UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

"EFECTO DE LA ILUMINACIÓN DE COPA SOBRE EL CRECIEMIENTO DE ÁRBOLES DE NUEVE ESPECIES FORESTALES, Y SUS IMPLICACIONES PARA EL MANEJO FORESTAL EN LA ESTACIÓN CIENTÍFICA SAN FRANCISCO"

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

RESPONSABLES: *Digner Francisco Jiménez Monge*

Diego Javier Becerra Guadalima

DIRECTOR: *Nikolay Aguirre Mendoza, Ph.D.*

ASESOR: *Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc*

Loja – Ecuador

2011

“EFECTO DE LA ILUMINACIÓN DE COPA SOBRE EL CRECIEMIENTO DE ÁRBOLES DE NUEVE ESPECIES FORESTALES, Y SUS IMPLICACIONES PARA EL MANEJO FORESTAL EN LA ESTACIÓN CIENTÍFICA SAN FRANCISCO.”

TESIS DE GRADO
PRESENTADA AL TRIBUNAL CALIFICADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

APROBADA:

_____
Ing. Luis Sinche, Mg. Sc.
PRESIDENTE

_____
Ing. Manuel Quizhpe, Mg. Sc.
VOCAL

_____
Ing. Hugo Sáenz Figueroa, Mg. Sc.
VOCAL

Dr. Nikolay Aguirre Mendoza.
DIRECTOR DE TESIS

C E R T I F I C A:

Que la tesis titulada **"EFECTO DE LA ILUMINACIÓN DE COPA SOBRE EL CRECIEMIENTO DE ÁRBOLES DE NUEVE ESPECIES FORESTALES, Y SUS IMPLICACIONES PARA EL MANEJO FORESTAL EN LA ESTACIÓN CIENTÍFICA SAN FRANCISCO",** de autoría de los señores egresados Diego Javier Becerra Guadalima, y Digner Francisco Jiménez Monge, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad, por lo que autorizo su publicación y defensa.

Loja, 16 de Junio del 2011.

Dr. Nikolay Aguirre Mendoza
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Luis Sinche, Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS "EFECTO DE LA ILUMINACIÓN DE COPA SOBRE EL CRECIEMIENTO DE ÁRBOLES DE NUEVE ESPECIES FORESTALES, Y SUS IMPLICACIONES PARA EL MANEJO FORESTAL EN LA ESTACIÓN CIENTÍFICA SAN FRANCISCO."

C E R T I F I C A:

Que la tesis de autoría de los señores egresados Diego Javier Becerra Guadalima, y Digner Francisco Jiménez Monge, ha sido revisada, y que en la misma se han incorporado todas las sugerencias hechas por el tribunal calificador, se ha procedido a su calificación y aprobación, por lo que autorizo su publicación definitiva.

Loja, 14 de Julio del 2011.

_____

Ing. Luis Sinche, Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

AUTORIA

Las ideas y conceptos que contiene este informe de investigación son de exclusiva responsabilidad de los autores, por lo que se prohíbe la reproducción total o parcial de esta tesis sin permiso previo de las titulares de los derechos de la propiedad intelectual.

Diego Javier Becerra Guadalima

Digner Francisco Jiménez Monge

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, que desde tiempo atrás me han enseñado el valor de la vida con cada uno de sus palabras; mis sobrinitos Pablo José y Alexander David, porque con su ternura me han vuelto a recordar mi infancia. Mis amigos Digner, Patricio, Cristian, Angye, Aracelly y Johana, por ser parte de mi diario vivir, a todos ellos gracias por su apoyo incondicional en el proceso de mi vida. Y en especial a Dios, por darme la oportunidad de conocer la felicidad.

Diego Javier

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, por acompañarme en cada instante de mi vida, pues ellos son el motor que impulsan mis anhelos de superación. A mi madrecita adorada, quien me acompaño en silencio desde el cielo con su guía, con la seguridad de que en estos momentos estará orgullosa de mí. A mi padre, por todo lo que me ha dado en esta vida, especialmente, por sus sabios consejos. A mi hermana, amiga y madre a la vez, llena de denuedo, fortaleza y lucha, es el pilar fundamental de mi vida, quien con comprensión y sabiduría me ha ayudado a encontrar la luz cuando todo es oscuridad. Gracias por contagiarme la alegría de vivir y por estar a mi lado en los momentos difíciles A mis sobrinas Micaela y Ana Julia, que con su inocencia y alegría, son los ángeles y el impulso mágico en los proceso de preparación y superación personal. A mis amigos, quienes se convirtieron en mi segunda familia. A Cristian, Diego, Darlin, Jimmy, Luis, Patricio simplemente gracias por ayudarme en cada momento y hacerme sentir como en casa cuando lo necesité.

Digner Francisco

AGRADECIMIENTOS

Antes que a todo queremos agradecer a Dios por darnos las fuerzas necesarias en los momentos en que más necesitamos y bendecirnos con la posibilidad de caminar a su lado durante nuestras vidas.

También agradecemos a nuestros padres y hermanos que con su apoyo hemos llegado a la meta; gracias a sus consejos, amistad, regaños y preocupaciones, entre otros, por permitirnos soñar y ayudarnos con su apoyo para alcanzar nuestros sueños sin la restricción de nada.

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a los catedráticos de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, quienes han contribuido con sus conocimientos y criterios oportunos para nuestra formación moral, ética y profesional. Al, Dr. Nikolay Aguirre Mendoza, Ing. Víctor Hugo Eras Guamán Dr. Sven Gunter, Ing. Luis Sinche, Ing. Johanna Muñoz, Ing. Manuel Quizhpe, Ing. Hugo Sanz, por sus valiosos consejos y sugerencias que ayudaron a la culminación satisfactoria de la presente investigación.

A la Fundación Alemana para la Investigación (DFG) por el apoyo económico y en especial al personal de la Estación Científica “San Francisco” por su apoyo logístico para la realización de la investigación. De igual manera a los miembros del tribunal calificador por sus importantes aportes que hicieron posible la presentación final de la investigación.

Finalmente, queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a nuestros compañeros de clase y amigos por el apoyo desinteresado que nos brindaron en el desarrollo del presente trabajo.

Gracias a todos.

Los Autores

Cap.	Titulo	Pág.
	SUMMARY	1
1	**RESUMEN**	4
2	**INTRODUCCIÓN**	7
3	**REVISIÓN DE LITERATURA**	9
3.1	DINÁMICA DE LOS BOSQUES TROPICALES HÚMEDOS	9
3.2	CRECIMIENTO E INCREMENTO ARBÓREO	10
3.2.1	El Crecimiento en los Árboles	10
3.2.2	El Crecimiento de los Bosques	11
3.2.2.1	La competencia	12
3.2.2.2	Mortalidad y reclutamiento	12
3.2.3	Clasificación de los Árboles Según la Etapa de Desarrollo	12
3.2.3.1	Etapa de brinzal	12
3.2.3.2	Etapa de latizal	13
3.2.3.3	Etapa de fustal	13
3.3	LA SILVICULTURA EN EL BOSQUE TROPICAL DE MONTAÑA	13
3.3.1	Silvicultura	14
3.3.2	Tratamientos Silviculturales	14
3.3.3	Efecto de los Tratamientos Silviculturales en el Crecimiento de los Árboles	16
3.4	INFLUENCIA DE LA ECOLOGÍA DE LA LUZ SOLAR EN EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES	17
3.4.1	La Luz Solar	17
3.4.2	Influencia de la Luz Sobre el Crecimiento de los Árboles	17
3.4.3	Estudios Referentes a Apertura de Dosel e Influencia de la Luz Solar Sobre el Crecimiento	18
3.5	BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO	21
3.5.1	*Cedrela montana*	21
3.5.1.1	Descripción botánica	21
3.5.1.2	Ecología	21
3.5.2	*Tabebuia chrysantha*	21
3.5.2.1	Descripción botánica	21
3.5.2.2	Ecología	22
3.5.3	*Hyeronima asperifolia*	22
3.5.3.1	Descripción botánica	22
3.5.3.2	Ecología	22
3.5.4	*Inga acreana*	22
3.5.4.1	Descripción botánica	22
3.5.4.2	Ecología	23
3.5.5	*Nectandra membranacea*	23
3.5.5.1	Descripción botánica	23
3.5.5.2	Ecología	23
3.5.6	*Clusia ducuoides*	23
3.5.7	*Ficus citrifolia*	24
3.5.8	*Hyeronima moritziana*	24
3.5.9	*Podocarpus oleifolius*	24
4	**MATERIALES Y MÉTODOS**	25
4.1	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
4.1.1	Ubicación y Extensión	25
4.1.2	Zona de Vida, Clima y Vegetación	26
4.2	ANTECEDENTES DEL TRATAMIENTO SILVICULTURAL APLICADO	27
4.2.1	Estructura Diamétrica de la Reserva Biológica San Francisco	28
4.3	METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL INCREMENTO DIAMÉTRICO Y	29

	BASIMÉTRICO DE LAS NUEVE ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO	
4.3.1	Criterios de Selección de las Especies	29
4.3.2	Diámetro del Fuste	30
4.3.3	Incremento en DAP (Diámetro del Fuste y el Incremento en Área Basal)	30
4.4	METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LAS VARIABLES DETERMINÍSTICAS EN INCREMENTO DIAMÉTRICO Y BASIMÉTRICO	32
4.4.1	Iluminación de Copa	32
4.4.2	Forma de Copa	33
4.4.3	Diámetro de Copa	34
4.4.4	Índice de Hegyi	37
4.5	ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	37
4.6	IMPLICACIONES PARA EL MANEJO FORESTAL	40
5	**RESULTADOS**	41
5.1	INCREMENTO PROMEDIO DIAMÉTRICO	41
5.1.1	Incremento Periódico Anual en Diámetro	41
5.1.2	Incremento Periódico Anual en Diámetro y Tratamiento	42
5.2	INCREMENTO PROMEDIO BASIMÉTRICO	42
5.3	INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DETERMÍNÍSTICAS, EN EL INCREMENTO DIAMÉTRICO Y BASIMÉTRICO	45
5.3.1	Análisis de Datos por Iluminación de Copa	47
5.3.1.1	Iluminación de copa en *Cedrela montana*	47
a	Tratamiento	48
b	Quebrada	48
5.3.1.2	Iluminación de copa en *Tabebuia chrysantha*	48
a	Tratamiento	49
b	Quebrada	49
5.3.1.3	Iluminación de copa en *Inga acreana*	50
a	Tratamiento	51
b	Quebrada	51
5.3.1.4	Iluminación de copa en *Nectandra membranacea*	51
a	Tratamiento	51
b	Quebrada	52
5.3.1.5	Iluminación de copa en *Hyeronima asperifolia*	52
a	Tratamiento	53
b	Quebrada	53
5.3.1.6	Iluminación de copa en *Hyeronima moritziana*	54
a	Tratamiento	55
b	Quebrada	55
5.3.1.7	Iluminación de copa en *Clusia ducuoides*	56
a	Tratamiento	56
5.3.1.8	Iluminación de copa en *Podocarpus oleifolius*	57
5.3.1.9	Iluminación de copa en *Ficus citrifolia*	57
5.3.2	Análisis de Datos por Clase Diamétrica	59
5.3.2.1	Clase Diametral del Fuste en *Cedrela montana*	59
a	Tratamiento	60
b	Quebrada	60
5.3.2.2	Clase Diametral del Fuste en *Tabebuia chrysantha*	61
5.3.2.3	Clase diametral del fuste en *Inga acreana*	62
a	Tratamiento	62
b	Quebrada	63
5.3.2.4	Clase diametral del fuste en *Nectandra membranacea*	63
a	Tratamiento	64
b	Quebrada	64

5.3.2.5 Clase diametral del fuste en *Hyeronima asperifolia* 65
a Tratamiento 65
b Quebrada 65
5.3.2.6 Clase diametral del fuste en *Hyeronima moritziana* 66
a Tratamiento 66
b Quebrada 66
5.3.2.7 Clase diametral del fuste en *Clusia ducuoides* 67
5.3.2.8 Clase diametral del fuste en *Podocarpus oleifolius* 68
5.3.2.9 Clase diametral del fuste en *Ficus citrifolia* 68
5.3.3 Análisis de Datos por Forma de Copa 70
5.3.3.1 Forma de copa en *Cedrela montana* 70
a Tratamiento 71
5.3.3.2 Forma de copa en *Tabebuia chrysantha* 71
5.3.3.3 Forma de copa en *Inga acreana* 72
a Tratamiento 72
b Quebrada 72
5.3.3.4 Forma de copa en *Nectandra membranácea* 73
a Tratamiento 74
b Quebrada 74
5.3.3.5 Forma de copa en *Hyeronima asperifolia* 75
a Tratamiento 75
b Quebrada 75
5.3.3.6 Forma de copa en *Hyeronima moritziana* 76
a Tratamiento 77
b Quebrada 77
5.3.3.7 Forma de copa en *Clusia ducuoides* 77
5.3.3.8 Forma de copa en *Ficus citrifolia* 77
5.3.3.9 Forma de copa en *Podocarpus oleifolius* 78
5.3.4 Análisis de Datos por Diámetro de Copa 80
5.3.4.1 Diámetro de copa en *Cedrela montana* 80
a Tratamiento 81
b Quebrada 81
5.3.4.2 Diámetro de copa en *Tabebuia chrysantha* 82
5.3.4.3 Diámetro de copa en *Inga acreana* 82
a Tratamiento 83
b Quebrada 83
5.3.4.4 Diámetro de copa en *Nectandra membranácea* 84
a Tratamiento 84
5.3.4.5 Diámetro de copa en *Hyeronima asperifolia* 85
a Tratamiento 86
b Quebrada 86
5.3.4.6 Diámetro de copa en *Hyeronima moritziana* 87
a Tratamiento 87
5.3.4.7 Diámetro de copa en *Clusia ducuoides* 88
5.3.4.8 Diámetro de copa en *Podocarpus oleifolius* 88
5.3.4.9 Diámetro de copa en *Ficus citrifolia* 89
5.3.5 Análisis de Datos por Índice de Hegyi 91
5.3.5.1 Índice de Hegyi en *Cedrela montana* 91
a Tratamiento 91
b Quebrada 91
5.3.5.2 Índice de Hegyi en *Tabebuia chrysantha* 92
5.3.5.3 Índice de Hegyi en *Inga acreana* 92

a	Tratamiento	92
b	Quebrada	93
5.3.5.4	Índice de Hegyi en *Nectandra membranácea*	93
a	Tratamiento	94
b	Quebrada	94
5.3.5.5	Índice de Hegyi en *Hyeronima asperifolia*	95
a	Tratamiento	95
b	Quebrada	95
5.3.5.6	Índice de Hegyi en *Hyeronima moritziana*	96
a	Tratamiento	96
b	Quebrada	96
5.3.5.7	Índice de Hegyi en *Clusia ducuoides*	97
5.3.5.8	Índice de Hegyi en *Podocarpus oleifolius*	97
6	**DISCUSIÓN**	100
6.1	INCREMENTO DIAMÉTRICO PERIÓDICO	100
6.2	INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL POR TRATAMIENTO	101
6.2.1	Incremento Diamétrico	101
6.2.2	Incremento Basimétrico	104
6.3	INFLUENCIA DEL TIPO DE ILUMINACIÓN DE COPA	105
6.4	INFLUENCIA DE LA CLASE DIAMÉTRICA	110
6.5	INFLUENCIA DE LA FORMA DE COPA, DIAMÉTRO DE COPA, E ÍNDICE DE COMPETENCIA EN EL CRECIMIENTO	114
6.6	IMPLICACIONES EN EL MANEJO FORESTAL	117
7	**CONCLUSIONES**	123
8	**RECOMENDACIONES**	126
9	**BIBLIOGRAFÍA**	128
10	**APÉNDICES**	135

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Titulo	Pág.
Cuadro 1.	Árboles en cada grupo florístico, diamétrico y clase de distribución	28
Cuadro 2.	Especies forestales a evaluar en las tres microcuencas de la ECSF	30
Cuadro 3.	Clasificación para identificar el tipo de iluminación de copa	32
Cuadro 4.	Clasificación para identificar la forma de copa en los árboles	34
Cuadro 5.	Incremento periódico anual de las especies	41
Cuadro 6.	Incremento periódico anual por tratamiento	42
Cuadro 7.	Incremento periódico basimétrico de todas las especies, por año de medición	42
Cuadro 8.	Incremento periódico basimétrico anual de las especies, con tratamiento y sin tratamiento	44
Cuadro 9.	Análisis Kruskall Wallis a nivel p = 0,05 del efecto de la variables en el incremento diamétrico y basimétrico de tres especies	45
Cuadro 10.	Análisis de varianza a nivel p = 0,05 del efecto de las variables determinísticas sobre el incremento diamétrico y basimétrico	46
Cuadro 11.	Incremento diamétrico y basimétrico de la iluminación de copa por tratamiento y quebrada de las nueve especies de estudio	58
Cuadro 12.	Incremento diamétrico y basimétrico de la clase diamétrica por tratamiento y quebrada de las especies de estudio	69
Cuadro 13.	Incremento diamétrico y basimétrico de la forma de copa por tratamiento y quebrada de las especies de estudio	79
Cuadro 14.	Incremento diamétrico y basimétrico del diámetro de copa por tratamiento y quebrada de las especies en estudio	90
Cuadro 15.	Incremento diamétrico y basimétrico por índice de hegyi por tratamiento y quebrada de las especies de estudio	99

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Título	Pág.
Figura 1.	Mapa base de las tres microcuencas de estudio en la ECSF	26
Figura 2.	Distribución de las intensidades de raleo del tratamiento silvicultural en las tres microcuencas	28
Figura 3.	Clases de Iluminación de copa	33
Figura 4.	Método empleado para la medición del diámetro de copa	36
Figura 5.	Incremento medio en área basal	43
Figura 6.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b), por iluminación de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Cedrela montana*	47
Figura 7.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y por tratamiento en los dos sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha*	49
Figura 8.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana*	50
Figura 9.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*	52
Figura 10.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia*	54
Figura 11.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*	55
Figura 12.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides*	56
Figura 13.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius*	57
Figura 14.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral de fuste y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Cedrela montana*	59
Figura 15.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diamétrica y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha*	61
Figura 16.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral de fuste y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana*	62
Figura 17.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*	64
Figura 18.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia*	66
Figura 19.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*	67
Figura 20.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides*	67
Figura 21.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius*	68
Figura 22.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los dos sitios de estudio de la especie *Cedrela montana*	70
Figura 23.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha*	71
Figura 24.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana*	73
Figura 25.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*	74
Figura 26.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia*	75
Figura 27.	Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en	76

los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*
Figura 28. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides* 78
Figura 29. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius* 78
Figura 30. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa, tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Cedrela montana* 81
Figura 31. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha* 82
Figura 32. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana* 83
Figura 33. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea* 85
Figura 34. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia* 86
Figura 35. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana* 87
Figura 36. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides* 88
Figura 37. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius* 89
Figura 38. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de hegyi y por tratamiento en los dos sitios de estudio de la especie *Cedrela montana* 91
Figura 39. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de hegyi y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana* 93
Figura 40. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea* 94
Figura 41. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de Hegyi y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia* 95
Figura 42. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana* 96
Figura 43. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides* 97
Figura 44. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius* 98

ÍNDICE DE APÉNDICES

N°	Título	Pág.
Apéndice 1.	Equivalencias IUFRO de la iluminación de copa	135
Apéndice 2.	Esquema de la liberación de árboles plus aplicado en la ECSF	135
Apéndice 3.	Cálculo del incremento periódico anual (ejemplo)	136
Apéndice 4.	Pruebas de normalidad	138
Apéndice 6.	Figura de la prueba de normalidad de la especie *Cedrela montana*	139
Apéndice 7.	Contraste univariados del tratamiento, bajo distintas iluminaciones de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	139
Apéndice 8.	Comparación de medias ajustadas del efecto de la clase diametral del fuste en el incremento basimétrico de *Cedrela montana* en individuos sin tratamiento en la Q_5	140
Apéndice 9.	Contrates univariados de la clase diametral de fuste por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	140
Apéndice 10.	Contrates univariados del tratamiento por clase diametral del fuste en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	141
Apéndice 11.	Contraste univariados de la quebrada por clase diametral del fuste en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	141
Apéndice 12.	Efecto de la forma de copa por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	142
Apéndice 13.	Comparación de medias ajustadas en Q5 de individuos sin tratamiento del efecto de la forma de copa en el incremento basimétrico de *Cedrela montana*	142
Apéndice 14.	Contrates univariados del tratamiento por forma de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	143
Apéndice 15.	Comparación de medias ajustadas del diámetro de copa por tratamiento en la Q_5 en el incremento diamétrico de especie *Cedrela montana*	143
Apéndice 16.	Comparación de medias ajustadas del diámetro de copa por tratamiento en la Q_5 en el incremento basimétrico de especie *Cedrela montana*	144
Apéndice 17.	Efecto del diámetro de copa por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	144
Apéndice 18.	Contrastes univariados del tratamiento bajo distintas clases de diámetro de copa, en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*	145
Apéndice 19.	Análisis Chi cuadrado de las distintas variables medidas en el campo	145
Apéndice 20.	Comparación de medias ajustada del efecto de iluminación de copa en la Q_2 en el incremento basimétrico de las especie *Tabebuia chrysantha*	145
Apéndice 21.	Efecto de la iluminación de copa por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*	146
Apéndice 22.	Comparación de medias ajustada del efecto de clase diamétrica en Q_5 en individuos con tratamiento en el incremento basimétrico de las especie *Tabebuia chrysantha*	146
Apéndice 23.	Efecto de la clase diametral de fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*	147
Apéndice 24.	Efecto de la clase diametral de fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*	148
Apéndice 25.	Prueba de comparación de medias ajustadas del efecto de la diámetro de copa en el incremento basimétrico en *Tabebuia chrysantha*	148
Apéndice 26.	Efecto de diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*	149
Apéndice 27.	Efecto de índice de Hegyi por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*	149
Apéndice 28.	Contrastes univariados del tratamiento bajo distintas iluminaciones de copa en el	149

incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana*
Apéndice 29. Contrates univariados del tratamiento bajo distintas formas de de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana* 150
Apéndice 30. Contrastes univariados de diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana* 150
Apéndice 31. Contraste univariados del sitio en distintas clases de diámetro de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana* 150
Apéndice 32. Contraste univariados del tratamiento en distintas clases de índices de Hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana* 151
Apéndice 33. Comparación de medias ajustada del efecto de la clase diamétrico en el incremento basimétrico en la Q_2 de las especie *Nectandra membranácea* 151
Apéndice 34. Contraste univariados de la clase diametral del fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Nectandra membranácea* 152
Apéndice 35. Comparación de medias ajustadas de la forma de copa sobre el incremento diamétrico en Q_5 de la especie *Nectandra membranácea* 152
Apéndice 36. Contrastes univariados de la forma de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Nectandra membranácea* 153
Apéndice 37. Contraste univariados del sitio por forma de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de la especie *Nectandra membranácea* 154
Apéndice 38. Comparación de medias ajustadas del diámetro de copa sobre el incremento basimétrico en Q_2 de la especie *Nectandra membranácea* 154
Apéndice 39. Contrastes univariados del diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Nectandra membranácea* 155
Apéndice 40. Contraste univariados del tratamiento por índice de Hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico de la especie *Nectandra membranácea* 155
Apéndice 41. Comparación de medias ajustadas del efecto de la iluminación de copa en el incremento diamétrico de *Hyeronima asperifolia* 156
Apéndice 42. Comparación de medias ajustadas del efecto de la iluminación de copa en el incremento basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 156
Apéndice 43. Contrates univariados de iluminación de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 157
Apéndice 44. Contraste univariados del tratamiento bajo distintas iluminaciones de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 157
Apéndice 45. Comparación de medias ajustadas del efecto de la clase diametral del fuste en el incremento basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 158
Apéndice 46. Contraste univariados de clase diametral del fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 159
Apéndice 47. Comparación de medias ajustadas del efecto de diámetro de copa en el incremento basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 160
Apéndice 48. Contrastes univariados del diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 161
Apéndice 49. Contrates univariados tratamiento en distintas índices de Hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 162
Apéndice 50. Efecto del sitio bajo distintas iluminaciones de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia* 162
Apéndice 51. Efecto de la forma de copa por tratamiento y por sitio en el incremento Diamétrico y Basimétrico de *Hyeronima moritziana* 163
Apéndice 52. Comparación de medias ajustadas del efecto de la Forma de Copa en el Incremento Basimétrico en Q_3 de la especie *Hyeronima moritziana* 163
Apéndice 53. Efecto del Tratamiento por Forma de Copa en el Incremento Diametrico y Basimétrico de la especie *Hyeronima moritziana* 164
Apéndice 54. Efecto del Tratamiento por Iluminación de Copa en el Incremento Diametrico y Basimétrico de la especie *Clusia ducuoides* 165
Apéndice 55. Efecto de la forma de copa por tratamiento y por sitio en el incremento 165

Diamétrico y Basimétrico de *Clusia ducuoides*
Apéndice 56. Efecto del Diámetro de Copa por Tratamiento y por Sitio en el Incremento Diamétrico y Basimétrico de *Clusia ducuoides* 165
Apéndice 57. Efecto del Hegyi por tratamiento y por sitio en el incremento Diamétrico y Basimétrico de *Clusia ducuoides* 166
Apéndice 58. Efecto del Tratamiento por Iluminación de Copa en el Incremento Diametrico y Basimétrico de la especie *Clusia ducuoides* 166
Apéndice 59. Efecto de la quebrada por Iluminación de Copa en el Incremento Diamétrico y Basimétrico de la especie *Clusia ducuoides* 166
Apéndice 60. Efecto de la Clase Diamétrica por Tratamiento y por Sitio en el Incremento Diamétrico y Basimétrico de la especie *Podocarpus oleifolius* 167
Apéndice 61. Efecto de la Forma de Copa por Tratamiento y por sitio en el Incremento Diamétrico y Basimétrico del *Podocarpus oleifolius* 167
Apéndice 62. Prueba de comparación de medias Games Howell de iluminación de copa en el incremento diamétrico *Ficus citrifolia* 168
Apéndice 63. Prueba de comparación de medias Games Howell de iluminación de copa en el incremento basimétrico *Ficus citrifolia* 168
Apéndice 64. Prueba de comparación de medias Games Howell del Diámetro de copa en el incremento basimétrico *Ficus citrifolia* 169

ABSTRACT

This research is part of a multidisciplinary study to evaluate the effect of silvicultural treatment on growth and regeneration of forest species regeneration of forest species, is part of the worth of research program and functionality of a tropical mountain forest: biodiversity, nutrient flow and potential use, funded by the German Research Foundation (DFG). The study considered three watersheds: Q_2 Q_3 and Q_5 conducted in the properties of the Scientific Foundation "Nature & Culture International", located in San Francisco at 30 km road Loja Zamora.

The application of silvicultural treatment, consisted of individuals plus the release of (good quality) nine commercially important species in the southern region of Ecuador: *Tabebuia chrysantha, Cedrela montana*. *Inga acreana, Hyeronima asperifolia, Hyeronima moritziana, Podocarpus oleifolius, Nectandra membranacea, Clusia ducuoides* y *Ficus citrifolia;* applying to them a selective thinning silvicultural treatment, eliminating the natural competitor, to improve the lighting conditions of these species and encourage their growth. Also, analyzed the influence of the illumination of the treetop on the increase in diameter and basal area in the species mentioned.

The increases were obtained from measurements from the years 2004-2009 in permanent plots of 50m x 50m (2500 m^2) within which all individuals were measured above 20 cm DAP (1.3 feet from the floor in favor of pending) from which individuals are to be taken off the competitor and others were left as a reference. In addition, was conducted field sampling to evaluate the variables lighting treetop, treetop shaped, diameter treetop, surrounding density (Hegyi index).

In the first part of this research was evaluated and diametric growth: the diametric increment was obtained three levels of growth, species of moderate growth, slight growth and slow growth, moderate growth in this *Ficus citrifolia, Cedrela Montana e Inga acreana*, with values between 0.32 cm / yr. to 5 cm / yr., slight growth stocks are *Nectandra membranacea e Hyeronima asperifolia*, 0.22-0.25 cm/yr., and slow growth:

Clusia ducuoides, Hyeronima moritziana, Podocarpus oleifolius and Tabebuia chrysantha with values between from 0.07 to 0.1 cm / year. The diametric increase reported by most species *Tabebuia chrysantha,* contrary to what the diametric increment for this species.

