rápido, siendo esta especie una de las de mayor altura observadas en el campus, algunos individuos llegaron a medir hasta 20 m, aproximadamente. Durante la primavera se observó podas drástica disminuyendo notablemente la altura de los árboles. Floralties (2010), menciona que esta especie desarrolla una raíz superficial la cual ayuda a estabilizar el tronco e indica que la caída de sus hojas es constante, por lo que siempre se observó hojarasca.

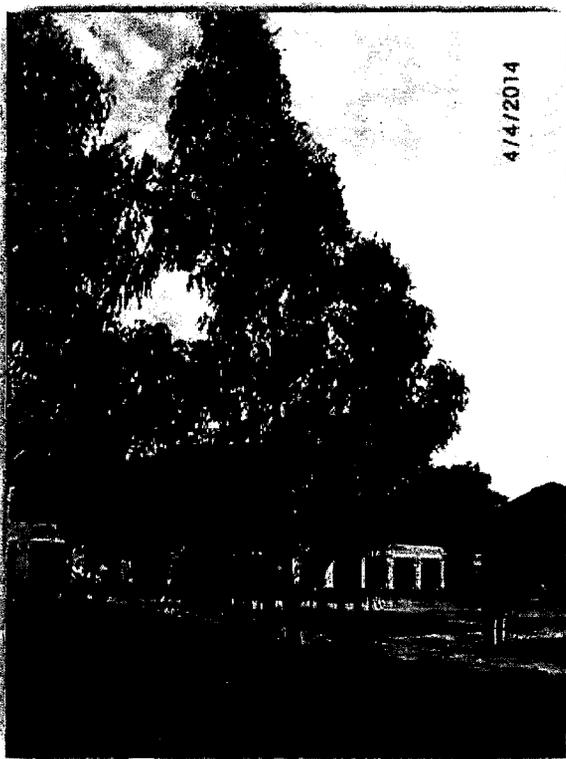


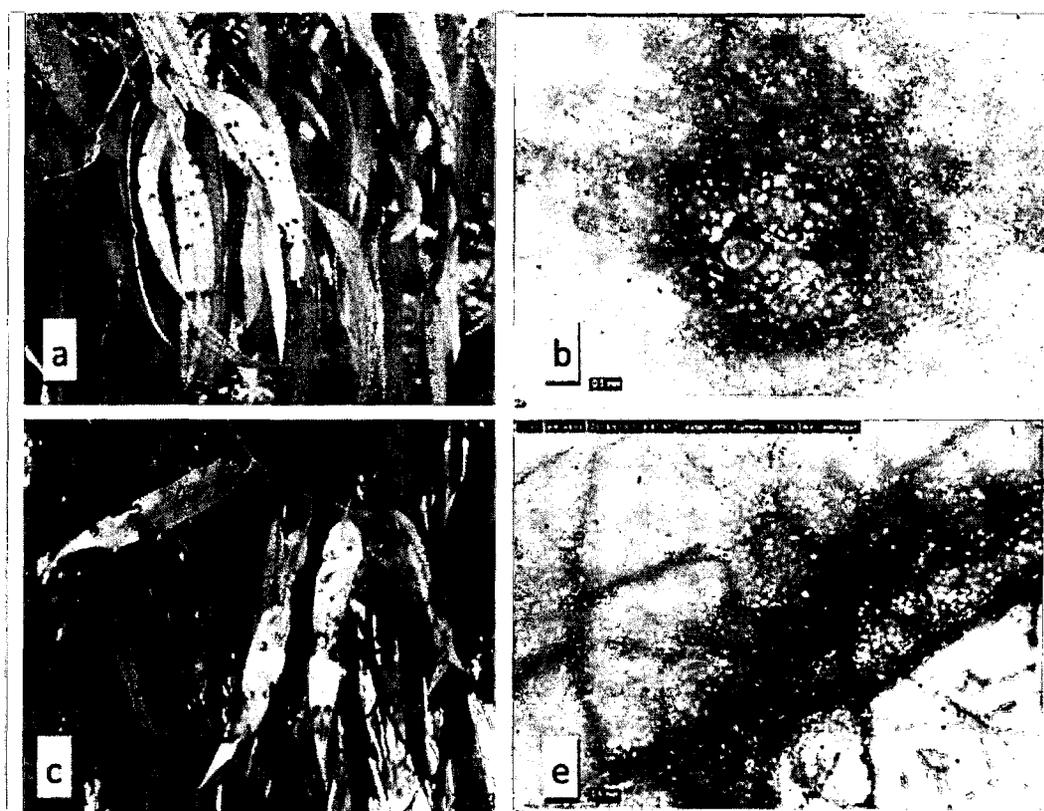
Figura 64 *Eucalyptus* spp. (zona 2)

Eucalyptus spp. es la cuarta especie en orden de abundancia en el campus (132 árboles), evaluándose 28 árboles (21% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 38,5 cm, siendo el DAP máximo de 70 cm y el mínimo de 16,5 cm

4.9.2 SÍNTOMA: MANCHA FOLIAR

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

El síntoma inicia con puntos de color rojizo (Figura 65 a), de tamaño pequeño de hasta 2 mm y con una distribución aleatoria sobre el haz de las hojas, la cual a tras luz permite observar las manchas de forma membranosa (Figura 65 b), posteriormente el ataque avanza adoptando una tonalidad pajiza (2 cm en promedio) con halo rojizo de márgenes irregulares (Figura 65 c y d), lo cual indica la degradación de esa parte de la hoja y por lo tanto afecta la capacidad fotosintética y pérdida de vigor de la planta.



a) Mancha foliar en estado inicial. b) Vista a 40X del síntoma en estado inicial. c) Mancha foliar en estado avanzado d) Avance del síntoma a la parte sana de la hoja (vista a 60X).

Figura 65 Síntoma de mancha foliar en *Eucalyptus* spp.

B) CARACTERIZACIÓN DEL POSIBLE AGENTE CAUSAL

Se colectó muestra de hojas con síntoma, las cuales fueron llevadas al laboratorio y posteriormente colocadas en cámara húmeda y medio de cultivo PDA para aislar al posible patógeno, tal como se observa en la Figura 66. El ensayo se realizó en dos oportunidades pero el resultado fue negativo a la presencia de hongos fitopatógenos.



Figura 66 Cámara húmeda para las muestras de manchas foliares en *Eucalyptus* spp.

En el estereoscopio se observó que el desarrollo y avance del daño mantiene una diferencia significativa del color, entre la parte sana y enferma de la hoja; por lo que el síntoma sería causado por un factor abiótico. Es decir, que si el agente causal fuese un patógeno, el contraste entre la parte sana y enferma de la hoja sería gradual (Figura 67).

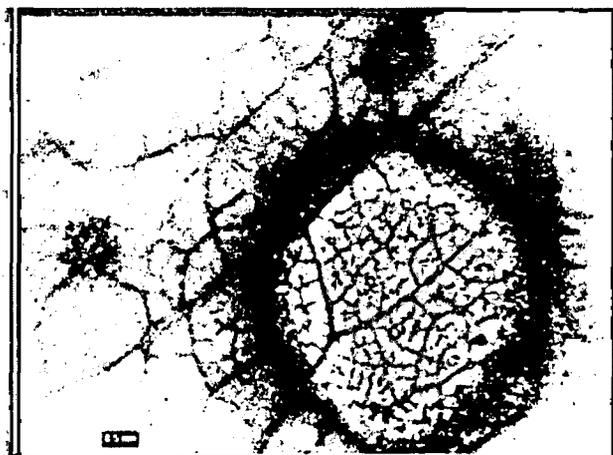


Figura 67 Contraste entre la parte sana y enferma de la hoja con mancha foliar

C) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

En base a los 28 árboles evaluados se elaboró la escala (Figura 68) que permitió determinar la severidad del daño causado por el síntoma de manchas foliares.

				
G1	G2	G3	G4	G5
0 %	Del 1% al 25 %	Del 26% al 50%	Del 51% al 75%	Del 76% al 100%
Hoja completamente sana, sin presencia de manchas foliar.	Mancha foliar que cubre una superficie entre el 1% al 25% de la hoja	Mancha foliar que cubre una superficie entre el 26% al 50% de la hoja	Mancha foliar que cubre una superficie entre el 51% al 75% de la hoja	Mancha foliar que cubre una superficie entre el 76% al 100% de la hoja

Figura 68 Escala para el síntoma de mancha foliar en *Eucalyptus* spp.

El Cuadro 21 muestra que las manchas foliares en *Eucalyptus* spp. fueron observadas a partir de la primavera (mes de noviembre del 2011) y mantuvo una baja distribución espacial durante las posteriores evaluaciones, debido a que solo se presentó en 2 zonas. En la primavera el síntoma se manifestó en la zona 2, donde los 3 árboles afectados pertenecientes a la especie *Eucalyptus camaldulensis* eran de 15 cm de diámetros y se encontraban relativamente cerca uno del otro; llegándose a dañar hasta el 25% de la superficie de las hojas. Este daño fue más severo durante el verano, pues el síntoma se manifestó hasta en el 50% de la superficie de las hojas, así mismo en esta estación la enfermedad avanzó a los árboles adultos (DAP 30 cm en promedio) de la zona 3. Además, en los árboles de la zona 2 se observó la presencia de grandes poblaciones de insectos picadores-chupadores, siendo evidente la pérdida de vigor de las

plantas. Durante el otoño la severidad del daño disminuyó, pero la distribución se mantuvo en los mismos árboles de las zonas 2 y 3.

Los árboles afectados fueron de la especie *Eucalyptus camaldulensis* y tuvieron riego frecuente y abundante mediante canal. Posteriormente, al periodo de evaluación, la severidad del daño fue aumentando en los mismos árboles afectados, así mismo se manifestó por primera vez en otros árboles del bosque (zona 3).

Cuadro 21 Valores de incidencia y severidad del síntoma de mancha foliar en *Eucalyptus* spp.

ZONAS	N° árboles	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
1	8	---	0%	0%	0%	---	1	1	1
2	6	---	50%	67%	67%	---	2	3	2
3	8	---	0%	63%	63%	---	1	2	1
4	6	---	0%	0%	0%	---	1	1	1
5	0	---	---	---	---	---	---	---	---
6	0	---	---	---	---	---	---	---	---
Campus	28	---	11%	32%	32%	---	1	2	1

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño, (---)=no se observó árboles con el síntoma o no existen árboles de *Eucalyptus* spp. en esa zona

D) MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SÍNTOMA

Los mapas de localización del síntoma (Figura 69, 70 y 71) muestran que las manchas foliares en *Eucalyptus* spp. se focalizó y se mantuvo en los árboles de la zona 2 y en la zona 3 (bosque). Para aumentar el vigor de estos árboles se debe moderar el riego y mantener la infestación a niveles tolerables.

4.9.3 OTRAS OBSERVACIONES

A) SÍNTOMA: GRIETAS EN EL FUSTE

En la especie *Eucalyptus camaldulensis* se observó grietas de forma vertical ubicadas a lo largo del fuste, pero son las ubicadas en la base las que mostraban una mayor separación de la madera y profundidad (Figura 72 a y b). Esta anomalía influye directamente en la salud de los árboles, ya que afectan la corteza, el cambium, el transporte de nutrientes y deja al descubierto la parte interna del árbol promoviendo una posible infección. Posteriormente, a este síntoma inicial las plantas manifestaron exudaciones excesivas de color marrón oscuro a negro, sin olor característico y dura al tacto al hacer contacto con el ambiente (Figura 72 c).



a) Grietas en ramas. b) Grietas en base del fuste. c) Exudación producto de la formación de la grieta.

Figura 72 Síntoma de grietas profundas en el fuste de *Eucalyptus camaldulensis*

Los árboles que manifestaron este síntoma se encontraban ubicados en la zona 2, específicamente en un jardín que no presentaba edificaciones a su alrededor, por lo que al parecer el viento estaría influenciando en este daño. Esto se evidencia al observar que los árboles se encontraban inclinados hacia la dirección predominante del viento (Figura 73). Así mismo Chavarriaga (2011), señala que *Eucalyptus spp.* es considerada una especie forestal extremadamente sensibles a los daños causados por fuertes vientos, ya que no disponen de la

suficiente elasticidad, más aún cuando alcanzan alturas superiores a los 6m., produciendo rompimiento de ramas y doblamiento del fuste. De la misma manera Castillo (2007), añade que las ramas al doblarse y sacudirse por lo viento, ocasionan el alargamiento o agrandamiento de las grietas. También menciona que las grietas son peligrosas cuando comprometen la estructura del árbol, la presencia de grietas múltiples y del decaimiento indica un árbol muy defectuoso y por lo tanto muy peligroso.

Otro factor que influye en el síntoma, es la poca profundidad que se consideró al plantar los árboles, dejando las raíces superficiales y afectando su adecuado desarrollo, a esto se podría sumar la incorrecta posición del tutor o su ausencia en los primeros años de su establecimiento, lo cual aumenta la susceptibilidad a inclinarse producto del viento.



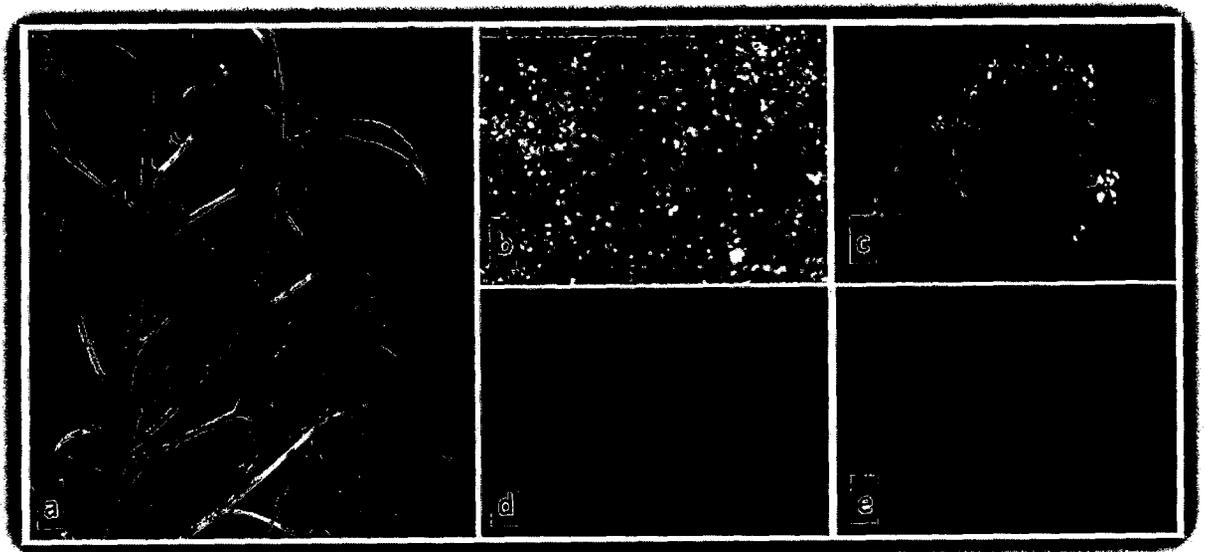
Figura 73 Inclinación de árboles de *Eucalyptus* spp. producto del vientos (zona 2)

Chavarriaga (2011), indica que se puede generar pequeñas heridas en hojas causadas por partículas abrasivas transportadas por el viento, dichas heridas pueden predisponer a la penetración de agentes causales de enfermedades. Esto último podría estar relacionado con el síntoma de las manchas foliares pajizas, ya explicada, pues coincidentemente estos árboles son los que presentaron desde el inicio ambos síntomas, es decir las manchas foliares y grietas.

**B) SÍNTOMA: FUMAGINA, ENNEGRECIMIENTO DEL FOLLAJE O MANCHA FOLIAR
NEGRA**

Durante todo el periodo de estudio se encontró mancha de color negro (parecido al hollín) que se desarrolló sobre la superficie de las hojas y formó una costra o película que se desprende fácilmente sin provocar ningún daño a los tejidos de las hojas. En algunos casos el síntoma fue tan abundante que proporciona a la hoja una apariencia negruzca que interfiere con el porcentaje de luz que afecta la fotosíntesis óptima de la planta (Figura 74 a).

El signo en este caso sería el crecimiento micelial de color negro que forma dicha costra (Figura 74 b) y que se desarrolla al alimentarse de sustancias azucaradas provocadas por la excreta de insectos chupadores como psilidos, áfidos, moscas blancas, queresas y cigarritas, las cuales fueron encontradas en las hojas de los árboles evaluados (Figura 74 c, d y e). Por tal motivo, no es considerado un organismo patógeno, ni saprofito de la especie hospedera. Agrios (2005) lo agrupa dentro de los hongos saprofitos obligados y como indicador de problemas de insectos (plagas), pues el ciclo de este hongo termina cuando se agota todos los nutrientes de la sustancia azucarada.



a) Síntoma a simple vista. b) Vista a 60X de fumagina sobre la superficie de la hoja. c) Vista en estereoscopio fumagina sobre secreción de *Glycaspis sp.* d) Etapa inicial de fumagina sobre el lerp. e) Etapa avanzada de ataque sobre el lerp.

Figura 74 Síntoma de fumagina en hoja de *Eucalyptus spp.*

Agrios (1997); indica que además de necesitar mielecilla para su desarrollo, se vuelve más abundante en condiciones cálidas y húmedas. En el campus se presentó durante el invierno, cuando la HR fue casi del 100% y la temperatura promedio de 15 °C, coincidiendo con la presencia de los insectos picadores chupadores.

El hongo fue identificado, como *Capnodium* sp. y a continuación en el Cuadro 22 se presenta su clasificación taxonómica.

Cuadro 22 Clasificación taxonómica de *Capnodium* sp.

Reino	Fungi
División	Ascomycota
Clase	Ascomycetes
Orden	Capnodiales
Familia	Capnodiaceae
Género	<i>Capnodium</i>
Especie	sp.
Nombre científico	<i>Capnodium</i> sp.
Nombre común	Fumagina

La fumagina aparte de presentarse en *Eucalyptus* spp. también fue observada en: *Ficus benjamina*, *Schinus terebinthifolius* y *Tipuana tipu*, debido a que estas especies también presentaron insectos de tipo picadores chupadores.

4.10 EN EL SAUCE

4.10.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Salicaceae
Nombre científico: *Salix humboldtiana*
Nombre común: Sauce criollo, sauce

Los árboles evaluados en el campus mantuvieron copas siempre verde, con un alto recambio de hojas. Debido a su altura son utilizados como cortina rompeviento (Figura 75) ya que según SERPAR (2012), tiene un ritmo de crecimiento alto y exige un riego muy frecuente (no tolera sequía), por lo cual la mayoría de los individuos se encuentran alrededor de los cultivos agrícolas al borde de los canales de riego. Dichos árboles llegaron a medir hasta 8 m y solo se observó podas en aquellos árboles ubicados en la parte urbana (zona 2 y 4).

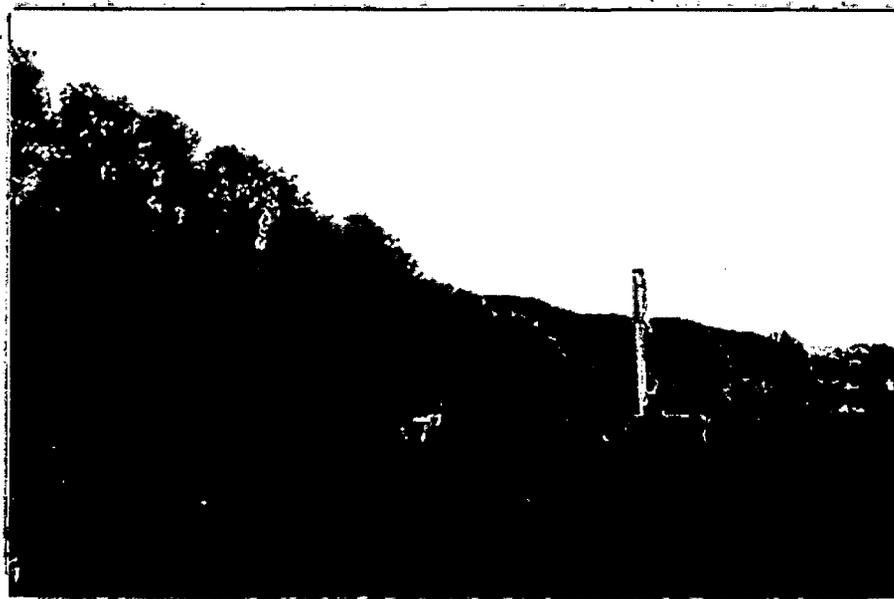


Figura 75 *Salix humboldtiana* (zona 3)

Salix humboldtiana es la sexta especie en orden de abundancia en el campus (111 árboles), evaluándose 24 árboles (22% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 37,7 cm, siendo el DAP máximo de 71,5 cm (árboles ubicados cerca de los canales de riego). Mientras que el DAP mínimo es de 5 cm, cuyo árbol se encontraba en el bosque (zona 3).

4.10.2 SÍNTOMA: MANCHA FOLIAR DEL SAUCE O CERCOSPORIOSIS

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

Las lesiones se presentaron en el follaje en forma de manchas circulares a angulares de color marrón que luego se tornó negruzco. Las manchas tuvieron un tamaño desde los 0,8 mm hasta 4 mm y se encuentran distribuidas de manera aleatoria y a lo largo de toda la hoja, usualmente en las hojas maduras. Frecuentemente, las manchas se encuentran rodeadas de un halo grisáceo que pueden ser coalescente entre ellas, dando lugar a un mosaico foliar irregular de color oscuro, tal como se observa en la Figura 76.