In the species *Clusia species ducuoides, Hyeronima asperifolia, Hyeronima moritziana, Inga acreana, Ficus citrifolia, Nectandra membranacea and Podocarpus oleifolius* the diametric growth values are higher in treated individuals for which no treatment was applied, contrary to the species *Cedrela Montana and Tabebuia chrysantha,* where there could be no difference in regard to the diametric increment, however on the basal increase the specie *Tabebuia chrysantha* shows a basal largest increase in individuals who were treated, that those who left as a reference; emulate the behavior that other species, except the *Ficus citrifolia and Nectandra membranaceae* esciofitas species considered where the increase is higher in individuals who are not given the treatment. The year with greater increases in both basal diametric of the entire fourth period was the year in which it is considered that effective treatment however, another period would be necessary to affirm this assumption.

In the second part of this research analyzes the effect of lighting treetop on the basal diameter increment of the species in which it is determined that the species *Clusia ducuoides, Hyeronima asperifolia and Tabebuia chrysantha* the lighting treetop is important to the stem secondary growth, and much more related to basal area, in emergent and canopy trees half, being favored for the trees of some diametric classes; so also influenced by the treatment in individuals with mid-canopy, in diametric classes in adult higher in both emerging and mid-canopy, adding that in the case of the species *Tabebuia chrysantha,* site conditions also proved to be an important factor to consider in the application of treatment.

In the case of this research would not be correct to accept that most solar lighting the tops of the trees said the increase; for species such as *Nectandra membranacea, Hyeronima moritziana and Ficus citrifolia;* being more relevant variable diameter cup in

the growth of the species mentioned. *Cedrela montana* so well in the cup lighting does not affect the basal diametric increment and, is favorable even deeper into the time that this species would cost to respond to treatment as well as the fact you need a pattern tree to continue its growth.

Most important variables in the growth of the species were the diameter of shaft, diameter of treetop and treetop shaped, these last two relating to the amount of foliage and possibly associated with the history of treetop lighting. Increase the direct relationship with the basal diameter of bole (tree size) indicates that larger trees have access to solar lighting; besides that have a more developed root system are more available soil resources. Probably this part of the study could serve to further investigations with models of growth, to incorporate or prefer one or more of the variables studied here.

1 RESUMEN

La presente investigación, es parte de un estudio multidisciplinario para evaluar el efecto de tratamientos silviculturales sobre crecimiento y regeneración de especies forestales, forma parte del programa de investigación y funcionalidad de un bosque tropical de montaña: biodiversidad, flujo de nutrientes y potencialidades de uso, financiado por la Fundación Alemana para la Investigación (DFG). En el estudio se consideraron las tres microcuencas: Q_2 Q_3 y Q_5; llevado a cabo en las propiedades de la Fundación Científica "Naturaleza & Cultura Internacional"; ubicado en San Francisco kilómetro 30 de la vía Loja Zamora.

La aplicación del tratamiento silvicultural, consistió en la liberación de individuos plus (de buena calidad) de nueve especies comercialmente importantes en la región sur del Ecuador: *Tabebuia chrysantha*, *Cedrela montana*. *Inga acreana*, *Hyeronima asperifolia*, *Hyeronima moritziana*, *Podocarpus oleifolius*, *Nectandra membranácea*, *Clusia ducuoides* y *Ficus citrifolia;* aplicando sobre ellos, un tratamiento silvicultural de raleo selectivo, eliminando el competidor natural, para así mejorar las condiciones de luz de estas especies y favorecer su crecimiento. Además se analizó la influencia de la iluminación de la copa sobre el incremento en diámetro y área basal en las especies mencionadas

Los incrementos se obtuvieron de mediciones realizadas desde el año 2004-2009 en parcelas permanentes de 50 m x 50 m (2.500 m^2) dentro de las cuales se midieron todos los individuos mayores a 20 cm DAP (1,3 metros desde el suelo a favor de la pendiente) entre los cuales pertenecen individuos que se les eliminó el competidor y otros que se dejaron como referencia. Además, se realizó un muestreo de campo para evaluar las variables iluminación de copa, forma de copa, diámetro de copa, densidad circundante (Índice de Hegyi).

En la primera parte de esta investigación se evaluó el crecimiento diamétrico y basimétrico; en el incremento diamétrico se obtuvo tres niveles de crecimiento, especies

de crecimiento moderado, crecimiento leve y crecimiento lento, en las de crecimiento moderado está *Ficus citrifolia, Cedrela montana e Inga acreana,* con valores entre 0,32 cm/año a 5 cm/año, las de crecimiento leve se encuentran *Nectandra membranácea e Hyeronima asperifoli*a, 0,22 - 0,25cm/año, y crecimiento lento: *Clusia ducuoides, Hyeronima moritziana, Podocarpus oleifolius* y *Tabebuia chrysantha* con valores entre 0,07-0,1 cm/año. El incremento basimétrico mayor lo reporta la especie *Tabebuia chrysantha,* contrario a lo señalado en el incremento diamétrico para esta especie

En las especies *Clusia ducuoides, Hyeronima asperifolia, Hyeronima moritziana, Inga acreana, Ficus citrifolia, Nectandra membranacea y Podocarpus oleifolius* los valores de crecimiento diamétrico son mayores en individuos tratados con respecto de los que no se les aplicó el tratamiento, contrario a la especie *Cedrela montana y Tabebuia chrysantha* en donde no se pudo evidenciar diferencias en lo que respecta a este incremento diamétrico, sin embargo en el incremento basimétrico la especie *Tabebuia chrysantha* demuestra un mayor incremento basal en los individuos que fueron sometidos a tratamiento, que los que se dejó como referencia; comportamiento que emulan las demás especies, a excepción de *Ficus citrifolia* y *Nectandra membranaceae* considerados como especies esciofitas en donde el incremento es mayor en individuos que no se les aplicó el tratamiento. El año con mayor incremento tanto diamétrico como basimétrico de todo el período fue el año cuarto en el que se considera que es efectivo el tratamiento sin embargo, sería necesario otro período para afirmar este supuesto.

En la segunda parte de la presente investigación se analizó el efecto de la iluminación de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de las especies, en la cual se determina que las especies *Clusia ducuoides, Hyeronima asperifolia* y *Tabebuia chrysantha* la iluminación de copa es importante para el crecimiento secundario del fuste, y mucho más relacionado con el área basal, en árboles emergentes y de dosel medio, siendo favorecidas para los árboles de algunas clases diamétricas; así también influenciado por el tratamiento en individuos de dosel medio, en clases diamétricas superiores en individuos adultos tanto en emergentes como de dosel medio, adicionando que para el

caso de la especie *Tabebuia chrysantha,* las condiciones del sitio también demostraron ser un factor importante a considerar en la aplicación del tratamiento.

Para el caso de esta investigación no sería correcto aceptar que la mayor iluminación solar de la copa de los árboles asegura el incremento; para especies como *Nectandra membranácea, Hyeronima moritziana y Ficus citrifolia;* siendo más relevante la variable diámetro de copa en el crecimiento de las especies mencionadas. Así también en *Cedrela montana,* la iluminación de copa no influye en el incremento diamétrico y basimétrico, incluso es favorable profundizar más en el tiempo en que le costaría a esta especie reaccionar al tratamiento así como el hecho de necesitar un árbol patrón para seguir su crecimiento.

Variables más importantes en el crecimiento de las especies fueron el diámetro de fuste, diámetro de copa y forma de copa, estos dos últimos relacionados con la cantidad de follaje y, posiblemente, asociados con el historial de iluminación de copa. La relación directa del incremento basimétrico con el diámetro de fuste (tamaño del árbol) indica que los árboles más grandes tienen más acceso a la iluminación solar; además que por poseer un sistema radicular más desarrollado tienen más disponibilidad de recursos del suelo. Probablemente, esta parte del estudio podría servir para que posteriores investigaciones con modelos de crecimiento, incorporen o prefieran una o más de las variables aquí estudiadas.

2 INTRODUCCIÓN

Los bosques húmedos tropicales se conocen como una de las comunidades naturales terrestres con mayor riqueza y diversidad de especies vegetales; los mismos son susceptibles de ser manejados bajo el principio de sostenibilidad, el cual busca hacer uso de los recursos forestales produciendo el menor impacto sobre el bosque (Meza *et al.* 2003). En el Ecuador, con una tasa de deforestación del 2,6% anual, el tema del manejo de bosques tropicales aún es incipiente, debido a que no se conoce con profundidad estos ecosistemas diversos y tan frágiles a la vez, ya que hasta el momento no se han generado técnicas de manejo acorde a las necesidades del sector forestal y al área en donde se vaya a intervenir. Eso sumado a la importancia de los bosques tropicales en términos de biodiversidad y de generación de bienes y servicios ambientales, y considerando su papel clave en el ciclo global del carbono es necesario entender mejor la respuesta actual y futura de los bosques tropicales ante el cambio global. Al respecto, se destaca la necesidad de ampliar los sitios de muestreo y prolongar los períodos de medición en estudios a largo plazo de la estructura y función de bosques tropicales especialmente en regiones poco conocidas (Clark 2002, 2004).

La pérdida de este valioso recurso, es constante, y se relaciona con la escasa información y realización de estudios sobre tratamientos silviculturales que permitan conocer la dinámica del crecimiento y rendimiento del bosque húmedo tropical especialmente en la región Sur del Ecuador, influyendo en el manejo, uso y aprovechamiento de estos recursos. Además, la distribución irregular de las especies forestales, su irregularidad en la fructificación, desconocimiento en su totalidad de la silvicultura de las especies forestales de interés comercial, son razones suficientes para que aún no se pueda realizar un manejo sostenible del bosque tropical.

Por la situación actual se hace indispensable, la caracterización de la vegetación y descripción de la dinámica natural del crecimiento de los árboles, especialmente en lo que se refiere al crecimiento y a las variables que intervienen en el incremento diamétrico y basimétrico, como la aplicación de tratamientos silviculturales que

favorezcan la iluminación de las copas especialmente de especies de interés. No obstante, esta falta de información no ha sido impedimento para que dejen de explotarse los bosques, aplicando tratamientos silviculturales que la mayoría de los casos en vez de producir beneficios a la dinámica del bosque han causado detrimentos en el mismo (Meza *et al.* 2003).

La presente investigación consistió en un periodo de cuatro años de medición del incremento más el año de monitoreo evaluado en donde también se registraron las mediciones de las variables que intervienen en el incremento diamétrico y basimétrico de esta manera se fortalece la comprensión de la aplicación de prácticas silviculturales y aporta datos de crecimiento por apertura del dosel, influencia de la iluminación de copa sobre el crecimiento de los árboles de interés comercial o ecológico, provenientes de la "ECSF" y sus implicaciones futuras para el manejo en bosques húmedos tropicales; la cual ha sido estructurado en base a los siguientes objetivos:

- Contribuir a la formulación de criterios técnicos que permitan evaluar la aplicación de tratamientos silviculturales, que favorezcan el crecimiento diamétrico y basimétrico de árboles en el bosque tropical de montaña de la Estación Científica San Francisco.

- Evaluar el incremento diamétrico y basimétrico de árboles de nueve especies forestales luego de haberse realizado un tratamiento silvicultural, mediante mediciones cuantitativas de campo para conocer el crecimiento estacional en diámetro de las especies estudiadas.

- Determinar el efecto de iluminación de la copa en el incremento diamétrico y basimétrico en árboles de nueve especies forestales de bosque intervenido bajo diferentes intensidades de raleo selectivo, para posteriormente prescribir alternativas de manejo forestal adecuado**.**

3 REVISIÓN DE LITERARTURA

3.1 DINÁMICA DE LOS BOSQUES TROPICALES HÚMEDOS

Existe poca literatura de los bosques tropicales acerca de los cambios en la vegetación a mediano y largo plazo. La variedad de fuentes semilleros de los bosques tropicales cercanas a las áreas donde se inicia la sucesión secundaria, hace complejo su entendimiento dinámico (Whitmore 1983). Un área expuesta a la luz y lejos de las fuentes semilleros, no es un factor limitante para la colonización y germinación de las semillas (Guariguata y Ostertag 2001). Sin embargo, la colonización de las especies en el área puede verse limitada por otros factores como: historia del uso de la tierra, longevidad de las semillas, mecanismos de dispersión, periodicidad de fructificación y producción de semillas (Ross 1954 y Budowski 1965).

La interacción entre estos factores ecológicos es determinante en la formación de la estructura, composición florística, diversidad y riqueza de especies en un bosque secundario (Uhl *et al.* 1988). Por ejemplo, en áreas desnudas del trópico, después de haber sido abandonadas, la regeneración natural de las especies se debió a la abundancia de semillas en el suelo (Garúo 1989; Viera 1989). Un estudio en Brasil relata que la regeneración natural fue abundante en la primera etapa de la sucesión secundaria (edad de 5 años), siendo mayor que la regeneración natural en el bosque primario. Por lo general en esta primera etapa de la sucesión, el mayor número de semillas corresponde a las especies herbáceas y a especies de árboles pioneros (Vieira 1998). En etapas más avanzada de la sucesión secundaria, aunque existe una mayor cantidad de semillas de las especies pioneras, estás no son capaces de regenerar bajo su propia sombra (Saldarriga *et al.* 1988). Por un lado, la abundancia y dominancia de estas especies pioneras está sujeta a la colonización temprana del sitio. Por otro lado, la abundancia temprana de una especie maderable es provocada por agentes dispersores o por la dieta de algunos animales depredadores (Finegan 1996).

3.2 CRECIMIENTO E INCREMENTO

El crecimiento es el aumento de tamaño de los organismos en función al tiempo (Salisbury y Ross 1992) y el incremento es la cantidad de crecimiento entre dos mediciones (Finegan 2002). Entre los tipos de incremento (Husch *et al.* 1982, Prodan *et al.* 1987, Louman *et al.* 2001) tenemos el incremento corriente anual (crecimiento ocurrido en un año), el incremento periódico anual (crecimiento promedio anual ocurrido en un período de años) y el incremento medio anual (crecimiento anual ocurrido a una edad determinada). En los árboles, el crecimiento puede expresarse como el incremento en diámetro o área basal (Wan 1988), pero también en altura y volumen.

3.2.1 El Crecimiento en los Árboles

En las plantas, el crecimiento se restringe en zonas que tienen células producidas (recientemente) por división celular en un meristemo. No obstante, el crecimiento no es originado solamente por la división celular, sino también por el incremento de los productos celulares (Salisbury y Ross 1992). Los principales meristemo de la planta son las puntas de tallos, raíces y órganos ramales en crecimiento. Igual importante es el cambium de la raíz y el tallo, que en los árboles llevan a cabo el crecimiento en grosor mediante los incrementos anuales del floema y el xilema (Bidwell 1993).

El crecimiento de los árboles está influenciado por la capacidad genética de una especie, interactuando con el ambiente (Husch *et al.* 1982); por lo tanto, el principio del crecimiento en los árboles es principalmente fisiológico, pero se debe considerar la influencia de los factores ambientales (Daniel *et al.* 1982).

Algunos estudios han encontrado que los incrementos en diámetro se correlacionan positivamente con la posición sociológica de los árboles adultos (Lieberman *et al.* 1985, Lieberman y Lieberman 1987, Camacho y Finegan 1997), precisando que los mayores incrementos se encuentran en las especies del dosel y sub dosel (Peralta *et al.* 1987, Lieberman y Lieberman 1987, Camacho y Finegan 1997).

Existe relación entre la iluminación y forma de copa con el crecimiento (Dawkins 1960, Lieberman y Lieberman 1987, Peralta *et al.* 1987, Clark y Clark 1990, Mejía 1994, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995, Gálvez 1996, Camacho y Finegan 1997, Finegan *et al.* 1999, Sabogal *et al.* 2001), de modo que los mayores crecimientos se obtienen en árboles con buena iluminación, copas circulares o poco asimétricas y libres de lianas (Camacho y Finegan 1997). En el bosque La Tirimbina, estas tres variables (forma de copa, iluminación de copa y presencia de lianas) se correlacionaron significativamente con el incremento diamétrico, aunque la importancia de las dos últimas varió con el tratamiento silvicultural (Finegan *et al.* 1999).

Otra variable que influye en el crecimiento de los árboles tropicales es la densidad del bosque, dado que los árboles requieren de mucho espacio e iluminación directa para tener un crecimiento rápido (Dawkins 1961); por lo tanto, a medida que el área basal del rodal aumenta, el crecimiento diamétrico de los árboles disminuye (Wadsworth 2000). Así, (Dawkins 1961 y Dawkins 1963) sostiene que los árboles del bosque húmedo tropical no toleran más de 18 a 23 m^2/ha^{-1} sin sobre posición de copas. En tanto que (Foli *et al.* 2003) considera que los árboles de 60 cm de DAP requerirían de 90 m^2 (diámetro de copa aproximado de 10 m) de espacio de crecimiento, para una densidad de 107 fustes por ha. Esto es coherente con la relación diámetro de copa-diámetro de fuste de 20 a 1, encontrada para varias especies tropicales (Dawkins 1963).

3.2.2 El Crecimiento de los Bosques

La estimación del crecimiento es una etapa esencial en el manejo forestal. El concepto básico de recurso renovable se deriva de la propiedad de crecimiento y cualquier planificación encierra el concepto de predicción del crecimiento. Ha sido papel preponderante de los investigadores el desarrollo de métodos de predicción de crecimiento. Se puede medir el crecimiento basado con exactitud, pero su predicción es siempre algo incierto, más aun cuando las limitantes de tiempo y costos en el manejo forestal requieren de métodos de proyecciones rápidas y sencillas basados en el mínimo de mediciones y variables (Prodan *et al.* 1997).

3.2.2.1 La competencia

La competencia puede ser definida como la interacción entre individuos que comparten un recurso de disponibilidad limitada, conduciendo a una reducción del crecimiento y/o de la producción, y la supervivencia de los individuos que compiten (De Sousa 1994). Además, considera que la competencia en un bosque primario se da por tanto al nivel de la regeneración pues la dinámica del bosque está basada por el ritmo de formación de los claros que, a su vez son de tamaños variables, lo que determina que gremios serán las especies que van a regenerar. La cantidad de luz que alcance determinará si serán esciofitas o heliófitas.

3.2.2.2 Mortalidad y reclutamiento

Cualquier población o comunidad es compuesta por organismos que algún día morirán; la permanencia de una población en su hábitat depende de los hijos que esos organismos logran criar. El avance de estos procesos constantes de natalidad y mortalidad o reclutamiento determinan el número de organismos presentes en la comunidad o población. El estudio de proceso de mortalidad y reclutamiento en sistemas dinámicos, como los bosques tropicales son imprescindibles para la explicación de su composición, estructura y dinámica (Finegan 1992).

La mortalidad en una comunidad vegetal es un proceso importante a todos los niveles. Afecta la composición florística de la comunidad, juega un papel determinante en la evolución y a nivel práctico, determina en bosques cuantos árboles comerciales inmaduros alcanzan tamaño maderable.

3.2.3 Clasificación de los Árboles Según la Etapa de Desarrollo

3.2.3.1 Etapa de brinzal

En las especies forestales, al terminar la germinación, las plántulas continúan creciendo, las divisiones celulares en los meristemo apicales, suministran las nuevas células para el desarrollo de los tallos, este crecimiento en altura que se miden generalmente desde los

0,3 m hasta aproximadamente los 5 m y se los conoce como etapa de brinzal. Las plantas están provistas de ramas desde su base y ordinariamente se entrecruzan de un pie a otro, de tal forma que es difícil penetrar en un bosque que se halle en etapa de crecimiento. Hacia el final de esa etapa de comienzan a morir las ramas más bajas, sobre todo en especies intolerables (Vidal y Constantino 1958).

3.2.3.2 Etapa de latizal

Está integrado por árboles de 6 a 15 m a 1,3 m del suelo (Vidal y Constantino 1958). En esta etapa de crecimiento en altura es el más rápido de todos en la vida del árbol. La influencia reciproca aumenta extraordinariamente entre cada individuo y sus vecinos, por lo que a partir de esta fase la atención silvicultural es decisiva para la vida del árbol; en etapa se incrementa la muerte ramas bajas hasta 1/3 del árbol (Álvarez y Varona 1988).

3.2.3.3 Etapa de fustal

Los árboles tienen más de 20 cm de diámetro a 1,30m del suelo; el número de árboles por unidad de superficie es inferior que en la etapas anterior (Vidal y Constantino 1958). El árbol termina sus llamaradas de crecimiento en altura y ha entrado en un periodo de mayor incremento en grosor y volumen, al igual que en el proceso de plena lignificación (Álvarez y Varona 1988).

3.3 LA SILVICULTURA EN EL BOSQUE TROPICAL DE MONTAÑA

Al observar el bosque tropical, la mayor cantidad de especies y la composición florística constantemente es cambiable entre un lugar y otro, que a veces puede confundir; sin embargo, la apariencia del caos indescifrable engaña. Si bien el número de especies es relativamente alto, hay que considerar que 40 o 50% del total de árboles existentes en una superficie determinada, corresponden tan sólo al 10 y 15% del total de las especies presentes.

3.3.1 Silvicultura

Ford-Robertson (citado por Louman *et al.* 2001) define la silvicultura como la ciencia y el arte de cultivar el bosque y sus productos. La silvicultura controla la densidad, composición y estructura de los rodales; interviniendo en el crecimiento de los árboles mediante tratamientos silviculturales (Daniel *et al.* 1982). Estos tratamientos silviculturales (la liberación por ejemplo) pueden modificar el microambiente, el ciclo hidrológico, las propiedades del suelo y la estructura, composición genética y crecimiento de los bosques (Wadsworth 2000).

La fotosíntesis es uno de los procesos fisiológicos del crecimiento de los árboles que más interesa al silvicultor (Daniel *et al.* 1982), dado que se puede influir por el manejo de la iluminación solar de la copa, lo cual aumenta la tasa de crecimiento (Hutchinson 1993). Por lo tanto, el efecto de un tratamiento silvicultural se evalúa de acuerdo con el cambio que produce en dicha intensidad de iluminación (Hutchinson 1993), para lo cual el actual grado de iluminación de copa indicaría la necesidad de efectuar una liberación (Hutchinson 1993, Stanley 1998).

El uso de parcelas permanentes de muestreo (PPM) tiene un rol importante en la investigación ecológica y de manejo de los bosques naturales, un uso principal es la parametrización, calibración y verificación de modelos de crecimiento (Sheil 1995), y ha sido utilizado en numerosos estudios de bosques naturales tropicales (por ejemplo Maitre 1986, Wan 1988, Vanclay 1989, Condit *et al.* 1993, Hutchinson 1993, Silva *et al.* 1995, Camacho y Finegan 1997, Castillo 1997, Finegan y Camacho 1999, Finegan *et al.* 1999, Sabogal *et al.* 2001). Las PPM también son recomendadas para la evaluación de plantaciones, pues favorecen la calidad de los datos para elaborar modelos de crecimiento (Vanclay *et al.* 1995).

3.3.2 Tratamientos Silviculturales

Son operaciones que modifican la estructura del bosque para dar mayor espacio e iluminación a los árboles deseados. Existen dos tipos de tratamientos, los que favorecen

el establecimiento de nueva regeneración y los dirigidos a favorecer el crecimiento de los árboles establecidos (Quirós 2001). Esto último es un aspecto muy importante para los bosques húmedos tropicales, que han mostrado bajas tasas de crecimiento en los trópicos de Asia, África y América (Wadsworth 2000). Por ejemplo, Dawkins (1961) considera que *Khaya grandifoliola* (en Nigeria) necesitaría 80 años para alcanzar 50 cm de DAP. Estudios del crecimiento para especies agrupadas en bosques residuales (primarios intervenidos) de El Petén (Guatemala) reportan incrementos medios de 0,20 a 0,31 cm año^{-1} (Pinelo 1997) e incrementos medianos de 0,35 mm año^{-1} a 13,41 mm año^{-1} en La Selva, Costa Rica (Lieberman *et al*. 1985).

En los bosques tropicales se han aplicado varios tratamientos silviculturales: liberación, refinamiento, raleo, mejoramiento o saneamiento, corta del dosel medio (dosel protector), corta de lianas, modificaciones al suelo, limpieza del sotobosque, entre otros.

Para esta investigación, se entenderá el término de liberación como la eliminación de los árboles que disminuyen la iluminación de la copa de los árboles de futura cosecha, o que compiten por espacio y nutrientes (Hutchinson 1993, Wadsworth 2000, Quirós 2001). Stanley (1998) ve la liberación como un raleo dirigido para disminuir la competencia superior y lateral en los árboles de futura cosecha, pero Wadsworth (2000) distingue la liberación como el tratamiento que disminuye la competencia desde arriba (principalmente), mientras que el raleo tiene que ver con la competencia lateral en árboles de tamaño similar. Entonces, la liberación se fundamenta en la creencia común que el crecimiento diamétrico del árbol está directamente relacionado con la posición de su copa, e inversamente relacionado con el área basal del rodal (Wadsworth 2000). Además, en plantaciones se ha demostrado la relevancia del momento y la intensidad para la aplicación de un tratamiento silvicultural (raleo), con el fin de aprovechar el potencial de crecimiento en altura y favorecer la expansión del follaje del árbol (Morataya *et al*. 1999).

3.3.3 Efecto de los Tratamientos Silviculturales en el Crecimiento de los Árboles

Estudios de incremento diamétrico (en bosques primarios y residuales) han corroborado la respuesta positiva de los árboles de futura cosecha a diferentes tratamientos: raleo de liberación (Hutchinson 1987, Hutchinson y Wadsworth 1995), liberación-refinamiento y dosel protector (Camacho y Finegan 1997, Finegan y Camacho 1999, Finegan *et al.* 1999), liberación (Maitre 1986, Castillo 1997, Pinelo 1997, Sabogal *et al*. 2001) y raleo en bosques secundarios (Diaz 1996); Wadsworth (2000) cita varios estudios (a nivel pantropical) que reportan los efectos positivos de los tratamientos silviculturales. Se considera que los tratamientos silviculturales pueden reducir el ciclo de corta y elevar la calidad y productividad de las especies comerciales del bosque (Hutchinson 1987, Díaz 1996). Además, un tratamiento silvicultural permite que los árboles mantengan tasas altas de crecimiento (Kohyama y Hara 1989). Por ejemplo, en un bosque secundario de Costa Rica, la liberación aumentó hasta el doble la tasa de crecimiento de los árboles seleccionados en comparación con los árboles no liberados (Hutchinson 1993). Además, la eliminación del estrato superior puede incrementar notoriamente el crecimiento en altura de brinzales y latizales (Wadsworth 2000), pero se recomienda repetir el tratamiento para mantener este efecto, principalmente sobre las especies heliófitas (Schulz 1967).

Sin embargo, cuando se hace un análisis a nivel de especie ya no resulta claro el efecto de la liberación. Por ejemplo, en un bosque residual de Nicaragua (Castillo 1997, Sabogal *et al*. 2001) se encontró que la mayoría de especies mantienen sus tasas de crecimiento, en tanto que en otras aumenta o disminuye (resultado no concluyente, dada la baja abundancia de muchas especies evaluadas).

También el aprovechamiento es una intervención que puede favorecer el crecimiento de los árboles. Esto ha sido reportado para los bosques de la Amazonia (Silva *et al*. 1995) y del sudeste asiático (Miller 1981), con un efecto que (en ciertos casos) sólo duraría tres años (Silva *et al*. 1995, Hutchinson 1993b). Pero, el crecimiento es mayor cuando se

efectúa un tratamiento silvicultural después del aprovechamiento (Wadsworth 1997). En el bosque residual de La Tirimbina (Costa Rica), los incrementos en DAP fueron más altos en el tratamiento de aprovechamiento/liberación/refinamiento que en el tratamiento de aprovechamiento (Finegan y Camacho 1999).

Algunos estudios señalan que el efecto de un tratamiento empieza a decrecer a los tres años de la aplicación, debido al cierre de las copas y al aumento del área basal del rodal (Diaz 1996, Castillo 1997); en especial cuando el tratamiento es leve (Castillo 1997). Como puede notarse, todavía hay ciertas incógnitas, de modo que aún no se ha validado en todas partes el supuesto que los tratamientos silviculturales aumentan el crecimiento (Wadsworth 2000).

3.4 INFLUENCIA ECOLOGICA DE LA LUZ SOLAR EN EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES

3.4.1 La Luz Solar

Según Vázquez (citado por Calva & Beltrán (2005), la luz solar es la frente principal de energía de un ecosistema. Además de su efecto térmico, la luz sol es la materia básica pata la fotosíntesis. Uno de los efectos más importantes de la luz es la producción de clorofila. El color de la piel de algunos animales puede estar directamente influido por la luz o por uno de sus efectos: la temperatura. A esto se le llama reglas ecológicas. Por otro lado, también debe considerarse el fenómeno de periodicidad y los tactismos, ya que ambos permiten lograr respuestas condicionadas de plantas y animales sensibles a los niveles de luz solar.

3.4.2 Influencia de la Luz Sobre el Crecimiento de los Árboles

Blanquet (1979), manifiesta que las investigaciones de BONNÍER, frecuentemente citadas, acerca de las modificaciones en la apariencia de las plantas del llano trasplantadas a la alta montaña, se han intentado atribuir al sol de altura una acción inhibidora del crecimiento debido ata radiación ultravioleta.

Las plantas de montaña tienen un crecimiento compacto, flores de colores vivos y son ricas en clorofila, por lo menos resulta así de la consideración de las plantas de los ventisqueros (Henrici 1918 citado por Blaquet 1979). Al contrario las hojas de plantas de prado sometidas intensamente a la acción del sol contienen menor cantidad de clorofila que las hojas de las mismas especies en localidades inferiores.

De los resultados se destaca que las distintas especies o incluso razas vegetales reaccionan de distinto modo frente a la influencia de la radiación ultravioleta. Los individuos de igual composición genética reaccionan del mismo modo.

3.4.3 Estudios Referentes a Apertura de Dosel e Influencia de la Luz Solar Sobre el Crecimiento

Los estudios sobre influencia del factor ecológico luz, como limitante para el desarrollo de la regeneración natural son muy escasos; pero existen estudios que brindan pautas para el desarrollo de posteriores investigaciones.

Gunter (2003), en un estudio sobre impacto de factores ecológicos sobre la regeneración natural de la mara (*Sweietenia macropylla*) en los bosques naturales de Bolivia; realizó mediciones de intensidades relativas de iluminación (IRI) y expresa que en zonas donde existen mayores áreas basales el ingreso de luz es mínimo, por lo que es probable que bosques densos necesiten grandes perturbaciones para el desarrollo de la regeneración natural, mientras que los bosques menos densos con áreas básales menores, la luz penetra con mayor intensidad, permitiendo la regeneración sin eventos catastróficos.

Gunter también indica que mayores ingresos de luz podrían iniciar regeneración natural, se podría discutir si el aprovechamiento forestal tendría efectos positivos sobre la misma y coincide con Marklund (1998), que observo que la regeneración en concesiones forestales de Bolivia con aprovechamiento forestal es más abundante que en bosques primarios o poco intervenidos.

Gunter realizó el estudio en diferentes zonas, y afirma que en sectores con mayor ingreso de luz La regeneración natural no es buena, y cita que es muy probable que en estas zonas el factor limitante no sea la luz.

En un estudio realizado en México en una selva subcaducifolia (2004) presentó crecimientos en diámetro medidos con bandas dendrométricas las bandas dendrométricas detectaron mejor los cambios en diámetro, entre fechas de medición, que la cinta diamétrica como se ha reportado para especies de árboles tropicales (Reich y Borchert 1984; Pereira da Silva *et al.* 2002; Baker *et al.* 2002). De acuerdo con lo anterior, y dado que las bandas poseen un mayor nivel de precisión (0,025 mm; Cattelino *et al.* 1986) que la cinta (1 mm; Forestry Suppliers 1992), además de su bajo costo de elaboración e instalación sencilla (Clark *et al.* 2000), se sugiere emplearlas en el registro de cambios diamétricos para esta especie. Sin embargo, y con la finalidad de obtener un mejor desempeño, es necesario reemplazar las bandas al final de un cierto período de mediciones (uno a tres años) y ajustar los registros (Keeland y Sharitz 1995).

Usualmente las especies arbóreas presentan diferentes comportamientos bajo condiciones distintas (Silva *et al.* 1995; Pereira *et al.* 2002). Tal variación entre especies e individuos de una misma especie refleja las grandes diferencias tanto en la iluminación de sus copas tanto como en otras condiciones de crecimiento de los árboles individuales (Swaine *et al.* 1987) (Hernández y Castellanos 2006) en estudio realizados en los bosques de Sierra lema, Venezuela, señalan que el mayor incremento en las tasas de crecimiento fue cuando el diámetro arbóreo aumenta, es una tendencia ampliamente documentada por diversos estudios en bosques maduros tropicales (Lang y Knight 1983; Del Valle 1995; O'Brien *et al.* 1995; Silva *et al.* 1995; Finegan *et al.* 1998; Clark y Clark 1999; Condit *et al.* 1999; Pereira *et al.* 2002; De Carvalho *et al.* 2004). Al analizar con más detalle se aprecia que los árboles emergentes y del dosel con mayores incrementos no siempre corresponden a los fustes con los mayores diámetros sugiriendo una mayor importancia de la iluminación de la copa en el crecimiento. Indiferente de la variación del crecimiento en las categorías de tamaño, las mayores tasas de crecimiento en el gradiente son registradas principalmente en los árboles emergentes que reciben más

energía y posiblemente tienen tasas fotosintéticas más altas (Hubbell *et al*. 1999). Tal incremento de las tasas de crecimiento diamétrico cuando mejora la iluminación de copa fue constatado también en el Amazonas brasileño (Klinge *et al*. 1975; Silva *et al*. 1995) y en Costa Rica (Lieberman *et al*. 1985).

Según Swaine *et al.* (1987), la ocurrencia de los mayores valores de incremento diamétrico en los árboles más grandes es el resultado del efecto combinado de los siguientes factores: las copas de los árboles más grandes disfrutan con mayor probabilidad de una iluminación total; los árboles más grandes tienen una mayor producción neta (copas más grandes); individuos de crecimiento lento son eliminados con mayor probabilidad cuando son pequeños, los árboles de las clases de tamaño superiores excluyen las especies del sotobosque que usualmente tienen tasas de crecimiento más bajas.

Un estudio de investigación por Centeno (1989), en los bosques secundarios de México, revelo el crecimiento en diámetro con incremento promedio de 4,7 m² ha en área basal, entre la de edad 11 y 17 años, este incremento se atribuyó a la alta presencia de las especies de rápido crecimiento, p. ej. *Lysiloma bahamensis* y *Busera simaruba* mientras que en etapas más avanzada, entre la edad de 17 y 23 años, el incremento promedio bajo a 1 - 2 m²/ha debido al crecimiento lento de algunas especies.

Pero, al margen de la "creencia común" (como lo menciona Wadsworth 2000) de que el incremento de la iluminación aumenta el crecimiento, Camacho y Finegan (1997) consideraron posible que el efecto del tratamiento silvicultural se deba a la disminución de la competencia por recursos del suelo, más que por iluminación solar; o sea que el efecto positivo del tratamiento silvicultural también podría atribuirse a la disminución de la competencia ínter específica, tal como fue hallado en una plantación por Ewel *et al*. (1997).

3.5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

3.5.1 *Cedrela montana*

3.5.1.1 Descripción botánica

Árbol > 25 m, corteza café muy fisurada. Hojas compuestas, alternas paripinadas, 7-9 folíolos de bases marcadamente asimétricas, con borde entero; caducifolio. La inflorescencia que presenta es un racimo compuesto de 20-25 cm, las flores son bisexuales, pequeñas, con 4-5 pétalos, de color blanco azuladas, con cáliz y corola presente. El fruto es una cápsula, abiertos (en dispersión de las semillas) parecen flores de madera; semillas aladas (sámaras), ortodoxa.

3.5.1.2 Ecología

Cabrera y Ordoñez (2004), mediante estudios realizados en la "ECSF" indican que esta especie inicia con la formación de botones florales a principios del mes de octubre, alcanzando su máxima intensidad a fines de enero; en Ecuador se encuentran en las formaciones boscosas de la sierra y oriente, entre los 1800-3200 m de altitud; cubriendo zonas especialmente de Loja, Saraguro y Sozoranga.

3.5.2 *Tabebuia chrysantha*

3.5.2.1 Descripción botánica

Árbol caducifolio de hasta 30 m de alto y de hasta 50-55 cm en DAP, corteza gris pálida a pardo oscura. Ramitas con pubescencia estrellada. Hojas compuestas decusadas con 3 a 7 foliolos ampliamente elípticos a oblongo-obovadas, de 5 a 15 cm de largo, con el pecíolo, los peciolulos y el envés de los foliolos densamente cubiertos con pubescencia ferrugineo-estrellada. Flores campanuladas en grupos terminales, de color amarillo claro. Frutos cápsulas cilíndricas pubescentes, de 15 a 30 cm de largo y 0,8-1,4 cm de ancho, con semillas aladas. La semilla almacenada en condiciones ambientales conserva su viabilidad por un lapso de 90 a 100 días.

3.5.2.2 Ecología

Crece en laderas con suelos pobres, secos y áridos. Sin embargo, esta especie posee un rango de distribución relativamente amplio, encontrándose inclusive a 2 000 m s.n.m. en bosques húmedos montanos en el sector de San Francisco provincia de Zamora Chinchipe. De acuerdo a estudios realizados en la "ECSF" por Cabrera y Ordoñez (2004), la especie florece a inicios de agosto, fructificando para el mes de octubre.

3.5.3 ***Hyeronima asperifolia***

3.5.3.1 Descripción botánica

Árbol de aproximadamente 12 m de altura y 16 cm de diámetro, con presencia de látex o savia lechosa (Aguirre; Gutiérrez; Merino 2006). Hojas alternas, simples, ovoides de haz blanquecino con pubescencias. Sus flores son espigas compuestas blancas, unisexuales, verduscas. Su fruto se presenta en racimo compuesto, tiene 35 semillas por racimo en drupas.

3.5.3.2 Ecología

Crece desde 1 800 a 2 500 m s.n.m, en bosque muy húmedo Pre-Montano (bmh-PM). Según estudios realizados en la ECSF por Chamba & Chimbo (2002), fructifica entre los meses de enero a agosto y se puede recolectar las semillas en el mes de junio.

3.5.4 ***Inga acreana***

3.5.4.1 Descripción botánica

Árbol de 35 m de altura y 50 cm de diámetro, algunas veces con pequeñas raíces tablares o zancudas y con el tronco a veces basalmente acanalado; corteza externa morena grisácea y lisa. Hojas compuestas y sin pubescencia, raquis con un ala delgada, usualmente con 4 pares de folíolos elípticos, los más grandes de 12-15 x 5-6 cm. Inflorescencias agrupadas cerca del ápice de la ramita, en las axilas de las hojas en desarrollo, cada inflorescencia tiene 3-5 cm de longitud, las flores de aproximadamente 1,5cm de longitud, dispuestas en espiga corta, congesta, color verde pálido con

estambres blancos; el fruto es legumbre 9-20 x 2-3 cm, péndula, verde a verde amarillenta, aplanada cuando inmadura y lisa, convexa, sin pubescencia a la madurez (Pennington & Revelo 1997).

3.5.4.2 Ecología

Es un árbol común en los bosques lluviosos de bajas altitudes y de zonas montanas bajas sobre sitios no inundables, hacia los 800 m de altitud (Pennington & Revelo 1997).

3.5.5 ***Nectandra membranacea***

3.5.5.1 Descripción Botánica

Árbol de 8-10 m de altura. Hojas simples, alternas, con borde liso, con pocos nervios laterales curvos, verde oscuro en la parte del haz y verde claro en el envés. Lanceoladas de 9-15 cm largo, con un pecíolo aplastado por un lado de aproximadamente 0,5 cm de largo. Flores pequeñas en general de color crema, perfecta (ambos sexos en la misma flor), se encuentran en las puntas de ramas formando racimos, olor dulce (Aguirre; Gutiérrez; Merino 2006).

3.5.5.2 Ecología

Es uno de los árboles más comunes del bosque alto de la Región Oriental. Especie dominante del estrato intermedio, junto con otros medios de la familia LAURACEAE, típicos de sitios húmedos. Especie esciofita, se regenera abundantemente en la sombra.

3.5.6 ***Clusia ducuoides***

Según Gustafsson (2002) el género *Clusia* forma un componente importante en los bosques montanos, la diversidad máxima a nivel de especies se da también en estos bosques. Según el mismo autor *Clusia ducuoides* Engl. Tiene un rango altitudinal de distribución que va desde 500-3 500 m s.n.m., las especies de este género se usan para madera resistente al agua, por lo tanto utilizadas para techos y piezas enterradas.

3.5.7 ***Ficus citrifolia***

No existe mucha información acerca de esta especie en particular, el género mismo no está tratado como tal en la Flora del Ecuador correspondiente a la familia MORACEAE (Berg 1998). En un trabajo acerca de la fitoquímica de especies vegetales de la provincia de Loja, la especie fue estudiada, lográndose obtener de la misma un compuesto de tipo hexano y como resultado una *Lactona sesquiterpénica* (Ordoñez *et al*. 2006).

3.5.8 ***Hyeronima moritziana***

Según Ulloa y Jorgensen (1993) existen 6 especies del género *Hyeronima* en Ecuador todas ampliamente distribuidas desde tierras bajas amazónicas hasta los bosques andinos y alto andinos. La revisión más reciente de la Flora del Ecuador (Jorgensen y León Yánez 1999) indica la presencia de 10 especies. Aunque no existe información específica de la especie, se conoce que algunas especies del género son usadas por su calidad de madera para muebles y piezas de construcción y algunas especies tienen frutos comestibles (Loján 1992).

3.5.9 ***Podocarpus oleifolius***

Árboles o arbustos dioicos, densamente ramificados. Hojas dispuestas en espiral, numerosas, rígidas, linear-lanceoladas. Conos masculinos laterales en ramas foliosas, solitarias o agrupadas, sésiles o pedunculadas. Conos femeninos en pedúnculos axilares con 1-2 óvulos invertidos rodeados por el epimacio, brácteas a menudo incluidas en el eje y junto con las brácteas estériles volviéndose un receptáculo carnoso. Semillas sobre el pedúnculo delgado y el receptáculo carnoso, ovoide-globosas, con una cresta apical muy corta.

El género *Podocarpus* consta de 94 especies distribuidas en las regiones tropicales y templadas del hemisferio austral y extendiéndose hacia el norte hasta México y el Japón. En el Ecuador están representadas 3 especies propias de los bosques andinos: *Podocarpus glomeratus* D. Don, *Podocarpus oleifolius* D. Don y *Podocarpus sprucei* Parlatore.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1 Ubicación y Extensión

El área de estudio constituye el bosque natural de la Estación Científica San Francisco (ECSF), el mismo que se encuentra ubicado en la parroquia de Sabanilla, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Limita al norte con el río San Francisco, al sur y este con los límites del PNP, al oeste con los límites del PNP en la quebrada de El Consuelo y la quebrada de San Ramón.

La reserva de la ECSF, tiene una superficie aproximada de 1 000 ha, ubicada entre 1 800 a 3 200 m s.n.m, a 30 Km de la ciudad de Loja, y se encuentra dentro de las siguientes coordenadas planas (UTM): 9 557 250 a 9 560 800 Norte y 712 850 a 717 050 Este.

Las áreas de investigación corresponden a tres microcuencas; Quebrada 2, Quebrada 3 y Quebrada 5, con una superficie respectivamente de 115,6 ha; 188,6 ha; y 473 ha. En las tres quebradas están instaladas 13 ha de parcelas permanentes, área en la cual se desarrolló la presente investigación (Ver Figura 1).

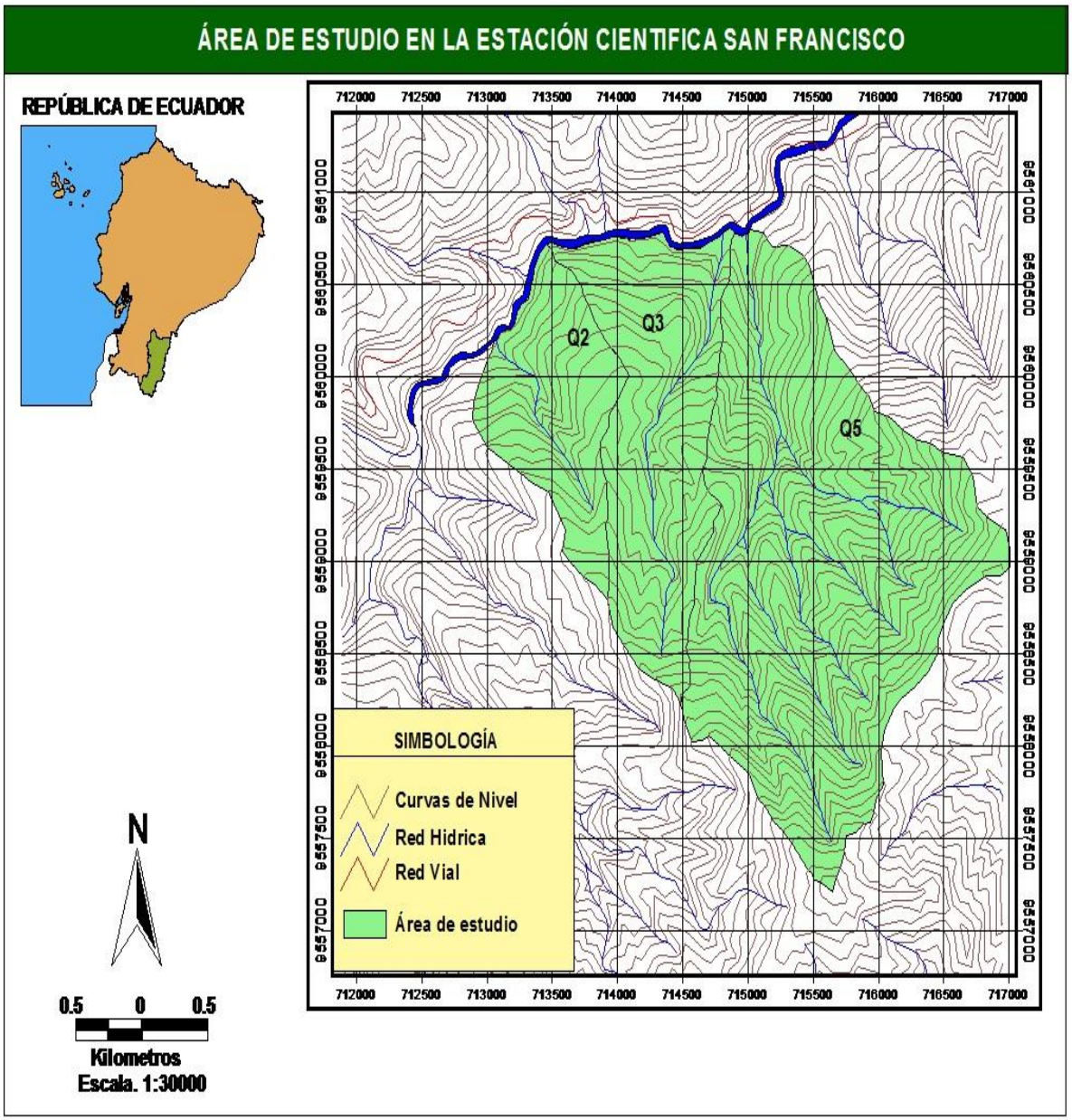


Figura 1. Mapa base de las tres microcuencas de estudio en la ECSF.

4.1.2 Zona de Vida, Clima y Vegetación

Según Cañadas (1983) citado por Chimbo y Chamba (2002), el área de estudio pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).

El régimen pluviométrico corresponde al tipo amazónico, con lluvias en todo el año casi uniformemente distribuidas, los meses más lluviosos son de marzo a agosto y los menos lluviosos son de octubre a diciembre. EMCK. *en prep.* (1997), citado por BUSSMANN (2002), en Chimbo y Chamba (2002) describe una precipitación anual de 2 500 mm en la zona baja y más de 5 000 mm en las zonas más altas de la reserva, con temperaturas anuales promedios entre 15 a 17 ^{0}C, registradas durante 1997 al 2001. Especialmente en la parte más alta se encuentran nubes o neblina casi todo el año, la precipitación de febrero a marzo consiste en lluvias fuertes casi diarias muy regulares, mientras que las de junio a septiembre consiste en lluvias finas continuas con vientos fuertes, no se encuentra una diferencia mayor en el monto acumulado de estos meses.

4.2 ANTECEDENTES DEL TRATAMIENTO SILVICULTURAL APLICADO

El ensayo principal, en el que se inserta esta investigación, es parte de un estudio multidisciplinario para evaluar el efecto de tratamientos silviculturales sobre el crecimiento y regeneración de especies forestales, así como biodiversidad y flujo de nutrientes. Forma parte del programa de investigación y funcionalidad de un bosque tropical de montaña: biodiversidad, flujo de nutrientes y potencialidades de uso, financiado por la Fundación Alemana para la Investigación (DFG). En el estudio se consideraron las tres microcuencas: Q_2 Q_3 y Q_5.

En el año 2004, se aplicó un tratamiento silvicultural que consistió en eliminar individuos maduros de especies de poco interés comercial, árboles mayores a 20 cm de DAP, que competían con especies forestales valiosas seleccionadas (nueve especies: *Cedrela montana, Tabebuia chrysantha, Podocarpus oleifolius, Hyeronima asperifolia, Hyeronima moritziana, Ficus citrifolia, Inga acreana, Clusia ducuoides, Nectandra membranacea*) en las microcuencas Q_5 y Q_3, mientras que Q_2 sirvió como testigo, sin ningún tipo de intervención.

Se instalaron parcelas permanentes de 50 m x 50 m (2 500 m^2) dentro de las cuales se midieron todos los individuos mayores a 20 cm de DAP. Se ubicaron tres bloques denominados Q_2 en el que se instalaron 20 subparcelas (5 ha) en este sitio no se realizó

ningún tratamiento y se lo considera como referencia o testigo del estudio. En Q_3 se instalaron 16 parcelas (4 ha) en donde se realizó una intervención breve y en Q_5 se instalaron también 16 parcelas (4 ha) en donde se hizo una intervención fuerte.

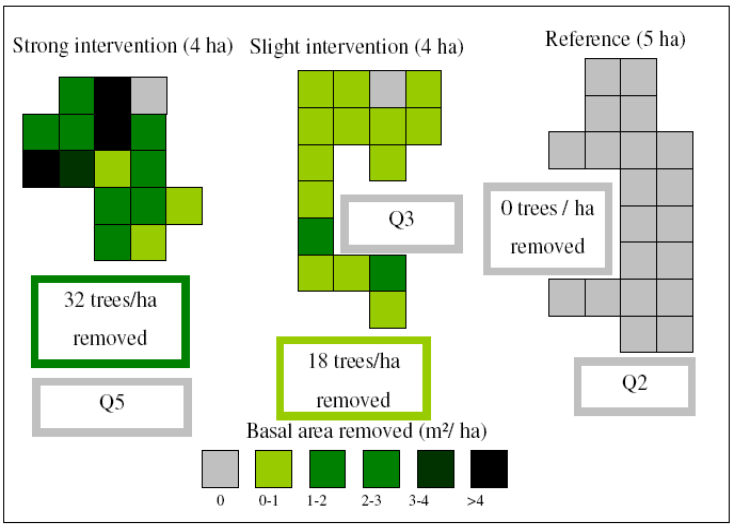


Figura 2. Distribución de las intensidades de raleo del tratamiento silvicultural en las tres microcuencas.

4.2.1 Estructura Diamétrica de la Reserva Biológica San Francisco

De acuerdo a los resultados del inventario, existen en total 2 779 individuos > 20 cm de DAP en 13 ha de muestreo (2 041 árboles Grupo "*Tabebuia* - *Cedrela*"; 738 árboles Grupo "*Podocarpus* - *Clusia*"). La distribución diamétrica indica que la mayor parte de los individuos se concentran en las primeras clases.

Cuadro 1. Árboles en cada grupo florístico, diamétrico y clase de distribución.

Clases Diamétricas	Grupo Cedrela Árboles/ha	Grupo Podocarpus Árboles/ha.
0 cm-5 cm	11343.8 ± 552.4	6483.5 ± 800.3
5.1 cm 10 cm	555.6 ± 54.38	972 ± 95.3
10.1-20 cm	401.5 ± 37.3	471 ± 35.7
20.1 cm-30 cm	140.1± 9	109.7±5.7
30.1 cm-40 cm	66.5 ± 5.4	32.1±3.3
40.1 cm-50 cm	24.6 ± 2.5	9.1± 2.4
>50 cm	15.2 ± 2.3	1.9 ± 0.8

Fuente: Ing. Omar Cabrera.

La diferencia estructural entre los dos grupos se hace más evidente en las clases diamétricas más pequeñas y las más grades. En el grupo "*Podocarpus -Clusia*" existen más individuos por hectárea en las dos primeras clases diamétricas, mientras que en el grupo "*Tabebuia-Cedrela*" existen más individuos en las dos últimas clases diamétricas.

La distribución de los individuos arbóreos grandes y pequeños, indican que en el bosque de la ECSF los árboles se distribuyen en gran cantidad en las clases diamétricas mas pequeñas y decrecen en número a medida que se amplía el rango, este tipo de distribución es típica de los bosques tropicales naturales en proceso de crecimiento (Lampretch 1990; Uday & Bussman 2004; Madsen 1994) y es un fenómeno común que se da a lo largo de las gradientes altitudinales en esa zona de estudio (Gálvez *et al.* s/a; Bussman 2005; Paulsch 2002).

4.3 METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL INCREMENTO DIAMÉTRICO Y BASIMÉTRICO DE LAS NUEVE ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO

4.3.1 Criterios de Selección de las Especies

A las nueve especies forestales se las ha venido estudiando su DAP, y anualmente se ha venido registrando la altura de todos los individuos durante el lapso de 5 años.

Estas especies han sido seleccionadas en base a su valor comercial, abundancia, importancia ecológica, y se encuentran distribuidas en las tres microcuencas en 51 parcelas permanentes y en cada parcela se diferenciaron los árboles liberados de su competidor y los árboles referentes (a los que no se aplicó ninguna liberación). En el cuadro 2 se presenta el número de individuos con tratamiento y aquellos que fueron considerados como referencia en las 3 microcuencas.

Cuadro 2. Especies forestales a evaluar en las tres microcuencas de la ECSF.

Código	Especie	Nº de Individuos con tratamiento (>20 cm de DAP)	Nº de individuos sin tratamiento (>20 cm de DAP)	Nº total de individuos en las tres microcuencas (>20 cm de DAP)
Cd	*Cedrela montana*	20	24	44
Tc	*Tabebuia chrysantha*	43	40	86
Nm	*Nectandra membranacea*	17	34	51
Po	*Podocarpus oleifolius*	19	16	35
Hm	*Hyeronima moritziana*	19	21	43
Ha	*Hyeronima asperifolia*	28	27	55
Cl	*Clusia ducuoides*	36	45	82
Ia	*Inga acreana*	16	18	34
Fs	*Ficus citrifolia*	4	16	20

Sin embargo, como estas especies están registradas a partir de un DAP mayor o igual a 20 cm, se identificaron adicionalmente 15 individuos por especie con DAP entre 5 y 20 cm. Una vez identificados los individuos se les colocó un dendrómetro para el registro del incremento en DAP mensual.

4.3.2 Diámetro del Fuste

El DAP, se considera como una variable determinística o independiente, se midió en centímetros, y se llevó un registro mensual de los individuos a estudiar, al final del año de monitoreo se realizó una medición final en el punto señalado por las anteriores mediciones. Se utilizó una cinta diamétrica y se midió su DAP a la altura de 1,30 m del suelo de cada individuo.

4.3.3 Incremento en DAP (Diámetro del Fuste y el Incremento en Área Basal)

Estos parámetros fueron considerados como las variables de respuesta o dependientes, el DAP se expresó en cm/año^{-1}, y el área basal en m^2/ha/año^{-1}. Este incremento, se evaluó para un periodo determinado de cuatro años, mas el año de monitoreo, entonces la variable que se midió en cada árbol fue el incremento periódico anual. Este tipo de incremento tiene la ventaja que elimina parcialmente el efecto de las fluctuaciones anuales (Husch *et al*. 1982).

Se exceptuaron todos los árboles cuya altura de medición del DAP por alguna razón se vea modificada en el transcurso de las sucesivas mediciones como en otros estudios (Camacho y Finegan 1997, Loman *et al.* 2001, Castillo y Camacho 2001).

La determinación de los incrementos periódicos anuales (IPA) en diámetros de cada uno de los árboles fue realizada por la relación:

$$id = \frac{d2 - d1}{n}$$

Donde:

Id= incremento anual periódico

D1 = DAP al inicio del periodo

D2 = DAP al final del periodo

N = número de años del periodo

Para determinar el incremento del área basal, se tomó en cuenta el incremento del diámetro anual. El registro de la altura se lo realizó durante un periodo de cuatro años en el cual se ha venido registrando los datos anualmente.

Para la determinación del área basal se tomó en cuenta la siguiente fórmula:

$$G = 0.7854 * DAP^2$$

Donde:

G = Área basal

DAP = Diámetro a la altura del pecho.

4.4 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LAS VARIABLES DETERMINÍSTICAS EN INCREMENTO DIAMÉTRICO Y BASIMÉTRICO

4.4.1 Iluminación de Copa

Esta variable se midió utilizando un método cualitativo, el que se refiere a la posición social relativa de la copa y sus vecinos de igual o mayor tamaño, se utilizó la clasificación sugerida por Pinelo (2000) y Louman *et al.* (2001), la clasificación de la iluminación de copa se simplificó en tres tipos.