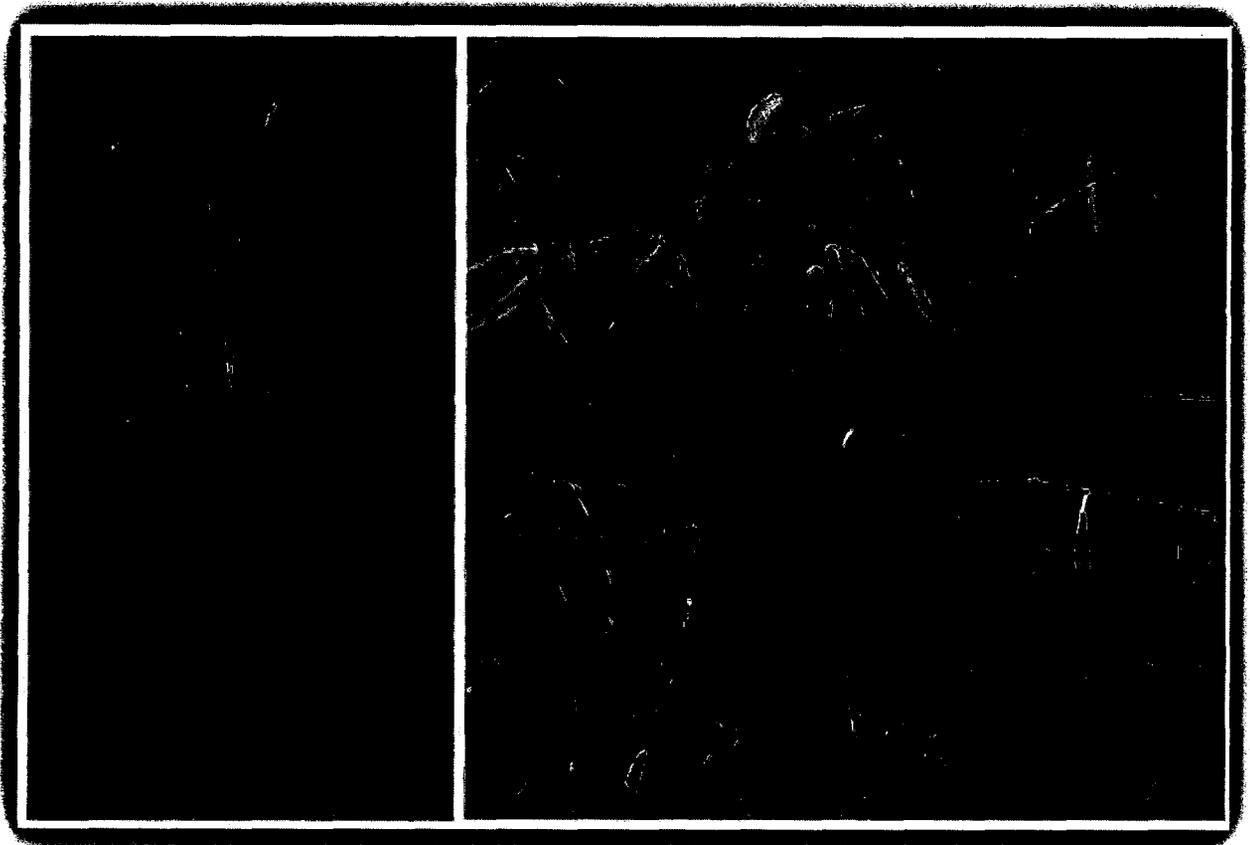


Figura 76 Síntoma de mancha foliar en *Salix humboldtiana*

Lucero (2011), menciona que el halo que rodea la mancha oscura puede llegar a ser de color marrón o de color más vivaz, rojo – amarillento semejantes a las ocasionadas por el síntoma de antracnosis, por esto ambos síntomas son muchas veces confundidos.

B) CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICA DEL SIGNO

La coloración de las manchas foliares, ubicadas especialmente en el envés de la hoja fue a causa del micelio grisáceo del hongo denominado *Cercospora salicina* (Figura 77). Según OIRSA (2003), este micelio corresponde a los conidióforos portadores de las conidias del hongo,

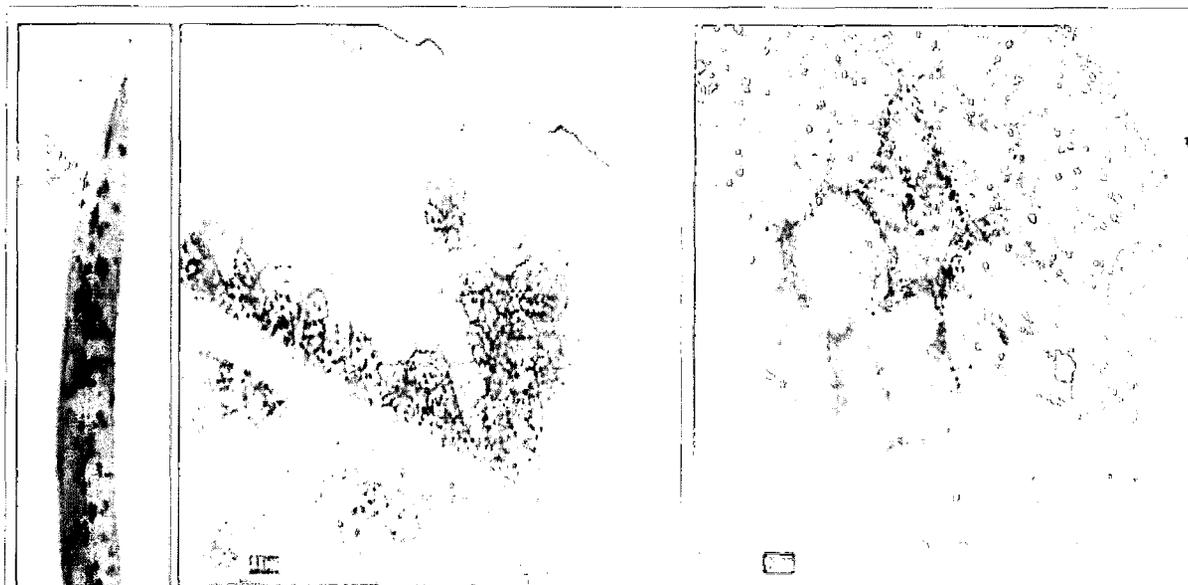


Figura 77 Vista en campo y en estereoscopio digital (hasta 60X) del síntoma

C) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA DEL SIGNO

El micelio presentó conidios filiforme, delgados, multicelulares, desde incoloros a oscuros (Figura 78), tal como lo señala las claves de identificación de Richard T. Hanlin (1995) para *Cercospora salicina*. Agrios (1997), señala que los conidióforos se agrupan en racimos y sobresalen de la superficie de la planta a través de las estomas y forman conidias una y otra vez. Además, considera a este hongo un patógeno semi-obligado, por lo que si puede ser aislado en el laboratorio.



Figura 78 Conidias de *Cercospora salicina* en *Salix humboldtiana*

D) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SIGNO

En base a la observación directa en el laboratorio de las características microscópicas del hongo, se determinó su clasificación taxonómica (Cuadro 23).

Cuadro 23 Clasificación taxonómica de *Cercospora salicina*

Reino	Fungi
Phyllum	Ascomycota
Clase	Dothideomycetes
Orden	Capnodiales
Familia	Mycosphaerellaceae
Género	<i>Cercospora</i>
Especie	<i>Salicina</i>
Nombre científico	<i>Cercospora salicina</i> Ellis & Everh

Según Lucero (2001), en su estudio de esta enfermedad en Argentina, menciona que en su estado telemorfo la *Cercospora salicina* es denominado *Mycosphaerella togashiana* S. Ito & Tak.

E) PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y ECOLÓGICAS DEL AGENTE CAUSAL (SIGNO)

- Penetración: el tubo germinativo de las esporas penetra a la hoja por la apertura de los estomas (OIRSA, 2003)
- Infección: OIRSA (2003) indica que la infección inicia a partir de esporas que germinan sobre los tejidos, posteriormente el hongo se desarrolla sobre el parénquima foliar. Asimismo, Agrios (1997) señala que la *Cercospora* produce una toxina no específica, que funciona como agente fotosensibilizante en las células vegetales, es decir, mata a las células del hospedante sólo en presencia de luz. Dicha toxina induce la producción de oxígeno atómico en las células del hospedante, lo cual hace que estas últimas pierdan electrolitos y se rompa su membrana celular. Aún cuando las esporas de *Cercospora* necesiten del agua para germinar y penetrar en sus hospedantes, el rocío abundante al parecer es suficiente para que produzca numerosas infecciones. El hongo inverna en las semillas y en hojas afectadas ya maduras en forma de diminutos estromas negros.
- Colonización: el micelio corresponde a los conidióforos portadores de las conidias del hongo, constituyendo los órganos de multiplicación y reproducción (OIRSA,2003).
- Incubación: Agrios (1997) menciona que para cultivo de “plátano” cuando las infecciones son severas, mueren hojas completas de la planta al cabo de unas cuantas semanas.
- Sintomatología: Miller (1968) menciona que luego que las lesiones se vuelven más numerosas las hojas se tornan amarillas y la planta empieza a defoliarse desde los brotes, y con el tiempo podría producirse la muerte regresiva de la planta. Asimismo Lucero (2011), señala que cuando esto sucede predispone al árbol al ataque de organismos secundarios y estrés ambiental. Además, menciona que de las hojas afectadas ubicadas en el suelo y durante días lluviosos o de elevada humedad relativa, las esporas de los hongos se dispersan por el viento y a menudo son llevadas a grandes distancias infectando hojas y nuevos brotes.

F) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

Los árboles evaluados de *Salix humboldtiana* se encontraron en las 6 zonas del campus, ubicándose principalmente al margen de las parcelas agrícolas donde cumple el rol de cortinas rompe vientos, motivo por el cual tuvieron un riego abundante y frecuente, tal cual lo demanda la especie.

En base a los 24 árboles evaluados se elaboró la escala (Figura 79) para el síntoma de manchas foliares, la cual permitió determinar el grado de severidad para las cuatro evaluaciones.

			
G1	G2	G3	G4
0%	Del 1% al 30 %	Del 31% al 50 %	Más del 50%
Hoja completamente sana, sin presencia de mancha negras.	Manchas negras cubren el haz de la hoja en un área del 1% al 30% de su superficie	Manchas negras cubren el haz de la hoja en un área del 31% al 50% de su superficie	Manchas negras cubren el haz de la hoja en un área mayor al 50% de su superficie

Figura 79 Escala para el síntoma de mancha foliar en la especie *Salix humboldtiana*

El Cuadro 24 muestra que el síntoma tuvo su mayor distribución espacial y severidad en el invierno, mientras que en las otras estaciones su presencia y ataque fue casi imperceptible llegando a desaparecer en el otoño. Durante el invierno *Cercospora salicina* encontró las condiciones adecuadas, ya que hubo alta humedad relativa (90%), llegando a cubrir hasta el 30% de la superficie de las hojas de gran parte de los árboles evaluados. Excepto los árboles ubicados en las zonas 4 y 5, ya que estos se encontraban lejos de los infectados. Al analizar por zonas se observa que la zona 1 fue la más afectada, ya que el hongo cubrió hasta el 50% de las hojas durante dos estaciones seguidas (invierno y primavera), no dando tiempo para que la planta recupere su vigor.

Cuadro 24 Valores de incidencia y severidad del síntoma de mancha foliar en *Salix humboldtiana*

ZONAS	N° árboles	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
1	4	75%	75%	0%	0%	3	3	1	1
2	7	86%	43%	0%	0%	2	1	1	1
3	5	80%	0%	60%	0%	2	1	1	1
4	2	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
5	1	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
6	5	80%	0%	60%	0%	2	1	1	1
Campus	24	71%	25%	25%	0%	2	1	1	1

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño

Gallegos (2005), en su investigación en los árboles de Chile afirman que la cercosporiosis es favorecida por temperaturas y humedad relativa altas, variables similares a las obtenidas para el invierno. El mismo autor menciona que la diseminación del hongo se da mediante la precipitación o cuando los árboles son regados, pero principalmente se lleva a cabo por corrientes de aire y agua de riego, siendo este último factor el que se acerca a la realidad observada en el área de estudio, ya que los árboles enfermos se encontraron ubicados cerca de los canales de riego de las parcelas agrícolas.

G) MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO

Los mapas de riesgo epidemiológico (Figura 80, 81 y 82) muestran que el foco de infección principal se encuentra en los árboles de la zona 1 y 2, cerca a los cultivos agrícolas. Algunos de estos árboles eran jóvenes y son estos los más susceptibles, pues estuvieron infectados también durante el invierno y primavera. El agua de canal sería el medio por donde el hongo se estaría proliferando, ya que los árboles enfermos se encontraron ubicados cerca de los canales de riego de las parcelas agrícolas. Los pocos árboles que no presentaron el síntoma se encontraban aislados en áreas donde el riego no fue por canal. Para prevenir que esta infección siga diseminándose en los árboles sanos de *Salix humboldtiana* debe desinfectarse las herramientas utilizadas en los tratamientos silviculturales, podar las ramas enfermas y quemar los residuos. La poda de formación puede realizarse durante el otoño y el invierno.

4.11 EN EL MOLLE COSTEÑO

4.11.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Anacardiaceae

Nombre científico: *Schinus terebinthifolius*

Nombre común: Molle costeño, molle hawaiano, falso terebinto

Especie siempre verde, con copa globosa, de altura promedio de hasta 10 m en el campus de la UNALM (Figura 83). SERPAR (2012), menciona que el recambio de hojas es muy lento por lo que acumulan polvo y smog. Florales (2010), indica que la especie es adaptable a todo tipo de suelo y tolera la salinidad. Requiere de riego normal y profundo hasta que este establecido para evitar la formación de raíces superficiales, después es tolerante a la sequedad. El mismo autor afirma que florece en verano y los frutos permanecen todo el invierno, característica que coincide con lo observado durante el periodo estudio. Además, se observó regeneración natural en varios lugares dentro del campus, más aun en la zona 3, lo cual demuestra que es una especie rústica y adaptable a diferentes condiciones.

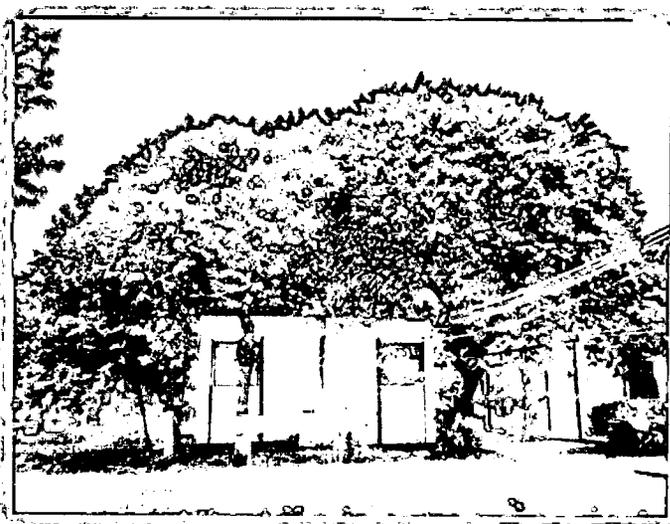


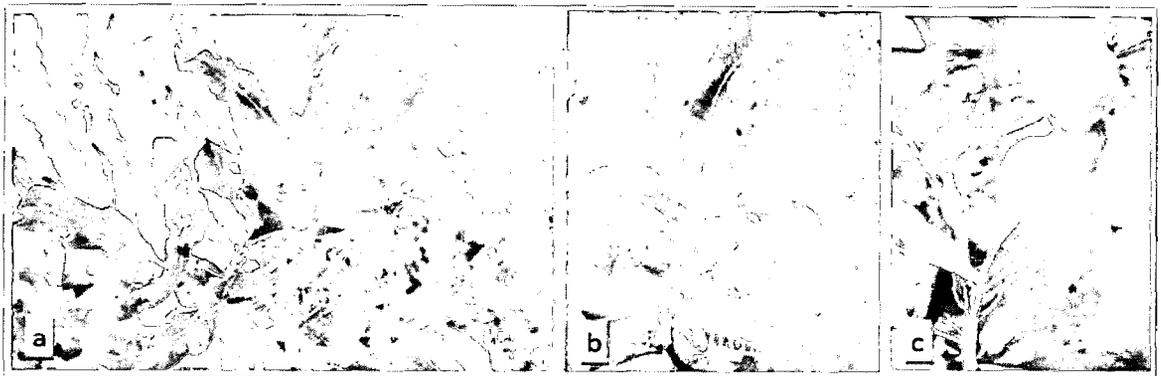
Figura 83 *Schinus terebinthifolius* (zona 2)

Schinus terebinthifolius es la decima segunda especie en orden de abundancia en el campus (54 árboles), evaluándose 16 árboles (30% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 33,8 cm, siendo el DAP máximo de 67 cm y el mínimo de 13,5 cm, este último se ubicó en el bosque (zona 3).

4.11.2 SÍNTOMA: OIDIOSIS

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

La oidiosis se manifestó con la presencia de pulverulencia blanquecina, causado por un hongo, que produce deformación y una ligera decoloración de la superficie de la hoja. El síntoma se presentó en el haz, algunas veces en el envés de los folíolos y comúnmente en las ramitas terminales (Figura 84). Al inicio del ataque, no se manifestó el cubrimiento blanquecino de polvo, pero si se nota un arrugamiento en los bordes de la hoja infectada, la cual fue muy notorio en los brotes.



a) Diciembre 2011, pulverulencia en los brotes. b) y c) Arrugamiento en el haz y en el envés de los folíolos.

Figura 84 Oidiosis en hojas de *Schinus terebinthifolius*

Otro daño secundario es la reducción de la capacidad fotosintética de la planta, debido a que el micelio no deja llegar directamente la luz solar a la hoja, haciendo que el crecimiento de la hoja disminuya y sea menos vigorosa (Manta, 2004).

B) CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICA DEL SIGNO

En la oidiosis, el agente causal fue perceptible a simple vista y se manifiesta mediante manchas blancas y pulverulentas, originadas por el micelio y la esporulación del hongo (Figura 85). Al pasar el tiempo esta eflorescencia blanquecina cambia a un color grisáceo, Márquez (s.f.), indica que cuando se observa esto el hongo está llegando a su ciclo final y muere. El mismo autor, indica que antes de la muerte las conidias son transportadas por el viento preferentemente a los brotes o a otro hospedero, iniciando una nueva infección.

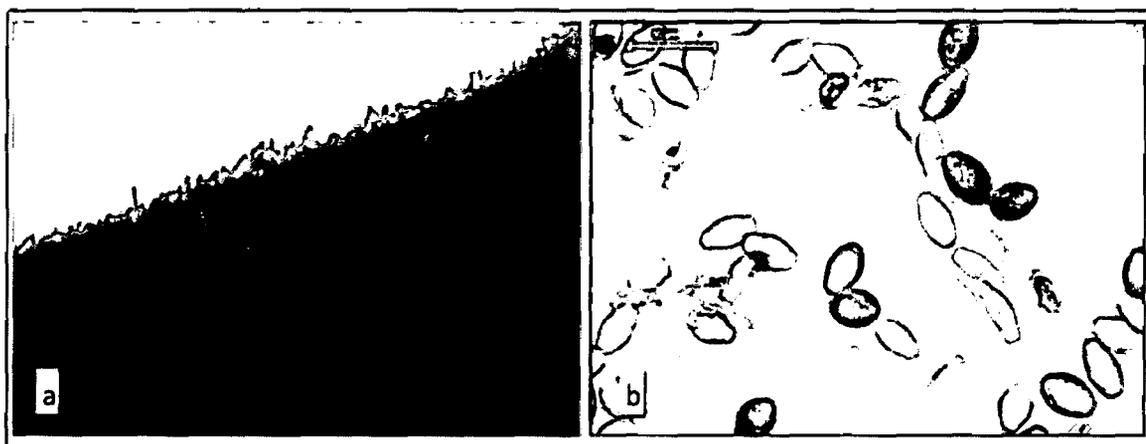


a) Vista en campo del síntoma y signo. b) y c) Vista del micelio del *Oidium* sp. en estereoscopio.

Figura 85 Vista del micelio de *Oidium* sp.

C) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA DEL SIGNO

El hongo originó micelio hialino y superficial, formando colonia sobre los tejidos hospederos. Además, las ascosporas maduras (estructura sexual) tenían forma oblonga a elipsoide (Figura 86 a y b).



a) Vista a 60X del micelio sobre la hoja. b) Ascosporas de *Oidium* sp.

Figura 86 Características microscópicas de *Oidium* sp. en *Schinus terebinthifolius*

D) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SIGNO

El agente causal que originó el síntoma fue el *Oidium* sp. y es considerado un patógeno obligado por lo cual no pudo ser aislado en medio de cultivo, tal como lo señala Agrios (2005). La oidiosis es una enfermedad que presenta el signo en la misma área donde se encuentra el síntoma. Por este motivo, la identificación fue mediante observación directa en el laboratorio considerando las estructuras microscópicas de la fase anamorfa del hongo (estado asexual) y utilizando la clave de identificación (Richard T. Hanlin, 1995). El Cuadro 25 muestra la clasificación taxonómica de *Oidium* sp.

Cuadro 25 Clasificación taxonómica del *Oidium* sp.

Reino	Fungi
Phyllum	Ascomycota
Clase	Leotiomycetes
Orden	Erysiphales
Familia	Erysiphaceae
Género	<i>Oidium</i>
Especie	sp.
Nombre científico	<i>Oidium</i> sp.
Nombre común	Oidio, blanquilla, moho blanco

E) PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y ECOLÓGICAS DEL AGENTE CAUSAL (SIGNO)

- **Penetración:** se lleva a cabo por la emisión, desde la conidias, de un corto tubo germinativo que se ensancha en su extremo, formando una estructura multitubulada llamada apresorio. Éste, por acción enzimática, perfora la cutícula del hospedero y desarrolla una hifa de penetración que llega hasta la epidermis.
- **Infección:** ocurre cuando se emite al interior de las células una ramificación llamada haustorio, con la que succiona nutrientes. El haustorio es la única estructura interna que le proporciona la sustentación necesaria para el crecimiento superficial de micelio y conidias.

- Colonización: el crecimiento es radial en torno al punto de penetración. Después de un tiempo empieza la producción de conidas, que le dan el aspecto polvoriento a la lesión. Las conidas son muy sencibles al calor (por encima de los 35°C) y a la luz directa, las colonias del hongo se forman en la cara inferior de las hojas o en ambas caras de hojas bien sombreadas. El micelio del hongo se desarrolla superficialmente, emitiendo conidióforos con conidas en cadena. Por lo general el oidio no afecta hojas de más de dos meses a menos que estén creciendo bajo una sombra densa.
- Incubación: La duración de la fase de incubación del hongo puede variar si se trata de condiciones controladas (5 días (22°-27°C); 7 días (19°C)) o bien bajo condiciones naturales (unas 2 semanas en el periodo vegetativo cuajado - cierre racimo). Calvo y Otero (s.f.) indican que el ambiente más favorable para el desarrollo de este hongo son lugares húmedos (70–80% de HR) y de temperatura entre 10°C y 20°C, así mismo afirma que las temperaturas bajas y las lluvias frecuentes le son desfavorables para el desarrollo de este patógeno. Mientras que Perilla (2007), indica que la temperatura y humedad relativa deben variar a lo largo del año para que el *Oidium* sp. se desarrolle de una forma adecuada.
- Sintomatología: Calvo y Otero (s.f.) indican que *Oidium* sp. origina la pulverulencia blanquecina sobre las hojas, pero además si el ataque es severo puede causar el debilitamiento e incluso la muerte de la planta cuando esta es plántula.

F) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

Los 16 árboles evaluados de la especie *Schinus terebinthifolius* se encuentran distribuidos en las 6 zonas del campus universitario, siendo las zonas 1 y 2 las que contienen más de la mitad de los árboles evaluados.

Para la determinación de la severidad del síntoma de oidiosis se elaboró la escala (Figura 87) en base a lo observado desde la salida preliminar y la primera evaluación (invierno), donde el síntoma alcanzaba a afectar hasta el 40% de la hoja, es decir se llegó a reconocer hasta el grado 4. En las siguientes evaluaciones se observó la presencia del ataque por encima del 40% del foliolo (grado 5).

				
G1	G2	G3	G4	G5
0 %	Del 1% al 10 %	Del 11% al 20%	Del 21% al 40%	Mas del 41%
Foliolo completamente sano, sin presencia del polvillo blanco.	Polvillo blanco que cubre una superficie entre el 1% al 10% del foliolo.	Polvillo blanco que cubre una superficie entre el 11% al 20% del foliolo.	Polvillo blanco que cubre una superficie entre el 21% al 40% del foliolo.	Polvillo blanco que cubre una superficie mayor al 41% del foliolo.

Figura 87 Escala para el síntoma de oidiosis en *Schinus terebinthifolius*

El Cuadro 26 indica que el síntoma de oidiosis se presentó en todos los árboles evaluados durante el verano y otoño (100%); sin embargo su incidencia no deja de ser importante durante el invierno y la primavera, ya que más del 50% de los árboles evaluados lo presentó. En el invierno la severidad fue menor debido a que los árboles presentaron pocos brotes. Mientras que durante la primavera más de la mitad de los árboles se encontraban infectados, pues estos empezaron a desarrollar nuevos brotes, comportamiento que continuó en el verano, originando el desplazamiento del patógeno a la totalidad de árboles de *Schinus terebinthifolius* evaluados. Fue en la estación de otoño donde el síntoma manifestó la mayor severidad en todos los árboles, llegando a afectar hasta el 20% de la superficie de los folíolos (en promedio), es decir el daño ocasionado fue mínimo. Los árboles que no presentaron esta severidad fueron por que habían recibido una drástica poda.

De las 6 zonas, la 3 y 4 presentaron el síntoma en todos los árboles evaluados y con un ataque de hasta el 10% de la superficie de los folíolos, en promedio. Esto se explicaría por que en la zona 3 los individuos son jóvenes (con DAP menor a 10 cm) con la mayor parte del follaje tierno, siendo este tipo de follaje el que es preferido por el *Oidium* sp. En la zona 4 el síntoma se presentaría por que era un área con escaso riego.

La temperatura y humedad relativa en el otoño y primavera son similares (20°C y 82% HR) y óptimos para el desarrollo del hongo. La diferencia de incidencia y severidad se debe a que en la primavera recién aparecen los nuevos brotes, por lo que recién estaría empezando el síntoma.

Cuadro 26 Valores de incidencia y severidad del síntoma de oidiosis en *Schinus terebinthifolius*

ZONAS	N° árboles	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
1	6	33%	83%	100%	100%	1	2	2	3
2	3	67%	33%	100%	100%	1	2	2	3
3	2	100%	100%	100%	100%	2	2	2	2
4	1	100%	100%	100%	100%	2	2	2	2
5	2	50%	100%	100%	100%	1	2	2	3
6	2	50%	50%	100%	100%	1	1	2	3
Campus	16	56%	75%	100%	100%	1	2	2	3

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño

G) MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO

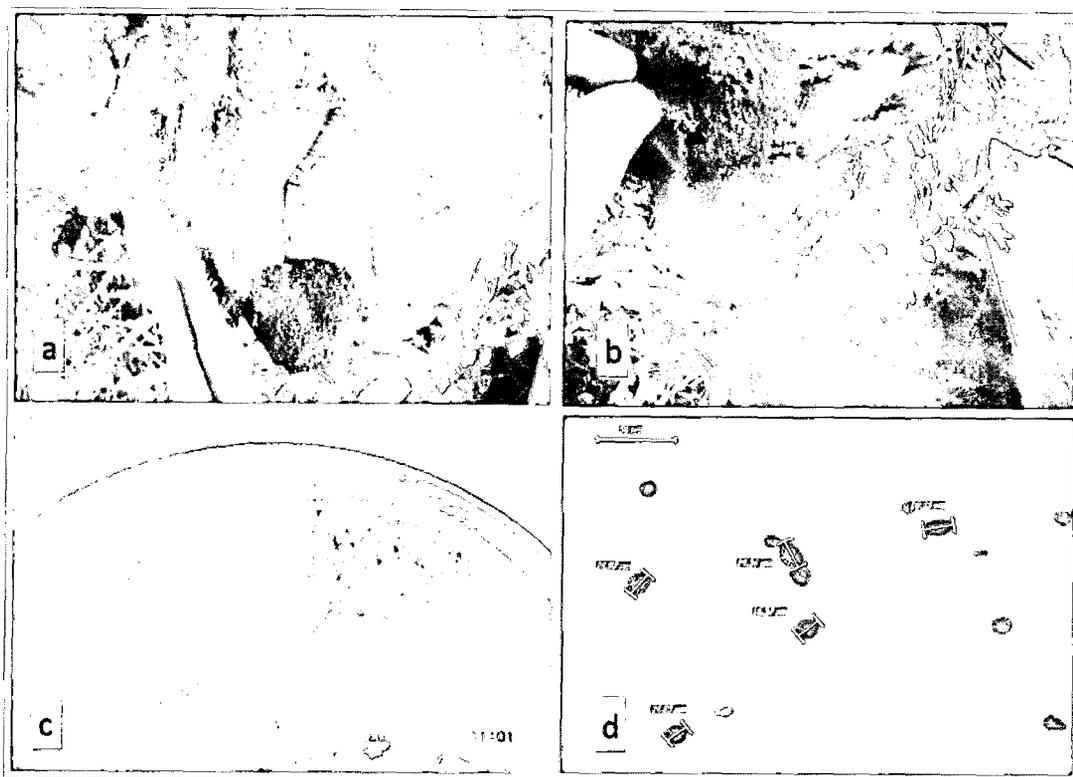
Los mapas de riesgo epidemiológico en las cuatro estaciones (Figura 88, 89, 90 y 91) muestran que la infección por el *Oidium* sp. fue incrementando desde el invierno hasta el otoño, del año siguiente. Sin embargo, es importante resaltar que la época de otoño en primer lugar y verano en segundo lugar, son las estaciones donde se presenta el máximo de su distribución espacial y temporam El otoño presentó focos de infección en las zonas 1, 2 y 5, por lo que deberían efectuarse podas de aclareo moderado (principalmente en estas zonas), con la finalidad que los rayos solares pasen directamente a los folíolos infectados. También, se podría regar con presión la copa, para que el *Oidium* sp. sea lavado de los folíolos.

4.11.3 OTRAS OBSERVACIONES

SIGNO: BASIDIOCARPO EN EL FUSTE

A inicio de febrero del 2012, se observó sobre el callo de la poda de una rama el desarrollo de la parte reproductiva de un hongo (Figura 92 a). Este presentaba el aspecto de un ovillo de lana color marrón (Figura 92 b) que al tocarlo emanaba un polvillo del mismo color, el cual era de textura fina (Figura 92 c). Se comprobó en el laboratorio que el polvillo marrón estaba constituido por esporas que median en promedio $17,42 \mu\text{m}$ (Figura 92 d).

Este hongo se encontró en el árbol de la especie *Schinus terebinthifolius* de código Z1-MC05, así como en dos árboles de la especie *Schinus molle*, descritos anteriormente. En todos estos casos el hongo se encontraba al borde de la rama podada, por lo que su presencia se podría explicar por un inadecuado tratamiento de la poda realizada, ya que faltó colocar sellante antifúngicos para prevenir la inoculación y desarrollo de hongos.



a) y b) Basidiocarpio en callo de rama. c) Esporas a simple vista (polvillo marrón).
d) Dimensiones de basidiosporas

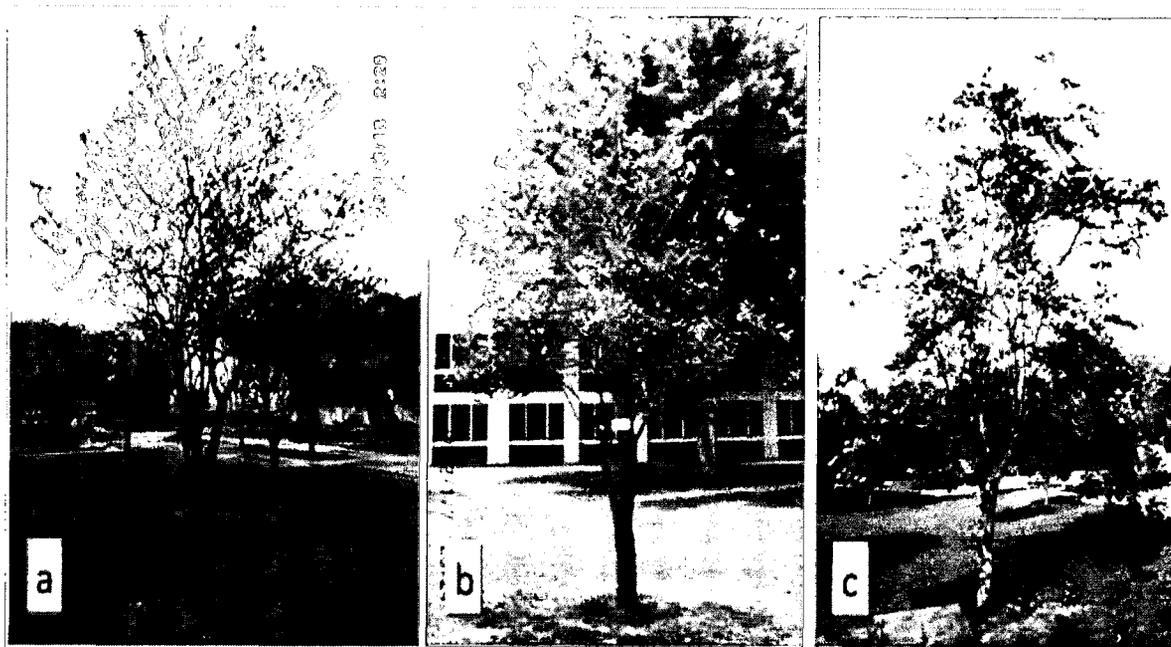
Figura 92 Desarrollo de hongo sobre la cicatrización de una rama podada

4.12 EN EL ÁRBOL DE JÚPITER

4.12.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Lythraceae
Nombre científico: *Lagerstroemia speciosa*
Nombre común: Árbol de Júpiter

Especie con copa redondeada, fuste liso y de baja estatura, observándose como máximo 4 m de altura en el campus de la UNALM (Figura 93). Floralties (2010), lo considera como árbol o arbusto ramificados desde la base. Además, indica que no es exigente y tolera la sequedad, acepta toda clase de suelo pero no con alta salinidad y exige un riego regular y profundo. La misma autora, recomienda una poda de formación cuando la planta es joven. En los árboles evaluados no se registraron podas durante la época de estudio.



a) En invierno, defoliación natural (zona 1). b) y c) Verano, con copa verde y floración al final de la estación (zona 1).

Figura 93 *Lagerstroemia speciosa*

La especie es considerada caducifolia (Figura 94) ya que dentro del campus universitario, empieza a perder casi el 50% de su follaje desde el otoño y es en invierno cuando los árboles pierden casi el 100% del follaje. Los brotes empiezan a aparecer en primavera y al final del verano se observa floración de color púrpura en toda la copa.

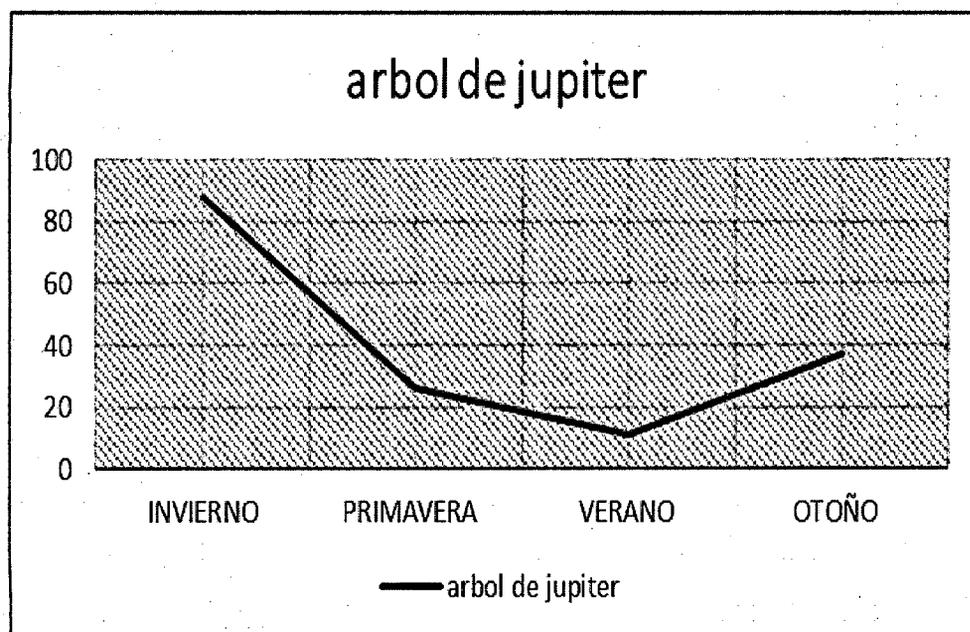


Figura 94 Defoliación de *Lagerstroemia speciosa* para el periodo de estudio

Lagerstroemia speciosa es la vigésima primera especie en orden de abundancia en el campus (18 árboles), evaluándose 10 árboles (55% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 27,7 cm, siendo el DAP máximo de 36,5 cm y el mínimo de 14,8 cm.

4.12.2 SÍNTOMA: OIDIOSIS

A) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

La oidiosis en *Lagerstroemia speciosa* se presentó en forma de polvillo de color blanquecino deformando ligeramente los bordes de la hoja, tal como se observa en la Figura 95. Este síntoma fue bastante semejante al observado y explicado para *Schinus terebinthifolius*.



Figura 95 Síntoma de oidiosis en *Lagerstroemia speciosa*

B) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA DEL SIGNO

Las ascosporas maduras (estado sexual) tenían forma elipsoide (Figura 96).



Figura 96 Ascosporas de *Oidium* sp. en *Lagerstroemia speciosa*

C) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SIGNO

Este hongo presentó características a simple vista que permitieron su diagnóstico preliminar mediante observación en campo. Pero se verificó la identificación taxonómica en el laboratorio en base a sus estructuras microscópicas y al compararlo con la clave de identificación (Richard T. Hanlin, 1995) para *Oidium* sp. El Cuadro 27 muestra la clasificación taxonómica del patógeno.

Cuadro 27 Clasificación taxonómica del *Oidium* sp.

Reino	Fungi
Phyllum	Ascomycota
Clase	Leotiomycetes
Orden	Erysiphales
Familia	Erysiphaceae
Género	<i>Oidium</i>
Especie	sp.
Nombre científico	<i>Oidium</i> sp.
Nombre común	Oidio, blanquilla, moho blanco

La patogenia de esta enfermedad se encuentra descrita en la especie forestal *Schinus terebinthifolius*.

D) DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL SÍNTOMA

Los árboles de la especie *Lagerstroemia speciosa* fueron plantados en la zona 1 y zona 4 del campus universitario, a su vez estas dos zonas se encuentran dentro de la zona urbana, por lo que su riego fue frecuente y con agua de canal.

En base a los 10 árboles evaluados durante el periodo de estudio, se elaboró la escala (Figura 97) que permitió determinar la severidad para el periodo de estudio.

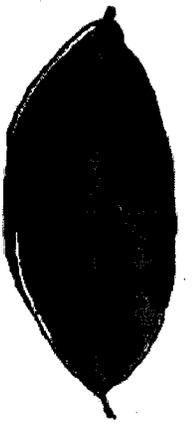
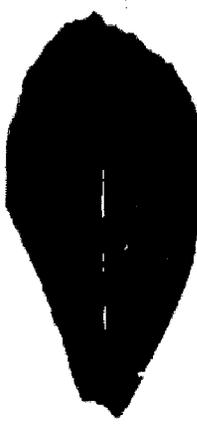
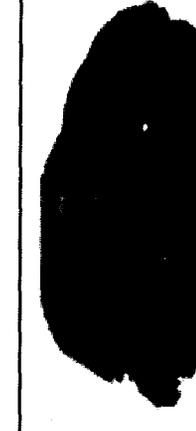
				
G1	G2	G3	G4	G5
0 %	Del 1% al 10%	Del 11% al 20%	Del 21 al 40%	Del 41% al 80%
Hoja completa-mente sana, sin presencia de polvillo blanco.	Polvillo blanco que cubre una superficie entre el 1% al 10% de la hoja.	Polvillo blanco que cubre una superficie entre el 11% al 20% de la hoja.	Polvillo blanco que cubre una superficie entre el 21% al 40% de la hoja.	Polvillo blanco que cubre una superficie entre el 41% al 80% de la hoja.

Figura 97 Escala para el síntoma de oidiosis en *Lagerstroemia speciosa*

El Cuadro 28 indica que la oidiosis se presentó en la primavera, verano y otoño. El hecho de su no ocurrencia en el invierno, obedece a que la especie forestal es caducifolia y las pocas hojas que mantuvo eran maduras, por lo cual el patógeno no encontró las condiciones adecuadas en estos árboles para su desarrollo. En la evaluación de primavera los árboles de la zona 4 empezaron a llenarse de nuevas hojas, consecuentemente se presentó la oidiosis, sin embargo los árboles de la zona 1 aún no empezaban a brotar. Posteriormente, en el verano todos los árboles evaluados presentaron un follaje nuevo y por lo tanto la oidiosis tuvo su máxima distribución; y manteniendo la severidad del ataque ya que la mayor radiación solar afectó el desarrollo del hongo. Durante el otoño se presentó la temperatura (20°C) y humedad relativa (82%) óptima para el desarrollo del hongo, pero este se volvió a concentrar en árboles de la zona 4 que se encontraban plantados en hilera, por lo que la cercanía de las copas estarían provocando el contagio, al impedir el paso directo de la luz solar a la parte baja del follaje. Mientras que las copas de los árboles de la zona 1 no se superponían, permitiendo una mejor iluminación y aireación de sus copas. Si bien es cierto que todos los árboles presentaron el

síntoma la severidad del daño fue mínimo, ya que afectó hasta el 10% de la superficie de las hojas, en promedio

Lagerstroemia speciosa tuvo una menor distribución y severidad durante el otoño a diferencia del *Schinus terebinthifolius*, debido a que esta última especie mantuvo una copa con abundante follaje durante todo el periodo de evaluación, dando las condiciones adecuadas para el desarrollo del hongo.

Cuadro 28 Valores de incidencia y severidad del síntoma de oidiosis en *Lagerstroemia speciosa*

ZONAS	N° árboles	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
1	4	0%	0%	100%	0%	1	1	2	1
2	0	---	---	---	---	-	-	-	-
3	0	---	---	---	---	-	-	-	-
4	6	0%	83%	100%	67%	1	2	2	2
5	0	---	---	---	---	-	-	-	-
6	0	---	---	---	---	-	-	-	-
Campus	10	0%	50%	100%	40%	1	2	2	2

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño, (---)=no existen árboles de *Lagerstroemia speciosa* en esa zona.

E) MAPA DE RIESGO EPIDEMIOLÓGICO

Los mapas de riesgo epidemiológicos (Figura 98, 99 y 100) muestran que los focos de infección se concentran en la zona 4 durante la primavera, verano y otoño. *Lagerstroemia speciosa* al ser una especie caducifolia contrarresta la infección de manera natural. Para prevenir la infección es necesario distanciar los árboles durante la plantación, de manera que las copas de estos no se superpongan.

4.12.3 OTRAS OBSERVACIONES

SÍNTOMA: OQUEDADES EN EL FUSTE

Desde el inicio del estudio se observó que el individuos de *Lagerstroemia speciosa*, de código Z4-LA06, presentó oquedades en parte de sus ramas, muchas de estas de tamaño significativo, La causa de este síntoma es desconocida pues durante el periodo de evaluación no mostró algún tipo de pudrición, pero si es claro de que existió una degradación del leño en periodos anteriores. Lo característico en este caso es que las ramas afectadas así como la copa a la que sostiene, no muestran debilitamiento ni pérdida de vigor del follaje, esto al ser comparada con otras ramas del mismo árbol o de individuos sin este síntoma (Figura 101).