Cuadro 3. Clasificación para identificar el tipo de iluminación de copa. (Hutchison 2000)

Calificación	**Categoría**
1. Buena	* Luz plena vertical y lateral
	* Luz plena vertical
2. Aceptable	* Alguna luz vertical
3. Deficiente	* Solo luz lateral
	* Sin luz vertical ni lateral

Se la evaluó según los siguientes criterios:

1. Emergente: una copa con plena exposición a la luz, tanto en la parte superior como en la lateral.

2. Plena luz superior: Plena en la parte superior de la copa, pero con copas que impidan la llegada de luz lateral.

3. Luz superior parcial: Una copa con iluminación parcial en la parte superior.

4. Luz lateral parcial: Una copa sin iluminación vertical.

5. Ausencia de luz directa: Una copa que no tiene iluminación directa.

A continuación, en la Figura 3, se puede observar la manera como se calificaron el tipo de iluminación de copa de los individuos en estudio.

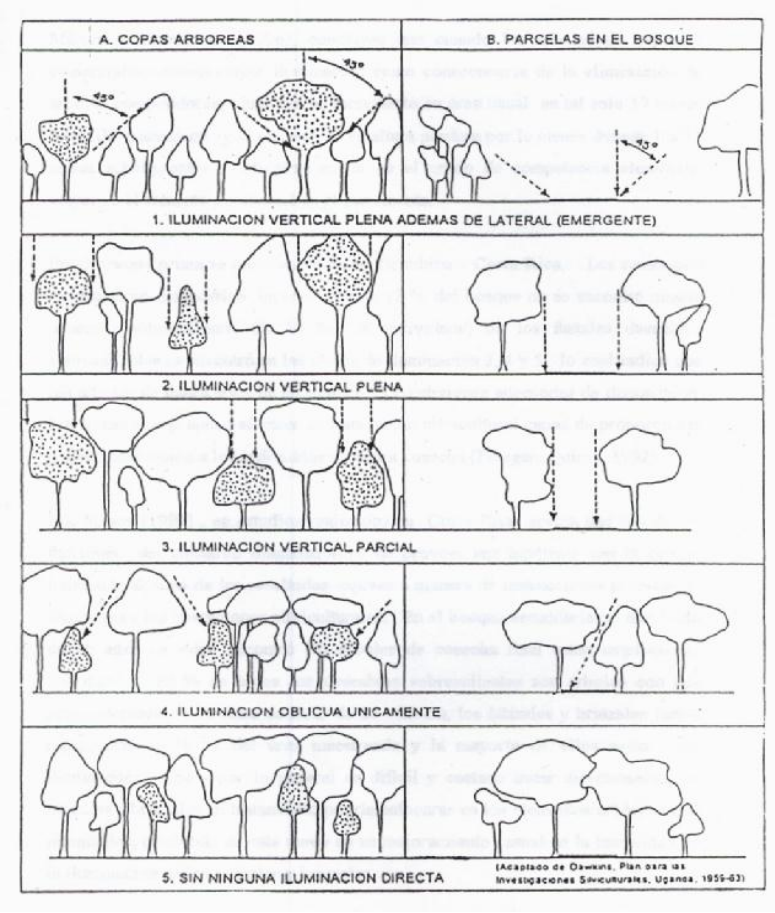


Figura 3. Clases de Iluminación de copa

Posteriormente esta escala fue contrastada con una escala métrica IUFRO para observar el porcentaje y su posición social en la que se encuentra cada árbol seleccionado en el campo, escala que solo sirvió de apoyo a la clasificación aplicada por Hutchinson, de tal forma que ayuda a describir el porcentaje de iluminación que tiene cada especie, comprendidos en rangos aritméticos establecidos (Ver apéndice 1).

4.4.2 <u>Forma de Copa</u>

Variable cualitativa que representa un índice de vigor del individuo. Se evaluó mediante la clasificación de Synnott (1991) (Ver cuadro 4) (adaptada de Dawkins 1958). De

acuerdo con la sugerencia de Pinelo (2000), la forma de copa se evaluó según la densidad, es decir teniendo en cuenta las tres dimensiones de la copa (altura, diagonal lateral, diagonal horizontal). Esta variable se utilizó básicamente para hacer el análisis descriptivo de cada especie.

Cuadro 4. Clasificación para identificar la forma de copa en los árboles. (Synnot, 1991)

Categoría	**Calificación**
1. Círculo completo	Perfecta
2. Círculo irregular	Buena
3. Medio círculo	Tolerable
4. Menos de medio círculo	Pobre
5. Solo una o pocas ramas	Muy pobre

La forma de la copa se evaluó según los siguientes criterios (Synnot 1979):

1. Forma Perfecta: Circulo completo (copa densa, simétrica, desarrolladla sin perturbaciones).
2. Forma Buena: Circulo irregular (más o menos simétrico, algunas ramas muertas).

3. Forma Tolerable: Media copa (asimétrica, tenue; se puede corregir si recibe más luz)
4. Forma Pobre: Menos de media copa (muy asimétrica pocas ramas vitales; pero puede sobrevivir).
5. Forma muy Pobre: Una o pocas ramas (degenerado con daños irreversibles).

4.4.3 Diámetro de Copa

Esta variable es una forma de definir el espacio de crecimiento (Camacho 2000), la cual otorga confiabilidad a los modelos de crecimiento (Foli *et al*. 2003). De las cinco opciones señaladas por Philip (1994) para medir el diámetro o largo de la copa, se decidió por el promedio del diámetro máximo y el diámetro perpendicular (identificados

ocularmente) al diámetro máximo. Ambos diámetros deben atravesar la base del fuste, con la excepción de los árboles inclinados. Esta variable no se midió en los árboles con signos de haber perdido recientemente sus copas. La medición se realizó con una cinta métrica de 30 m. En la medición de cada diámetro, los extremos de la copa se ubicaron con un clinómetro Sunto.

Para esto, el observador, junto al árbol ubicó ocularmente con el sunto los cuatro extremos de la copa midiendo sus ángulos de inclinación. Una vez obtenido este ángulo de inclinación con cada vértice de la copa se aplicó una función trigonométrica utilizando la base de datos de altura de los cuatro últimos años desde que se aplicó el tratamiento.

La función trigonométrica que se aplicó fue la siguiente:

$$sen \propto = \frac{cateto_opuesto}{hipotenusa}$$

$$despejando:$$

$$hipotenusa = \frac{cateto_opuesto}{sen \propto}$$

Donde:

Sen α = Ángulo tomado con el sunto a un extremo de la copa del árbol seleccionado.

Cateto opuesto = Altura del árbol.

Una vez obtenida la hipotenusa, se aplicó el Teorema de Pitágoras, con el cual se obtuvo la distancia horizontal del centro de la copa hacia uno de sus extremos.

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$dh_1 = \sqrt{hip^2 - HT^2}$$

Donde:

Dh_1 = distancia horizontal del observador a un extremo de la copa del árbol.

HT = altura total del árbol.

Hip = distancia inclinada del observador a un extremo de la copa del árbol.

Esta metodología se aplicó para cada uno de los cuatro extremos de la copa del árbol.

Con esta distancia horizontal se calculó el promedio del diámetro máximo utilizando la siguiente fórmula:

$$dmh = dh_1 + dh_2$$

Donde:
Dmh = diámetro máximo horizontal de la copa.
Dh = distancia horizontal del observador a cada extremo de la copa del árbol.

Para calcular la perpendicular al diámetro máximo se aplicó la misma metodología del diámetro horizontal, con los dos extremos de la copa restantes.

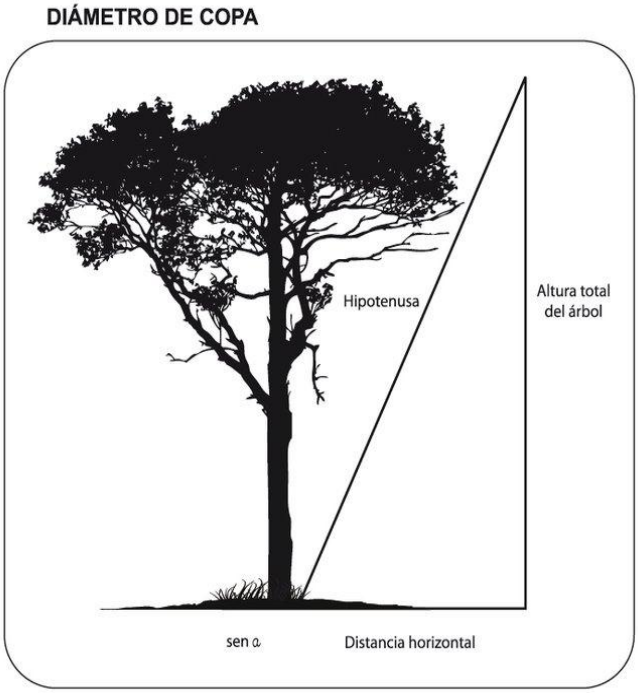


Figura 4. Método empleado para la medición del diámetro de copa

4.4.4 Índice de Hegyi

Este índice es conocido también como el Índice de competencia, (considera distancias de sus competidores más cercanos), para su cálculo se registraron los 6 individuos que se encuentren más cercanos al árbol seleccionado (se definió como diámetro límite de los competidores ≥ a 20 cm de DAP) en donde se procedió a medir la distancia en el terreno de cada árbol competidor y la pendiente, posteriormente con estos datos se obtuvo la distancia real. Para el cálculo de este índice se utilizó la siguiente fórmula:

$$\sum = \frac{Dj}{Dt * Dist_{tj}}$$

Donde:

Dj. = Diámetro del árbol seleccionado.

Dt = Distancia del competidor

$Dist_{tj}$ *= Distancia entre el árbol seleccionado y el competidor.*

4.5 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Para los análisis estadísticos, el DAP se agrupó en las clases diamétricas comúnmente utilizadas, tomando en cuenta que estas clases diamétricas han sido agrupadas para todas las especies:

Clase 5-10 < 10 cm
Clase 10-20 < 20 cm
Clase 20-30 < 30 cm
Clase 30-40 < 40 cm
Clase 40-50 < 50 cm
Clase 50-60 < 60 cm
Clase >60 cm

Para los cálculos de incremento diamétrico y basimétrico, se utilizaron como se explicó anteriormente, las bases de datos que contienen el registro de cuatro años de monitoreo

al que se adicionó un año de monitoreo en el campo; entonces el IPA promedio se los calculó para los cinco años de monitoreo, en donde se diferenció los árboles con tratamiento (P = plus) y aquellos sin tratamiento (R = Referencia) (Ver Apéndice 1).

Adicionalmente, se excluyeron los incrementos diamétricos que estaban con crecimiento negativo más allá de los -2 mm, pues estas medidas son consideradas como error de medición o "no confiables".

Los datos de incremento diamétrico como basimétrico fueron sometidas a pruebas de normalidad con ayuda del programa XLSTAT asumiendo la prueba de LILLIEFORS la indicada (en este caso), se comprobó que los datos no son normales, como consecuencia de aquello se utilizó la variable trasformada por raíz de x, y logaritmo de x (Según fue el caso) que seguirán para los análisis estadísticos *a posteriori* (Apéndice 3).

Los análisis estadísticos, para determinar la dependencia de las variables medidas en el campo con respecto del incremento diamétrico y basimétrico, se los realizó mediante análisis de varianza univariado con modelo irrestricto al azar. El diseño del tratamiento es un diseño factorial con tres factores (variable de respuesta o independiente medida en el campo, tratamiento y quebrada, como factores fijos), seguidamente se verificaron los contrastes univariados (apartado OPCIONES/ANOVA/UNIVARIADO) para observar efectos significantes más puntualizados a excepción de las especies *Tabebuia chrysantha, Podocarpus oleifolius, Clusia ducuoides*, en el cual se utilizaron las pruebas no paramétricas KRUSKALL WALLIS, con la variable incremento no trasformada. El valor que nos sirve de referencia a la hora de aceptar o rechazar la hipótesis nula es el nivel de significación (p = 0,05). Cuando el nivel de significación fue mayor que 0,05 aceptamos la hipótesis nula de independencia entre las variables (no existen efectos diferenciales entre los factores). Cuando el nivel de significación fue menor que 0,05 rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir, concluimos que existe una relación de dependencia entre las variables, y en este caso podremos decir que los distintos niveles del factor sí influyen sobre los valores de la variable cuantitativa o de respuesta (incremento tanto diamétrico como basimétrico).

Para determinar que las comparaciones de medias se asumen con varianzas homogéneas o que estas varianzas no lo sean, se usó la prueba de Levenne con la ayudad del programa SPSS (apartado OPCIONES/ANOVA/UNIVARIADO).

Las comparaciones de las medias se hicieron través de la prueba de Tukey, Games Howell en caso de que se asuma varianzas no homogéneas y la prueba de comparación de medias ajustadas, en tanto que las tablas de frecuencia del número de árboles en función a las variables analizadas con el programa SPPSS 16.

Para los análisis, las variables diámetro de copa se agruparon de la siguiente manera:

Clases	**Diámetros de copa**
Clase 1	0 - 250 cm
Clase 2	250 - 500 cm
Clase 3	500 - 750 cm
Clase 4	750 - 1000 cm
Clase 5	1000 - 1250 cm
Clase 6	> 1250 cm

El criterio que se aplicó para determinar el índice de Hegyi fue el siguiente, los árboles con competidores más cercanos corresponden a las primeras clases de tal manera que se agrupó, en la siguiente sucesión:

Clases	**Índice de Hegyi**
Clase 1	0 - 0,75 cm
Clase 2	0,75 - 1,50 cm
Clase 3	1,50 - 2,25 cm
Clase 4	2,25 - 3,00 cm
Clase 5	> 3,00 cm

Hay que señalar, que para la especie *Ficus citrifolia*, solo se ha detallado los crecimientos diamétricos y basimétricos en las distintas variables y no se le ha asignado atención a la significancia estadística, debido a que esta especie posee tan solo 24 individuos en los tres sitios de estudio, lo que implica que no exista una representación adecuada en los distintos grupos, de las variables de estudio.

4.6 IMPLICACIONES PARA EL MANEJO FORESTAL

Los resultados que derivaron de la investigación realizada permitieron conocer la dinámica de crecimiento de especies de uso potencial en la región Sur del Ecuador dando a conocer criterios e indicadores para la ordenación forestal sostenible propias para un bosque húmedo tropical estableciendo criterios de decisión, para aplicar tratamientos silviculturales que incrementan la iluminación de la copa de los árboles; aspecto crítico para el manejo silvicultural o "domesticación" (Lamprecht 1990) del bosque húmedo tropical, dadas las bajas tasas de crecimiento de sus especies (Dawkins 1961, Wadsworth 2000).

Esta información está dirigida a los que toman decisiones en el manejo como: ONG´s en forma privada como también a los dueños de los bosques e inclusive a las personas que se encuentran encargados de la regencia forestal.

5 RESULTADOS.

5.1 INCREMENTO PROMEDIO DIAMÉTRICO

5.1.1 Incremento Periódico Anual en Diámetro

Dentro de las nueve especies en estudio (ver acápite 4.3.1), se demuestra que la especies con mayor índice promedio de crecimiento son *Ficus citrifolia*, *Cedrela montana*, *Inga acreana* y las especies con menores promedios de crecimiento son: *Clusia ducuoides*, *Hyeronima moritziana* y *Podocarpus oleifolius* en los árboles registrados mayores a 20 cm de DAP para el período evaluado. Estos promedios fluctúan entre los 0,07 cm/año; y los 0,50 cm/año, esto sin importar el tipo de intervención en el tratamiento aplicado. El incremento mantiene una tendencia positiva para todas las especie con un leve descenso en el tercer año, guardando relativamente una tendencia similar para todas las especies (Cuadro 5).

Cuadro 5. Incremento periódico anual de las especies.

Especie	Nº Ind.	Incremento Anual (cm)					IPA (cm)	Cv. (%)	S (+/-)
		Año1	Año2	Año3	Año4	Año5			
Cedrela montana	58	0.31	0.42	0.32	0.47	0.34	0.39	54	0.21
Tabebuia chrysantha	97	0.07	0.08	0.07	0.13	0.14	0.10	114	0.12
Nectandra membranacea	75	0.11	0.13	0.20	0.33	0.27	0.22	88	0.17
Podocarpus oleifolius	49	0.05	0.06	0.06	0.13	0.08	0.08	118	0.09
Hyeronima moritziana	55	0.04	0.04	0.07	0.11	0.08	0.07	110	0.07
Hyeronima asperifolia	69	0.15	0.24	0.23	0.34	0.27	0.25	82	0.20
Clusia ducuoides	96	0.04	0.03	0.04	0.16	0.06	0.07	115	0.08
Inga acreana	45	0.25	0.32	0.34	0.45	0.34	0.34	98	0.33
Ficus citrifolia	25	0.47	0.47	0.39	0.71	0.47	0.50	78	0.039

IPA: Incremento periódico anual. **Cv.:** Coeficiente de Variación. **S:** Desviación Estándar

5.1.2 Incremento Periódico Anual en Diámetro y Tratamiento

Cuadro 6. Incremento periódico anual por tratamiento.

Especie	Con tratamiento							Sin tratamiento						
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	IPA (cm)	S +/-	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	IPA (cm)	S +/-
Cedrela montana	0.27	0.39	0.29	0.33	0.26	0.30	0.17	0.34	0.48	0.35	0.60	0.38	0.41	0.23
Tabebuia chrysantha	0.06	0.06	0.05	0.15	0.15	0.09	0.10	0.08	0.11	0.10	0.14	0.11	0.10	0.13
Nectandra membranacea	0.14	0.17	0.18	0.42	0.27	0.23	0.18	0.09	0.11	0.20	0.29	0.22	0.19	0.17
Podocarpus oleifolius	0.06	0.06	0.05	0.16	0.09	0.08	0.11	0.03	0.05	0.08	0.10	0.06	0.06	0.06
Hyeronima moritziana	0.05	0.06	0.06	0.10	0.07	0.07	0.09	0.04	0.02	0.08	0.12	0.08	0.07	0.06
Hyeronima asperifolia	0.17	0.26	0.28	0.40	0.31	0.28	0.18	0.13	0.20	0.18	0.25	0.20	0.17	0.20
Clusia ducuoides	0.04	0.03	0.04	0.27	0.04	0.07	0.09	0.04	0.03	0.03	0.11	0.07	0.06	0.06
Inga acreana	0.40	0.49	0.45	0.68	0.50	0.50	0.38	0.12	0.19	0.25	0.25	0.19	0.19	0.10
Ficus citrifolia	0.37	0.49	0.38	0.96	0.60	0.56	0.26	0.50	0.46	0.39	0.64	0.38	0.41	0.40

A_n: Incremento anual. **IPA:** Incremento periódico anual. **S:** Desviación estándar.

De los resultados obtenidos tenemos; que para el caso de *Cedrela montana* y *Tabebuia chrysantha* los incrementos de estas dos especies, son mayores en individuos sin tratamiento (Cuadro 6), demostrando un efecto contrario al de las otras especies en estudio, cuyos incrementos son superiores donde se aplicó el tratamiento.

5.2 INCREMENTO PROMEDIO BASIMÉTRICO

Cuadro 7. Incremento periódico basimétrico de todas las especies, por año de medición.

Especie	Nº	G (m^2/ha)	Incremento anual G (m^2/ha.)					IPA (m^2/ha)
			Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	
Cedrela montana	58	0.3774	0,0045	0,0063	0,0047	0,0111	0,0092	0,0072
Tabebuia chrysantha	98	1,033	0,0027	0,0033	0,0029	0,0063	0,0071	0,0044
Nectandra membranacea	75	0.3632	0,0019	0,0022	0,0037	0,0059	0,0073	0,0042
Podocarpus oleifolius	48	0.2477	0,0005	0,0007	0,0009	0,0017	0,0016	0,0011
Hyeronima moritziana	55	0.2839	0,0005	0,0005	0,0009	0,0014	0,0020	0,0011
Hyeronima asperifolia	69	0.5847	0,0033	0,0053	0,0052	0,0077	0,0087	0,0060
Clusia ducuoides	96	0.5182	0,0011	0,0009	0,0010	0,0043	0,0026	0,0020
Inga acreana	45	0.2139	0,0025	0,0033	0,0036	0,0048	0,0057	0,0040
Ficus citrifolia	25	0.2733	0,004	0,004	0,004	0,006	0,009	0,0050

A diferencia de lo que sucede con los incrementos promedios anuales diamétricos, la especie con mayor incremento basimétrico es *Cedrela montana* con 0,0072 m^2/ha., y también se observa un descenso en el tercer año solo en especies como la *Cedrela montana* y la *Clusia ducuoides* con un ligero repunte en el cuarto año; pero en el resto de especies, se mantiene constante por años, aumentando a medida que pasan los años del periodo; en donde se considera que la especie con mayor área basal/ha es *Tabebuia chrysantha* con 1,003 m^2/ha.

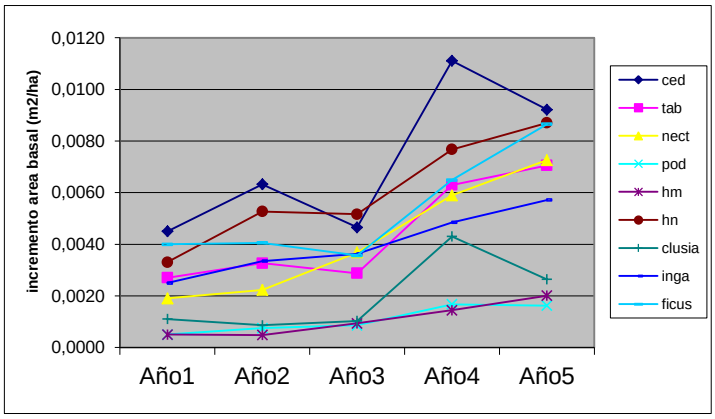


Figura 5. Incremento promedio en área basal.

Cuadro 8. Incremento periódico basimétrico anual de las especies, con tratamiento y sin tratamiento.

Especie	Sin Tratamiento								Con tratamiento							
	N° de ind.	G/ha	Incremento Periódico Anual (IPA)						N° de ind.	G/ha	Incremento Periódico Anual (IPA)					
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	IPA Final			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	IPA Final
Cedrela montana	37	0,196	0,0023	0,0032	0,0024	0,0086	0,0031	0,0039	21	0,2010	0,0031	0,0045	0,0032	0,0037	0,0031	0,0035
Clusia ducuoides	60	0,3219	0,0007	0,0005	0,0005	0,0016	0,0012	0,0009	36	0,2824	0,0007	0,0005	0,0007	0,0040	0,0008	0,0013
Ficus citrifolia	21	0,2063	0,0033	0,00305	0,00274	0,00466	0,0033	0,0034	4	0,0909	0,0011	0,0014	0,0012	0,0026	0,0018	0,0016
Hyeronima asperifolia	41	0,3236	0,0012	0,0021	0,0018	0,0026	0,0028	0,0021	28	0,3744	0,0030	0,0045	0,0048	0,0073	0,0057	0,0051
Hyeronima moritziana	36	0,2062	0,0003	0,0001	0,0006	0,0008	0,0006	0,0005	19	0,1107	0,0004	0,0005	0,0005	0,0009	0,0006	0,0006
Inga acreana	30	0,1424	0,0006	0,0010	0,0014	0,0014	0,0011	0,0011	15	0,1003	0,0026	0,0034	0,0032	0,0050	0,0036	0,0036
Nectandra membranacea	61	0,2877	0,0012	0,0014	0,0027	0,0036	0,0033	0,0024	17	0,1054	0,0010	0,0012	0,0014	0,0032	0,0021	0,0018
Podocarpus oleifolius	30	0,1525	0,0002	0,0004	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	19	0,1366	0,0005	0,0006	0,0004	0,0015	0,0008	0,0007
Tabebuia chrysantha	54	0,4870	0,0013	0,0019	0,0018	0,0025	0,0033	0,0022	43	0,7877	0,0020	0,0020	0,0015	0,0055	0,0054	0,0033

5.3 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DETERMÍNISTICAS, EN EL INCREMENTO DIAMÉTRICO Y BASIMÉTRICO

Cuadro 9. Análisis Kruskall Wallis a nivel p = 0,05 del efecto de la variables en el incremento diamétrico y basimétrico de tres especies.

Especie	**Factores** / **Kruskall**	**Iluminación de copa**		**Clase diamétrica**		**Forma de copa**		**Diámetro de copa**		**Índice de Hegyi**	
		ID	**IB**	**ID**	**IB**	**ID**	**IB**	**ID**	**IB**	**ID**	**IB**
Clusia ducuoides	Variable	ns	*	ns	Ns	*	**	*	**	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Podocarpus oleifolius	Variable	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Quebrada	ns	*	ns	*	ns	*	ns	*	ns	*
Tabebuia chrysantha	Variable	ns	*	ns	*	*	**	ns	**	ns	*
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: No significante a nivel p=0,05 ID: Incremento diamétrico
*: Significante. p=0,05 IB: Incremento basimétrico
**: Altamente significante. p=0,05
-: No hay grupos de comparación.

Cuadro 10. Análisis de varianza a nivel p = 0,05 del efecto de las variables determinísticas sobre el incremento diamétrico y basimétrico.

Especie	Factores / ANOVA	Iluminación de copa		Clase diamétrica		Forma de copa		Diámetro de copa		Índice de Hegyi	
		ID	IB	ID	IB	ID	IB	ID	IB	ID	IB
Cedrela montana	Variable	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	**	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns
	Quebrada	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable*Tratamiento	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable*Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Variable *Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hyeronima asperifolia	Variable	ns	*	ns	**	ns	ns	**	**	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
	Variable*Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable*Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	ns	ns	ns	ns
	Variable *Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hyeronima Moritziana	Variable	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable*Tratamiento	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns
	Variable*Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Variable *Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inga acreana	Variable	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns
	Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable*Tratamiento	ns	ns	-	-	ns	ns	-	-	ns	ns
	Variable*Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
	Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Variable *Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nectandra membranacea	Variable	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	*	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
	Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
	Variable*Tratamiento	ns	ns	-	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable*Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tratamiento*Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable *Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	ns	ns	-	-	ns	ns
Ficus citrifolia	Variable	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Variable*Tratamiento	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns
	Variable*Quebrada	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Variable *Tratamiento*Quebrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ns: No significante a nivel p=0,05 ID: Incremento diamétrico
*: Significante. p=0,05 IB: Incremento basimétrico
**: Altamente significante. p=0,05
- : No hay grupos de comparación.

5.3.1 Análisis de Datos por Iluminación de Copa

5.3.1.1 Iluminación de copa en *Cedrela montana*

El análisis de varianza (n = 58) para (0,05) con modelo matemático irrestricto al azar y factores (iluminación de copa, tratamiento y quebrada) indica que el tipo de iluminación de copa, no es significativo para el incremento en diámetro como tampoco para el incremento basimétrico, así como también no existe significancia por tratamientos, del tipo de iluminación de copa lo demuestra la interacción en los incrementos diamétricos y basimétrico respectivamente (Cuadro 10).

Pese a no observar diferencias estadísticas significativas, podemos mencionar y diferenciar, que los incrementos son relativamente mayores en la Q_5, respecto a la Q_2, para el caso de incremento diamétrico y basimétrico; así como el incremento es ligeramente mayor en presencia de luz buena en ambos incrementos, añadiendo que se observa una marcada diferencia de la luz buena y aceptable respecto de la luz deficiente en el caso de los individuos sometidos a tratamiento (Figura 6a).