Figura 101 Oquedades en árboles de *Lagerstroemia speciosa* (zona 4)

4.13 SÍNTOMAS EN OTRAS ESPECIES FORESTALES

Se observó exudación en las especies de *Araucaria excelsa* y *Enterolobium cyclocarpum*, pero no fueron relevantes para este estudio debido a su baja incidencia, a pesar de esto se consideraron ya que son fuentes de infecciones. A continuación se describe lo observado durante el estudio.

4.13.1 EXUDACIÓN EN EL ÁRBOL DE NAVIDAD

A) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Araucariaceae
Nombre científico: *Araucaria excelsa*
Nombre común: Árbol de navidad

Esta especie es considerada siempreverde y con copa de forma piramidal (Figura 102 a). Se caracteriza por que sus ramas se encuentran dispuestas en verticilios horizontales. En el campus los árboles llegaron a medir hasta 10 m de altura. Floralies (2010), señala que resiste la brisa marina, mantiene un ritmo de crecimiento relativamente rápido y es un árbol de larga vida. Además, indica que la especie resiste suelo pobre, árido y alcalino, pleno sol y que solo requiere de poda de limpieza.

Araucaria excelsa es la vigésima segunda especie en orden de abundancia en el campus (13 árboles), evaluándose 10 árboles (77% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 27 cm.

B) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

Se observó en los árboles ubicados en la zona 1 y 4 una exudación abundante en el fuste (Figura 102 b). Se realizó una prueba simulando la extracción de ramas para determinar si la causa del síntoma podría ser por la técnica de poda (Figura 102 c). Dicha prueba fue positiva por lo que la poda o en algunos casos la caída de ramas, por su propio peso, eran las causas del síntoma.



a) Vista de árbol con síntoma. b) Exudación en el fuste. c) Exudación a causa de simulación de poda.

Figura 102 Síntoma de exudación en *Araucaria excelsa*

4.13.2 EXUDACIÓN EN LA OREJA DE NEGRO

A) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Fabaceae
Nombre científico: *Enterolobium cyclocarpum*
Nombre común: Oreja de negro

Especie considerada caducifolia, debido a que se defolió naturalmente durante la primavera, mientras que en el verano y otoño mantiene una copa semiesférica (Figura 103 a). *Enterolobium cyclocarpum* es la decimo sexta especie en orden de abundancia en el campus (38 árboles), evaluándose 7 árboles (18% de la población total). De los árboles evaluados el promedio del DAP es 42 cm.

B) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SÍNTOMA

Los árboles que presentaron el síntoma se encontraban en la zona 1 y se llegó a determinar que la causa era de origen antrópico, debido a la introducción del barreno metálico a una altura de 1,60 m (Figura 103 b) originando la abundante exudación. Además, que estas heridas exponen al árbol a una posible infección debido a que estas no fueron selladas.



a) Vista del árbol con el síntoma. b) Exudación a causa de introducción de barreno metálico.

Figura 103 Síntoma de exudación en *Enterolobium cyclocarpum*

4.14 SIGNOS EN OTRAS ESPECIES FORESTALES

Durante el periodo de evaluación se observó el desarrollo de basidiocarpos en *Parkinsonia aculeata*, *Melia azedarach* y *Triplarys peruviana*, el desarrollo en el fuste de estos cuerpos fructíferos son considerados como signos de posibles enfermedades que durante el periodo de estudio no llegaron a manifestarse. Según Manta (2004), estos hongos podrían estar comportándose como saprofitos al alimentarse de partes muertas de los árboles.

A continuación se describe lo observado para estas tres especies forestales hospederas.

4.14.1 BASIDIOCARPO EN EL PALO VERDE

A) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Fabaceae (Leguminosae)

Nombre científico: *Parkinsonia aculeata*

Nombre común: Palo verde, azote de Cristo

Árbol de copa redondeada, tronco liso y verde llena de clorofila con la que también realiza fotosíntesis (Figura 104). Floralies (2010), señala que esta especie es adaptable a suelos áridos, pedregosos y arenosos, con buen drenaje, no exige mucho riego y tolera la sequedad ya que tiene raíces profundas con las que capta el agua del subsuelo y raíces superficiales extendidas que buscan la humedad. La misma autora recomienda poda de limpieza y formación, dentro del campus se observó podas ligeras en los meses de otoño. Es considerada una especie caducifolia debido a que los árboles, evaluados en el campus universitario, presentaron la caída natural de sus hojas durante el invierno en un 79% de su copa, observándose que la mayoría de estos individuos perdieron casi la totalidad de su follaje, mientras que en el verano la defoliación es casi nula. Sin embargo Floralies (2010), para su estudio en Lima lo considera semicaducifolio e incluso siempre verde. Además indica que florece en primavera, verano y otoño, pero en el campus solo se observó con mayor intensidad en el verano.



a) En verano (zona 1). b) En invierno (zona 1).

Figura 104 *Parkinsonia aculeata*

B) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SIGNO EN EL ÁRBOL DE CÓDIGO Z1-AC04

Se desarrolló un basidiocarpo en la parte media del fuste, teniendo las siguientes características. Al inicio de su desarrollo, en octubre del 2011, no se diferenció el pileo del himenio, pues el crecimiento fue indefinido. El basidiocarpo presentó unos 5 cm de dimensión, color amarillo fuerte con un centro negro (Figura 105 a), luego en verano del 2012 empezó a tomar forma esférica manteniendo el mismo color (Figura 105 b). Poco tiempo después aumentó su tamaño significativamente y su color cambio a una tonalidad amarillo – rojizo (Figura 105 c).

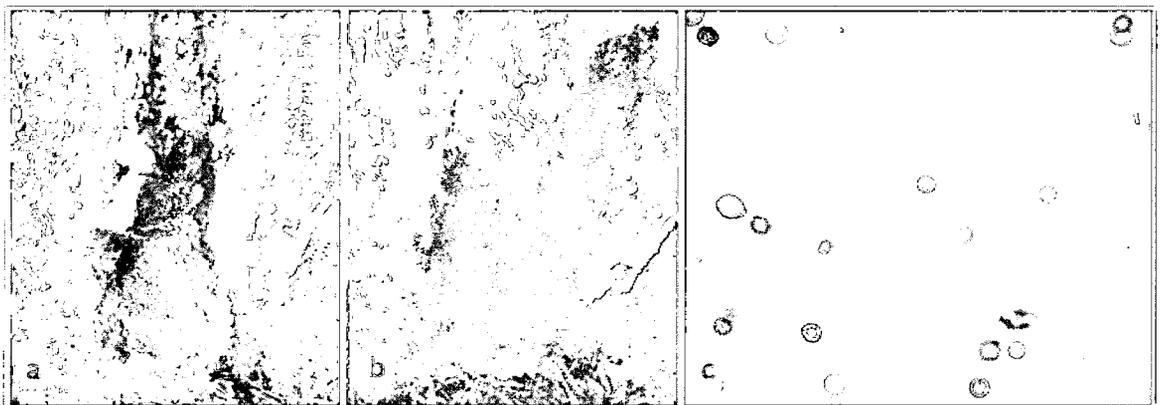
Recién en enero del 2014 el basidiocarpo empezó a tomar forma de repisa, siendo sus dimensiones de 13 cm de largo, 8 cm de ancho y 12 cm de alto, cambiando su color a un amarillo pálido en los bordes y manteniendo el color amarillo – rojizo en la parte superior (Figura 105 d). El himenio mantuvo una textura lisa, lobulada y de consistencia carnosas, suave y húmeda al tacto (Figura 105 e). Alrededor de la base del fuste se observó otros basidios que se encontraban en una etapa de madurez, mostrándose frágil y seco (Figura 105 f). Guzmán (2008), indica que algunos hongos en su madurez intensifica un olor característico, pero esto no se evidenció en campo.



a) y b) Estado inicial del hongo. c) Crecimiento durante el verano. d) y e) Formación de la repisa. f) Estado maduro del hongo.

Figura 105 Desarrollo del basidiocarpo en *Parkinsonia aculeata*

También, se observó en el fuste un polvillo color marrón originado por la ruptura del mismo basidiocarpo, el cual se deshizo al ser manipulado. Además, el hongo se desarrolló en una cavidad que expuso la parte interna del árbol (Figura 106 a y b). Al analizar las características microscópicas del cuerpo fructífero, se tuvo que la mayor cantidad de esporas colectadas, tenían forma globosa y con doble pared. Pero también se observó esporas similares a las colectadas de los basidiocarpo del género *Ganoderma* (Figura 106 c).



a) y b) Parte de basidiocarpo y polvillo marrón generado por las esporas. c) Esporas del hongo vistas en microscopio.

Figura 106 Basidiocarpo en el fuste de *Parkinsonia aculeata*

C) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SIGNO

La característica macroscópica revela que el color y forma del basidiocarpo son poco parecidos a los otros hongos de *Ganoderma* encontrados en el campus. Sin embargo, Cibrián et. al. (2007), señalan que los especímenes jóvenes de *Ganoderma australe* son de color blanquecino a amarillo pálido. Por tal motivo, este hongo podría tratarse de *Ganoderma* sp. (Cuadro 29).

Cuadro 29 Clasificación taxonómica de *Ganoderma* sp.

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Orden	Polyporales
Familia	Ganodermataceae
Género	<i>Ganoderma</i>
Especie	sp.
Nombre científico	<i>Ganoderma</i> sp.

D) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SIGNO EN EL ÁRBOL DE CÓDIGO Z1-AC02 Y Z4-AC01

En otros individuos de *Parkinsonia aculeata*, también se observó la presencia de otro cuerpo fructífero (signo), ubicado dentro de las hendiduras del fuste de los individuos de código Z1-AC02 y Z4-AC01. Este hongo es un basidiocarpo pero del orden de los agaricales que a diferencia de los poliporales presenta himenio formado por láminas y no por poros; además tiene forma de ostra, de color blanquecina, de hasta 10 cm de diámetro (Figura 107). Moreno (2010), afirma que en la madurez este hongo tiene forma convexa a aplanada y de color cremoso a pardo, con pie lateral muy corto respecto al diámetro de sombrero, a veces ausente.



Figura 107 Desarrollo de un basidiocarpio en la hendidura del fuste

El hongo fue llevado al laboratorio para su posterior identificación y clasificación, tal como se muestra en el Cuadro 30.

Cuadro 30 Clasificación taxonómica de *Pleurotus ostreatus*

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i>
Nombre científico	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.

Todo cabe indicar que el hongo estuvo desarrollándose sobre sustrato muerto acumulado en las oquedades presentes en el fuste de los árboles, por lo que estaría comportándose como un saprofito. Ante esto Moreno (2010), indica que este hongo es una especie cosmopolita y saprofita que fructifica en madera de caducifolios, más raramente en coníferas. Esto durante la fase sexual o holomorfa del basidio, pues durante la etapa asexual o anamorfa Gonzales (2012), indica que el comportamiento del *Pleurotus ostreatus* podría causar pudrición blanca, la cual durante el periodo de evaluación no fue observada en los árboles.

Por otro lado Moreno (2010) y otros autores, mencionan que debido a la firmeza de su carne, su agradable olor fúngico y su sabor dulzaino, *Pleurotus ostreatus* es considerado un tipo de hongo comestible.

4.14.2 BASIDIOCARPO EN LA MELIA

A) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Meliaceae
Nombre científico: *Melia azedarach*
Nombre común: Melia, flor del paraíso

Melia azedarach es una especie de copa globosa y extensa, considerada caducifolia ya que eliminó sus hojas naturalmente, durante el invierno donde los árboles se defoliaron hasta un 80% de su copa, en promedio, mientras que en el verano todos los árboles presentaron su follaje completo. Esta especie es la vigésima en el orden de abundancia en el campus y sus árboles llegaron a medir hasta 8 m de altura.

B) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SIGNO

El signo solo se presentó en un individuo de código Z2-ME02 (Figura 108 a), el cual tenía una bifurcación desde la parte baja del fuste, encontrándose el cuerpo fructífero en uno de los troncos, en el cual durante la época de verano se observó que su follaje empezaba a perder color al compararlo con la copa del otro fuste sano del mismo árbol.

Bobadilla (2004), señala que *Ganoderma applanatum* infecta a la madera de *Melia azedarach* que es susceptible a este hongo. Además, el basidiocarpo empezó a desarrollarse a fines del verano del 2011, donde tenía forma de botón color blanco (Figura 108 b). Luego en la primavera del mismo año aumento de tamaño pero sin forma definida (Figura 108 c). Finalmente en el verano del 2012 su crecimiento fue próspero y tomo la forma de repisa (Figura 108 d y e).

Dicho árbol se encontraba ubicado en la parte urbana del campus universitario, teniendo un riego frecuente y por medio del canal; y tratamientos de podas durante la primavera. Además, presentaba una adecuada área para el desarrollo de sus raíces. Por tal motivo, se asume que la inoculación del hongo se pudo haber dado a través de una herida causada por la bifurcación o por heridas de podas inadecuadas. Este basidiocarpo fue identificado como *Ganoderma australe*, ya que sus características macro y microscópicas se asemejaron a los basidiocarpos evaluados anteriormente.



a) Árbol que presenta el signo. b) Mayo 2011. c) Octubre 2011. d) Enero 2012. e) Febrero 2012.

4.14.3 BASIDIOCARPO EN LA TANGARANA

A) CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE HOSPEDERA

Familia: Polygonaceae
Nombre científico: *Triplaris peruviana*
Nombre común: Tangarana

Triplaris peruviana es considerado siempre verde, debido a que mantuvo su follaje durante todo el año, teniendo un recambio de hojas pausado. No existe mayor información del comportamiento de esta especie en las ciudades.

B) DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SIGNO

Para el caso de esta especie, el signo se presentó en dos individuos que se encontraban en el área conocida como “Dantitas”, en la cual el riego y los tratamientos silviculturales son pocos frecuentes, por lo que el suelo se encontró compactado y la hojarasca no llega a descomponerse adecuadamente para brindar nutrientes para los mismos árboles. El árbol de código Z1-TG03, llegó a secarse y posteriormente a morir, paralelamente a esto desarrolló basidiocarpo de tamaño considerable, de aproximadamente 40 cm de largo, 25 cm de ancho y 8 cm de alto. El otro árbol de código Z1-TG04, presentó el signo en la parte media del fuste (1,70 m de altura), pero no se observó mayores cambios en su estructura ni follaje, tal como se observa en la Figura 109.



a) Inicio del desarrollo. b) y c) Crecimiento durante el verano. d) Sequedad del basidiocarpio.
e) Estado maduro del hongo. f) Himenio a simple vista.

Figura 109 Desarrollo de *Ganoderma australe* en *Triplaris peruviana*

4.15 DISTRIBUCIÓN DE BASIDIOCARPOS EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO

Durante el periodo de estudio se registró 16 árboles, en cuyos fustes se desarrolló el cuerpo fructífero de hongos (etapa reproductiva). Encontrándose el hongo del género *Ganoderma* (algunos basidiocarpos correspondieron a la especie *Ganoderma australe*), el cual tuvo como hospederos 9 árboles de las siguientes especies forestales: *Delonix regia*, *Koelreuteria paniculata*, *Casuarina cunninghamiana*, *Parkinsonia aculeata*, *Triplaris peruviana* y *Melia azedarach*. Por otro lado, se observaron otros basidiocarpos que no fueron identificados, pero que se desarrollaron en 5 árboles de las especies: *Delonix regia*, *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius* y *Casuarina cunninghamiana*. Mientras que en 2 árboles de *Parkinsonia aculeata* se desarrolló el hongo de la especie *Pleurotus ostreatus*. En la Figura 110, se muestra la ubicación de estos árboles que presentaron el signo de basidiocarpio, además se observa que la mayor distribución espacial de los basidiocarpos se encontró en la zona 1 y 2, siendo el hongo más importante el del género *Ganoderma*.

4.16 CLASIFICACIÓN DE LOS SÍNTOMAS EVALUADOS Y PRESCRIPCIÓN PARA EL MANEJO DE LAS ENFERMEDADES

Durante el periodo de estudio se evaluaron 11 síntomas; 9 especies forestales presentaron solo un síntoma. Mientras que *Schinus molle* y *Casuarina cunninghamiana* fueron las especies que presentaron dos síntomas diferentes cada una. El Cuadro 31 muestra los valores de incidencia y severidad de los síntomas determinados en cada estación, pero estos resultados no muestran la magnitud del daño, ya que las muestras de árboles evaluados son diferentes en las 6 zonas del campus.

Cuadro 31 Clasificación de los síntomas evaluados durante el periodo de evaluación

Especie hospedera	Síntoma	Incidencia				Severidad			
		I	P	V	O	I	P	V	O
<i>Delonix regia</i>	Defoliación atípica	5%	5%	5%	10%	1	1	1	1
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Muerte súbita	0%	0%	8%	8%	1	1	1	1
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Pudrición marrón	13%	13%	13%	13%	1	1	1	1
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Exudación	61%	61%	61%	61%	2	2	2	2
<i>Grevillea robusta</i>	Exudación	30%	30%	30%	30%	2	2	2	2
<i>Schinus molle</i>	Tumores en el fuste	21%	21%	21%	21%	2	2	2	2
<i>Schinus molle</i>	Oidiosis en hoja	47%	59%	6%	18%	2	2	1	1
<i>Eucalyptus spp.</i>	Mancha foliar	0%	11%	32%	32%	1	1	2	1
<i>Salix humboldtiana</i>	mancha foliar del sauce	71%	25%	25%	0%	2	1	1	1
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Oidiosis en hoja	56%	75%	100%	100%	1	2	2	3
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Oidiosis en hoja	0%	50%	100%	40%	1	2	2	2

Leyenda: I=invierno, P=primavera, V=verano, O=otoño.

■ Enfermedades actuales ■ Enfermedades potenciales ■ Agentes perjudiciales o agentes patógenos

Tomando en cuenta los lineamientos teóricos de la clasificación de plagas desarrollado por Manta (2013), a continuación se clasifican los síntomas de enfermedades observadas en 9 especies forestales.

- Enfermedades claves o actuales

En esta clasificación se agrupan los síntomas de defoliación atípica, muerte súbita y pudrición marrón del fuste, presentes en: *Delonix regia*, *Koelreuteria paniculata* y *Casuarina cunninghamiana*, respectivamente. Durante el estudio se registró la muerte de tres árboles, dos pertenecían a la especie *Delonix regia*, los cuales coincidieron en tener un riego inadecuado por su ubicación; el tercer árbol muerto fue de la especie *Koelreuteria paniculata* y llegó a morir por la infección posiblemente ocasionado durante su trasplante. Así mismo, se observó que la pudrición marrón en *Casuarina cunninghamiana* disminuyó la resistencia estructural de los árboles afectados, más aún considerando que estos son de grandes dimensiones (árboles adultos) lo cual aumenta el riesgo de accidentes a la población. Además, los síntomas descritos reducen considerablemente el rol estético de estos árboles y solamente son observados cuando la infección se encuentra en estado avanzado. No se descarta que otros árboles se encuentren infectados. Estos síntomas no se pueden controlar pues el patógeno se encuentra atacando, principalmente, el tejido vascular del árbol. Para prevenir esto se debe desinfectar las herramientas utilizadas en los tratamientos silviculturales al pasar de un árbol a otro. También, se debe eliminar los basidiocarpos y no dejar que se sigan desarrollando ni que se proliferen. Por último, se debe extraer los árboles en los casos en que la infección manifieste peligro de caída de la planta.

- Enfermedades potenciales

En esta clasificación se agrupan los síntomas de exudación en *Casuarina cunninghamiana* y *Grevillea robusta*, así como los tumores en el fuste de *Schinus molle*. Estos síntomas disminuye notablemente el rol estético de estas especies forestales, ya que son visibles. Por otro lado, no se observó daño directo a la estructura del árbol por lo que no son considerados un riesgo para los transeúntes.

Para prevenir que la exudación se manifiesten en otros árboles de *Casuarina cunninghamiana* y *Grevillea robusta*, se debe controlar el riego en base a lo requerido por cada especie, es decir para *Casuarina cunninghamiana* evitar el riego constante y por inundación y para el caso de *Grevillea robusta* regar más seguido. Así mismo, se debería limpiar y desinfectar la parte afectada del árbol para disminuir la probabilidad que se infecte y se genere otras enfermedades.

En el caso que el origen haya sido a causa humana se debe evitar perforar el fuste y dejar expuesta al ambiente por lo que se debería colocar tarugos de madera desinfectada. Los tumores presentes en las ramas de *Schinus molle* pueden controlarse mediante podas, pero las que están en el fuste solo queda evitar que sigan creciendo mediante un riego y época de poda adecuada, con la finalidad de aumentar la resistencia de la especie ante la enfermedad.

- Agentes perjudiciales o agentes patógenos

En esta clasificación se agrupan el síntoma de oidiosis en *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius* y *Lagerstroemia speciosa*, así como la mancha foliar en *Eucalyptus spp.* y la mancha foliar en *Salix humboldtiana*. El síntoma de oidiosis en *Schinus molle* y mancha foliar en *Eucalyptus spp.* son las más importantes en esta clasificación; ya que estos hospederos se encuentran entre las primeras especies en orden de abundancia en el campus, además también presentaron ataque de insectos picadores chupadores durante el periodo de estudio. El síntoma de mancha foliar en *Salix humboldtiana*, especie que presentó un ataque considerable de acaros en sus hojas. Finalmente, el síntoma de oidiosis en *Schinus terebinthifolius*, el cual fue la especie más afectada por este hongo, tanto temporal como espacialmente. Y el mismo síntoma en *Lagerstroemia speciosa*, especie que autorreguló el ataque mediante la caída natural de sus hojas.

Todos estos síntomas no disminuyeron notablemente el rol estético de los árboles, pero podrían estar afectando ligeramente la fotosíntesis. Sin embargo, a pesar que en algunos árboles se determinó una severidad de ataque significativa, esta no conllevó a la muerte de la misma. Se puede evitar y disminuir el ataque podando a inicio de primavera, con la intención de abrir la copa y de manera que entre mayor cantidad de luz al follaje y disminuya la humedad concentrada en la copa, así mismo cortar los rebrotes que crecen en la parte baja del fuste. Gallegos (2005), recomienda mantener despejados de desperdicios de podas, para eliminar focos de infección y eliminar las partes afectadas y destruirlas, para que los individuos cercanos no se contaminen.

5. CONCLUSIONES

- De las 24 especies forestales evaluadas el 58,33% (14 especies): *Delonix regia*, *Koelreuteria paniculata*, *Parkinsonia aculeata*, *Casuarina cunninghamiana*, *Grevillea robusta*, *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius*, *Lagerstroemia speciosa*, *Salix humboldtiana*, *Eucalyptus spp*, *Melia azedarach*, *Triplaris peruviana*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Araucaria excelsa* mostraron síntoma y/o signo de enfermedad. Mientras que las otras 10 especies: *Ficus benjamina*, *Tipuana tipu*, *Acacia retinoides*, *Swietenia macrophyllum*, *Cedrela odorata*, *Cupressus macrocarpa*, *Jacaranda mimosifolia*, *Fraxinus americana*, *Spathodea campanulata* y *Tecoma spp.* se mostraron libres de síntoma y signo.
- Las enfermedades actuales son: defoliación atípica en *Delonix regia*, muerte súbita en *Koelreuteria paniculata* y pudrición marrón en *Casuarina cunninghamiana*. Las enfermedades potenciales son: exudación en *Casuarina cunninghamiana* y *Grevillea robusta* y tumores en el fuste de *Schinus molle*. Mientras que los agentes perjudiciales o agentes patógenos causan: oidiosis en *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius* y *Lagerstroemia speciosa*; mancha foliar en *Salix humboldtiana* y mancha foliar en *Eucalyptus spp.*
- Los síntomas de enfermedades forestales disminuyen la resistencia estructural, el vigor y la estética ornamental del arbolado del campus universitario. Así mismo, la defoliación atípica y muerte súbita conllevan a la muerte de la planta.
- Los microorganismos identificados y clasificados como parásitos obligados son: *Oidium sp.*, *Cercospora salicina*, *Meloidogyne sp.* Como parásito facultativos *Fusarium sp.* y *Ganoderma sp.* (*Ganoderma australe*). Mientras que *Capnodium sp.* se encuentra dentro de los saprofitos obligados.
- La elaboración de escalas permiten y facilita la evaluación de la gravedad del ataque. Mientras la evaluación de la incidencia permite determinar la dispersión de los daños en el campus.

- Los valores de severidad no reflejan la gravedad de la enfermedad para los síntomas de pudrición marrón, defoliación atípica, muerte súbita.
- Los síntomas de defoliación atípica, muerte súbita y pudrición marrón presentan un ataque pausado y focalizado.
- Las condiciones que predisponen el desarrollo de enfermedades forestales son principalmente las podas inadecuadas y el riego escaso o abundante.
- La zona 1 y la zona 2 son las que contienen los árboles con mayor manifestación de síntomas. Así mismo, en estas zonas se realizan la mayor cantidad de tratamientos silviculturales.
- Los mapas de riesgo epidemiológico son una herramienta que permiten visualizar con facilidad la severidad del síntoma y el desplazamiento temporal y espacial de los síntomas en el campus universitario.

6. RECOMENDACIONES

- Las acciones a tomar en cuenta para reducir la presencia de síntomas y disminuir la proliferación de los patógenos es la prevención, con énfasis en los tratamientos silviculturales.
- Como primera medida precautoria, para disminuir la incidencia de enfermedades es necesario plantar árboles adaptados a las condiciones climáticas y suelos locales.
- Tener en cuenta que una actividad de manejo preventivo que se realice a una especie forestal para disminuir una enfermedad, puede propiciar la aparición de otra, por lo que se hace necesario investigaciones más exhaustivas y específicas a cada uno de los síntomas estudiados. Con la finalidad de obtener información precisa del ataque y poder prevenir el daño a la planta con mayor efectividad.
- La pudrición marrón es un síntoma que se manifiesta a simple vista cuando el ataque es avanzado, por lo que no se descarta que otros árboles se encuentren infectados y con avance inicial de pudrición en su interior. En base a esto se recomienda estudiarlo mediante metodología no destructivas como el sistema de tomografía arbórea o evaluaciones resistográficas.
- La severidad con la que se presentó los síntomas de defoliación atípica y muerte súbita fueron agresivos y eficaces por el corto tiempo en que los árboles demoraron en morir. Por esto se recomienda estar atento al comportamiento de los árboles.
- Realizar un plan de manejo para el arbolado del campus universitario, basándose en el mapa de riesgo epidemiológico y donde se priorice las actividades silviculturales con el fin de prevenir la aparición de los síntomas en otros árboles.
- Capacitar a los trabajadores encargados del mantenimiento del arbolado del campo universitario, debido a que la técnica y temporada en la que realizan sus tareas influyen directamente en la aparición de enfermedades.
- Identificar a nivel de especie los patógenos que en este estudio no se logró obtener.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. 1997.** Plant Pathology. 4th ed. Academic Press. San Diego – California, US. 635p.
- Agrios, G. 2005.** Plant Pathology. 5th ed. Academic Press. Burlington, US. (en línea). Consultado 8 Ag. 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=CnzbGZgby60C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=incidence&f=false.
- Alcázar, J. 2008.** El potencial de los nematodos parásitos de insectos como controladores biológicos de plagas agrícolas. I Simposio Internacional de Investigación. Escuela de Post Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 23p.
- Alegre, J. Loli, O y La Torre, B. 2005.** Manual práctico de fertilidad de suelos. 38 p.
- Alvares U, G; Ferreyra V, M; Huamantínco S, B y Prieto D, R. 2001.** Diagnóstico de la gestión integral y propuesta de desarrollo para el Jardín Botánico “Octavio Velarde Nuñez” de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Trabajo de investigación (Biólogo, Ing. For). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 150 p.
- Arguedas, M. 2009.** La “corona de agallas” (*Agrobacterium tumefaciens*). Kurú - Revista Forestal (Costa Rica). Instituto Tecnológico de Costa Rica. 6 (16): 5.
- Arrojo, E. s.f.** Los hongos en Extremadura. Junta de Extremadura. ES. 205 p.
- Ayala, D. 2010.** Efecto de dos biofertilizantes en el estado sanitario y establecimiento de plantones de *Acacia longifolia*. Tesis (Ing. For). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115 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.
- Besoain, X. 1999.** Fitopatología general. Primera edición. Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso. CL. 190 p.
- Boa, E. 2008.** Guía ilustrada sobre el estado de salud de los aboles: reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). San Salvador, SV. 49 p.

- Bobadilla, E. 2004.** Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción. Universidad Nacional de Misiones. AR. 135 p.
- Brady, N y Weil, R 2008.** The nature and properties of soil: Upper of saddle river. Columbus, Ohio. New jersey, US. 58-83 p.
- Cadena, C. s.f.** Fitopatología general. Departamento académico de entomología y fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 78p.
- Calvo, L. Otero, B. s.f.** Enfermedades de hojas en frondosas: La oidiosis del roble. 21 p.
- Castillo, V. 2007.** Árboles riesgo en tres áreas de la Universidad Autónoma Chapingo. MX. 77p.
- Chavarriga, D. 2011.** Protección fitosanitaria forestal. CO. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 229 p.
- CIPRLS (Comisión Interinstitucional del Proyecto de La Sabana, CR). 2008.** Proyecto de rearborización del parque metropolitano La Sabana. CR. 240 p.
- Clamens, C., G. León De Pinto, F. Rincón y A. Vera. 1998.** Exudados gomosos de plantas localizadas en Maracaibo, Venezuela. Rev. Fac. Agron. La Plata, AR. 103 (2): 119-125.
- Coscolla, R. 1980.** Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. Boletín de Servicio de plagas. 6: 123-139.
- De Orellana, J. 2011.** La arquitectura del paisaje en la costa central del Perú y su sostenibilidad. CONSENSUS. Universidad Femenina del Sagrado Corazón. Lima, PE. 16(1):183-213.
- Duarte, O y Robles, D. sf.** La importancia de escoger árboles adecuados para parques y avenidas y su manejo, el caso de Lima. PE. 14 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003.** Manual curso de análisis espacial Arcview 8.2. 180 p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, UY).** 2006. Manual de campo: Plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay. Proyecto PCT/URU/3002 Apoyo a la defensa y protección de las plantaciones forestales en el Uruguay. 167 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).** 2012. Glosario de términos fitosanitarios. Normas internacionales para medidas fitosanitarias. FAO - Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Roma, IT. 35 p.
- FLORALIES (Asociación Peruana De Club De Jardines, PE).** 2010. Paisajes verdes con poco agua. Lima, PE. 160 p.
- 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.
- Gonzales, G.** 2012. Patología biótica de la madera de los bosques templados de Chile, a la selva atlántica de Misiones. Tesina. Universidad del Bio-Concepcion. CL. 47 p.
- Guzmán, G.** 2008. Hongos de parques y jardines y sus relaciones con la gente. Gobierno del Estado de Veracruz, MX. 244 p.
- Guzmán, O. Castaño, J. y Villegas, B.** 2012. Principales nematode fitoparasitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. Revista de Agronomía 20 (1): 38-50.
- Index Fungorum.** 2014. Clasificación taxonómico Internacional para hongos. (En línea). Royal Botanic Gardens. Consultado 2 Abr. 2014. Disponible en: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>.
- Johnston, K; Ver Hoef, J.M; Krivoruchko, K y Lucas, N.** 2001. Using Geostatistical Analyst. ESRI. 300 p.
- Kravchenko A. y Bullock. S.G.** 1999. A comparative study if interpolation methods for mapping soil properties. Agronomy Journal. 91: 393-400.

- Londoño, J. 2012.** Evaluación de la resistencia genética de especies de *Passiflora* sp. a *Fusarium* sp., agente causal de la “secadera”. Tesis (Mg. Sc. en Ciencias Agrarias). Palmira, CO. Universidad Nacional de Colombia. 119 p.
- Lucero, G. 2011.** Enfermedades de las Salicáceas. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias-UNCuyo. 4 p.
- Luley, C. 2006.** Identificación del tipo de pudrición de la madera y hongos xilófagos en árboles urbanos. Arborist News. 14 p.
- Madriz, K. 2002.** Mecanismos de defensa en las interacciones planta – patógenos. Manejo Integrado de Plagas. CR. 63: 22-32.
- Mansilla, P. 2003.** Medidas culturales preventivas para el control sanitario en árboles y arbustos: poda, cirugía arbórea e injerto. Cancillería de Política Agroalimentaria. Segunda Edición. 215 p.
- 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. 2013.** Estimación de daños provocados por insectos en las plantaciones forestales, en el contexto del cambio climático. LV Convención de Entomología. Sociedad Entomológica del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Del 4 al 7 de noviembre. 50 diapositivas
- Márquez, T. s.f.** Problemática de oídio en el cultivo de frutales. Situación actual y perspectivas de futuro. Barcelona, ES. 14 p.
- Miller, J. 1968.** Cercospora Leaf Spot Of Willow. Plant Pathology Circular No. 72. Florida Department of Agriculture - Division of Plant Industry. US. 1 p.
- Moreno, G. 2010.** Hongos del campus y sus alrededores. Cuadernos del campus naturaleza y medio ambiente N°7. Universidad de Alcalá. Madrid, ES. 72 p.
- O'brien, J. 1992.** Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation. US. Department of Agriculture. 204 p.

- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agraria, SV). 2003.** Enfermedades y artrópodos asociados al cultivo de loroco en El Salvador. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicionales. 81 p.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, PE). 1976.** Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima, PE. 146 p.
- Perilla, L. 2007.** Condiciones que favorecen el desarrollo del mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa* Var *rosae*) en los cultivos de rosa de la sabana de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, CO.
- Porta, J; López, M. y Roquero, C. 2000.** Edafología para la agricultura y medio ambiente. 3^{ra} edición. Madrid, ES. 252 p.
- Puerta, R; Rengifo, J y Bravo, N. 2013.** Manual de ArcGis 10. Nivel intermedio. ArcGeek. 117 p.
- RAE (Real Academia Española, ES). 2005.** Diccionario de la Lengua Española. (en línea). Vigésima tercera edición. Consultado 14 mar. 2011. Disponible en: http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=cariz
- Ramírez, L. 1997.** Guía de enfermedades en plantaciones forestales. CONIF. Santa Fe de Bogotá, CO. 44p.
- Reategui, A. 2012.** Prospección de las plagas del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) y la guinda (*Prunus serotina* Ehrh) en el valle del río Mantaro. Tesis (Ing. For). Lima, PE. Universidad nacional Agraria La Molina. 124 p.
- Rivera, K. 2008.** Ritmos reproductivos y vegetativos de cuatro especies arbóreas del campus de La Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis (Ing. For). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 130 p.
- Robledo, G. 2006.** Taxonomía ecológica y diversidad de políporos. Segundo Congreso Internacional de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis. Cusco, PE. 33 p.
- Ryvarden, L. 1991.** Genera of polypores, Nomenclature and Taxonomy. Synopsis Fungorum 5. 363 p.

- Ryvarden, L. 2004.** Neotropical Polypores – Part 1. Synopsis Fungorum 19, FUNGIFLORA.
- Sanchez, V. s.f.** Aislamiento y caracterización de *Trichoderma* spp. de diferentes ecosistemas en la región del Papaloapan. Proyecto Promep UNPA-01-08. Universidad del Papaloapan. Oaxaca, MX. 6 p.
- Schwarze, F. 2004.** Fungal strategies of wood decay in trees. University of Freiburg -Institute for Forest Botany and Tree Physiology. Germany. 195 p.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, PE). 2006.** Manual de procedimiento de muestreo y toma y envío de muestras de hongos y cromistas de importancia forestal. Lima, PE. 17p.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, PE). 2008.** Hongos e insectos forestales en el Perú: Identificación e inventario de insectos, hongos y cromistas de importancia forestal en las regiones de Huánuco, Junín, Lima, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Lima, PE. 41 p.
- SERPAR (Servicios de Parques de Lima, PE), 2012.** Árboles de Lima. Primera edición. 60 p.
- SINAVEF (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, MX). s.f. a.** Epidemiología sanitaria. (En línea). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Consultado en 20 dic. 2013. Disponible en <http://portal.sinavef.gob.mx/EpidemiologiaFitosanitariaInicio.html>
- SINAVEF (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, MX). S.f. b.** Uso del SIG para elaborar mapas de epidemiología. (En línea). Consultado en 10 mar. 2013. Disponible en: http://portal.sinavef.gob.mx/documentos/SINAVEF_ManualMapaRiesgos.pdf.
- Smith, I. 1988.** Manual de enfermedades de las plantas (En línea). Mundi-Prensa. Consultado 20 oct. 2013. Disponible en: http://books.google.com.pe/books?id=xY3Gyg4irDMC&pg=PA578&lpg=PA578&dq=ganoderma+applanatum+arbol&source=bl&ots=yt6yx_IQKa&sig=E1xlmDVMA8EtWRi3rJ2qrkJKODI&hl=es&sa=X&ei=uRymUtLOK9D5kQei4IDwDQ&ved=0CEYQ6AEwBTgK#v=onepage&q=ganoderma%20applanatum%20arbol&f=false

- Sociedad Internacional de Arboricultura.** s.f. Problemas causados por plagas y enfermedades. US.
- Taylor, L. y Sasser, J. 1983.** Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especie de *Meloidogyne*) Proyecto Internacional de *Meloidogyne*. Universidad del Estado de Carolina del Norte. US. 111 p.
- Torres, C. s.f.** Evaluación de enfermedades de planta. SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). Lima, PE. 22p.
- Torres, C. 2006.** Principales nematodos fitoparásitos. Ministerio de Agricultura. SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). Lima, PE. 120 p.
- Torres, C. 2011.** Entrevistas personales. SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). Lima, PE.

ANEXO 1

MODELO DEL CARTEL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES DURANTE LA PROSPECCIÓN

	FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES	
ESTE ÁRBOL ES PARTE DE UNA EVALUACION DE TESIS		
CODIGO: Z1 – CB01		
NOMBRE COMUN:	CAOBA DEL PERÚ	
NOMBRE CIENTIFICO:	Swietenia macrophyla G. King	
FAMILIA:	MELIACEAE	
2011 - 2012		

NOTA: El cartel fue elaborado en base a un código de identificación donde: Z1 es Zona 1; le sigue una separación con un guion; CB es el código de Caoba del Perú y 01 es el número del árbol a ser evaluado. Le sigue los nombres (común y científico) que identifica a la especie forestal. Por último, el periodo que permaneció durante la evaluación.

ANEXO 2

COORDENADAS DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
1	Z1AC01	287766	8663721	258	287760	8663726
2	Z1AC02	287782	8663753	259	287782	8663753
3	Z1AC03	287778	8663763	259	287778	8663763
4	Z1AC04	287767	8663770	258	287764	8663770
5	Z1AN01	287667	8663737	258	287662	8663735
6	Z1AN02	287662	8663717	258	287661	8663719
7	Z1AN03	287677	8663712	258	287675	8663712
8	Z1CA01	287725	8663677	252	287721	8663680
9	Z1CI01	288122	8663831	239	288123	8663831
10	Z1CI02	288123	8663833	239	288118	8663829
11	Z1EU01	287996	8663959	247	287996	8663959
12	Z1EU02	287988	8663969	248	287988	8663969
13	Z1EU03	287980	8663960	252	287980	8663960
14	Z1EU04	287974	8663964	250	287974	8663964
15	Z1EU05	287969	8663957	251	287969	8663957
16	Z1EU06	288103	8663928	260	288103	8663928
17	Z1EU07	288124	8663767	246	288119	8663766
18	Z1EU08	287862	8663647	253	287857	8663650
19	Z1FI01	288004	8663885	259	288004	8663885
20	Z1FI02	287842	8663817	258	287838	8663817
21	Z1FI03	288162	8663799	244	288162	8663799
22	Z1FI04	288022	8663706	253	288019	8663705
23	Z1FI05	287706	8663644	253	287701	8663645
24	Z1FI06	287721	8663616	252	287714	8663616

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
25	Z1FR01	287985	8663940	256	287985	8663940
26	Z1FR02	287992	8663947	258	287992	8663947
27	Z1FR03	287993	8663935	259	287993	8663935
28	Z1FR04	287983	8663933	254	287983	8663933
29	Z1FR05	287977	8663939	253	287977	8663939
30	Z1GR01	288010	8663966	241	288010	8663966
31	Z1GR02	288017	8663981	236	288017	8663981
32	Z1GR03	288011	8663975	239	288011	8663975
33	Z1GR04	287999	8663965	244	287999	8663965
34	Z1GR05	287998	8663971	241	287998	8663971
35	Z1GR06	287771	8663778	259	287771	8663778
36	Z1GR07	287686	8663762	257	287686	8663758
37	Z1GR08	287694	8663723	258	287699	8663714
38	Z1GR09	287698	8663707	258	287725	8663694
39	Z1GR10	287764	8663709	258	287758	8663709
40	Z1GR11	287789	8663722	260	287782	8663729
41	Z1GR12	288024	8663810	247	288024	8663810
42	Z1GR13	287994	8663795	249	287994	8663795
43	Z1HU01	288121	8663974	210	288124	8663978
44	Z1HU02	288090	8663961	224	288106	8663965
45	Z1HU03	288060	8663973	226	288061	8663972
46	Z1HU04	288107	8663828	239	288102	8663830
47	Z1HU05	288174	8663796	246	288174	8663796
48	Z1JA01	288028	8663942	229	288028	8663942
49	Z1JA02	288014	8663938	246	288014	8663938
50	Z1JA03	288092	8663818	239	288090	8663818
51	Z1JA04	288017	8663763	250	288015	8663767
52	Z1LA01	288155	8663823	244	288153	8663822

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
53	Z1LA02	288135	8663818	243	288135	8663818
54	Z1LA03	288117	8663820	242	288113	8663817
55	Z1LA04	288095	8663812	240	288095	8663812
56	Z1MC01	287828	8663847	261	287828	8663847
57	Z1MC02	288098	8663939	260	288098	8663939
58	Z1MC03	287989	8663894	259	287984	8663891
59	Z1MC04	287942	8663872	258	287939	8663873
60	Z1MC05	287829	8663765	259	287830	8663769
61	Z1MC06	288010	8663776	248	288000	8663777
62	Z1ME01	287852	8663859	261	287852	8663859
63	Z1ME02	287830	8663861	262	287830	8663861
64	Z1ME03	288015	8663792	248	288015	8663792
65	Z1MS01	288112	8663969	221	288112	8663967
66	Z1MS02	288025	8663927	259	288027	8663932
67	Z1MS03	287932	8663886	261	287937	8663891
68	Z1MS04	287740	8663803	260	287741	8663801
69	Z1MS05	287646	8663811	259	287646	8663811
70	Z1MS06	288034	8663908	258	288078	8663938
71	Z1MS07	287843	8663835	258	287844	8663835
72	Z1MS08	287822	8663778	258	287817	8663776
73	Z1MS09	287696	8663767	257	287693	8663768
74	Z1MS10	288128	8663810	241	288125	8663809
75	Z1MS11	288105	8663794	240	288102	8663796
76	Z1MS12	287982	8663731	253	287978	8663731
77	Z1MS13	287916	8663720	254	287909	8663720
78	Z1MS14	287817	8663633	252	287812	8663632
79	Z1ON01	288043	8663945	228	288045	8663945
80	Z1ON02	287948	8663915	262	287948	8663915