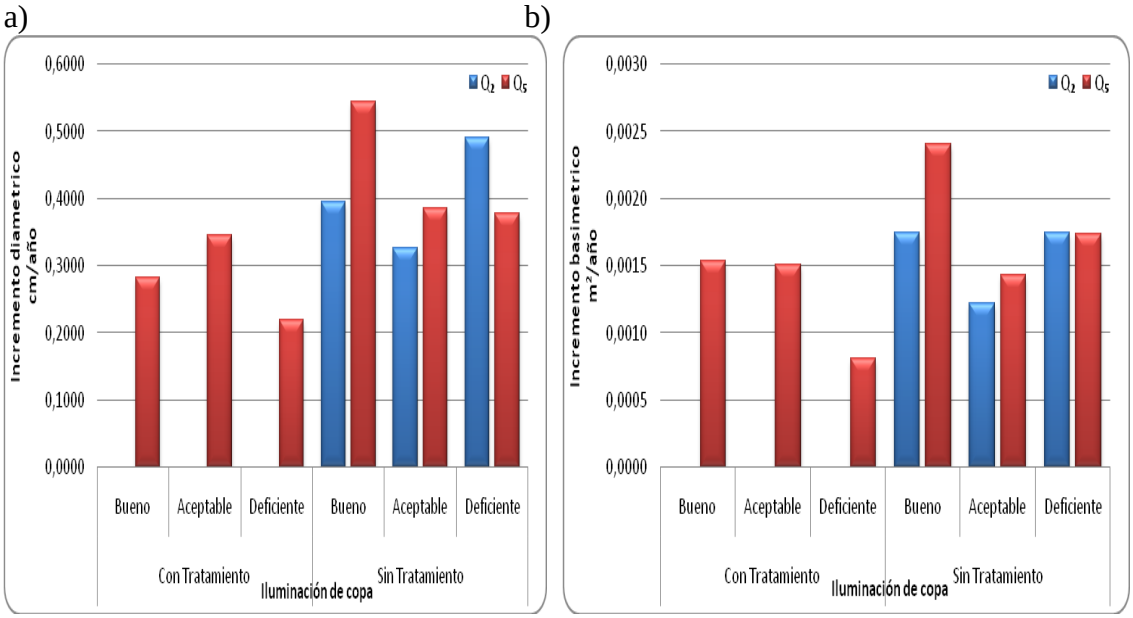


Figura 6 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b), por iluminación de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Cedrela montana.*

a. Tratamiento

Este no tuvo ningún efecto en el incremento diamétrico ni basimétrico, en los distintos tipos de iluminación de copa, sin embargo al hacer un análisis por sitio, en los distintos tipos de iluminación en la Q_5, el factor tratamiento es significativo bajo iluminación buena en el incremento diamétrico (p=0.014) y no significativo en el incremento basimétrico (Apéndice 7); esto quiere decir que en la iluminación buena el incremento diamétrico es mayor en los individuos sin tratamiento con respecto a los mostrados por los individuos a los que se les aplicó tratamiento (Cuadro 11 y Figura 6a).

b. Quebrada

Como se pudo observar la quebrada no influye en el incremento diamétrico e incremento basimétrico (ver cuadro 10). Así como tampoco en las distintas iluminaciones de copa, en la cual no existe gran diferencia entre quebradas (Figura 6).

5.3.1.2 Iluminación de copa en *Tabebuia chrysantha*

Para el análisis de esta especie se suprimió el individuo que consta en Q_3, puesto que es motivo de alteración estadística en los análisis por grupos de comparación.

El análisis de varianza para pruebas no paramétricas Kruskall Wallis (n=95) p= 0.05, demostró que el factor iluminación de copa en el incremento diamétrico no es efectivo pero significante en el incremento basimétrico (Cuadro 9).

Otro análisis de varianza Kruskall Wallis, realizada para cada sitio y tratamiento, demostró el efecto del factor iluminación de copa en el incremento basimétrico, en la Q_2 (Cuadro 9), en los individuos sin tratamiento, aquí la iluminación buena es la que mantiene diferencias significativas con respecto de los otros 2 tipos de iluminación (Apéndice 20), ya que es mayor el incremento en individuos con iluminación buena (Figura 7b).

En el incremento diamétrico, como se puede observar en la Figura 7a, el incremento es mayor bajo luz buena, tanto en la Q_2, como en Q_5.

a. Tratamiento

Luego del análisis de varianza Kruskall Wallis el factor tratamiento no demostró significancia en los incrementos diamétrico y basimétrico. (Cuadro 9).

b. Quebrada

El análisis de Kruskall Wallis demostró que el factor quebrada no es significativo en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 9) bajo las distintas iluminaciones de copa. Sirve mencionar que en la Q_2 existen, solo individuos sin tratamiento (Figura 7).

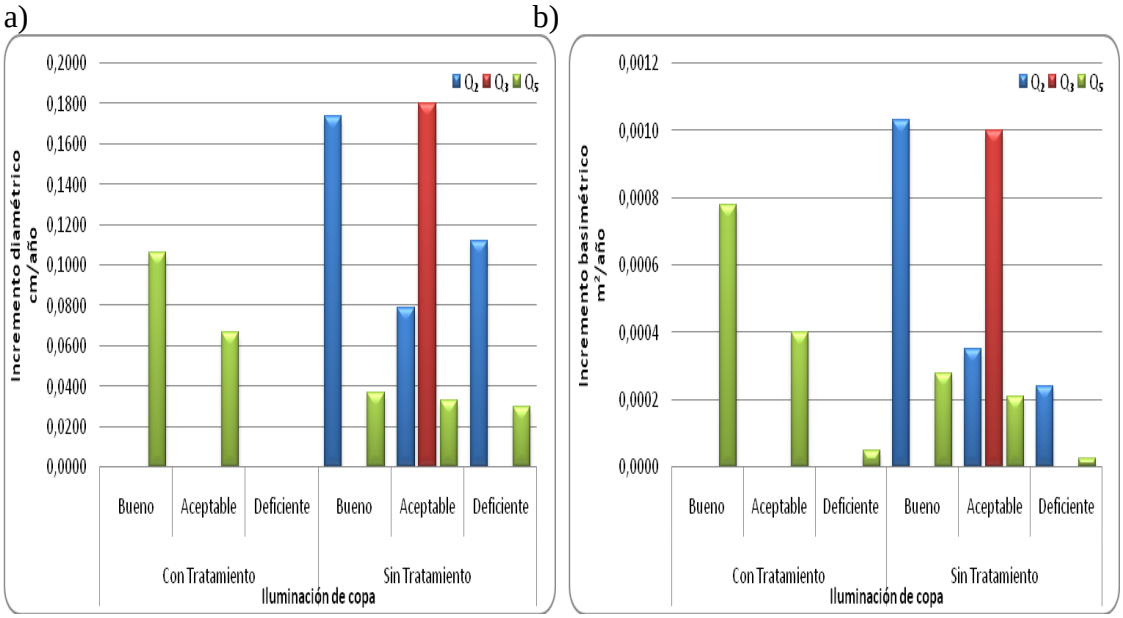


Figura 7 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y por tratamiento en los dos sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha*.

Al observar la figura 7b, encontramos que para la Q_2 en los individuos sin tratamiento el incremento basimétrico es sumamente elevada bajo iluminación buena con respecto de las demás iluminaciones, por tal razón es la diferencia estadística ya mencionada (Cuadro 9), Así como también en la Q_3 en presencia de iluminación aceptable sin encontrar diferencias estadísticas significantes por tratarse de un individuo, pese a ser evidente el mayor incremento basimétrico bajo este tipo de iluminación. Así también en

la Q_5, hay un mayor incremento basimétrico en los individuos con tratamiento, sobre todo bajo iluminación buena, pero en esta quebrada no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Apéndice 21).

5.3.1.3 Iluminación de copa en *Inga acreana*

Al realizarse el análisis de varianza con factores iluminación de copa, tratamiento quebrada, se comprueba que no existe efecto de la iluminación en incremento diamétrico así como basimétrico, no se encuentran efectos de las distintas interacciones (Cuadro 10).

Cabe señalar que los individuos con tratamiento, demuestran diferencias marcadas, tanto en incremento diamétrico como basimétrico, entre los distintos tipo de iluminación, favoreciéndose en mayor grado los individuos que se encuentran en presencia de iluminación buena. (Figura 8 a y b).

a) b)

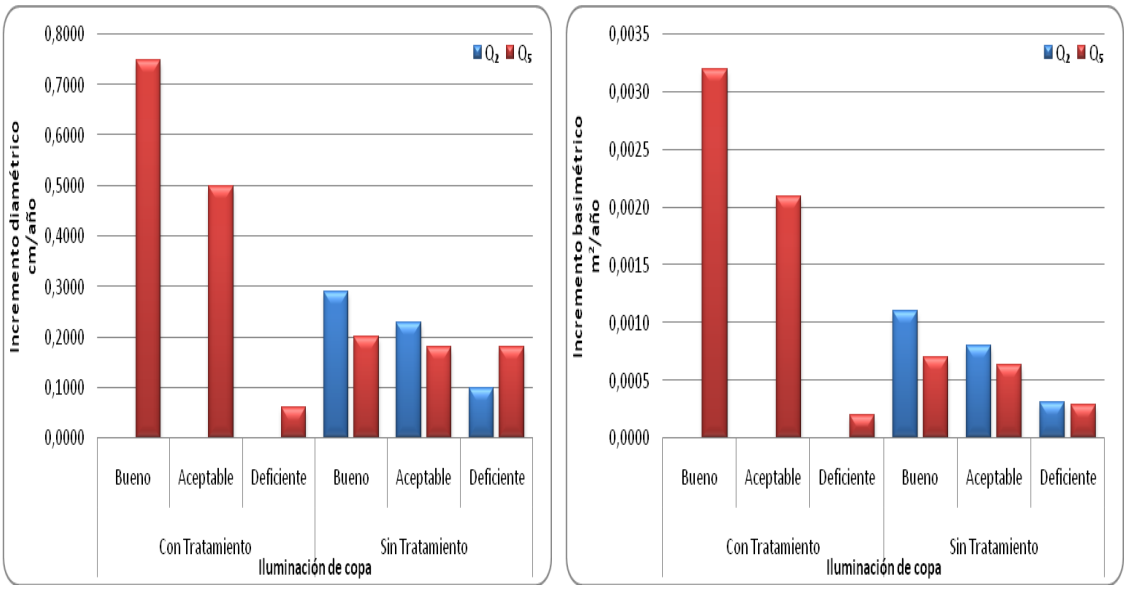


Figura 8 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana*.

a. Tratamiento

Luego del análisis de varianza con tres factores, el factor tratamiento no demostró ser influyente en ambos incrementos, al ser considerados todos los individuos (Cuadro 10). Empero al someter un análisis más exhaustivo por sitio y distinta iluminación, se pudo observar que en los contrastes univariados de la prueba de análisis de varianza, existe diferencia estadística en el incremento diamétrico, entre tratamientos, bajo iluminación aceptable (Apéndice 28), es decir que a individuos que se les aplico tratamiento tanto en iluminación buena como aceptable, registran mayor incremento diamétrico y basimétrico que en los individuos sin tratamiento. (Figura 8b)

b. Quebrada

Este factor no resulto ser significante en los incrementos diamétrico ni basimétrico respectivamente (Cuadro 10); así como tampoco se pudo encontrar contrastes univariados, de esta manera se afirma la carencia del efecto, como se puede observar en los individuos sin tratamiento, siendo este único grupo comparable, donde se demuestra tal premisa (Figura 8 a y b).

5.3.1.4 Iluminación de copa en *Nectandra membranacea*

Al someter a un análisis de varianza con tres factores, (iluminación de copa, tratamiento y quebrada, señala que el factor iluminación de copa, no es significante a nivel P=0,05 para ambos incrementos (Cuadro 10).

a. Tratamiento

El factor tratamiento no es significativo en el incremento diamétrico ni basimétrico (Cuadro 10). Pese a no encontrar diferencias estadísticas significativas, observamos que para la Q_3, el incremento diamétrico es mayor en los individuos con tratamiento, con respecto de los que están sin tratamiento; a diferencia de Q_5, donde no se puede establecer diferencias considerables entre tratamientos (Figura 9a), En cambio en el

incremento basimétrico, tanto en Q_3 como en Q_5 se puede identificar un mayor incremento en los individuos con tratamiento (Figura 9b).

- **Quebrada**

No existen efectos estadísticos significantes para ambos incrementos de este factor, sin embargo entre Q_5 y Q_3, existen diferencias observadas en individuos con tratamiento, tanto en iluminación buena como aceptable (grupos que comparten); mientras que en los individuos sin tratamiento Q_5 con Q_2 no establece diferencias de crecimiento considerable.

a) b)

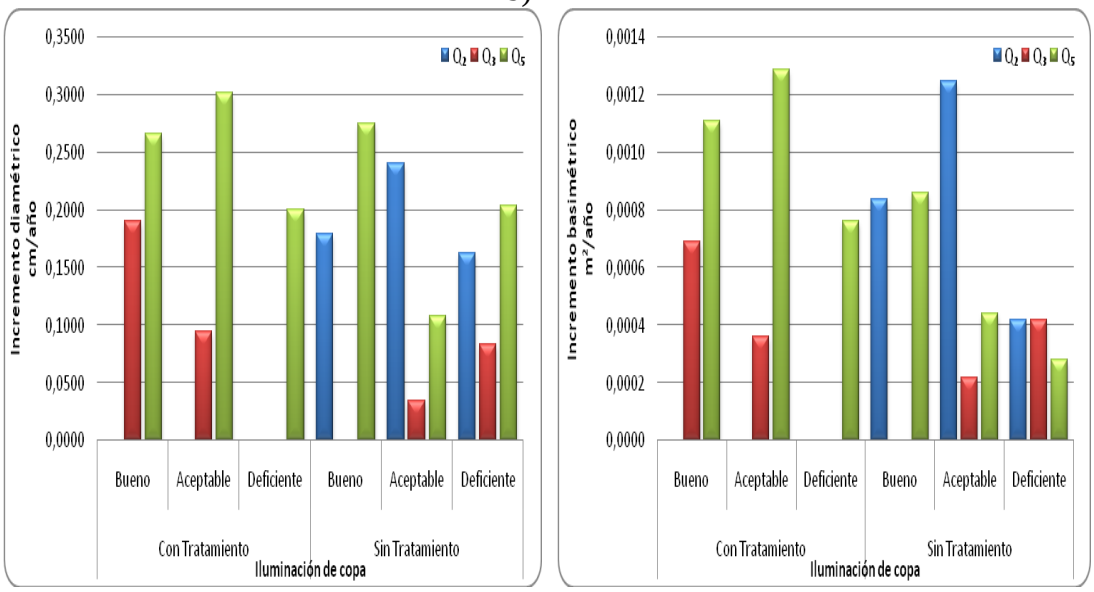


Figura 9 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*

5.3.1.5 Iluminación de copa en *Hyeronima asperifolia*

En Q_3 no se considera los análisis de varianza realizados, puesto que existe un solo individuo representante, por cada grupo, con tratamiento y sin tratamiento (Cuadro 11), y no llega a ser concluyente dentro del estudio, así para los análisis posteriores en la especie no se considera está quebrada para establecer diferencias.

Así, el análisis de varianza realizado con factores (iluminación de copa, tratamiento y quebrada) indica que el factor iluminación de copa es significante en el incremento basimétrico (p=0, 015) y no significante para el incremento diamétrico (Cuadro 10).

Luego, del análisis de contrastes univariados, se estableció que en la Q_5 existe efecto del factor iluminación de copa en los individuos con tratamiento para el incremento basimétrico, y en la misma quebrada en los individuos sin tratamiento, tanto incremento diamétrico como basimétrico, (Apéndice 43). La iluminación deficiente es la que marca diferencia tal como se mencionó, con respecto de iluminación Aceptable y Deficiente en el caso de individuos sin tratamiento; así como los que están con tratamiento para el incremento diamétrico (Apéndice 41 y Figura 10a) Para el caso de incremento basimétrico se menciona que individuos con iluminación deficiente se marca diferencias estadísticas en los individuos con tratamientos y en el caso de los individuos sin tratamientos es en presencia de iluminación buena que se observan las diferencias estadísticas, siendo más notable la diferencia con respecto de la iluminación deficiente que de la Aceptable (Apéndice 42 y figura 10b).

a. Tratamiento

Este factor no registra efectos estadísticos significantes en el incremento, de la especie, luego del análisis de varianza (Cuadro 10). Sin embargo los contrastes univariados, indican que para el incremento basimétrico, en la iluminación aceptable en Q_5, se señalan diferencias estadísticas entre tratamientos (Apéndice 44), con mayor incremento basal en los individuos con tratamiento, con respecto de los que no se les aplicó. (Figura 10b).

b. Quebrada

Para este factor no se encontró efectos estadísticos del análisis de varianza en los incrementos diamétrico y basimétrico (Cuadro 10), pese a esto se puede señalar que hay una ligera ventaja en incremento diamétrico y basimétrico de los individuos que se

encuentran en Q_5 con respecto de los que están Q_2, siendo notoria la diferencia en individuos sin tratamiento con iluminación aceptable (Figura 10 a y b).

a) b)

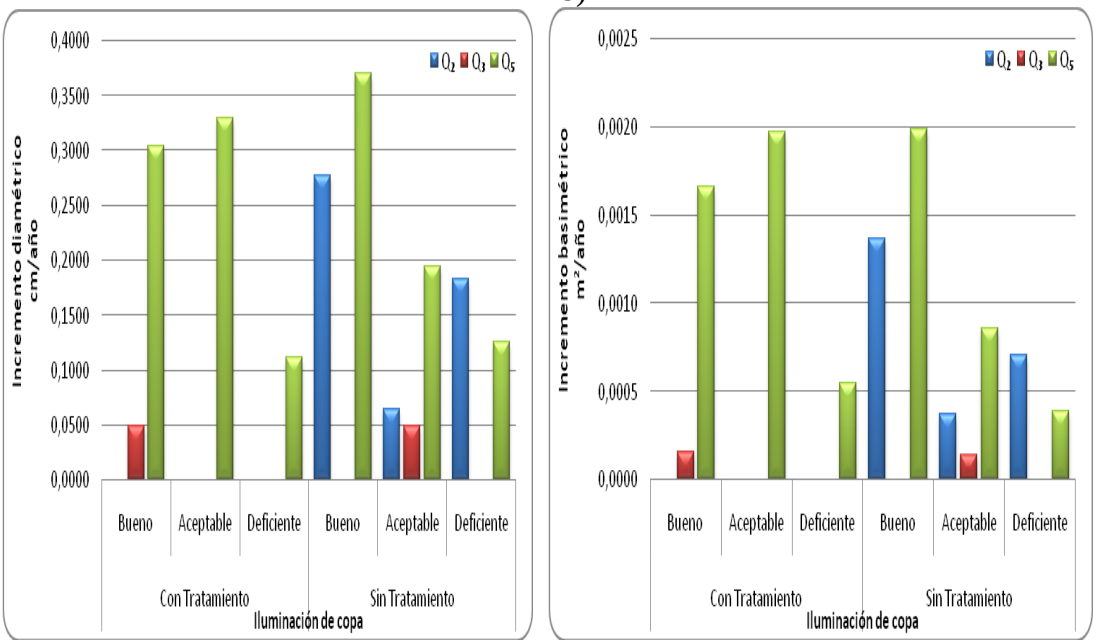


Figura 10 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia.*

5.3.1.6 Iluminación de copa en *Hyeronima moritziana*

En Q_5 no se considera los análisis de varianza realizados, puesto que existen tan solo tres individuos representantes (Cuadro 11), El análisis de varianza realizado, estableció que el factor iluminación de copa no fue influyente en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10).Al considerar Q_2 se observa que los individuos en presencia de iluminación Aceptable es mayor que respecto de los que poseen iluminación buena y deficiente, en el incremento diamétrico y basimétrico (Figura 11 a y b).

En Q_3 en los individuos sin tratamiento tanto para el incremento diamétrico como para el basimétrico se puede mencionar que el incremento guarda una relación conforme sea mejor su iluminación.

a. Tratamiento

No hay efectos significantes de factor tratamiento (análisis de varianza trifactorial: iluminación de copa, tratamiento y quebrada). En el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10). Pese a lao no significancia del análisis de varianza, cabe señalar que en el incremento diamétrico y basimétrico, se pudo considerar, diferencia entre tratamiento en la iluminación Aceptable, a favor de los individuos con tratamiento; y en caso de iluminación buena es mayor en los individuos sin tratamiento. (Figura 11 a y b)

b. Quebrada

No hay efectos significantes de este factor en el incremento diamétrico como basimétrico, sin embargo en la iluminación Aceptable hay una diferencia que se puede considerar entre Q_2 y Q_3, donde es mayor el incremento diamétrico y basimétrico en la primera (Figura 11 a y b). Aquí se señala que en esa presencia de esta iluminación en la Q_2 existen tan solo dos individuos, lo que podría sesgar, el establecer concluyente esta diferencia.

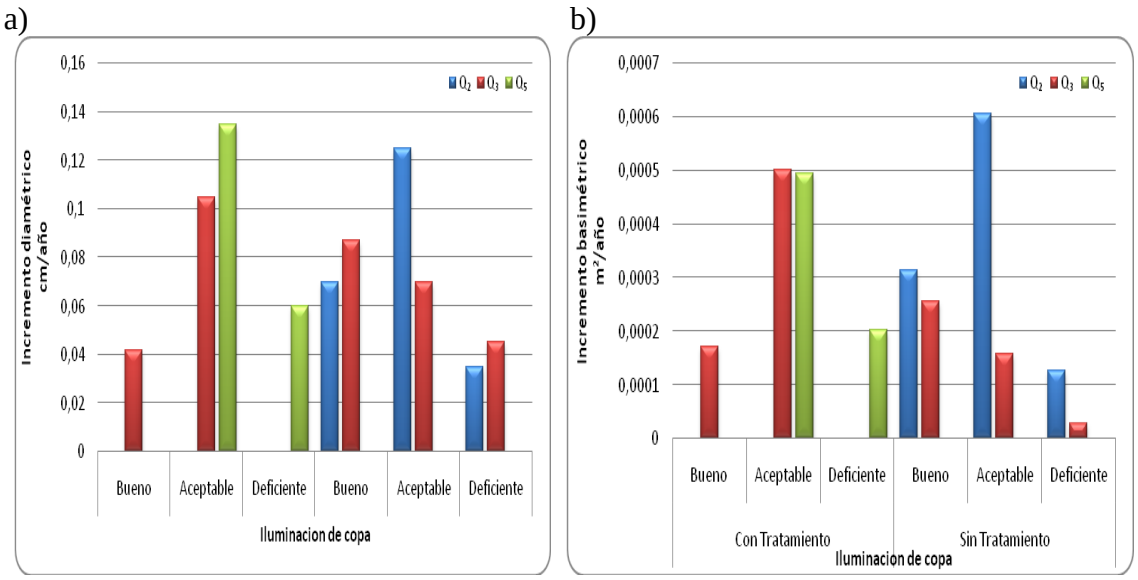


Figura 11. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*.

5.3.1.7 Iluminación de copa en *Clusia ducuoides*

El análisis de varianza fue efectivo en el incremento basimétrico (Cuadro 9).

a. Tratamiento.

Los individuos con iluminación buena en Q_3, demostraron diferencias entre tratamiento sobre el incremento basimétrico (Apéndice 54), con crecimiento mayor en individuos con tratamiento (Cuadro 11).

a) b)

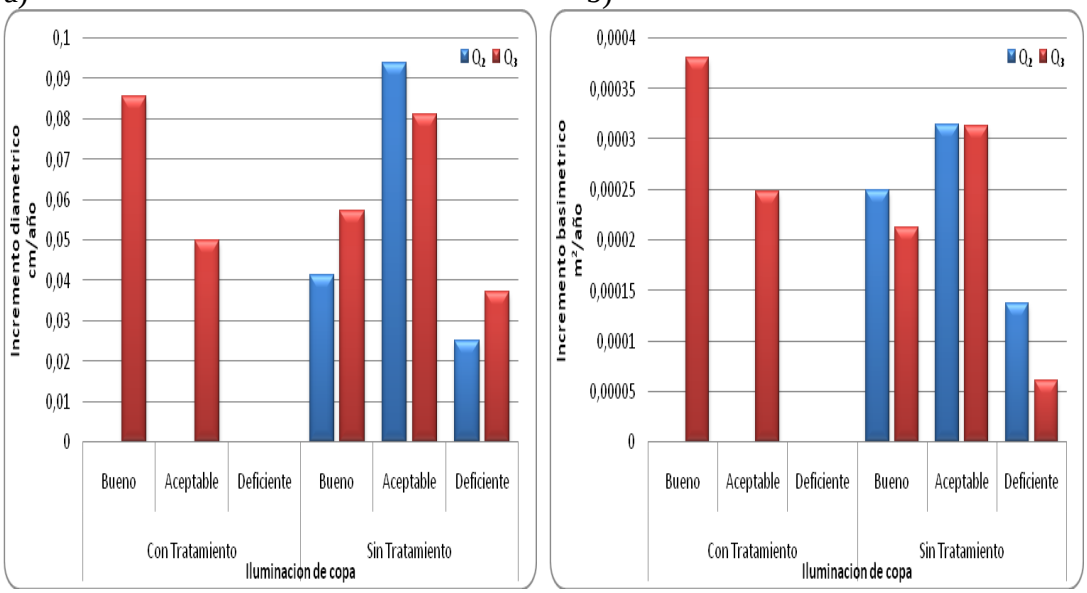


Figura 12 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides*.

5.3.1.8 Iluminación de copa en *Podocarpus oleifolius*

Los análisis de la iluminación de copa en esta especie no demostraron significancia en los incrementos diamétrico y basimétrico (Cuadro 9)

a) b)

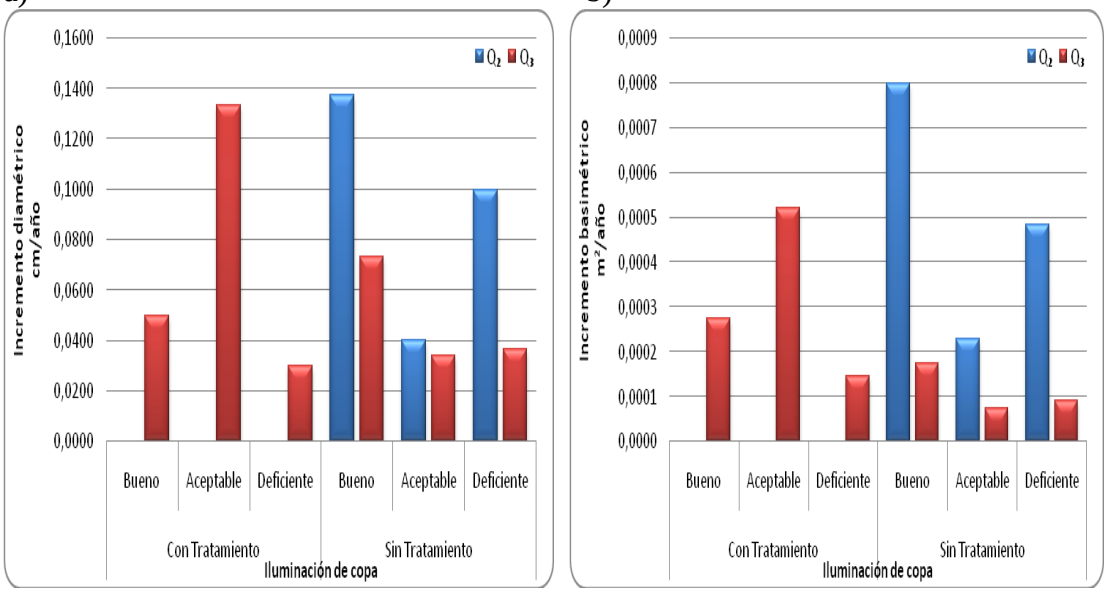


Figura 13 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por iluminación de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius*.

5.3.1.9 Iluminación de copa en *Ficus citrifolia*

Al someter a un análisis de varianza con factores (iluminación de copa tratamiento y quebrada) el factor iluminación de copa resulta no ser efectivo estadísticamente dentro del análisis para ambos incrementos (diamétrico y basimétrico). Sin embargo se puede observar que en los individuos con iluminación deficiente el incremento diamétrico y basimétrico es considerablemente menor con respecto los de iluminación Aceptable y Buena esto lo puso de manifiesto, una prueba de medias Tukey (Apéndice 62 y 63).