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
81	Z1ON03	287942	8663929	261	287942	8663929
82	Z1PA01	287893	8663883	262	287896	8663883
83	Z1PA02	288152	8663843	238	288153	8663840
84	Z1PA03	288148	8663839	238	288146	8663838
85	Z1PA04	287993	8663684	253	287989	8663687
86	Z1PR01	288057	8663946	228	288057	8663946
87	Z1PR02	288010	8663883	259	288010	8663883
88	Z1PR03	287825	8663770	258	287822	8663770
89	Z1PR04	287966	8663717	254	287966	8663717
90	Z1PR05	287869	8663645	253	287869	8663645
91	Z1SA01	287489	8663679	257	287492	8663685
92	Z1SA02	287487	8663693	257	287487	8663693
93	Z1SA03	287482	8663699	257	287482	8663699
94	Z1SA04	287583	8663514	258	287488	8663662
95	Z1TG01	288025	8663950	232	288025	8663950
96	Z1TG02	288023	8663958	232	288023	8663958
97	Z1TG03	288026	8663968	234	288026	8663968
98	Z1TG04	288014	8663946	245	288014	8663946
99	Z1TG05	288015	8663960	246	288015	8663960
100	Z1TI01	288070	8663799	247	288066	8663796
101	Z1TU01	288107	8663967	215	288120	8663969
102	Z1TU02	287980	8663915	260	287980	8663915
103	Z1TU03	287957	8663906	260	287957	8663906
104	Z1TU04	288116	8663902	232	288109	8663902
105	Z1TU05	288141	8663898	234	288136	8663898
106	Z1TU06	288008	8663749	250	288008	8663749
107	Z1TU07	288029	8663804	247	288029	8663804
108	Z2AC01	288189	8663593	259	288185	8663593

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
109	Z2AC02	287835	8663605	253	287832	8663602
110	Z2AN01	288167	8663578	258	288167	8663578
111	Z2CA01	288138	8663603	256	288136	8663600
112	Z2CA02	288234	8663546	257	288230	8663543
113	Z2CA03	288126	8663533	258	288132	8663532
114	Z2CA04	288024	8663484	258	288084	8663510
115	Z2CA05	287968	8663519	255	287966	8663522
116	Z2CA06	288059	8663567	254	288059	8663567
117	Z2CA07	287995	8663472	257	287991	8663469
118	Z2CB01	288219	8663632	258	288216	8663631
119	Z2CB02	288218	8663613	261	288221	8663614
120	Z2CD01	288160	8663624	256	288159	8663619
121	Z2CD02	288035	8663601	254	288035	8663601
122	Z2CD03	287962	8663629	254	287959	8663629
123	Z2EU01	288158	8663748	256	288158	8663748
124	Z2EU02	288169	8663724	257	288169	8663724
125	Z2EU03	288154	8663719	256	288154	8663719
126	Z2EU04	287974	8663444	257	287975	8663449
127	Z2EU05	288015	8663557	253	288015	8663557
128	Z2EU06	287893	8663620	254	287888	8663622
129	Z2FI01	287941	8663566	254	287937	8663564
130	Z2FI02	288205	8663583	258	288205	8663583
131	Z2FI03	287741	8663567	253	287738	8663566
132	Z2FI04	287765	8663510	254	287752	8663532
133	Z2FR01	288107	8663493	256	288102	8663489
134	Z2GR01	288155	8663616	256	288155	8663616
135	Z2GR02	288139	8663609	256	288139	8663609
136	Z2GR03	288146	8663598	256	288146	8663598

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
137	Z2HU01	288201	8663685	260	288199	8663688
138	Z2HU02	288227	8663593	258	288225	8663595
139	Z2HU03	288237	8663548	257	288237	8663548
140	Z2HU04	288066	8663649	255	288066	8663649
141	Z2HU05	287930	8663562	254	287925	8663560
142	Z2JA01	288213	8663660	258	288208	8663659
143	Z2JA02	288196	8663633	258	288196	8663633
144	Z2JA03	287971	8663571	253	287971	8663571
145	Z2JA04	287882	8663519	253	287882	8663519
146	Z2MC01	288149	8663580	256	288144	8663581
147	Z2MC02	287837	8663550	253	287832	8663551
148	Z2MC03	287819	8663336	255	287823	8663338
149	Z2ME01	288160	8663727	256	288160	8663727
150	Z2ME02	288136	8663686	256	288132	8663685
151	Z2ME03	288114	8663615	256	288114	8663615
152	Z2ME04	288050	8663645	254	288043	8663646
153	Z2ME05	287937	8663555	254	287931	8663553
154	Z2MS01	288150	8663608	256	288150	8663608
155	Z2MS02	288158	8663597	257	288158	8663597
156	Z2MS03	288037	8663568	252	288037	8663568
157	Z2MS04	287856	8663546	253	287852	8663547
158	Z2MS05	288191	8663582	259	288191	8663582
159	Z2PA01	288030	8663590	253	288030	8663590
160	Z2PR01	288158	8663683	257	288158	8663683
161	Z2PR02	288224	8663582	257	288220	8663580
162	Z2PR03	288164	8663482	257	288166	8663484
163	Z2PR04	288027	8663444	255	288031	8663443
164	Z2PR05	288098	8663596	255	288095	8663593

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
165	Z2PR06	287794	8663540	253	287789	8663542
166	Z2PR07	287911	8663513	253	287906	8663512
167	Z2SA01	288171	8663652	256	288169	8663646
168	Z2SA02	288052	8663636	254	288048	8663635
169	Z2SA03	287853	8663462	254	287850	8663460
170	Z2SA04	287636	8663440	254	287633	8663430
171	Z2SA05	287611	8663481	254	287606	8663472
172	Z2SA06	287594	8663505	253	287587	8663503
173	Z2SA07	287584	8663523	253	287568	8663530
174	Z2TI01	288085	8663446	256	288085	8663446
175	Z2TU01	288178	8663550	256	288191	8663549
176	Z2TU02	288230	8663512	257	288226	8663510
177	Z2TU03	288091	8663578	255	288088	8663579
178	Z2TU04	287919	8663526	254	287919	8663526
179	Z2TU05	287967	8663616	253	287964	8663614
180	Z3AC01	288287	8663287	257	288285	8663282
181	Z3AC02	287977	8663202	255	287977	8663202
182	Z3AC03	288135	8663260	256	287943	8663186
183	Z3AN01	288041	8663099	260	288041	8663099
184	Z3CA01	288132	8663260	257	288127	8663254
185	Z3CA02	288052	8663101	257	288024	8663178
186	Z3CA03	288128	8663255	256	288035	8663145
187	Z3CA04	288033	8663150	256	288045	8663115
188	Z3CA05	288058	8663083	256	288052	8663095
189	Z3CA06	288060	8663071	257	288060	8663071
190	Z3CA07	287883	8663148	266	287883	8663148
191	Z3CA08	287996	8663044	261	287996	8663044
192	Z3CB01	288032	8663363	255	288099	8663362

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
193	Z3CB02	288046	8663366	256	288037	8663339
194	Z3CD01	287934	8663025	262	287934	8663025
195	Z3CI01	288016	8663087	262	288016	8663087
196	Z3EU01	288055	8663348	256	288055	8663348
197	Z3EU02	287869	8663147	267	287861	8663141
198	Z3EU03	287869	8663077	264	287869	8663077
199	Z3EU04	287952	8663056	262	287952	8663056
200	Z3EU05	287972	8663026	262	287970	8663016
201	Z3EU06	288021	8663070	262	288021	8663070
202	Z3EU07	288006	8663166	261	288006	8663166
203	Z3EU08	287971	8663176	261	287971	8663176
204	Z3FI01	288001	8663097	261	288020	8663101
205	Z3FI02	287991	8663089	260	287991	8663089
206	Z3FI03	287979	8663085	261	287979	8663085
207	Z3GR01	287904	8663134	266	287904	8663134
208	Z3GR02	288035	8663055	262	288035	8663055
209	Z3GR03	287951	8663141	261	287951	8663141
210	Z3GR04	287996	8663166	261	287996	8663166
211	Z3HU01	287904	8663071	264	287904	8663071
212	Z3HU02	287902	8663060	262	287902	8663060
213	Z3HU03	287954	8663029	262	287954	8663029
214	Z3MC01	287883	8663143	266	287900	8663147
215	Z3MC02	287885	8663117	265	287885	8663117
216	Z3MI01	288229	8663278	257	288262	8663280
217	Z3MI02	288230	8663274	257	288228	8663271
218	Z3MI03	288190	8663261	257	288188	8663259
219	Z3MI04	288174	8663267	257	288174	8663267
220	Z3MI05	288156	8663267	256	288156	8663267

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
221	Z3MI06	288148	8663264	257	288148	8663264
222	Z3MI07	287977	8663281	256	287977	8663281
223	Z3MI08	287967	8663286	255	287967	8663286
224	Z3MI09	288366	8663087	258	288367	8663054
225	Z3MI10	288366	8663082	259	288361	8663079
226	Z3MI11	287901	8663054	262	287901	8663054
227	Z3MS01	288051	8663364	256	288051	8663364
228	Z3MS02	287897	8663135	266	287897	8663135
229	Z3MS03	287871	8663088	265	287871	8663088
230	Z3ON01	287964	8663286	255	288015	8663310
231	Z3ON02	287904	8663068	263	287923	8663072
232	Z3ON03	287958	8663126	262	287958	8663126
233	Z3PA01	287877	8663137	265	287877	8663137
234	Z3PA02	287909	8663130	265	287922	8663135
235	Z3PA03	287919	8663061	263	287919	8663061
236	Z3PA04	287957	8663152	261	287957	8663152
237	Z3SA01	288366	8663074	259	288356	8663072
238	Z3SA02	288377	8663044	259	288362	8663054
239	Z3SA03	288388	8663027	258	288366	8663037
240	Z3SA04	287937	8663020	263	287937	8663020
241	Z3SA05	287996	8663114	262	287996	8663114
242	Z3TI01	287930	8663357	255	287928	8663363
243	Z3TI02	287940	8663076	263	287940	8663076
244	Z3TI03	287964	8663173	261	287964	8663173
245	Z3TU01	287949	8663039	262	287949	8663039
246	Z4AC01	288153	8663947	265	288153	8663947
247	Z4AC02	288194	8663866	265	288192	8663871
248	Z4AC03	288795	8663920	259	288795	8663920

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
249	Z4AN01	288363	8663828	265	288358	8663826
250	Z4AN02	288392	8663837	266	288384	8663833
251	Z4AN03	288305	8663993	258	288305	8663993
252	Z4CA01	288347	8664009	258	288347	8664009
253	Z4CA02	288748	8664200	260	288748	8664200
254	Z4CA03	288801	8664075	261	288800	8664078
255	Z4CB01	288230	8663993	254	288233	8663986
256	Z4CB02	288369	8663946	258	288369	8663946
257	Z4CD01	288379	8663943	258	288379	8663943
258	Z4CD02	288299	8663992	258	288299	8663992
259	Z4CD03	288793	8664086	261	288793	8664086
260	Z4CD04	288784	8664051	262	288784	8664051
261	Z4CI01	288205	8663976	254	288202	8663973
262	Z4CI02	288270	8663820	264	288270	8663820
263	Z4CI03	288274	8663801	264	288263	8663806
264	Z4CI04	288268	8663812	264	288275	8663814
265	Z4CI05	288278	8663808	265	288283	8663810
266	Z4EU01	288315	8663949	258	288319	8663954
267	Z4EU02	288327	8663938	257	288323	8663944
268	Z4EU03	288319	8664076	258	288319	8664076
269	Z4EU04	288573	8664160	259	288573	8664160
270	Z4EU05	288730	8664192	262	288720	8664190
271	Z4EU06	288811	8664126	262	288811	8664126
272	Z4FI01	288146	8663966	252	288147	8663963
273	Z4FI02	288603	8663986	258	288599	8663984
274	Z4FI03	288577	8664079	258	288571	8664078
275	Z4FI04	288670	8664165	259	288670	8664165
276	Z4FI05	288595	8664070	260	288595	8664070

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
277	Z4GR01	288223	8664022	265	288227	8664026
278	Z4GR02	288222	8664033	265	288223	8664039
279	Z4GR03	288306	8663920	257	288306	8663920
280	Z4GR04	288572	8663935	257	288570	8663939
281	Z4GR05	288809	8664132	263	288809	8664132
282	Z4HU01	288181	8663990	253	288183	8663987
283	Z4HU02	288231	8664010	256	288227	8664013
284	Z4HU03	288334	8663848	266	288331	8663847
285	Z4JA01	288171	8663985	253	288164	8663982
286	Z4JA02	288219	8664002	254	288231	8664004
287	Z4JA03	288341	8663858	266	288341	8663866
288	Z4JA04	288382	8664012	268	288388	8664007
289	Z4JA05	288317	8663973	258	288317	8663973
290	Z4JA06	288685	8664022	260	288683	8664026
291	Z4LA01	288166	8663882	265	288170	8663881
292	Z4LA02	288189	8663794	264	288189	8663802
293	Z4LA03	288189	8663792	264	288192	8663791
294	Z4LA04	288247	8663831	265	288247	8663831
295	Z4LA05	288250	8663818	265	288251	8663817
296	Z4LA06	288259	8663795	265	288257	8663802
297	Z4MC01	288763	8663903	260	288758	8663899
298	Z4ME01	288210	8663975	266	288211	8663975
299	Z4ME02	288218	8663956	267	288222	8663953
300	Z4ME03	288359	8664011	258	288363	8664015
301	Z4ME04	288602	8664132	259	288600	8664138
302	Z4ME05	288616	8664089	261	288614	8664091
303	Z4MI01	288232	8664010	255	288232	8664010
304	Z4MS01	288214	8664011	256	288221	8664012

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
305	Z4MS02	288226	8663899	265	288222	8663902
306	Z4MS03	288321	8663938	257	288325	8663933
307	Z4MS04	288298	8663995	258	288294	8663999
308	Z4PA01	288154	8664001	261	288154	8664001
309	Z4PA02	288330	8663938	257	288330	8663938
310	Z4PA03	288585	8664132	258	288579	8664129
311	Z4PR01	288157	8663987	252	288161	8663981
312	Z4PR02	288214	8664017	253	288225	8664018
313	Z4PR03	288410	8663921	267	288411	8663920
314	Z4SA01	288272	8664070	259	288283	8664083
315	Z4SA02	288258	8664071	258	288258	8664071
316	Z4TI01	288229	8664046	265	288233	8664046
317	Z4TI02	288256	8664009	264	288256	8664009
318	Z4TI03	288260	8663951	264	288260	8663951
319	Z4TI04	288277	8663926	265	288277	8663926
320	Z4TI05	288222	8663947	266	288277	8663885
321	Z4TI06	288167	8663873	265	288175	8663874
322	Z4TI07	288223	8663946	262	288224	8663945
323	Z4TI08	288631	8664145	259	288631	8664148
324	Z4TI09	288646	8664100	261	288646	8664100
325	Z4TU01	288168	8663913	265	288169	8663916
326	Z4TU02	288219	8663940	266	288219	8663940
327	Z4TU03	288291	8664011	258	288291	8664011
328	Z4TU04	288278	8664059	259	288278	8664059
329	Z5AC01	288370	8663769	266	288370	8663769
330	Z5AN01	288323	8663774	265	288321	8663780
331	Z5AN02	288463	8663625	266	288476	8663622
332	Z5CA01	288337	8663603	264	288337	8663603

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
333	Z5CD01	288413	8663623	265	288412	8663623
334	Z5CD02	288376	8663621	264	288368	8663613
335	Z5CD03	288347	8663613	265	288342	8663609
336	Z5CD04	288316	8663597	263	288311	8663603
337	Z5FI01	288210	8663761	264	288210	8663761
338	Z5FI02	288256	8663764	264	288256	8663764
339	Z5FI03	288313	8663803	262	288313	8663803
340	Z5FI04	288266	8663724	264	288252	8663716
341	Z5FI05	288281	8663646	264	288284	8663644
342	Z5FI06	288278	8663560	265	288275	8663562
343	Z5GR01	288198	8663758	264	288202	8663760
344	Z5GR02	288207	8663729	264	288206	8663745
345	Z5GR03	288455	8663714	267	288452	8663717
346	Z5GR04	288378	8663511	264	288378	8663511
347	Z5HU01	288259	8663534	262	288208	8663701
348	Z5JA01	288369	8663818	263	288365	8663817
349	Z5JA02	288420	8663884	263	288419	8663891
350	Z5MC01	288466	8663909	263	288463	8663913
351	Z5MC02	288448	8663625	266	288450	8663629
352	Z5MS01	288455	8663773	265	288453	8663771
353	Z5MS02	288487	8663769	266	288487	8663769
354	Z5MS03	288480	8663619	266	288478	8663602
355	Z5MS04	288392	8663616	265	288395	8663603
356	Z5PR01	288370	8663819	264	288372	8663818
357	Z5PR02	288426	8663859	264	288426	8663863
358	Z5PR03	288429	8663721	267	288429	8663721
359	Z5SA01	288265	8663756	264	288270	8663759
360	Z5TI01	288465	8663705	266	288465	8663705

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
361	Z5TI02	288481	8663651	266	288481	8663651
362	Z5TI03	288472	8663578	265	288484	8663589
363	Z5TI04	288472	8663579	265	288472	8663579
364	Z5TI05	288379	8663512	263	288361	8663508
365	Z5TI06	288249	8663586	265	288247	8663587
366	Z5TI07	288242	8663599	265	288242	8663603
367	Z5TU01	288377	8663819	263	288440	8663761
368	Z5TU02	288439	8663840	263	288434	8663830
369	Z5TU03	288439	8663871	263	288435	8663871
370	Z6AC01	288468	8663369	258	288451	8663362
371	Z6CA01	288343	8663176	258	288377	8663067
372	Z6CA02	288380	8663065	258	288381	8663053
373	Z6CA03	288384	8663041	257	288384	8663041
374	Z6GR01	288428	8663332	258	288369	8663320
375	Z6HU01	288458	8663347	258	288521	8663353
376	Z6HU02	288493	8663342	258	288493	8663342
377	Z6HU03	288299	8663343	259	288300	8663346
378	Z6HU04	288292	8663387	258	288291	8663379
379	Z6HU05	288334	8663232	257	288338	8663206
380	Z6HU06	288338	8663202	257	288341	8663190
381	Z6MC01	288462	8663399	258	288450	8663401
382	Z6MC02	288340	8663274	258	288327	8663270
383	Z6MI01	288397	8663323	257	288362	8663318
384	Z6MI02	288377	8663318	257	288353	8663315
385	Z6MI03	288361	8663316	258	288345	8663313
386	Z6MI04	288348	8663308	257	288384	8663313
387	Z6MI05	288363	8663311	258	288356	8663305
388	Z6MI06	288353	8663309	258	288340	8663302

N°	Código	X	Y	Z	X modificado	Y modificado
389	Z6MS01	288448	8663500	258	288445	8663507
390	Z6MS02	288450	8663493	258	288448	8663489
391	Z6MS03	288458	8663462	258	288451	8663476
392	Z6MS04	288463	8663440	258	288455	8663456
393	Z6ON01	288390	8663323	258	288420	8663316
394	Z6PR01	288457	8663398	258	288461	8663367
395	Z6PR02	288319	8663291	256	288337	8663273
396	Z6SA01	288691	8663583	251	288691	8663583
397	Z6SA02	288770	8663544	261	288767	8663550
398	Z6SA03	288768	8663444	260	288766	8663447
399	Z6SA04	288767	8663438	260	288768	8663408
400	Z6SA05	288511	8663351	258	288553	8663362
401	Z6TI01	288277	8663452	244	288273	8663450
402	Z6TI02	288376	8663501	246	288347	8663491
403	Z6TI03	288543	8663541	248	288542	8663543
404	Z6TU01	288454	8663363	258	288468	8663355
405	Z6TU02	288323	8663259	257	288324	8663254
406	Z6TU03	288328	8663251	258	288329	8663236

ANEXO 3

DATOS METEOROLÓGICO DEL OBSERVATORIO VON HUMBOLDT - UNALM



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL FÍSICA Y METEOROLOGÍA
OBSERVATORIO METEOROLÓGICO ALEXANDER VON HUMBOLDT



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

OBSERVATORIO METEOROLÓGICO "ALEXANDER VON HUMBOLDT"

AÑO: 2011

	AGOSTO	NOVIEMBRE
Temp. Máxima (°C)	17.5	23
Temp. Mínima (°C)	13.8	15.3
Temp. Promedio (°C)	15.4	19.4
H. R. Máxima (%)	97	93
H. R. Mínima (%)	83	72
H. R. Promedio (%)	90	82

AÑO: 2012

	FEBRERO	MAYO
Temp. Máxima (°C)	22.2	23.7
Temp. Mínima (°C)	19.7	15.8
Temp. Promedio (°C)	20.5	20.2
H. R. Máxima (%)	53	54
H. R. Mínima (%)	60	73
H. R. Promedio (%)	73	83

A.V.G.



Mp. Sr. José Luis Quiroga
Encargado del Observatorio Meteorológico AVH

TELÉFONO CENTRAL: 011-2600 Anexo 205 - TEL/FAX: 011-2667
E-MAIL: ofisa@humboldt.pe

ANEXO 4

ANÁLISIS DEL SUELO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO



ANEXO 5

ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

a) Turbidez

La turbidez es la medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, arena, arcilla y otros materiales, en el agua. Mide la claridad del agua, mientras más sucia parezca el agua más alta será la turbidez.

Se ordenó según la intensidad color, de menor a mayor, tal y como se indica en la Figura 1.