Cuadro 11. Incremento diamétrico y basimétrico de la iluminación de copa por tratamiento y quebrada de las nueve especies de estudio

Sitio	Tratamiento	Iluminación de copa	*Cedrela montana*			*Tabebuia chrysantha*			*Inga acreana*			*Nectandra membranacea*			*Hyeronima asperifolia*			*Hyeronima moritziana*			*Clusia ducuoides*			*Podocarpus oleifolius*		
			N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año
Q_2	ST	Bueno	3	0,40	0,0018	17	0,17	0,0010	4	0,29	0,0011	11	0,18	0,0008	5	0,28	0,0014	8	0,07	0,0003	8	0,04	0,0003	4	0,14	0,0008
		Aceptable	3	0,33	0,0012	8	0,08	0,0004	6	0,23	0,0008	15	0,24	0,0013	6	0,07	0,0004	2	0,13	0,0006	5	0,09	0,0003	3	0,04	0,0002
		Deficiente	1	0,49	0,0018	9	0,11	0,0002	8	0,10	0,0003	8	0,16	0,0004	3	0,18	0,0007	2	0,04	0,0001	2	0,03	0,0001	1	0,10	0,0005
Q_3	CT	Bueno										3	0,19	0,0007	1	0,05	0,0002	10	0,04	0,0002	30	0,09	0,0004	8	0,05	0,0003
		Aceptable										2	0,10	0,0004				4	0,11	0,0005	3	0,05	0,0002	6	0,13	0,0005
		Deficiente																						1	0,03	0,0001
	ST	Bueno																13	0,09	0,0003	29	0,06	0,0002	6	0,07	0,0002
		Aceptable				1	0,18	0,0010				2	0,04	0,0002	1	0,05	0,0001	4	0,07	0,0002	9	0,08	0,0003	7	0,03	0,0001
		Deficiente										3	0,08	0,0004				4	0,05	0,0000	7	0,04	0,0001	9	0,04	0,0001
Q_5	CT	Bueno	14	0,28	0,0015	34	0,11	0,0008	2	0,75	0,0032	6	0,27	0,0011	7	0,30	0,0017									
		Aceptable	6	0,35	0,0015	7	0,07	0,0004	12	0,50*	0,0021*	4	0,30	0,0013	16	0,33	0,0020	2	0,14	0,0005						
		Deficiente	1	0,22	0.0008	1	0,00	0,0001	1	0,06	0,0002	2	0,20	0,0008	4	0,11	0,0006	1	0,06	0,0002						
	ST	Bueno	7	0,54	0,0024	10	0,04	0,0003	1	0,20	0,0007	2	0,28	0,0009	4	0,37	0,0020									
		Aceptable	11	0,39	0,0014	3	0,03	0,0002	5	0,18*	0.00063*	5	0,11	0,0004	9	0,20	0,0009									
		Deficiente	11	0,38	0,0017	5	0,03	0,00003*	6	0,18	0,0003	15	0,20	0,0003	11	0,13	0,0004									
TOTAL		Bueno	24	0,37	0,0018	61	0,11	0,0008	7	0,41	0,0017	22	0,21	0,0009	17	0,30	0,0016	31	0,07	0,0002	67	0,07	0,0003	18	0,08	0,0004
		Aceptable	20	0,37	0,0014	19	0,07	0,0004	23	0,36	0,0014	28	0,20	0,0010	32	0,23	0,0013	12	0,10	0,0004	17	0,08	0,0003	16	0,07	0,0003
		Deficiente	13	0,37	0,0017	15	0,08	0,0002	15	0,13	0,0003	28	0,18	0,0003	18	0,13	0,0005	7	0,04	0,0001	9	0,03	0,0001	11	0,04	0,0001
		Total	57	0,37	0,0017	95	0,10	0,0006	45	0,30	0,0011	78	0,20	0,0007	67	0,22	0,0012	50	0,07	0,0003	93	0,07	0,0003	45	0,07	0,0003

ST: Sin tratamiento
CT: Con tratamiento
* : Significancia (nivel 0,05)

ID: Incremento diamétrico
IB: Incremento basimétrico

5.3.2 Análisis de Datos por Clase Diamétrica

5.3.2.1 Clase Diametral del Fuste en *Cedrela montana*

El análisis de varianza (n=58) para (0,05) con modelo matemático irrestricto al azar y factores (clase diametral de fuste, tratamiento y quebrada), indica que la clase diamétrica de fuste no es significativo para el incremento en diámetro pero si en el en el caso del incremento basimétrico (p=0.000) la clase diamétrica es altamente significativa sobre este incremento (Cuadro 10).

Al someter a los contrastes univariados del factor clase diamétrica por sitio y por cada tratamiento, se encontró, que el factor clase diamétrica es altamente significativo (p=0.000) en el incremento basimétrico, en individuos sin tratamiento de Q_5 (Apéndice 9); además mediante comparación de medias ajustadas, se obtuvo que el incremento basimétrico de la clase (5 – 10) tiene diferencias altamente significativas con respecto de las demás clases; esto quiere decir que los individuos que están en la clase 5 - 10 cm; poseen un incremento basimétrico considerablemente menor al de las demás clases (Cuadro 12 y Figura 14).

a) b)

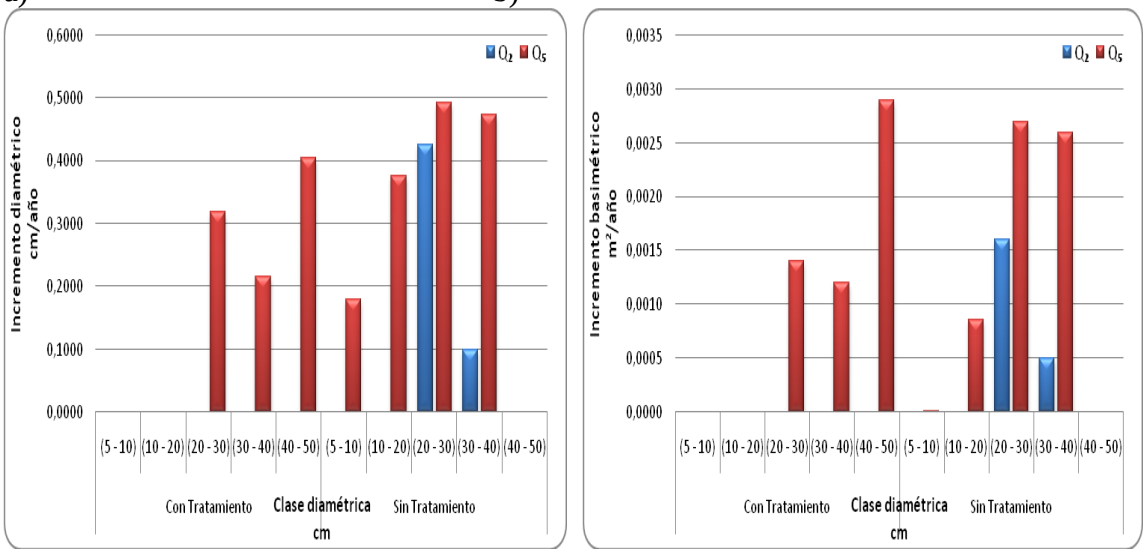


Figura 14 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral de fuste y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Cedrela montana*.

a. Tratamiento

El análisis de varianza con factores clase de diámetro, tratamiento, quebrada determinó que el tratamiento, tanto en incrementos diamétrico como basimétrico son respectivamente significativos (Ver cuadro 10). Sin embargo, partiendo de la significancia señalada, se recurrió a un análisis de contrates del factor tratamiento en cada clase diamétrica y por cada quebrada, debido a la triple interacción de sus factores (clase diamétrica, tratamiento y quebrada), resultando de esta manera; que el factor tratamiento es significante en incremento diamétrico p=0,048, en la clase (20 – 30)cm y basimétrico (p = 0,034) en la misma clase diamétrica, para el sitio Q_5 (Apéndice 10), donde los individuos sin tratamiento, son los que presentan un incremento diamétrico mayor en la clase mencionada que los individuos sometidos a tratamiento, con similar respuesta para el incremento basimétrico, en la referida clase (ver figura 14), También en la clase 30 – 40 cm se observa el mismo patrón, y aunque no se registró diferencia estadística significativa, es mayor el incremento diamétrico y basimétrico en individuos sin tratamiento.

b. Quebrada

Este factor después de someterlo a un análisis de varianza resultó ser estadísticamente no significante en el incremento diamétrico y significante en el incremento basimétrico, (Cuadro 10). Posteriormente se pudo evidenciar que en el incremento diamétrico el factor quebrada fue efectivo en los individuos sin tratamiento en la clase diamétrica 20 – 30 cm. (Apéndice 11); mayor en la Q_5 con respecto de la Q_2, al igual que en la clase 30 – 40 cm. (Figura 14); agregando que en esta última clase, no existen diferencias estadísticas significantes, debido a que en la Q_2 en esta clase diamétrica solo existe un individuo (Cuadro 12), y no es posible la comparación.

En cuanto al incremento basimétrico, en la figura 14 se observa una diferencia de incrementos elevada entre Q_5 y Q_2 en los individuos sin tratamiento y clase diamétrica 30 – 40 cm, pero por la misma premisa anterior no se establece (dentro del análisis de varianza) diferencias estadísticamente significativas. Cabe señalar que en los individuos

con tratamiento no existe efecto del sitio, ya que la Q_2 sirvió como testigo (ver acápite 3.2) y en esta solo existen individuos sin tratamiento.

5.3.2.2 Clase diametral del fuste en *Tabebuia chrysantha*

Luego de análisis de pruebas no paramétricas Kruskall Wallis (n=95), el factor clase diamétrica, no fue significativo en incremento diamétrico y fue significativo en el incremento basimétrico (Cuadro 9). Sin embargo al hacer otro análisis (Kruskall Wallis) por tratamiento y por sitio, se confirma que el factor clase de diámetro es significante en el incremento basimétrico p = 0.039 en los individuos con tratamiento en el sector Q5, y no significante en los individuos sin tratamiento (Apéndice 23), encontrándose, que la variabilidad se presenta en la clase 50 -60 cm, con respecto de sus dos clases inmediatas inferiores (Apéndice 22), cuyo incremento basimétrico es mayor con respecto de las clases que la preceden (Cuadro 12 y Figura 15b)

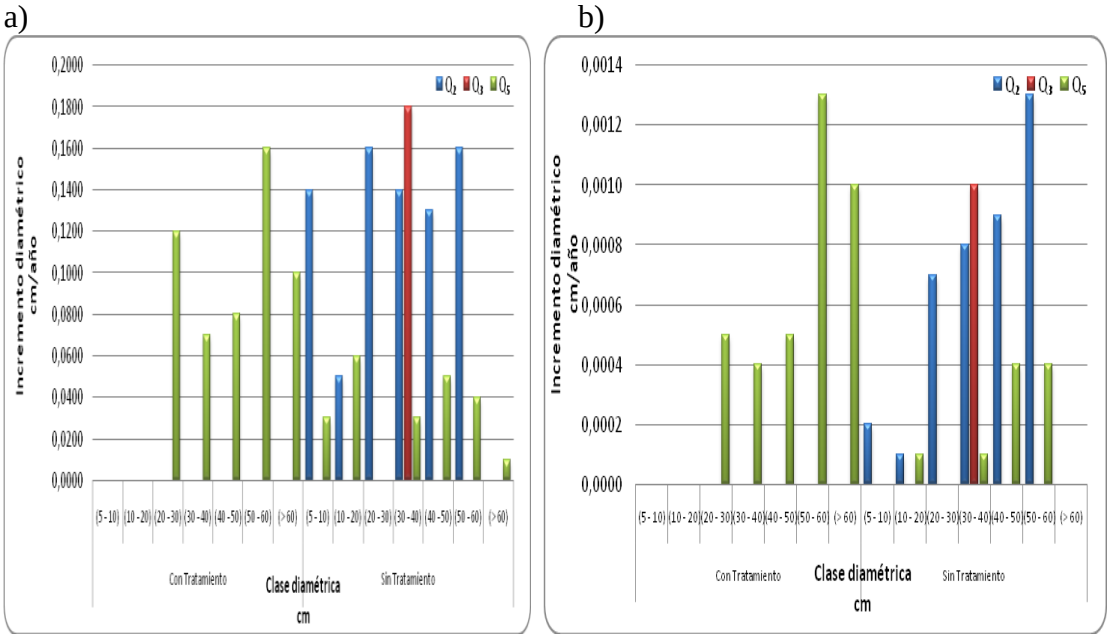


Figura 15 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diamétrica y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha.*

5.3.2.3 Clase diametral del fuste en *Inga acreana*

El análisis de varianza factores clase diamétrica tratamiento y quebrada, no encontró efectos significantes de la clase diametral del fuste en el incremento diamétrico, como tampoco en el basimétrico (Cuadro 10).

a) b)

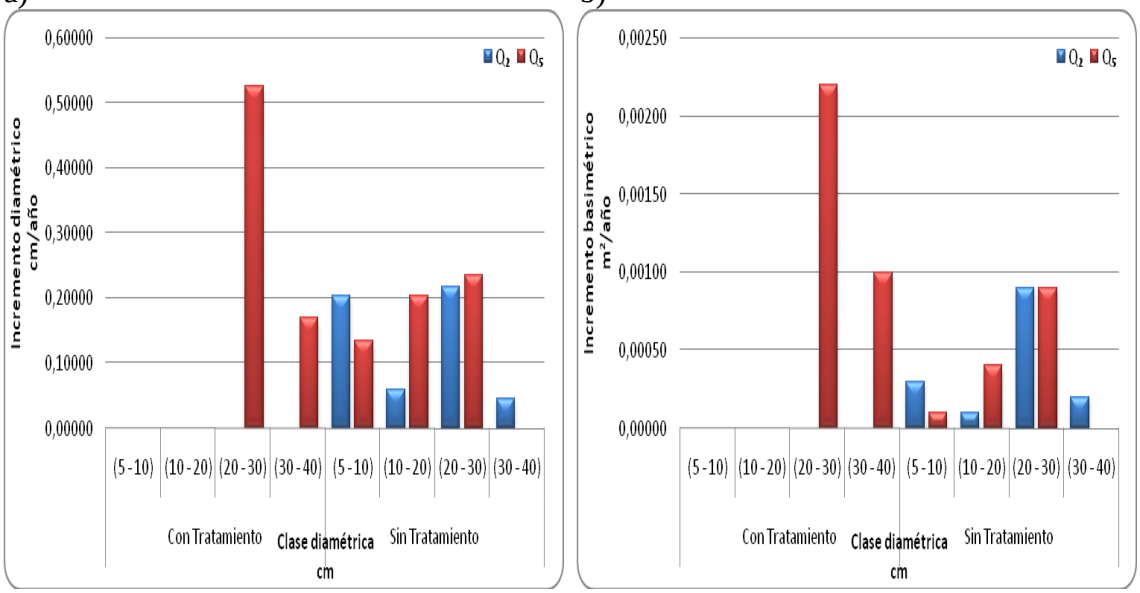


Figura 16 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral de fuste y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana*.

a. Tratamiento

Este factor luego del análisis de varianza resultó no ser significante en los incrementos de la especie, tanto diamétrico como basimétrico (Cuadro 10). Pese a lo sugerido por el análisis, se observa una ligera diferencia, determinándose que el mayor incremento, diamétrico y basimétrico, se presenta en los individuos con tratamiento, la clase que así lo indica, es la de (20 – 30) cm, con respecto de los individuos que se encuentran sin tratamiento, y solo pudiéndose establecer diferencias a partir de la clase señalada, ya que, las clases inmediatas inferiores no poseen registros de individuos con tratamiento (Cuadro 12).

b. Quebrada

El análisis de varianza no encontró efectos significantes en el incremento diamétrico y basimétrico, entre los dos sitios comparables (Q_2 y Q_5), en los cuales se puede mencionar, que no existen diferencias notables, en las distintas clases que comparten, no obstante, se observa una ligera tendencia superior en los individuos que se encuentran en Q_5, y aquí se añade, que, el único grupo de comparación esta en los individuos sin tratamiento, puesto que en la Q_2 existen individuos con esta condición (Figura 16 a y b).

En donde sí se puede observar una gran diferencia es en la clase de (10 – 20) cm, en la cual, es mayor el incremento diamétrico y basimétrico en Q_5, sin embargo no se puede determinar concluyente, ya que en Q_2, solo existe un individuo en presencia de esta clase diamétrica (ver cuadro 12).

5.3.2.4 Clase diametral del fuste en *Nectandra membranacea*

Así el análisis de varianza con factores clase diamétrica, tratamiento y quebrada resultó ser no significante en incremento diamétrico y altamente significante sobre incremento basimétrico (Cuadro 10).

Al no encontrar diferencia estadística en el incremento diamétrico, se puede acotar que aquí la única clase en donde se puede observar una diferencia de incrementos con respecto de las demás, es en la última clase, (40 – 50) cm.

Al hacer un análisis minucioso, mediante los contrastes univariados, se obtiene que el efecto significante se encuentra en el grupo en los individuos sin tratamiento de Q_2 (Apéndice 34); siendo la última clase, mencionada en el anterior párrafo, la que establece diferencias estadísticas significativas con respecto de las demás (Apéndice 33), cuyo incremento basimétrico es mayor que las demás clases en individuos sin tratamiento, al ser estos los únicos que forman parte de la clase diamétrica 40-50 cm.

También podemos observar que en los individuos sin tratamiento, en Q_2, el incremento diamétrico, aumenta a medida que la clase diamétrica asciende; no así en los individuos de Q_3 y Q_5 (Figura 17).

a. Tratamiento

Este factor determinó no ser significante en los incrementos diamétrico ni basimétrico debido a que no existe significancia en la interacción clase diamétrica tratamiento. (Cuadro 10).

b. Quebrada

Este factor al igual que el tratamiento no encontró diferencias significativas en los incrementos diamétrico y basimétrico (Cuadro 10), pese a ello se observa que tanto en los individuos con tratamiento como los que no lo tienen, el incremento diamétrico y basimétrico es mayor en Q_5 con respecto de Q_3 (Figura 17 a y b).

a) b)

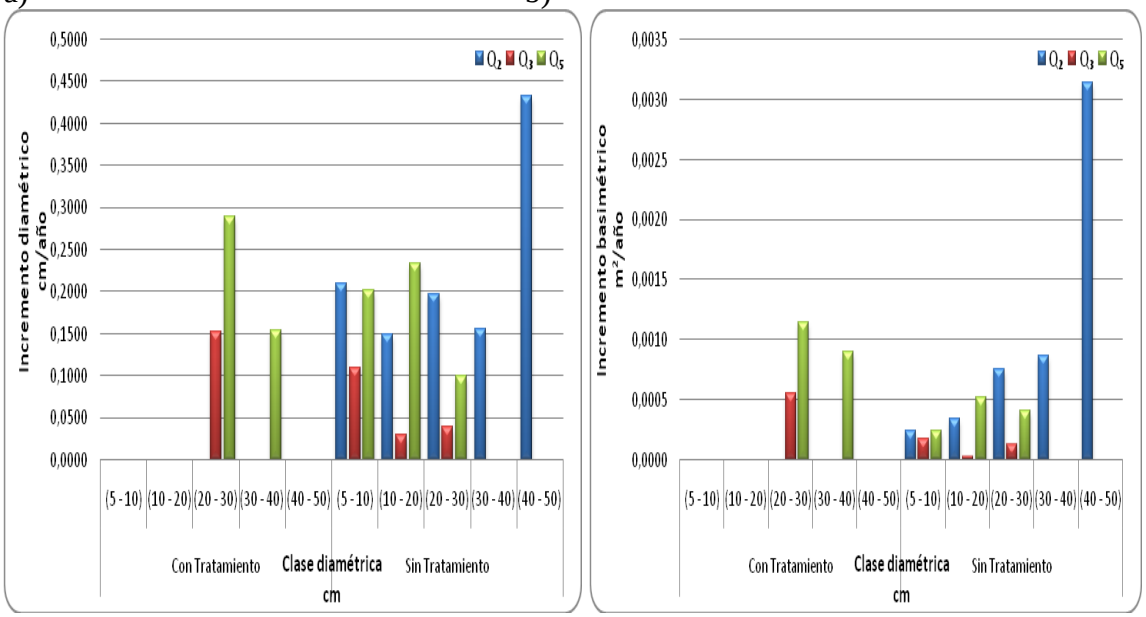


Figura 17 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*.

5.3.2.5 Clase diametral del fuste en *Hyeronima asperifolia*

Luego del análisis de varianza con factores clase diametral del fuste, tratamiento y quebrada) se establece que el factor clase diamétrica, es altamente significante en el incremento basimétrico y no significante en el incremento diamétrico (Cuadro 10)

Al especificar mediante los contrastes univariados, se determina que para el caso del incremento basimétrico, en Q_5, tanto en individuos con tratamiento como lo que no lo tienen, hay efectos significantes del factor clase diamétrica (Apéndice 46), encontrando que la clase diamétrica que establece diferencias es la clase (20 - 30) cm con la clase (40 – 50) cm, para el caso de individuos con tratamiento, y la clase (5- 10) cm con respecto de las demás para el caso de los individuos sin tratamiento (Apéndice 45), En la penúltima clase (40 – 50 cm), empieza a descender el incremento basimétrico tanto para los individuos con tratamiento como para los que no lo tienen (Figura 18b), contrario a Q_2, ya que el incremento basimétrico fue indiferente a la clase diamétrica.

En el incremento diamétrico, al no haber efectos estadísticos del análisis de varianza, no se pudo evidenciar diferencias del factor clase diamétrica por tratamiento y por sector, sin embargo podemos mencionar que en Q_2, hay una diferencia de incremento.

a. Tratamiento

Al no observar efecto del factor quebrada, se indica que a lo largo de todas las clases diamétricas no se observa diferencias notorias entre tratamientos, ya sea para el incremento diamétrico como para el incremento basimétrico (Figura 18 a y b).

b. Quebrada

Este factor no es significante en el incremento diamétrico y basimétrico, pero para los individuos sin tratamiento se puede decir que en Q_5 los incrementos diamétrico y basimétrico, son ligeramente mayores respecto de Q_2, en todas las clases que comparten (Figura 18 a y b).

a) b)

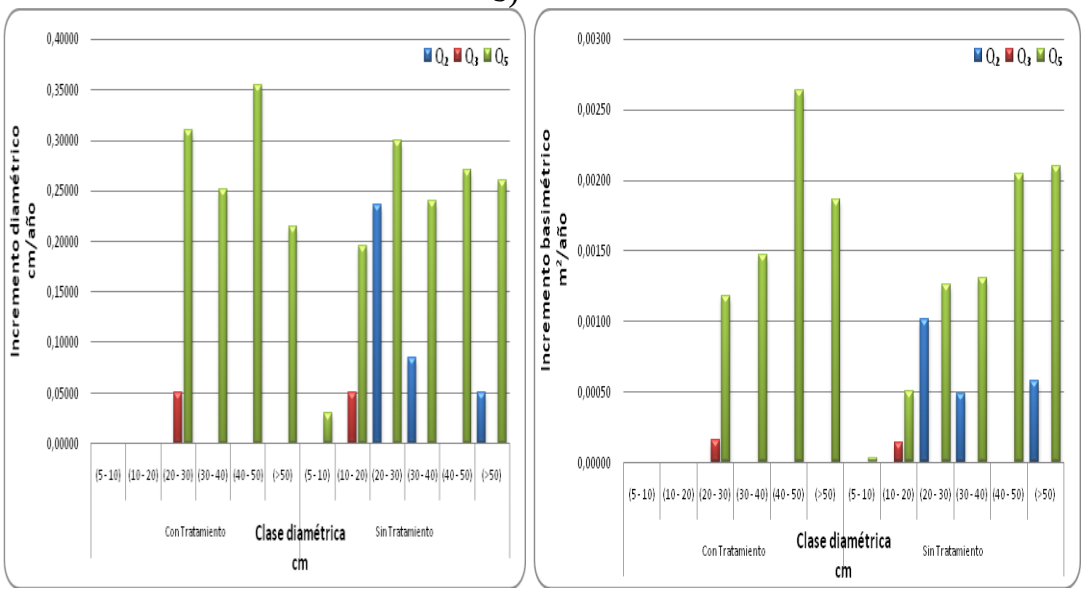


Figura 18 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia*

5.3.2.6 Clase diametral del fuste en *Hyeronima moritziana*

El análisis de varianza con tres factores demostró no ser efectivo en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10).

a. Tratamiento.

No hay efectos significantes del factor tratamiento en el incremento diamétrico, así como tampoco para el incremento basimétrico (Cuadro 10). Sin embargo en este último incremento se observa que en los individuos con tratamiento es mayor, en las clases que comparten con los individuos sin tratamiento (Figura 19b).

b. Quebrada

Este factor no encontró diferencias estadísticas significativas en el incremento diamétrico y basimétrico, en donde al observar las figuras podemos decir que en Q_2 se encuentran mejores incrementos, en la mayoría de las clases diamétricas (Figura 19 a y b).

a) b)

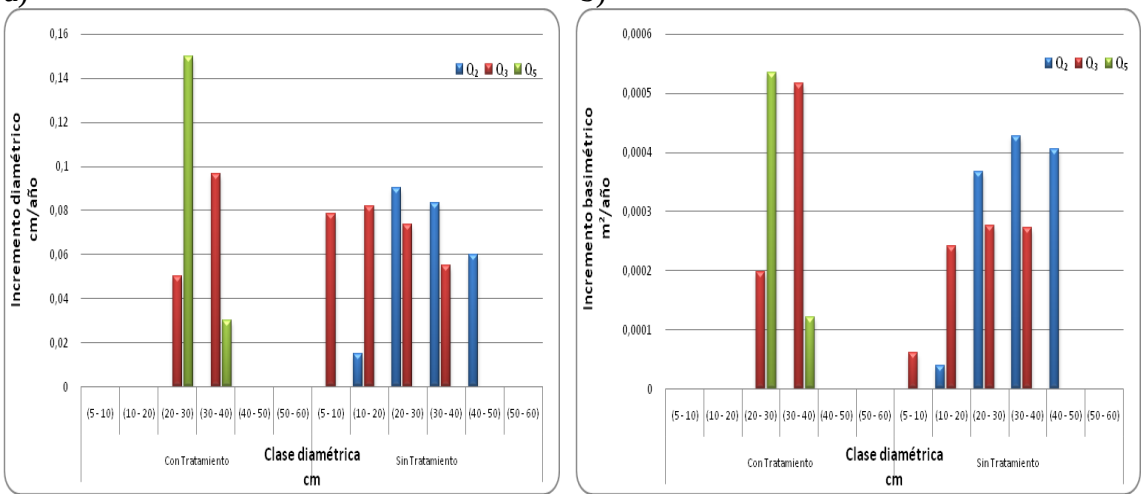


Figura 19. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*.

5.3.2.7 Clase diametral del fuste en *Clusia ducuoides*

Al evaluar esta variable en el incremento diamétrico y basimétrico no demostraron influencia de la clase diamétrico en el crecimiento, sin embargo se que los individuos tratados mantienen tasas de crecimiento superiores con respectos a los individuos de referencia

a) b)

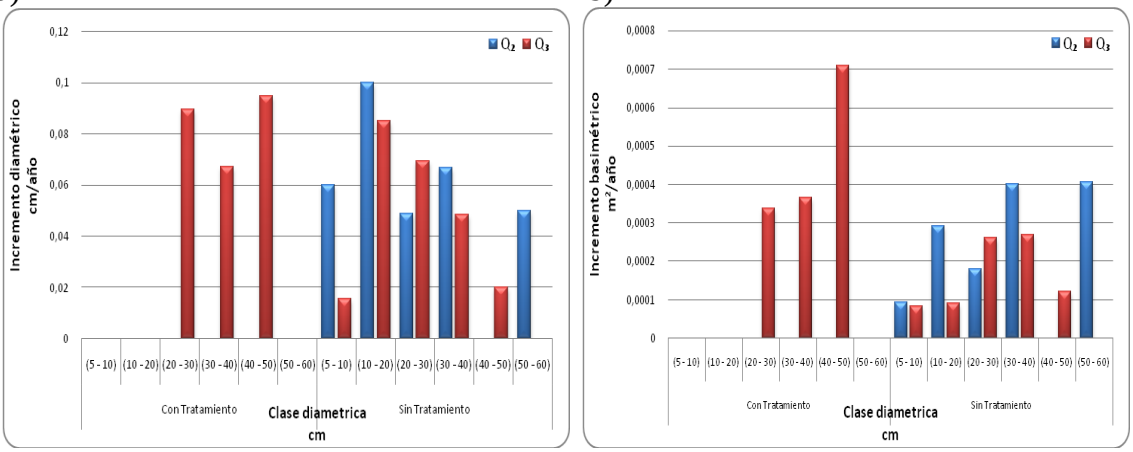


Figura 20. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides*.

5.3.2.8 Clase diametral del fuste en *Podocarpus oleifolius*

El análisis de varianza Kruskall Wallis determina el efecto de la clase diamétrica sobre el incremento basimétrico (Cuadro 9), y se encuentra en los individuos con tratamiento de Q_3 (Apéndice 60).

a) b)

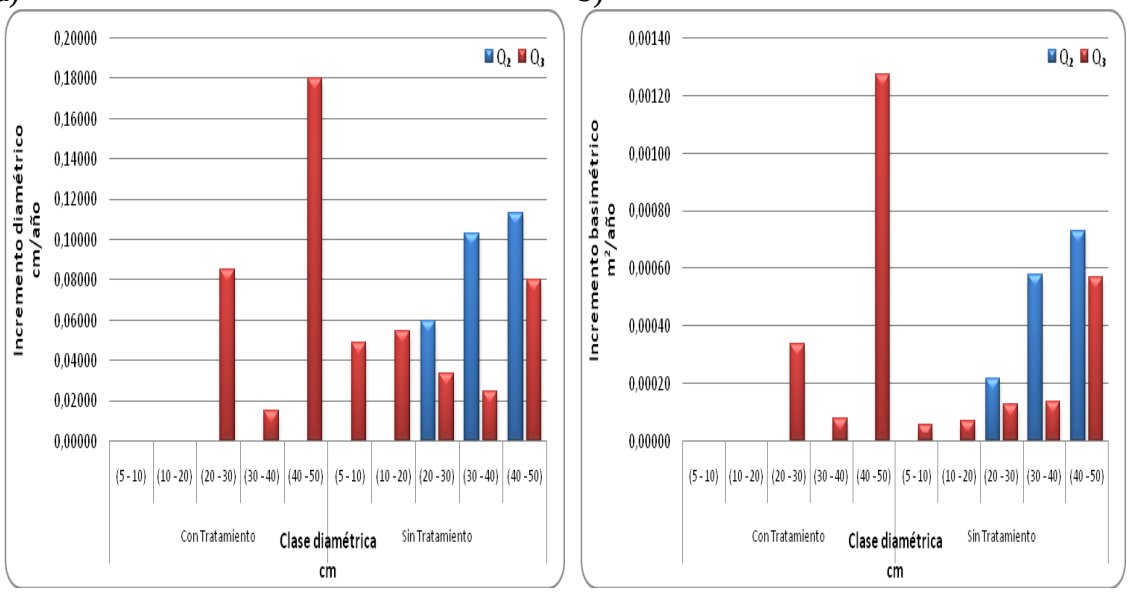


Figura 21. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por clase diametral del fuste y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius*.