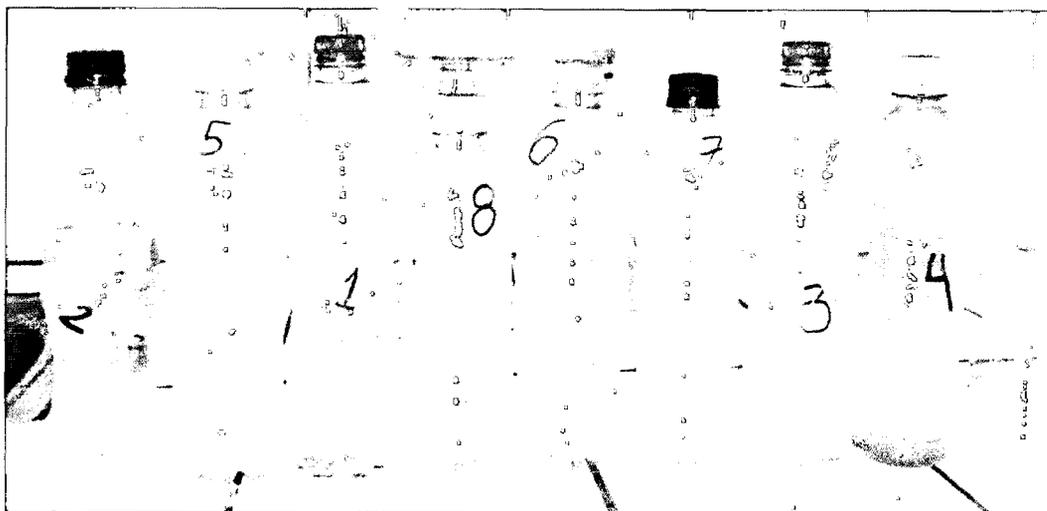


Figura 1 Turbidez del agua

Las partículas suspendidas en el agua suelen absorber calor de la luz del sol, reduciendo la concentración de oxígeno en las aguas turbias ya que el oxígeno se disuelve mejor en las aguas más frías. Además las partículas suspendidas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos y pesticidas.

b) Sólidos precipitados

Se colocó los 500 ml de cada muestra en un vaso de precipitado cónico y se procedió a esperar durante 10 minutos a que los sólidos precipiten (Figura 2 A y B). Luego se devolvió el agua a su envase inicial y el precipitado se llevó a una probeta para medir el volumen. En el Cuadro 1 se observa el resultado.

Cuadro 1 Sólidos precipitados

<i>Muestra</i>	<i>Precipitado (ml)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Precipitado (ml)</i>
1	1,1	5	0,4
2	0,0	6	0,1
3	0,4	7	0,1
4	0,3	8	0,3

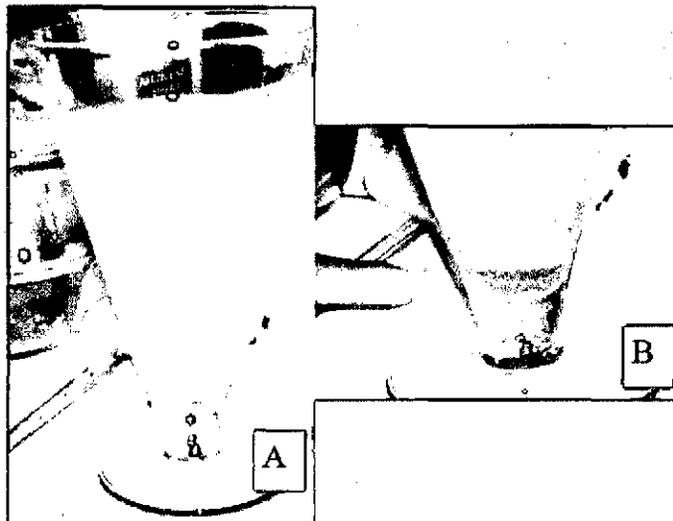


Figura 2 Vaso de precipitado cónico.

c) Sólidos en Suspensión

Luego de haber separado los sólidos precipitados, se procedió a extraer, de la parte media del envase, 3 repeticiones de agua de 5 ml cada una para colocarlas en cristalizadores. Previamente se pesaron los cristalizadores vacíos. (Figura 3 A y B) Luego se colocaron en la estufa durante 3

horas, para luego pesarlos de nuevo. La diferencia de peso es el resultado de los sólidos en suspensión. El Cuadro 2 muestra el resultado.

Cuadro 2 Resultado de sólidos en suspensión.

<i>Muestra</i>	<i>Repetición</i>	<i>frasco vacío</i>	<i>Frasco con sólidos susp. (mg)</i>	<i>Sólidos susp. (mg)</i>
1	1	20,6645	20,6674	0,0029
	2	20,3153	20,3209	0,0056
	3	16,5467	16,5478	0,0011
	PROMEDIO			0,0032
2	1	16,435	16,4461	0,0111
	2	17,8403	17,854	0,0137
	3	23,2385	23,2558	0,0173
	PROMEDIO			0,0140
3	1	18,9594	18,9619	0,0025
	2	19,3015	19,3033	0,0018
	3	20,0907	20,0953	0,0046
	PROMEDIO			0,0030
4	1	16,688	16,6914	0,0034
	2	19,468	19,4709	0,0029
	3	23,3764	23,38	0,0036
	PROMEDIO			0,0033
5	1	15,369	15,3752	0,0062
	2	16,6186	16,622	0,0034
	3	17,2853	17,2907	0,0054
	PROMEDIO			0,005
6	1	18,0495	18,0507	0,0012
	2	18,3294	18,3298	0,0004
	3	23,3796	23,5801	0,2005
	PROMEDIO			0,0674
7	1	19,4695	19,4703	0,0008
	2	15,1512	15,1528	0,0016
	3	19,3014	19,3025	0,0011
	PROMEDIO			0,0012
8	1	17,8419	17,8424	0,0005
	2	19,6306	19,633	0,0024
	3	20,6678	20,6691	0,0013
	PROMEDIO			0,0014

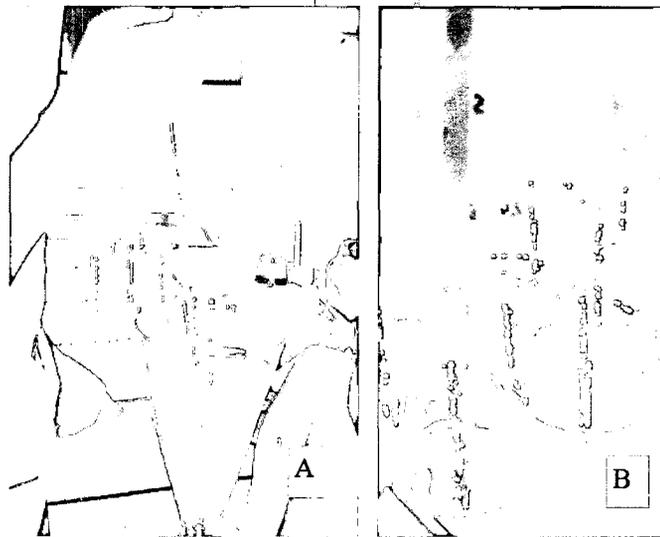


Figura 3 Sólidos en suspensión. A. Extracción B. vasos cristalizadores.

d) Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura a la cual se realiza su medición.

Para determinar la conductividad eléctrica se extrajo 3 repeticiones de 50 ml por muestra. Estas fueron colocadas en pequeños vasos de precipitación, para luego colocar el conductímetro portátil por un tiempo de 1 minuto. (Figura 4 A y B). Los resultados obtenidos fueron en unidades de $\mu\text{s}/\text{cm}$ y ppm/cm y se observan en el Cuadro 3.

La conductividad eléctrica es una variable que pondera la salinidad, los valores de salinidad pueden ser agrupados en cuatro grupos:

- Aguas con conductividad eléctrica entre 100 y 250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ Este tipo de agua se considera como de baja salinidad y es, por lo tanto, útil para el riego de cualquier cultivo, en cualquier tipo de suelo, con baja o nula probabilidad de generar problemas de salinidad en los suelos.
- Aguas con conductividad eléctrica entre 250 y 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$ Este tipo de aguas se considera como de salinidad media y puede usarse para el riego de cultivos a condición de que exista

cuando menos, un lavado moderado de los suelos por lluvia La mayoría de cultivos resisten esta agua sin prácticas especiales de control.

- Aguas con conductividad eléctrica entre 750 y 2250 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Este tipo de aguas se considera como de salinidad extrema y en general no recomendable para el riego de ningún tipo de cultivos, en ningún tipo de suelos, con excepción de las zonas costeras.

Cuadro 3 Conductividad eléctrica

<i>Muestra</i>	<i>repetición</i>	$\mu\text{s}/\text{cm}$	ppm/cm	<i>Muestra</i>	<i>Repetición</i>	$\mu\text{s}/\text{cm}$	ppm/cm
1	1	348	171	5	1	360	176
	2	350	172		2	358	176
	3	350	172		3	359	176
	PROMEDIO	349,33	171,67		PROMEDIO	359	176
2	1	1	1558	6	1	361	177
	2	1	1556		2	359	177
	3	1	1542		3	358	176
	PROMEDIO	1	1552		PROMEDIO	359,33	176,67
3	1	356	174	7	1	381	188
	2	356	176		2	384	186
	3	358	174		3	380	187
	PROMEDIO	356,67	174,67		PROMEDIO	381,67	187
4	1	384	188	8	1	368	180
	2	385	189		2	367	180
	3	385	188		3	370	180
	PROMEDIO	384,67	188,33		PROMEDIO	368,33	180



Figura 4 Conductividad electrica A. Vaso de precipitado B y C. Conductímetro.

e) pH

La lectura del valor de pH es una medida que indica la concentración de iones de hidrógeno de una solución, indicando cuan ácida o alcalina es la misma, y el rango de lectura va desde 0 (más ácida) hasta 14 (más alcalina).

Para la determinación del pH, se extrajo 3 repeticiones de 50 ml por muestra. Estas fueron colocadas en pequeños vasos de precipitación, para luego colocar el pHmetro por un tiempo de 1 minuto (Figura 5B). Previamente el pHmetro fue calibrado con buffer neutro(Figura 5 A). Los resultados se muestran en el Cuadro 4.

Un agua con un pH demasiado alto, puede resultar en deficiencias de nutrientes, principalmente de micro-nutrientes, como el hierro. Por otra parte, un pH demasiado bajo, podría dar lugar a la toxicidad de los micro-nutrientes y daños al sistema radicular de la planta. El intervalo normal para riego es de 6,5 a 8,5. Departamento de Investigación y Desarrollo COMPO Agricultura (2004).

Cuadro 4 pH.

<i>Muestra</i>	<i>Repetición</i>	<i>PH</i>	<i>Muestra</i>	<i>Repetición</i>	<i>PH</i>
1	1	7,92	5	1	7,9
	2	7,94		2	7,83
	3	7,95		3	7,92
	PROMEDIO	7,94		PROMEDIO	7,88
2	1	7,28	6	1	7,9
	2	7,33		2	8,07
	3	7,38		3	7,93
	PROMEDIO	7,33		PROMEDIO	7,97
3	1	7,48	7	1	7
	2	7,54		2	6,91
	3	7,54		3	7,02
	PROMEDIO	7,52		PROMEDIO	6,98
4	1	7,4	8	1	6,50
	2	7,43		2	6,60
	3	7,38		3	6,45
	PROMEDIO	7,4		PROMEDIO	6,52

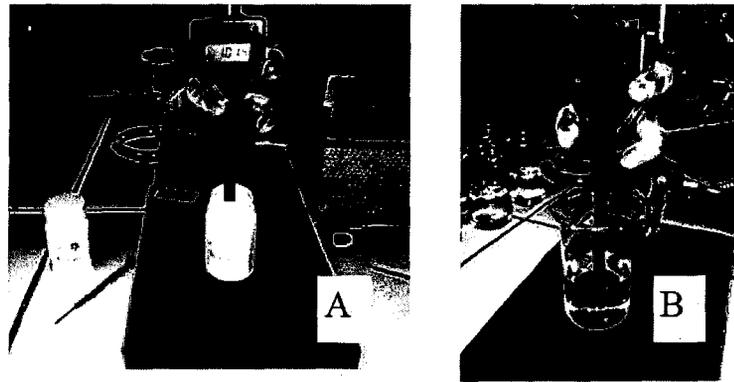


Figura 5 pH. A. pHmetro con solución buffer B. Medición del pH

f) Dureza por titulación con EDTA (Etinel Dimino Tetraaxeno) 0,1 M

La dureza es una propiedad que refleja la presencia de metales alcalinotérreos en el agua, en su mayoría calcio y magnesio.

Para su determinación se extrajo 3 repeticiones de 50 ml por muestra. Estas fueron colocadas en pequeños vasos de precipitación. Luego se llevó a pH 10 con Hidróxido de Sodio al 5% (25 gotas) o con Hidróxido de Sodio (1 gota) utilizando gotero, permitiendo de esta manera liberar el Ca^{+2} como catión. Para controlar en las muestras se utilizó papel indicador que debe mostrar un color azul. Con la finalidad de colorear la muestra y posteriormente observar el cambio de color se colocó 3 a 4 gotitas de indicador Calcom, dando un color rosado a la muestra. Finalmente se titula con EDTA. La dureza se calcula según cantidad de EDTA que consume la muestra para cambiar a color azul tenue. (Figura 6 A y B). El gasto de EDTA se convierte a mg CaCO_3/l y los resultados se muestran en el cuadro 5.

La dureza elevada puede ocasionar problemas de precipitaciones, obturaciones del sistema de riego y en suelos compactos disminuyen la permeabilidad del suelo. Según su valor en mg CaCO_3/l la dureza se clasifica en cuatro:

De 0 a 100 mg CaCO_3/l como aguas blandas, de 101 a 200 mg CaCO_3/l como aguas moderadamente blandas, de 200 a 300 como aguas duras y mayor a 300 como aguas muy duras.

Cuadro 5 Dureza.

Muestra	Repetición	EDTA (ml)	mg CaCO3/l	Muestra	Repetición	EDTA (ml)	mg CaCO3/l
1	1	1	3,2	5	1	1,2	6,26
	2	2			2	5,2	
	3	1,8			3	3	
	PROMEDIO	1,6			PROMEDIO	3,13	
2	1	5	12,14	6	1	6	9,26
	2	6,2			2	3,6	
	3	7			3	4,3	
	PROMEDIO	6,07			PROMEDIO	4,63	
3	1	4,5	9,34	7	1	4	8,14
	2	5			2	4,2	
	3	4,5			3	4	
	PROMEDIO	4,67			PROMEDIO	4,07	
4	1	4,2	11,46	8	1	4	7,8
	2	6			2	3,5	
	3	7			3	4,2	
	PROMEDIO	5,73			PROMEDIO	3,9	

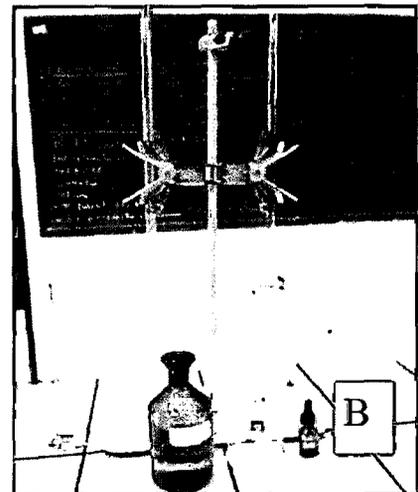
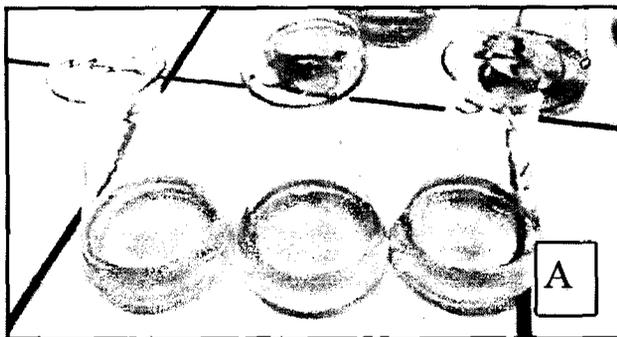


Figura 6 Dureza. A. Coloración B. Materiales

g) Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de bases tituladas.

Para su determinación se extrajo 3 repeticiones de 50 ml por muestra. Luego se adicionó 4 gotas D'metilo, indicador, para que la muestra tenga la coloración amarilla. Finalmente se agregó el ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,02 M hasta que el color cambiara a rosa, contabilizando la cantidad de ácido sulfúrico consumido. (Figura 7 A, B y C) . El gasto de H₂SO₄ se convierte a mg CaCO₃/l y los resultados se muestran en el cuadro 6.

Según Nutriterra (sf) los valores de alcalinidad para riego nunca se han fijado, ya que la alcalinidad presenta un problema totalmente dependiente de la situación. Sin embargo se puede decir que un buen margen de alcalinidad de agua está entre 60 y 100 ppm de bicarbonato. Niveles entre 100 y 200 ppm de bicarbonato probablemente incrementen el pH del medio. (Considerando que 1 ppm= 1 mg CaCO₃/L).

Cuadro 6 Alcalinidad

<i>Muestra</i>	<i>repetición</i>	<i>H2SO4 (ml)</i>	<i>mg CaCO3/L</i>	<i>Muestra</i>	<i>repetición</i>	<i>H2SO4 (ml)</i>	<i>mg CaCO3/L</i>
1	1	4,3	166,8	5	1	3,6	146,8
	2	3,9			2	3,4	
	3	4,3			3	4	
	PROMEDIO	4,17			PROMEDIO	3,67	
2	1	3,6	161,2	6	1	3,8	157,2
	2	4,2			2	4,1	
	3	4,3			3	3,9	
	PROMEDIO	4,03			PROMEDIO	3,93	
3	1	5	192	7	1	4,1	169,2
	2	5,1			2	4,3	
	3	4,3			3	4,3	
	PROMEDIO	4,8			PROMEDIO	4,23	
4	1	4,5	184	8	1	4,6	181,2
	2	4,8			2	4,6	
	3	4,5			3	4,4	
	PROMEDIO	4,6			PROMEDIO	4,53	

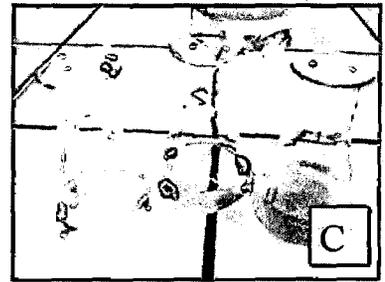
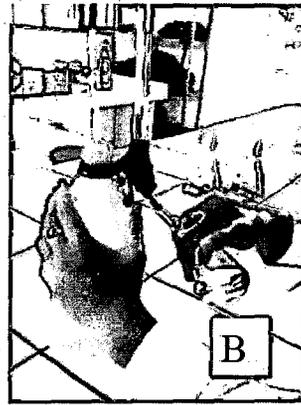
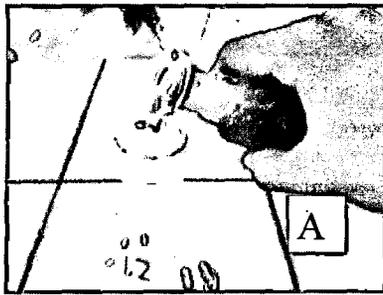


Figura 7 Alcalinidad. A. Gotas D´metilo B. Ácido sulfúrico C. Coloración.