5.3.2.9 Clase diametral del fuste en *Ficus citrifolia*

El factor clase diamétrica no indica efectos significantes dentro de la especie, en el incremento diamétrico como tampoco en el basimétrico (Cuadro 10). Pero también se puede señalar que en el caso del incremento diamétrico no se observan diferencias considerables entre clases a excepción de la primera clase diamétrica y la ultima en donde el incremento diamétrico es menor en estas dos clases mencionadas.

Cuadro 12. Incremento diamétrico y basimétrico de la clase diamétrica por tratamiento y quebrada de las especies de estudio

Sitio	Tratamiento	Clase diamétrica	*Cedrela montana*			*Tabebuia chrysantha*			*Inga acreana*			*Nectandra membranacea*			*Hyeronima asperifolia*			*Hyeronima moritziana*			*Clusia ducuoides*			*Podocarpus oleifolius*		
			N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año
Q_2	ST	5 - 10				4	0,14	0,0002	3	0,20	0,0003	2	0,21	0,0003							1	0,06	0,00009			
		10 - 20				5	0,05	0,0001	1	0,06	0,0001	4	0,15	0,0003				2	0,01	0,00003	1	0,10	0,0003			
		20 - 30	6	0,42	0,0016	9	0,16	0,0007	12	0,22	0,0009	16	0,19	0,0008	8	0,23	0,00101	6	0,09	0,00036	8	0,04	0,0001	2	0,06	0,00022
		30 - 40	1	0,10	0.0005	9	0,14	0,0008	2	0,04	0,0002	9	0,15	0,0009	4	0,08	0.00049	3	0,08	0,00042	3	0,06	0,0004	3	0,10	0,00058
		40 - 50				5	0,13	0,0009				3	0,43	0,0031				1	0,06	0,00040	2	0,05	0,0004	3	0,11	0,00073
		50 - 60				2	0,16	0,0013							2	0,05	0.00058									
Q_3	CT	20 - 30										5	0,15	0,0006	1	0,05	0.00016	11	0,05	0,00019	20	0,09	0,0003	12	0,08	0,00033
		30 - 40																3	0,09	0,00051	11	0,06	0,00036	2	0,01	0,00007
		40 - 50																			2	0,10	0,00071	1	0,2	0,00127
	ST	5 - 10										2	0,11	0,0002				7	0,07	0,00006	7	0,01	0,00008	10	0,05	0,00005
		10 - 20										2	0,03	0,0000	1	0,05	0.00014	6	0,08	0,0002	6	0,08	0,00009	4	0,06	0,00007
		20 - 30										1	0,04	0,0001				6	0,07	0,0002	24	0,06	0,00026	5	0,03	0,00012
		30 - 40				1	0,18	0,0010										2	0,055	0,0002	7	0,05	0,00027	2	0,02	0,00014
		40 - 50																			1	0,02	0,00012	1	0,08	0,00057
Q_5	CT	20 - 30	13	0,32	0,001	3	0,12	0,0005	14	0,53	0,0022	10	0,29	0,0012	10	0,31	0,00118	2	0,15	0,00053						
		30 - 40	6	0,21	0,0011	13	0,07	0,0004	1	0,17	0,0010	2	0,15	0,0009	7	0,25	0,00147	1	0,03	0,00012						
		40 - 50	2	0,40	0,0029	14	0,08	0,0005							6	0,35	0,00264									
		50 - 60				8	0,16	0,0013*							4	0,21	0,00186									
		>60				4	0,10	0,0010																		
	ST	5 - 10	2	0,18	0,0000*	4	0,03	0,0000	5	0,13	0,0001	10	0,20	0,0002	6	0,03	0.00003									
		10 - 20	12	0,37	0,0008*	1	0,06	0,0001	3	0,20	0,0004	7	0,23	0,0005	7	0,19	0.0005									
		20 - 30	12	0,49	0,0027	1	-0.03	-0,0001	4	0,23	0,0009	5	0,10	0,0004	6	0,30	0,00126									
		30 - 40	3	0,47	0,0026	2	0,03	0,0001							2	0,24	0,00131									
		40 - 50				5	0,05	0,0004							2	0,27	0,00204									
		50 - 60				3	0,04	0,0004							1	0,26	0,00210									
		>60				2	0,01	0,0000																		
TOTAL		5 - 10	2	0,18	0.00001	8	0,08	0,0001	8	0,16	0,0002	14	0,19	0,0002	6	0,03	0.00003	7	0,08	0,00006	8	0,02	0,00008	10	0,05	0,00005
		10 - 20	12	0,37	0.00086	6	0,05	0,0001	4	0,17	0,0004	13	0,18	0,0004	8	0,17	0.00045	8	0,06	0,00019	7	0,09	0,00012	4	0,06	0,00007
		20 - 30	31	0,40	0,0019	13	0,14	0,0006	30	0,36	0,0015	37	0,20	0,0008	25	0,27	0,00110	25	0,07	0,00028	52	0,07	0,00027	19	0,07	0,0002
		30 - 40	10	0,28	0,0016	25	0,10	0,0005	3	0,09	0,0005	11	0,15	0,0009	13	0,20	0,00114	9	0,07	0,00038	21	0,06	0,00033	7	0,05	0,0003
		40 - 50	2	0,40	0,0029	24	0,09	0,0006				3	0,43	0,0031	8	0,33	0,00249	1	0,06	0,0004	3	0,07	0,00051	5	0,12	0,0008
		50 - 60				13	0,13	0,0011							7	0,17	0,00153				2	0,05	0,00040			
		>60				6	0,07	0,0006																		
		Total	57	0,37	0,0016	95	0,10	0,0005	45	0,29	0,0011	78	0,19	0,0007	67	0,22	0,00115	50	0,07	0,00025	93	0,07	0,00027	45	0,07	0,0002

5.3.3 Análisis de Datos por Forma de Copa

5.3.3.1 Forma de copa en *Cedrela montana*

Después del análisis de varianza, se demuestra que la forma de copa no es significativa en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10). Sin embargo al hacer un análisis de contrastes por sitio y por tratamiento del efecto del factor forma de copa (Apéndice 12), se halló influencia en Q_5 en los individuos sin tratamiento p=0.016, esto para el incremento basimétrico; encontrándose diferencias significativas (comparación de medias ajustadas) entre la forma de copa buena con respecto de la tolerable (Apéndice 13), siendo mayor el incremento en forma de copa buena con respecto a las demás (Figura 22b y Cuadro 13), A esto hay que añadir que la interacción forma de copa por tratamiento, es significativa para el incremento diamétrico (cuadro 10) esto quiere decir que en las dos formas de copa que comparten es mayor en los individuo sin tratamiento con respecto de los que se les aplicó el mismo, de igual manera en las dos formas de copa (Figura 22a).

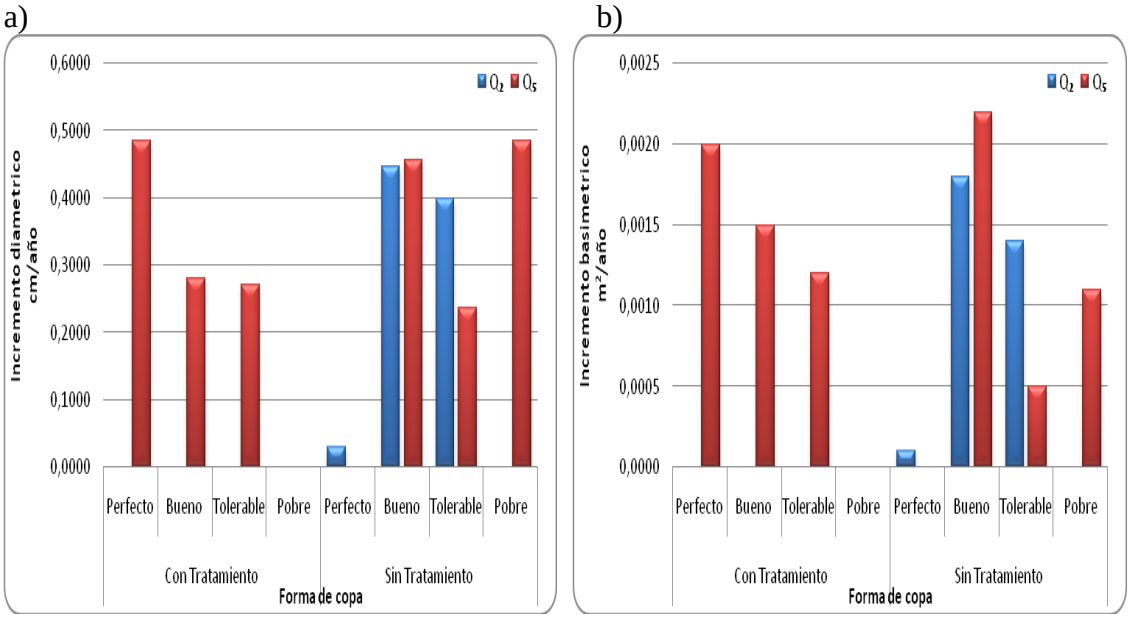


Figura 22. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los dos sitios de estudio de la especie *Cedrela montana*.

a. Tratamiento

A este factor se lo halló no significativo en los incrementos diamétricos (p=0.357) e incremento basimétrico (p=0.419) después del análisis de varianza aplicado (Cuadro 10).

Un análisis de contrastes demostró que el factor tratamiento es significante sobre el incremento diamétrico en la Q_5, bajo formas de copa buena (Apéndice 14), cuyo incremento diamétrico es mayor en los individuos sin tratamiento (Figura 22a).

El factor quebrada no tuvo efectos significantes en el crecimiento de la especie.

5.3.3.2 Forma de copa en *Tabebuia chrysantha*

El factor forma de copa es significativo para el incremento diamétrico p= 0.008 y altamente significativo en el incremento basimétrico (análisis de varianza Kruskall Wallis). Sin embargo, se determinó que no hay efectos significativos por sitios y por tratamientos (Apéndice 24), lo cual llevaría a la conclusión; de que existe significancia del factor forma de copa cuando se considera todos los sitios y todos los individuos y no así al diferenciar por sitio y por tratamiento.

a) b)

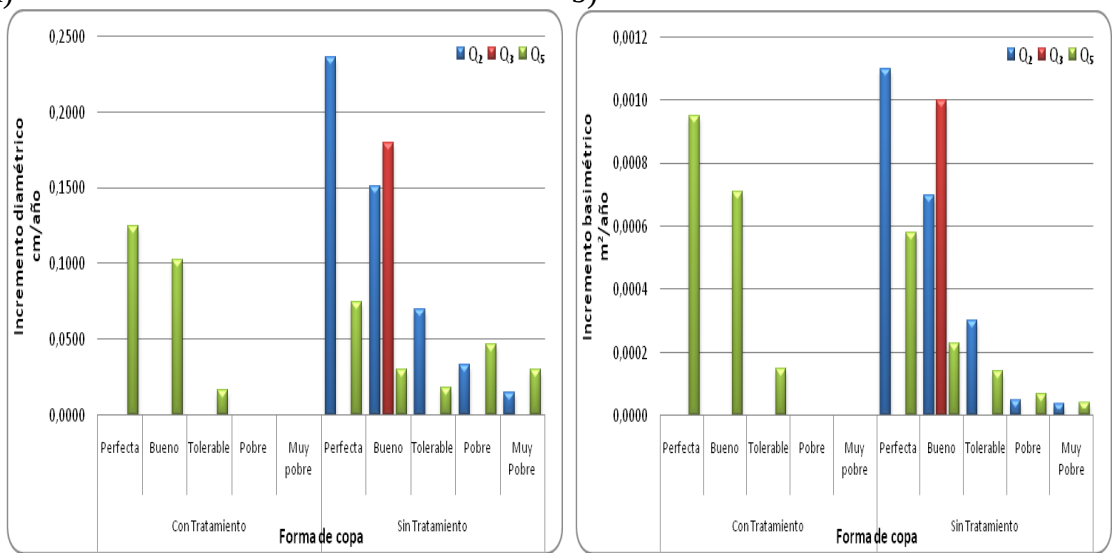


Figura 23 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha.*

Al observar la figura 23, tanto para incremento diamétrico y basimétrico, el incremento es mayor bajo las formas de copa perfecta y buena, en la Q_5 y Q_2, así como también en individuo con tratamiento y sin tratamiento; añadiendo que los incrementos diamétrico y basimétrico son mayores en Q_2 sobre Q_5 (Cuadro 13), esto en individuos sin tratamiento ya que para esta quebrada como se ha señalado varias veces, existe solo este grupo; y en cuanto individuos con tratamiento versus sin tratamiento el incremento es ligeramente mayor en el primer grupo mencionado, esto para la Q_5 (única quebrada donde se puede comparar el factor tratamiento); reafirmando la premisa anterior en el presente acápite, que cuando mejor es su copa mayor su incremento.

5.3.3.3 Forma de copa en *Inga acreana*

Al someter a un análisis de varianza con factores forma de copa, tratamiento quebrada, este demuestra que no es significante el factor forma de copa en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10).

a. Tratamiento

Luego del análisis de la varianza con tres factores, se determina que el factor tratamiento es altamente significante en el incremento diamétrico (Cuadro 10); es decir, que en los individuos con tratamiento existe un mayor incremento que en los de referencia, (Figura 24a), El grupo en donde se demuestra tal premisa, es los de forma de copa pobre, en Q_5 (Apéndice 29),

Los individuos en presencia de forma de copa perfecta, solo se encuentran en el grupo con tratamiento (Cuadro 13), lo que indica que no se pudo establecer diferencias significantes, confirmando así el no ser concluyente para estos individuos.

b. Quebrada

Este factor no fue significante en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10). No se encuentra diferencias entre las dos quebradas en estudio (Figura 24).

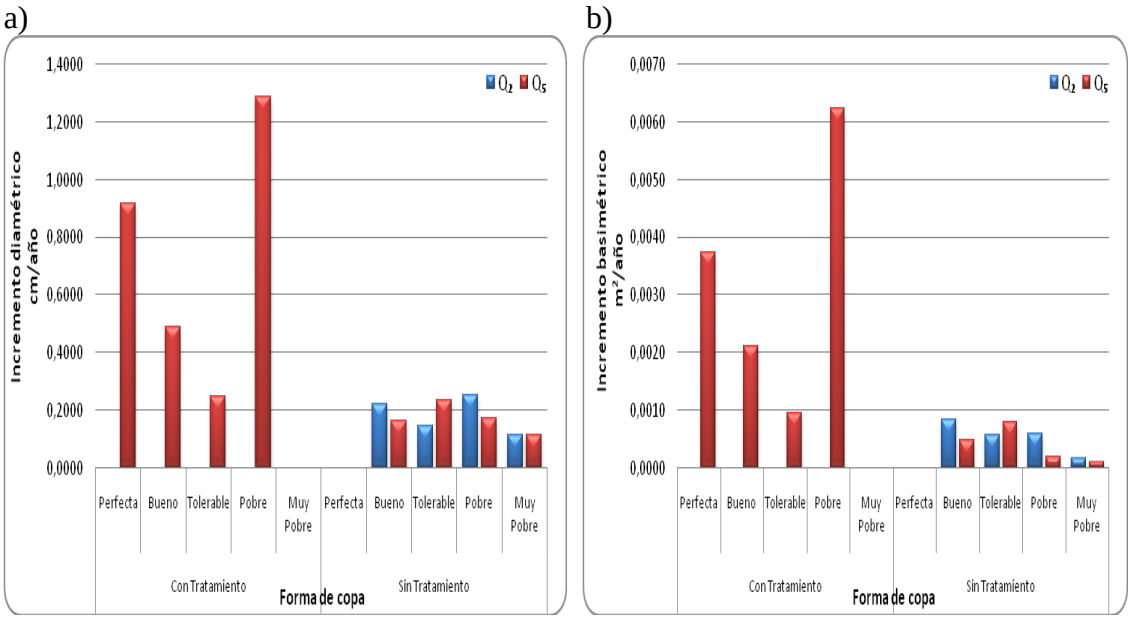


Figura 24 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana*.

5.3.3.4 Forma de copa en *Nectandra membranácea*

El análisis de varianza, factor forma de copa tratamiento y quebrada, indica no ser significante para incremento diamétrico como basimétrico.

Al hacer el análisis de los contrastes univariados, tenemos que el grupo que marca efectos significantes, se encuentra en los individuos sin tratamiento en Q_5, esto en lo que se refiere a incremento diamétrico (Apéndice 36), es decir, que el incremento diamétrico es mayor en forma de copa buena con respeto de la forma de copa pobre (Apéndice 35 y figura 25a), lo que no sucede en el incremento basimétrico, ya que este grupo, mantiene escasa diferencia entre formas de copa, en los individuos sin tratamiento para Q_5 (Figura 25 a y b).

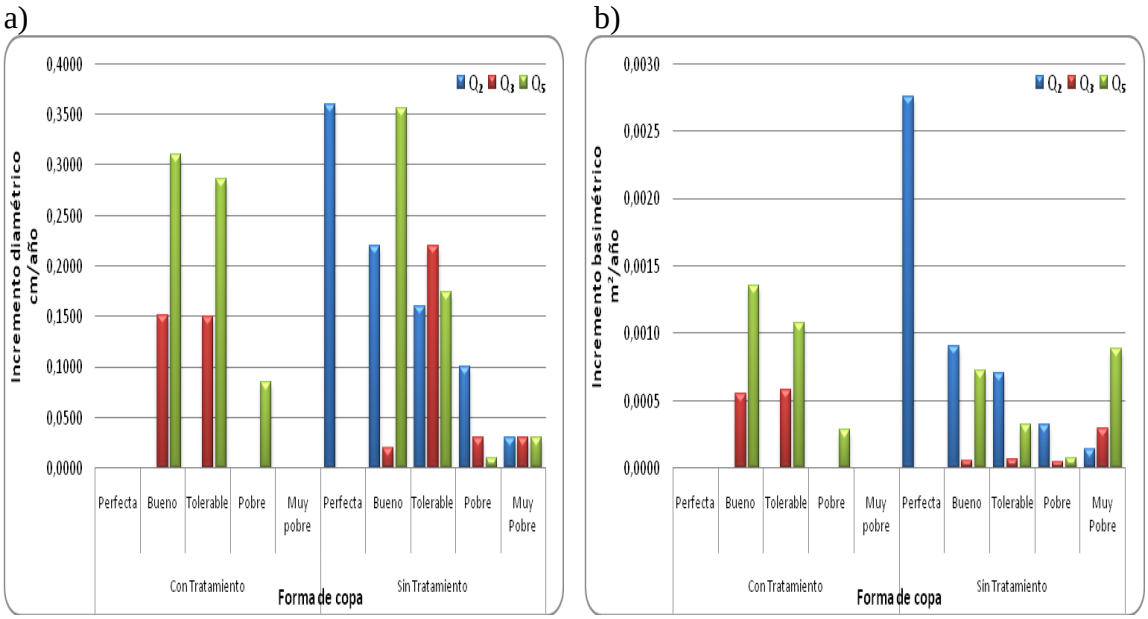


Figura 25 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*

a. Tratamiento

El análisis de varianza demostró que no hay efectos significantes de este factor en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10), pese a esto se observa que para el incremento basimétrico los individuos de Q_3, presentan mayores incrementos los que están con tratamiento por sobre los que no se aplicó tratamiento, y no así en Q_5 y Q_2 en donde no son tan notarios las diferencias entre tratamientos (Figura 25 a y b).

b. Quebrada

En lo que tiene que ver con el factor quebrada el análisis de varianza resultó ser significante para el incremento basimétrico p=0,013. Luego con los contrastes univariados se identifica que el factor quebrada es significante en presencia de forma de copa buena en los individuos que no poseen tratamiento, siendo mayor el incremento basimétrico en la Q_5 que en las demás quebradas (Apéndice 37).

5.3.3.5 Forma de copa en *Hyeronima asperifolia*

El análisis de varianza con factores (forma de copa, tratamiento, quebrada) determina que forma de copa no es significante en el incremento diamétrico y basimétrico. (Cuadro 10).

a. Tratamiento

Este factor luego del análisis varianza univariado resulta no ser efectivo en el incremento diamétrico y basimétrico de la especie. No se puede distinguir diferencias entre tratamiento en Q_5, (sector donde se compara el tratamiento).

b. Quebrada

El análisis de varianza en este factor, establece que no hay diferencias estadísticas (cuadro 10), pero tanto en incremento diamétrico como basimétrico los individuos en presencia de formas de copa pobre y muy pobre, y sin tratamiento, se observa que es mayor en Q_2 que en Q_5 (Figura 26 a y b).

a) b)

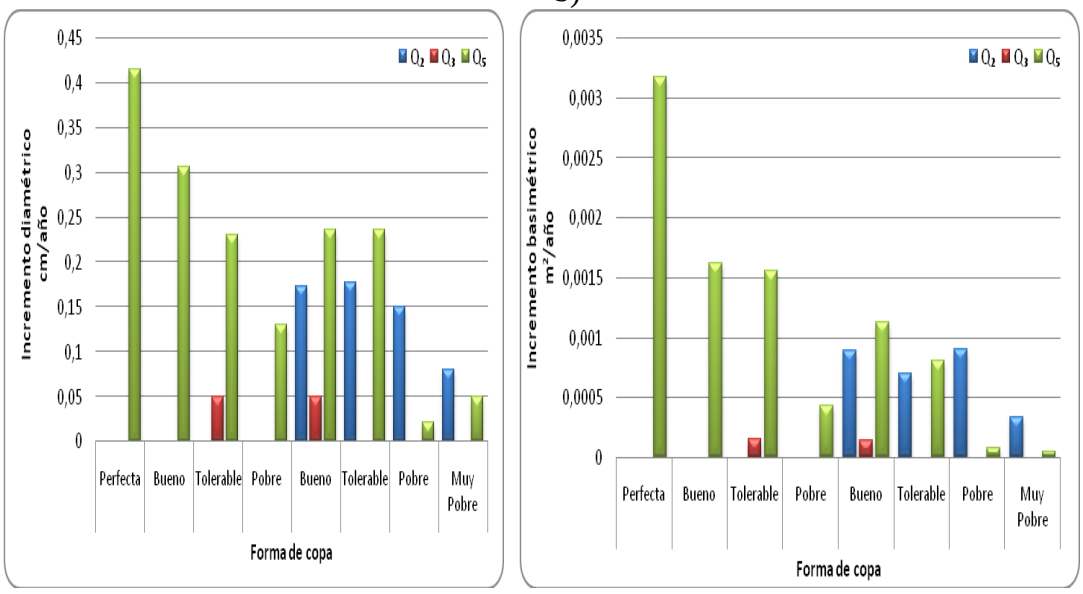


Figura 26. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia*

5.3.3.6 Forma de copa en *Hyeronima moritziana*

El análisis de varianza demostró que este factor no es significativo en el incremento diamétrico ni basimétrico (Cuadro 10). En el incremento basimétrico el análisis de varianza realizado, encontró que la interacción forma de copa tratamiento, es efectiva tanto en incremento diamétrico como en basimétrico esto significa que en los individuos sin tratamiento es mayor el incremento a medida que la forma de copa es considerablemente mejor.

Los contrastes univariados encontraron efectos de la forma de copa en los individuos con tratamiento de Q_3, en el incremento basimétrico (Apéndice 51); la forma de copa buena es en donde se encuentran diferencias estadísticas con respecto de forma de copa perfecta y tolerable (Apéndice 52), pero al individuo de forma de copa perfecta no se lo considera, por tratarse tan solo del único representante (Cuadro 13).

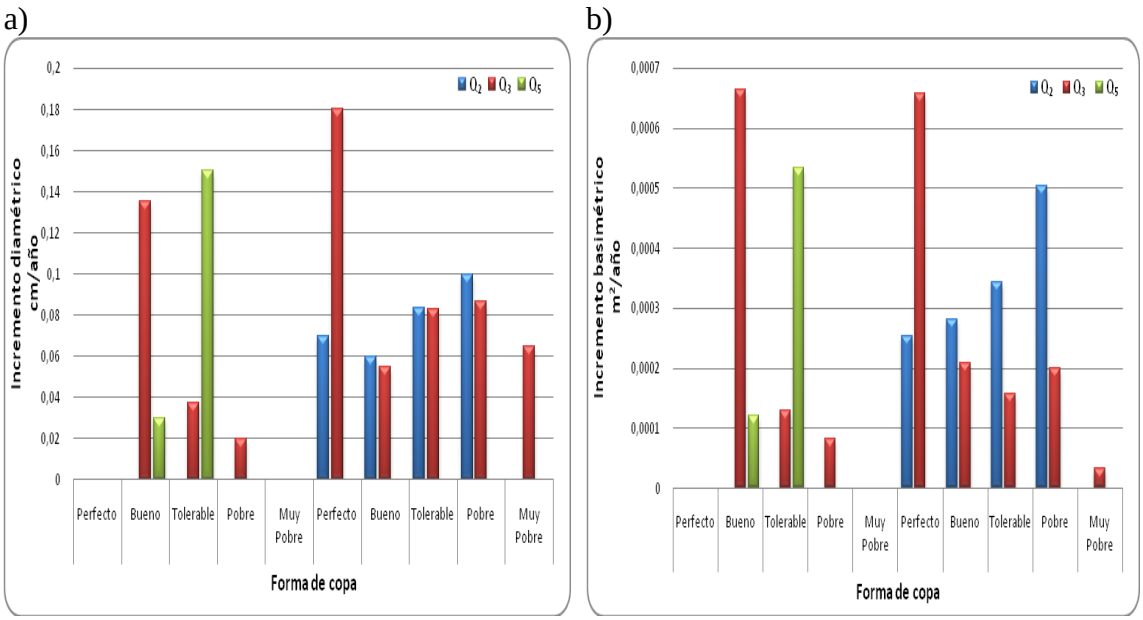


Figura 27. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*.

a. Tratamiento

En este factor no hay efectos significantes en el análisis de varianza, pero al señalar que en la interacción forma de copa tratamiento hay efectos, tanto en incremento diamétrico como para basimétrico (Cuadro 10), se establece que son los individuos de Q_3 en presencia de forma de copa perfecta y buena en donde encuentra diferencias estadísticas (Apéndice 53).

b. Quebrada

No hay efectos significantes del factor, así como tampoco se observa diferencias notorias en el incremento diamétrico, a excepción de los individuos en presencia de forma de copa perfecta, ya que es mayor el incremento en los individuos de Q_3 con respecto de Q_2 en presencia de la copa señalada (Figura 27a).

5.3.3.7 Forma de copa en *Clusia ducuoides*

Esta variable fue significativo dentro del análisis Kruskall Wallis, tanto en incremento diamétrico como en incremento basimétrico (cuadro 9), Sin embargo al hacer un análisis de tratamiento y por sitio, (Apéndice 55), se observa que en los individuos con tratamiento hay efectos del factor forma de copa, dentro de los cuales los individuos con formas de copa pobre son los que establecen las diferencias (Figura 28b).