ANEXO 6

FORMATOS DE EVALUACIÓN PARA SÍNTOMAS Y SIGNOS

PARA: SÍNTOMA DE MANCHA FOLIAR

FECHA			ESPECIE HOSPEDERA			
DESCRIPCIÓN DEL SÍNTOMA						
	GRADO DE ESCALA					
N° ARBOL	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
.
.
.
.
CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL						
Fenología de la copa						
Floración						
Fructificación						
Presencia de Insecto						
CONDICIONES DEL LUGAR						
Poda						
Riego						
Iluminación						
Observaciones						

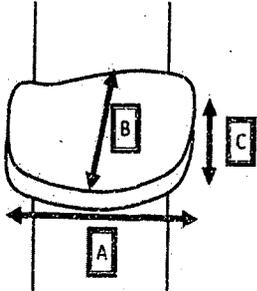
PARA: SÍNTOMA DE EXUDACIÓN

<i>Fecha</i>		<i>Especie hospedera</i>	
<i>Código</i>			
<i>CARACTERÍSTICAS DE LA EXUDACIÓN</i>			
Abundancia			
Textura			
Altura desde el origen			
Color			
Olor			
Observaciones			
<i>CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL</i>			
Fenología de la copa			
Floración			
Fructificación			
Presencia de insectos			
<i>CONDICIONES DEL LUGAR</i>			
Riego			
Podas			
Iluminación			
Observaciones			

PARA: SÍNTOMA DE TUMORES EN EL FUSTE

<i>Fecha</i>		<i>Especie hospedera</i>	
<i>Código</i>			
CARACTERÍSTICAS DE LA TUMORACIÓN			
N° de tumores			
Diam del tumor más grande			
Diam del tumor más pequeño			
Textura			
Color			
Presencia de rebrotes			
Observación			
CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL			
Fenología de la copa			
Floración			
Fructificación			
Presencia de insectos			
CONDICIONES DEL LUGAR			
Riego			
Podas			
Iluminación			
Observaciones			

PARA: CUERPOS FRUCTÍFEROS DE HONGOS (SIGNO)

Fecha		Especie hospedera	
Código			
CARACTERÍSTICAS DE LA PODREDUMBRE			
Color			
Textura			
Humedad			
Origen			
Abundancia			
CARACTERÍSTICAS DEL CUERPO FRUCTÍFERO			
Largo			
Ancho			
Alto			
Forma			
Textura			
Coloración			
Altura de ubicación			
CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL			
Fenología de la copa			
Floración			
Fructificación			
Desintegración del leño			
Presencia de insectos			
CONDICIONES DEL LUGAR			
Riego			
Podas			
Iluminación			
Observaciones			

LABORATORIO DE SANIDAD FORESTAL

FORMATO PARA LA TOMA Y ENVÍO DE MUESTRAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE PLAGAS EN UN CULTIVO FORESTAL O BOSQUE NATURAL

1REQ-IF-001

R.G. N°

Usuario:

Interno Externo

Investigación N°

Datos del Evaluador:

01	02	03
04	05	06

Tipo de Evaluación:

07

Entomológico (Insectos) Viroológico (Virus y Víridos)
 Micológico (Hongos) Nemátológico (Nemátodos)
 Bacteriológico (Bacterias, Plasmidos, Fitosmas) Histológico (Identificación de Muestras al estado de planta y semillas)

Área de estudio:

08	09	10	11
12	13	14	15

Información de la plaga:

16

17

18

19

20

21

22

23

Datos Generales de la Evaluación:

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

Datos Generales de la Plantación:

27	28	29	30
31	32	33	34
35	36	37	38
39	40	41	42
43	44	45	46

Aplicaciones de Fertilizantes y Abonos:

38	39	40
1		
2		
3		

Aplicaciones de Pesticidas:

41	42	43
1		
2		
3		
4		

Responsable del Muestreo:

46

47

48

49

50

FORMATO DE LA UNALM PARA LA REMISIÓN DE MUESTRAS

ANEXO 7

ANEXO 9

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS EN EL SENASA


SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL
 Av. La Molina N° 1815, Lima 12 - Perú
 Teléfono directo: 313-3303
 Central telefónica 313-3300 Anexos: 1400 - 1401
 Pag. Web: www.senasa.gob.pe

Ministerio de Agricultura
SENASA
 Servicio Nacional de Sanidad Agraria
PERU

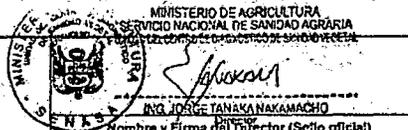
MINISTERIO DE AGRICULTURA Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 16347 - 2011 - AG-SENASA-OCDP-UCDSV		
1. Información del solicitante:	N° de Solicitud: 15566 - 2011	
Nombre:	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	
Dirección:	AV. LA MOLINA S/N LA MOLINA - La Molina / Lima / Lima	
2. Información de la Actividad		
Componente:	Sistema de Vigilancia Fitosanitaria - 2010	
Producto:	Atención de notificaciones de plagas de plamas y productos vegetales	
3. Fecha de Recepción de la muestra:	Procedencia de la muestra:	País:
27/05/2011 09:01	La Molina / Lima / Lima	PERU
4. Cultivo:	N° Lote: ZIV -LA01	
Nombre Científico: <i>Lagerstroemia speciosa</i>	Cultivar: NO INDICA	
Nombre Común: Árbol de Júpiter		

6. Resultado por Método de Ensayo:	MICOLOGIA	Código Muestra: 201115566010001	Tipo: HOJA	Cantidad: 10 Unids
------------------------------------	-----------	---------------------------------	------------	--------------------

MET-UCDSV/Mic-003 DIAGNÓSTICO DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN PARTES ÁREAS DE LAS PLANTAS

Fecha de Recepción: 27/05/2011	Fecha de Término: 07/06/2011						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Resultado</th> <th>Información</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Positivo a la presencia de</td> <td><i>Oidium sp</i></td> </tr> </tbody> </table>	N°	Resultado	Información	1	Positivo a la presencia de	<i>Oidium sp</i>	
N°	Resultado	Información					
1	Positivo a la presencia de	<i>Oidium sp</i>					

N° de Informe  * 2 0 1 1 1 6 3 4 7 *	6. Muestreo: No Ágil
N° de Solicitud  * 2 0 1 1 1 5 5 6 6 *	7. Información adicional:
	Lugar y Fecha: La Molina, 08 de Junio del 2011
	Nombre y Firma del Director (Sello oficial) 

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, vigente.
 NOTA: El Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal sólo es responsable por los resultados emitidos de la muestra indicada en el punto 4 del presente Informe.
 Fecha y Hora:
 09/06/2011 10:27



MINISTERIO DE AGRICULTURA

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL

Av. La Molina N° 1915, Lima 12 - Perú
Teléfono directo: 313- 3303
Central telefónica 313- 3300 Anexos: 1400 - 1401
Pag. Web: www.senasa.gob.pe



Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 19067 - 2011 - AG-SENASA-OCDP-UCDSV

1. Información del solicitante: N° de Solicitud: 18545 - 2011
 Nombre: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Dirección: AV. LA MOLINA S/N LA MOLINA - La Molina / Lima / Lima

2. Información de la Actividad
 Componente: Sistema de Vigilancia Fitosanitaria - 2010
 Producto: Atención de notificaciones de plagas de plantas y productos vegetales

3. Fecha de Recepción de la muestra: Procedencia de la muestra: País:
 26/08/2011 09:25 La Molina / Lima / Lima PERU

4. Cultivo: N° Lote: Z I -MS01
 Nombre Científico: *Schinus molle* Cultivar: SERRANO
 Nombre Común: Molle

5. Resultado por Método de Ensayo:

MICOLOGIA Código Muestra: 201118545010001 Tipo: HOJA Cantidad: 10Unds

MET-UCDSV/Mic-003 DIAGNÓSTICO DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN PARTES ÁREAS DE LAS PLANTAS

Fecha de Recepción : 20/08/2011

Fecha de Término: 06/09/2011

N°	Resultado	Información
1	Positivo a la presencia de	<i>Oidium sp</i>

N° de Informe



* 2 0 1 1 1 9 0 6 7 *

N° de Solicitud



* 2 0 1 1 1 8 5 4 5 *

6. Muestreo: No Aplica

7. Información adicional:

Lugar y Fecha: La Molina, 05 de Septiembre del 2011


 Nombre y Apellido: *[Signature]*
 Cargo: *[Signature]* (Sello oficial)

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, vigente.

NOTA: El Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal sólo es responsable por los resultados emitidos de la muestra indicada en el punto 4 del presente Informe

Fecha y Hora:

06/09/2011 15:34



MINISTERIO DE AGRICULTURA

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL

Av. La Molina Nº 1915, Lima 12 - Perú
Teléfono directo: 313- 3303
Central telefónica 313- 3300 Anexos: 1400 - 1401.
Pag. Web: www.senasa.gob.pe

Ministerio de Agricultura

SENASA
Servicio Nacional de Sanidad Agraria
PERU

Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO Nº: 16069 - 2011 - AG-SENASA-OCDP-UCDSV

1. Información del solicitante:		Nº de Solicitud: 15249 - 2011
Nombre: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		
Dirección: AV. LA MOLINA S/N LA MOLINA - La Molina / Lima / Lima		
2. Información de la Actividad		
Componente: Sistema de Vigilancia Fitosanitaria - 2010		
Producto: Atención de notificaciones de plagas de plantas y productos vegetales		
3. Fecha de Recepción de la muestra:	Procedencia de la muestra:	País:
20/05/2011 08:22	La Molina / Lima / Lima	PERU
4. Cultivo:	Nº Lote: Z II - EU02	
Nombre Científico: <i>Eucalyptus</i> sp	Cultivar: NO INDICA	
Nombre Común: Eucalipto		

5. Resultado por Método de Ensayo:

MICROLOGÍA	Código Muestra: 201115249010001	Tipo: HOJA	Cantidad: 8Unid
------------	---------------------------------	------------	-----------------

MET-UCDSV/Mic-003 DIAGNÓSTICO DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN PARTES ÁREAS DE LAS PLANTAS

Fecha de Recepción: 20/05/2011 Fecha de Término: 30/05/2011

Nº	Resultado	Información
1	Positivo a la presencia de	<i>Capnodium</i> sp

Nº de Informe

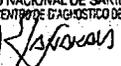


* 2 0 1 1 1 6 0 6 9 *

Nº de Solicitud



* 2 0 1 1 1 5 2 4 9 *

6. Muestreo: No Aplica
7. Información adicional:
Lugar y Fecha: La Molina, 31 de Mayo del 2011
 Nombre y Firma del Director (SENASA oficial) 

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, vigente:

NOTA: El Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal sólo se responsabiliza por los resultados emitidos de la muestra indicada en el punto 4 del presente Informe

Fecha y Hora:
31/05/2011 8:48



MINISTERIO DE AGRICULTURA

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL

Av. La Molina Nº 1915, Lima 12 - Perú
Teléfono directo: 313- 3303
Central telefónica 313- 3300 Anaxos: 1400 - 1401
Pag. Web: www.senasa.gob.pe



Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO Nº 19119 - 2011 - AG-SENASA-OCDP-UCDSV

1. Información del solicitante: **Nº de Solicitud: 18549 - 2011**
 Nombre: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Dirección: AV. UNIVERSITARIA URB. TINGO MARIA KM. 1.5 - Rupa-rupa / Leoncio Prado / Huanuco

2. Información de la Actividad
 Componente: Sistema de Vigilancia Fitosanitaria - 2010
 Producto: Atención de notificaciones de plagas de plantas y productos vegetales

3. Fecha de Recepción de la muestra: **Procedencia de la muestra:** **País:**
 26/08/2011 09:25 La Molina / Lima / Lima PERU

4. Cultivo: **Nº Lote:**
 Nombre Científico: *Salix humboldtiana* Nº Lote: Z VI-SA02
 Nombre Común: Sauce **Cultivar:** NO INDICA

5. Resultado por Método de Ensayo:

MICOLOGIA **Código Muestra:** 201118549010001 **Tipo:** HOJA **Cantidad:** 10Unds

MET-UCDSV/Mic-003 DIAGNÓSTICO DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN PARTES ÁREAS DE LAS PLANTAS

Fecha de Recepción: 26/08/2011 **Fecha de Término:** 07/09/2011

Nº	Resultado	Información
1	Positivo a la presencia de	<i>Cercospora salicina</i>



6. Muestreo: No Aplica

7. Información adicional:

Lugar y Fecha:
 La Molina, 07 de Septiembre del 2011


 MINISTERIO DE AGRICULTURA
 SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
 CENTRO DEL CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL
 Nombre y Apellido: *[Firma]*
 Director

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, vigente.

NOTA: El Centro de Diagnostico de Sanidad Vegetal sólo se responsabiliza por los resultados emitidos de la muestra indicada en el punto 4 del presente Informe

Fecha y Hora:
07/09/2011 15:11

ANEXO 10

DATOS TOMADOS EN CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD

<i>Síntoma: Podredumbre marrón</i>				<i>Especie hospedera: Casuarina cunninghamiana</i>			
código	sev.	código	sev.	código	sev.	código	sev.
Z1CA01	1	Z2CA06	1	Z3CA05	1	Z4CA03	1
Z2CA01	4	Z2CA07	1	Z3CA06	1	Z5CA01	1
Z2CA02	3	Z3CA01	2	Z3CA07	1	Z6CA01	1
Z2CA03	1	Z3CA02	1	Z3CA08	1	Z6CA02	1
Z2CA04	1	Z3CA03	1	Z4CA01	1	Z6CA03	1
Z2CA05	1	Z3CA04	1	Z4CA02	1		

<i>Síntoma: Exudación</i>				<i>Especie hospedera: Casuarina cunninghamiana</i>			
código	sev.	código	sev.	código	sev.	código	sev.
Z1CA01	1	Z2CA06	3	Z3CA05	3	Z4CA03	3
Z2CA01	1	Z2CA07	2	Z3CA06	1	Z5CA01	3
Z2CA02	2	Z3CA01	1	Z3CA07	1	Z6CA01	1
Z2CA03	4	Z3CA02	3	Z3CA08	3	Z6CA02	1
Z2CA04	3	Z3CA03	3	Z4CA01	3	Z6CA03	1
Z2CA05	1	Z3CA04	3	Z4CA02	3		

Síntoma: Exudación				Especie hospedera: Grevillea robusta			
código	sev.	código	sev.	código	sev.	código	sev.
Z1GR01	3	Z1GR09	2	Z3GR01	1	Z4GR05	1
Z1GR02	3	Z1GR10	1	Z3GR02	1	Z5GR01	1
Z1GR03	3	Z1GR11	1	Z3GR03	1	Z5GR02	1
Z1GR04	3	Z1GR12	1	Z3GR04	1	Z5GR03	4
Z1GR05	3	Z1GR13	1	Z4GR01	1	Z5GR04	1
Z1GR06	1	Z2GR01	1	Z4GR02	1	Z6GR01	1
Z1GR07	1	Z2GR02	3	Z4GR03	1		
Z1GR08	2	Z2GR03	1	Z4GR04	1		

Síntoma: Tumores en fuste				Especie hospedera: Schinus molle			
código	sev.	código	sev.	código	sev.	código	sev.
ZIMS01	4	ZIMS10	1	ZIIMS05	1	ZVMS02	1
ZIMS02	1	ZIMS11	1	ZIIMS01	1	ZVMS03	1
ZIMS03	1	ZIMS12	1	ZIIMS02	1	ZVMS04	1
ZIMS04	4	ZIMS13	1	ZIIMS03	1	ZVIMS01	1
ZIMS05	1	ZIMS14	4	ZIVMS01	4	ZVIMS02	1
ZIMS06	4	ZIIMS01	1	ZIVMS02	1	ZVIMS03	1
ZIMS07	4	ZIIMS02	1	ZIVMS03	1	ZVIMS04	1
ZIMS08	1	ZIIMS03	1	ZIVMS04	1		
ZIMS09	1	ZIIMS04	4	ZVMS01	1		

Síntoma: Oidiosis							Especie hospedera: Schinus molle																	
Estación	INVIERNO						PRIMAVERA						VERANO					OTOÑO						
	1	2	3	4	5	Sev	1	2	3	4	5	Sev	1	2	3	4	5	Sev	1	2	3	4	5	Sev
ZIMS01	4		7	5	4	3			10	10		4	20					1	20					1
ZIMS02		15	5			2		15	5			2	20					1	15	5				1
ZIMS03	10	6	4			2	10	6	4			2	20					1	20					1
ZIMS04	13	5	2			1	13	5	2			1	20					1	20					1
ZIMS05	20					1	10	10				2	20					1	20					1
ZIMS06	20					1	2	1		8	9	4	20					1	20					1
ZIMS07			2	3	15	5	20					1	20					1	20					1
ZIMS08			6	14		4			1		19	5	20					1	20					1
ZIMS09	20					1	20					1	20					1	20					1
ZIMS10	20					1	5	9	6			2	20					1	20					1
ZIMS11	20					1			20			3	20					1		10	10			3
ZIMS12	20					1	20					1	20					1		20				2
ZIMS13	20					1	20					1	20					1	20					1
ZIMS14	20					1	20					1	20					1	10		10			2
ZIIMS01			9	11		4				20	5	20						1	20					1
ZIIMS02		10	10			3				20		4	20					1	20					1
ZIIMS03			13	7		3	20					1	20					1	20					1
ZIIMS04	10	2	8			2		5	15			3	20					1	20					1
ZIIMS05		5	5	10		3			20			3	20					1	20					1
ZIIIMS01		14	6			2	20					1	20					1	20					1
ZIIIMS02	20					1	20					1	20					1	20					1
ZIIIMS03	20					1	20					1	20					1	20					1
ZIVMS01	9	2		3	6	3	20					1	20					1		20				2
ZIVMS02	7		5	8		3		10	10			3	20					1	20					1
ZIVMS03	20					1	20					1			20			3	20					1
ZIVMS04	20					1	20					1	10		10			2	20					1
ZVMS01	20					1	10		10			2	20					1	20					1
ZVMS02	10	10				2			20			3	20					1	10	10				2
ZVMS03	20					1	10		10			2	20					1	20					1
ZVMS04	20					1	20					1	20					1	20					1
ZVIMS01	13	7				1				20		4	20					1	20					1
ZVIMS02	20					1	20					1	20					1	20					1
ZVIMS03	20					1	15	5				1	20					1	20					1
ZVIMS04	20					1		5		15		4	20					1	20					1

Síntoma: Oidiosis							Especie hospedera: <i>Schinus terebinthifolius</i>																			
Estación	INVIERNO						PRIMAVERA						VERANO						OTOÑO							
	código / grado	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.	
ZIMC01	16	3	1				1	3	5	3	5	4	3	10	2	3	4	1	2				10	10		4
ZIMC02	20						1	5	7	4	2	2	2	13	4	1	2		2				5	15	5	
ZIMC03	15	2	2	1			1	8	4	8			2	15	3	2			1			20			3	
ZIMC04	20						1	20					1	16	2	1	1		1	15	3	2			1	
ZIMC05	20						1	7	5	5	3		2	3	1	2	6	8	4		3	15	2		3	
ZIMC06	20						1	15	5				1	12	6	2			2	16	1	3			1	
ZIIMC01	8	5	4	3			2	0	15	5			2	0	20				2			5		15	5	
ZIIMC02	20						1	15	3	2			1	2	18				2		3	2		15	4	
ZIIMC03	13	7					1	20					1	4	16				2	16		4			1	
ZIIMC01	5	7	8				2	15	3	2			1	5	5	10			2	10	5	5			2	
ZIIMC02	5	4	11				2	13	3	2	2		2		10	10			3	8	6	4	2		2	
ZIVMC01	14	2	3	1			2	10	10				2	15		5			2	11	4	5			2	
ZVMC01	20						1	10	5	5			2	14		5	1		2		10	10			3	
ZVMC02	10	10					2	10	4	6			2	12	2	5	1		2			10	5	5	4	
ZVIMC01	13	7					1	14	3	3			1	12		5	3		2		10	10			3	
ZVIMC02	20						1	20					1	15	1	3			1		5	15			3	

Síntoma: Oidiosis							Especie hospedera: <i>Lagerstroemia speciosa</i>																		
Estación	INVIERNO						PRIMAVERA						VERANO						OTOÑO						
	código / grado	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.
ZILA01	20						1	20					1	5	15				2	20					1
ZILA02	20						1	20					1	10	10				2	20					1
ZILA03	20						1	20					1	6	14				2	20					1
ZILA04	20						1	20					1	5	5	5			2	20					1
ZIVLA01	20						1	5	5	10			2	10	10				2	5	3	12			2
ZIVLA02	20						1		5	10	5		3	4	16				2	20					3
ZIVLA03	20						1	5		10	5		3		10	10			3			20			3
ZIVLA04	20						1	5		10	5		3	10		10			2		10	10			3
ZIVLA05	20						1	20					1	5	5	10			2				10	10	1
ZIVLA06	20						1		10	7	3		3		10	10			3	20					3

Síntoma: Cercosporiosis						Especie hospedera: Salix humboldtiana															
Estación	INVIERNO					PRIMAVERA					VERANO					OTOÑO					
Código/ grado	1	2	3	4	Sev.	1	2	3	4	Sev.	1	2	3	4	Sev.	1	2	3	4	Sev.	
ZISA01			10	10	4			10	10	4	20				1	20					1
ZISA02		10	7	3	3		10	7	3	3	20				1	20					1
ZISA03			10	10	4			10	10	4	20				1	20					1
ZISA04	20				1	20				1	20				1	20					1
ZIISA01	20				1	20				1	20				1	20					1
ZIISA02	8	10	2		2	8	10	2		2	20				1	20					1
ZIISA03	15	2	3		1	15	2	3		1	20				1	20					1
ZIISA04	6	9	5		2	6	9	5		2	20				1	20					1
ZIISA05		10	10		3	20				1	20				1	20					1
ZIISA06		5	15		3	20				1	20				1	20					1
ZIISA07		10	10		3	20				1	20				1	20					1
ZIIISA01		10	10		3	20				1	10	10			2	20					1
ZIIISA02		5	15		3	20				1	20				1	20					1
ZIIISA03	20				1	20				1	20				1	20					1
ZIIISA04		5	15		3	20				1	10	10			2	20					1
ZIIISA05		3	17		3	20				1	5	15			2	20					1
ZIVSA01	20				1	20				1	20				1	20					1
ZIVSA02	20				1	20				1	20				1	20					1
ZVSA01	20				1	20				1	20				1	20					1
ZVISA01	20				1	20				1	10	10			2	20					1
ZVISA02			10	10	4	20				1	20				1	20					1
ZVISA03		15	5		2	20				1	10	10			2	20					1
ZVISA04	15		5		2	20				1	10	10			2	20					1
ZVISA05	10	10			2	20				1	20				1	20					1

<i>Síntoma: mancha foliar</i>							<i>Especie hospedera: Eucalyptus sp.</i>											
<i>Estación</i>	<i>PRIMAVERA</i>						<i>VERANO</i>						<i>OTOÑO</i>					
<i>código / grado</i>	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.	1	2	3	4	5	Sev.
Z1EU01	20					1	20					1	20					1
Z1EU02	20					1	20					1	20					1
Z1EU03	20					1	20					1	20					1
Z1EU04	20					1	20					1	20					1
Z1EU05	20					1	20					1	20					1
Z1EU06	20					1	20					1	20					1
Z1EU07	20					1	20					1	20					1
Z1EU08	20					1	20					1	20					1
Z2EU01	12	3	5			2	3	2	4	6	5	3	8	4	8			2
Z2EU02	8	5	7			2	1	1	6	7	5	4	8	10	2			2
Z2EU03	7	3	3	7		3	3		3	10	4	4	10	4	6			2
Z2EU04	20					1	5	4	8	3		2	12	5	3			2
Z2EU05	20					1	20					1	20					1
Z2EU06	20					1	20					1	20					1
Z3EU01	20					1	10	5	5			2	15	5				1
Z3EU02	20					1	5	5	4	6		3	12	6	2			2
Z3EU03	20					1	20					1	20					1
Z3EU04	20					1	5	4	6	5		3	10	7	3			2
Z3EU05	20					1	20					1	20					1
Z3EU06	20					1	20					1	20					1
Z3EU07	20					1	6	4	5	5		2	11	4	5			2
Z3EU08	20					1	5	5	3	7		3	12	5	3			2
Z4EU01	20					1	20					1	20					1
Z4EU02	20					1	20					1	20					1
Z4EU03	20					1	20					1	20					1
Z4EU04	20					1	20					1	20					1
Z4EU05	20					1	20					1	20					1
Z4EU06	20					1	20					1	20					1