5.3.3.8 Efecto de la forma de copa en *Ficus citrifolia*

Un análisis de varianza demostró que el factor forma de copa no es significante en el incremento diamétrico y basimétrico, pero cabe señalar que el incremento aumenta, en relación que se considere una mejor forma de copa.

a) b)

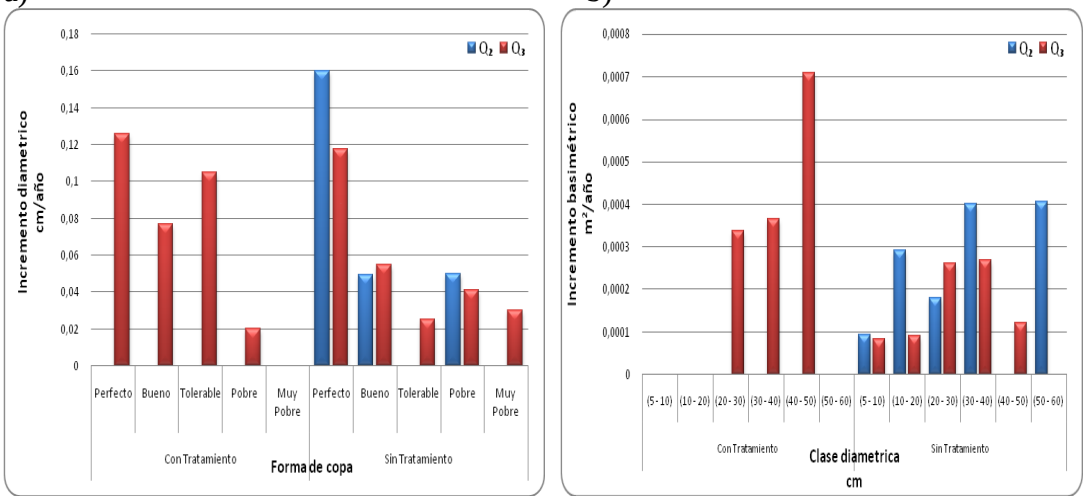


Figura 28 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides*.

5.3.3.9 Forma de copa en *Podocarpus oleifolius*

Luego del análisis de varianza con modelo irrestricto al azar con factores forma de copa, tratamiento y quebrada demostraron la falta de evidencia estadística en el incremento diamétrico y basimétrico de factor forma de copa

a) b)

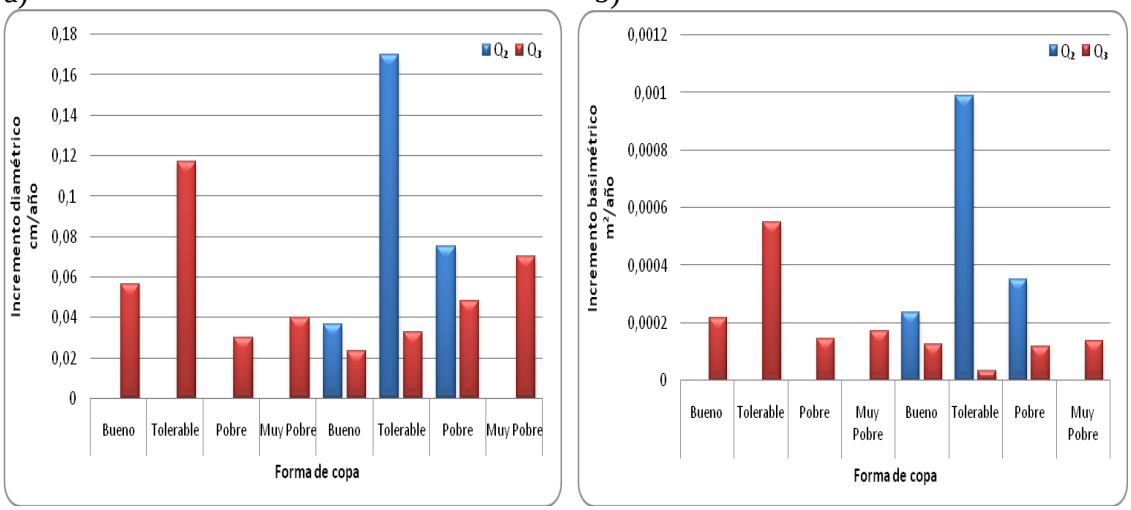


Figura 29. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por forma de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius*.

Cuadro 13. Incremento diamétrico y basimétrico de la forma de copa por tratamiento y quebrada de las especies de estudio

Sitio	Tratamiento	Forma de copa	*Cedrela montana*			*Tabebuia chrysantha*			*Inga acreana*			*Nectandra membranacea*			*Hyeronima asperifolia*			*Hyeronima moritziana*			*Clusia ducuoides*			*Podocarpus oleifolius*		
			N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año
Q_2	ST	Perfecta	1	0,03	0.0001	3	0,24	0,0011				2	0,36	0,0028				1	0,07	0,0003	1	0,16	0,0009			
		Buena	5	0,45	0,0018	24	0,15	0,0007	8	0,22	0,0009	20	0,22	0,0009	8	0,17	0.00089	6	0,06	0,0003	12	0,05	0,0002	3	0,04	0,0002
		Tolerable	1	0,40	0,0014	2	0,07	0,0003	6	0,15	0,0006	10	0,16	0,0007	4	0,18	0.00070	3	0,08	0,0003				3	0,17	0,0010
		Pobre				3	0,03	0,0000	2	0,26	0,0006	1	0,10	0,0003	1	0,15	0.00091	2	0,10	0,0005	2	0,05	0,0002	2	0,08	0,0004
		Muy pobre				2	0,02	0,0000	2	0,12	0,0002	1	0,03	0,0001	1	0,08	0.00034									
Q_3	CT	Perfecta																1	0,00	0,0000	5	0,13	0,0007			
		Buena										4	0,15	0,0006				4	0,14	0,0007	21	0,08	0,0003	6	0,06	0,0002
		Tolerable										1	0,15	0,0006	1	0,05	0.00016	7	0,04	0,0001	4	0,11	0,0004	7	0,12	0,0006
		Pobre																2	0,02	0,0001	3	0,02	0,0001	1	0,03	0,0002
		Muy pobre																						1	0,04	0,00017
	ST	Perfecta																1	0,18	0,0007	8	0,12	0,0005			
		Buena				1	0,18	0,0010				2	0,02	0,0001	1	0,05	0.00014	8	0,06	0,0002	20	0,06	0,0002	3	0,02	0,0001
		Tolerable										1	0,22	0,0001				7	0,08	0,0002	4	0,03	0,0001	4	0,03	0,0000
		Pobre										1	0,03	0,0001				3	0,09	0,0002	11	0,04	0,0001	11	0,05	0,0001
		Muy pobre										1	0,03	0,0003				2	0,07	0,0000	2	0,03	0,0000	4	0,07	0,0001
Q_5	CT	Perfecta	2	0,49	0,0020	13	0,12	0,0010	2	0,92	0,0037				2	0,42	0,0032									
		Buena	14	0,28	0,0015	23	0,10	0,0007	6	0,49	0,0021	7	0,31	0,0014	18	0,31	0,0016	1	0,03	0,0001						
		Tolerable	5	0,27	0,0012	6	0,02	0,0002	6	0,25	0,0010	3	0,29	0,0011	6	0,23	0,0016	2	0,15	0,0005						
		Pobre							1	1,29	0,0062	2	0,09	0,0003	1	0,13	0.00043									
	ST	Perfecta				2	0,08	0,0006																		
		Buena	21	0,46	0,0022*	7	0,03	0,0002	2	0,17	0,0005	6	0,36	0,0007	13	0,24	0,0011									
		Tolerable	5	0,24	0.0005	5	0,02	0,0001	5	0,24	0,0008	11	0,18	0,0003	6	0,24	0.00081									
		Pobre	3	0,49	0.0011	3	0,05	0,0001	2	0,18	0,0002	3	0,01	0,0001	4	0,02	0.00008									
		Muy pobre				1	0,03	0,0000	3	0,12	0,0001	2	0,03	0,0009	1	0,05	0.00005									
TOTAL		Perfecta	3	0,33	0,0014	18	0,14	0,0009	2	0,92	0,0037	2	0,37	0,0028	2	0,42	0,0032	3	0,08	0,0003	14	0,12	0,0006			
		Buena	40	0,39	0,0019	55	0,12	0,0007	16	0,31	0,0013	39	0,24	0,0009	40	0,25	0,0013	19	0,07	0,0003	53	0,06	0,0003	12	0,04	0,0002
		Tolerable	11	0,27	0.0010	13	0,03	0,0002	17	0,21	0,0008	26	0,18	0,0006	17	0,21	0,0010	19	0,07	0,0002	8	0,07	0,0003	14	0,10	0,0005
		Pobre	3	0,49	0.0011	6	0,04	0,0001	5	0,43	0,0016	7	0,05	0,0001	6	0,06	0.00028	7	0,07	0,0003	16	0,04	0,0001	14	0,05	0,0002
		Muy pobre				3	0,02	0,0000	5	0,12	0,0001	4	0,03	0,0002	2	0,07	0.00020	2	0,07	0,0000	2	0,03	0,0000	5	0,06	0,0002
		Total	57	0,37	0,0016	95	0,10	0,0006	45	0,29	0,0011	78	0,20	0,0007	67	0,22	0,0012	50	0,07	0,0003	93	0,07	0,0003	45	0,07	0,0003

ST: Sin tratamiento
CT: Con tratamiento
* : Significancia (nivel 0,05)
ID: Incremento diamétrico
IB: Incremento basimétrico

5.3.4 Análisis de Datos por *Diámetro de Copa*

5.3.4.1 Diámetro de copa en *Cedrela montana*

Los resultados luego del análisis de varianza con factores (diámetro de copa, tratamiento y quebrada), indican que el factor diámetro de copa, es significativo sobre el incremento diamétrico (p= 0.011), y altamente significativo para el incremento basimétrico p= 0.000 (Cuadro 10).

En consecuencia a lo señalado, al hacer un análisis de contrastes, se encontró que en la Q_5, los individuos sin tratamiento el factor clase de diámetro es influyente en el incremento basimétrico (p= 0.000); no así para el incremento diamétrico (p = 0,077), se señala también que en el sitio Q2 (solo individuos sin tratamientos) no hay evidencia estadística de la clase de diámetro de copa que comparten (Apéndice 17).

En los individuos sin tratamiento en Q5, el incremento basimétrico, diámetros de copa entre 0 a 2,5m presentan diferencias estadísticas con el resto de clases de diámetro de copa, así los diámetros de copa de clase 10 – 12,5 m presentan mayores incrementos basimétrico (Figura 30b y Cuadro 14). Se mantiene la figura que el incremento basimétrico aumenta a medida que asciende la clase de diámetro de copa. En cambio los individuos con tratamiento no demuestran significancia, pese a ello, se encontraron diferencias de medias, entre las clases de diámetro de copa (2,5 – 5) m con la clase 10 – 12,5 m (Apéndice 16) donde el incremento basimétrico es mayor en la última clase mencionada (Figura 30b).

En Q_5, el factor diámetro de copa, no fue significativo estadísticamente, en el incremento diamétrico; sin embargo al hacer una comparación de medias ajustadas se encontró, que la clase 0 – 2,5 m de diámetro de copa tiene diferencias significativas con el resto de clases con excepción (Apéndice 15); siendo por mucho, menor, el incremento diamétrico, en la primera clase mencionada con respecto de las demás (Figura 30a).

a. Tratamiento

El análisis de varianza con modelo (factores; diámetro de copa, tratamiento y quebrada), demostró que el tratamiento es significativo en el incremento diamétrico; y no significativo en el incremento basimétrico (Cuadro 10). El factor tratamiento en Q_5 se distingue en la clase 2,5 – 5 m de diámetro de copa (contrastes univariados por tratamiento); clase en la que se presenta una significancia estadística p= 0.030, sobre el incremento diamétrico (Apéndice 18);

b. Quebrada

El análisis de varianza con factor quebrada sobre diámetro de copa no fue significativo en el incremento diamétrico e incremento basimétrico (Cuadro 10) en las tres únicas clases de diámetro de copa en las que se pudo comparar este factor (Figura 30); sin embargo a ello como se observa en las figuras, las clases de diámetro de copa, el incremento es mayor en la Q_5, con respecto de su correspondiente Q_2.

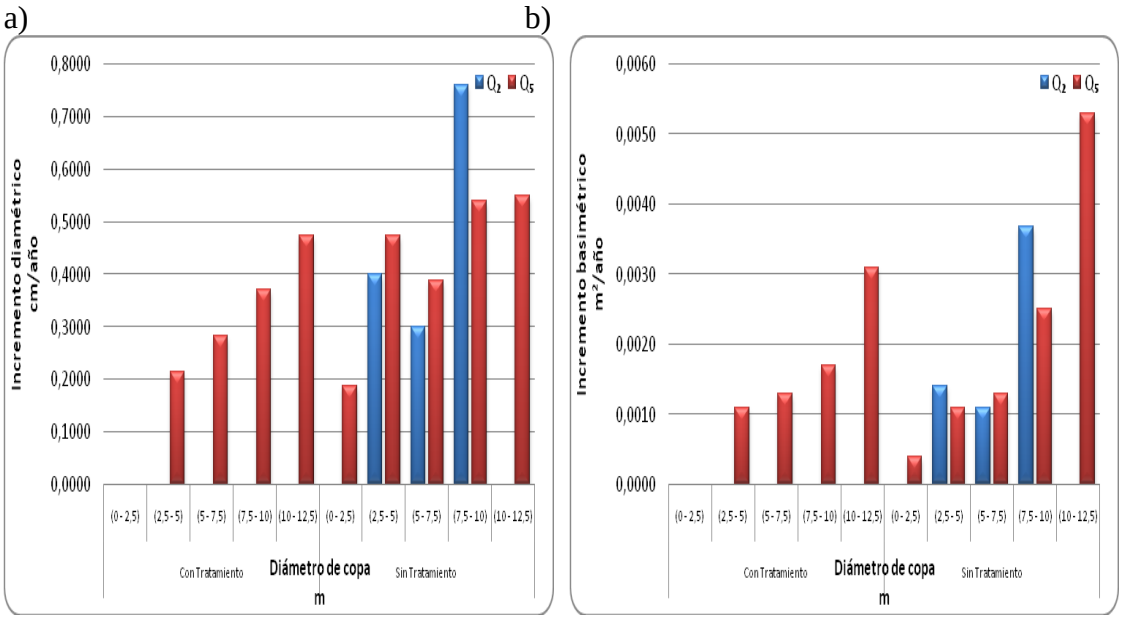


Figura 30. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa, tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Cedrela montana*

5.3.4.2 Diámetro de copa en *Tabebuia chrysantha*

El análisis de varianza para pruebas no paramétricas con factor diámetro de copa indica que para el caso del incremento diamétrico no es significativo, pero resulta altamente significativo para incremento basimétrico (p=0,002) Cuadro 9. Al hacer un análisis por sitio y por tratamiento, se encontró que en la Q_2 en los individuos sin tratamiento, el factor diámetro de copa es significante en el incremento basimétrico (Apéndice 26) el cual mediante comparación de medias, determina la diferencia estadística mencionada (Apéndice 25).

a) b)

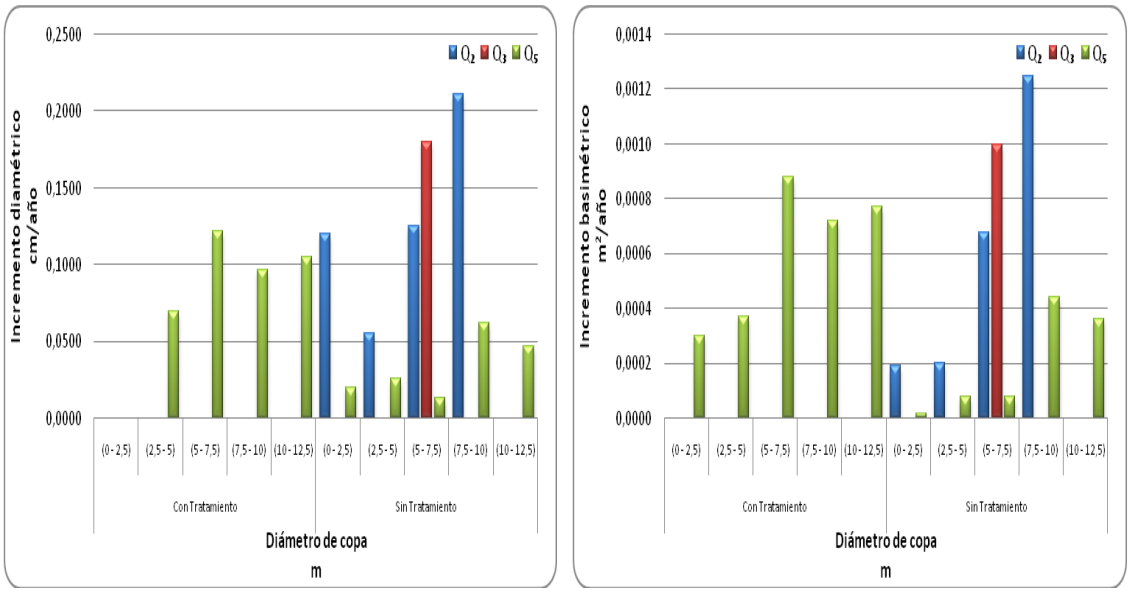


Figura 31 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Tabebuia chrysantha*

5.3.4.3 Diámetro de copa en *Inga acreana*

El análisis de varianza con factor diámetro de copa tratamiento y quebrada, no encontró significancia, en el incremento diamétrico ni basimétrico (cuadro 10). Al verificar los contrastes univariados, se pudo encontrar que para el incremento basimétrico, existe el efecto del factor diámetro de copa en la Q_5 en los individuos sin tratamiento (Apéndice 30).

a. Tratamiento

Este factor no resultó ser significativo para ambos incrementos (Cuadro 10), señalando que solo existen dos clases en las que se puede comparar, que son las dos primeras (Apéndice 30). Se puede distinguir, pese a la no significancia, que el incremento diamétrico y basimétrico es mayor en los individuos con tratamiento, en estas dos clases señaladas (Figura 32 a y b).

b. Quebrada

Un análisis de varianza con tres factores demostró que el factor quebrada no ejerce efecto en el incremento diamétrico y basimétrico, pero no así la interacción diámetro de copa y quebrada p= 0,022 para incremento basimétrico (Cuadro 10); es decir que el incremento es mayor a medida que aumenta el diámetro de copa en las dos clases de copa que comparten (0 – 2,5) m y (2,5 – 5) m (Figura 32b), la clase que presenta el efecto es la de 2,5 a 5 m. (Apéndice 31) sumado a lo mencionado se puede observar (Figura 32), que en la Q_5 es progresivo el incremento diamétrico y basimétrico en los individuos con tratamiento, así como, los individuos en Q_2.

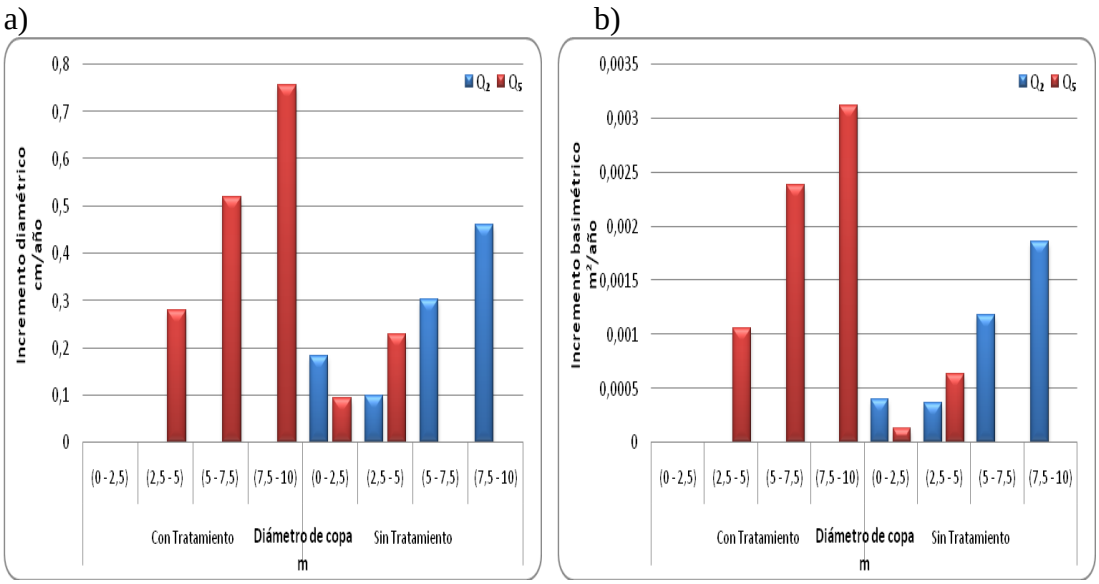


Figura 32 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana.*

5.3.4.4 Diámetro de copa en *Nectandra membranácea*

El análisis de varianza considera que el factor diámetro de copa, es significante en el incremento diamétrico, y altamente significante para el incremento basimétrico (Cuadro 10). Los contrastes univariados determinaron, que el grupo que mantiene diferencias estadísticas significantes son los individuos sin tratamiento en Q_2, y se establece que las clases que presentan esos efectos significantes son (7, 5 a 10) m y (10 – 12,5) m, con respecto de las clases que las preceden (Apéndice 38), situación similar se presenta en los individuos con tratamiento de Q_5 (Figura 33b), pese a la carencia del efecto estadístico de la prueba de contrastes univariados para este grupo (Apéndice 39). En el incremento diamétrico no se distinguió contrastes univariados, pero el análisis de varianza (párrafo inicial de este acápite) demuestra el efecto, a partir de aquello, se distingue que en lo que se refiere a los individuos sin tratamiento tanto en Q_2 como en Q_5, el incremento diamétrico es mayor a medida que sube el diámetro de copa (Figura 33a).

a. Tratamiento

Este factor demostró la carencia de efecto para incremento diamétrico y la significancia estadística en el incremento basimétrico es decir que en los individuos con tratamiento es mayor el incremento basimétrico que respecto a los individuos que no lo tienen, tanto para Q_3 como para Q_5, efecto que se observa en todas las clases de diámetro de copa que comparten (Figura 33b).

El factor quebrada no encontró diferencias significantes.

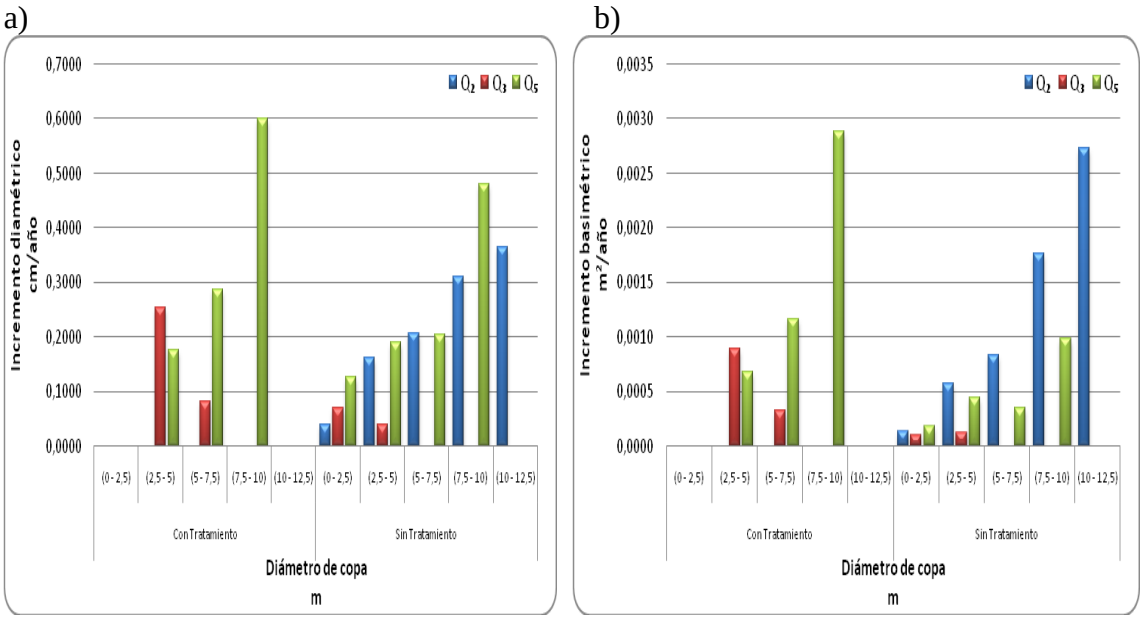


Figura 33 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*

5.3.4.5 Diámetro de copa en *Hyeronima asperifolia*

Luego del análisis de varianza con factores diámetro de copa, (tratamiento y quebrada) se establece que el factor clase diamétrica es altamente significante p = 0,001 en el incremento diamétrico y p=0,000 en el incremento basimétrico (Cuadro 10).

Al especificar mediante los contrastes univariados, se determina el factor diámetro de copa es significante en el incremento diamétrico en grupos que se encuentran diferencias en Q_2 y Q_5, en individuos sin tratamiento; y en cuanto al incremento basimétrico las diferencias estadísticas se marcan en Q_2 en individuos sin tratamiento; y en Q_5 en individuos con tratamiento y sin tratamiento (Apéndice 48).

El factor diámetro de copa en el incremento diamétrico en lo individuos sin tratamiento en Q_2 como en Q_5, se observa las diferencias en las dos primeras clases con respecto de las demás (Figura 34a); premisa que se repite en el incremento basimétrico (Apéndice 47 y Figura 34b).

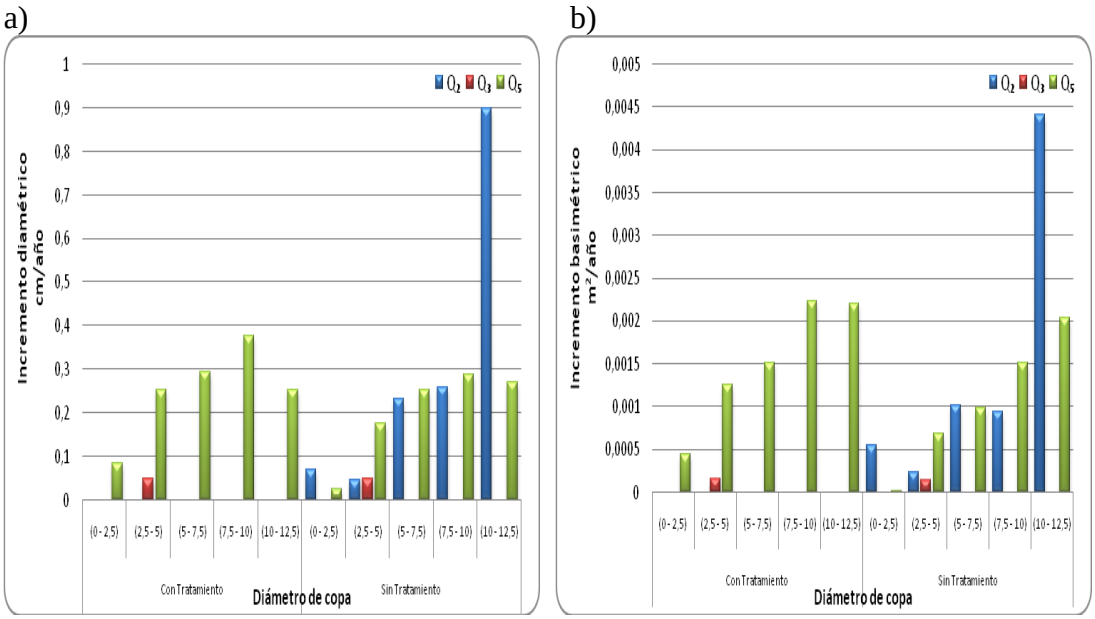


Figura 34. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por diámetro de copa y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia.*

a. Tratamiento

En el incremento diamétrico y basimétrico, no hay efectos de este factor luego del análisis. (Cuadro 10). En el incremento diamétrico no se observa diferencias entre tratamiento en ninguna de las clases de diámetro de copa (Figura 34a), y en cuanto al incremento basimétrico se observa una pequeña diferencia de tratamiento en las clases de diámetro de copa (2,5 - 5) m y (5 - 7,5) m a favor de los individuos que tienen tratamiento (Figura 34).

b. Quebrada

No hay efectos del factor en los incrementos, así como tampoco se observan diferencias grandes entre quebrada en ninguna de las clases de diámetro de copa, a excepción de la última clase en donde se establece una diferencia muy notoria del factor, siendo mayor el incremento diamétrico y basimétrico en Q_2 (Figura 34), pero ya que se trata de un solo individuo en este grupo no se la considera concluyente (Cuadro 10).

5.3.4.6 Diámetro de copa en *Hyeronima moritziana*

El análisis de varianza con (diámetro de copa, tratamiento y quebrada) indica que el factor diámetro de copa, no es efectivo en el incremento diamétrico pero si en incremento basimétrico (Cuadro 10). Al especificar por sitio y quebrada, observamos que en el incremento diamétrico no existe diferencias sustanciales para establecer el efecto, pero en cambio en el incremento basimétrico tanto en los individuos con tratamiento en Q_3, así como en los individuos sin tratamiento en Q_2 y Q_3 se observa una tendencia a mejorar el incremento diamétrico a medida que se este se supera en clase de diámetro de copa (Figura 35a)

a. Tratamiento

No hay efectos significantes de este factor en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10), pero sin embargo señalaremos que en los individuos con tratamiento en la clase de 5 – 7,5 se observa una notable diferencia con respecto de los individuos sin tratamiento, tanto en el incremento diamétrico como en el basimétrico (Figura 35a).

El factor quebrada no encontró diferencias significantes.

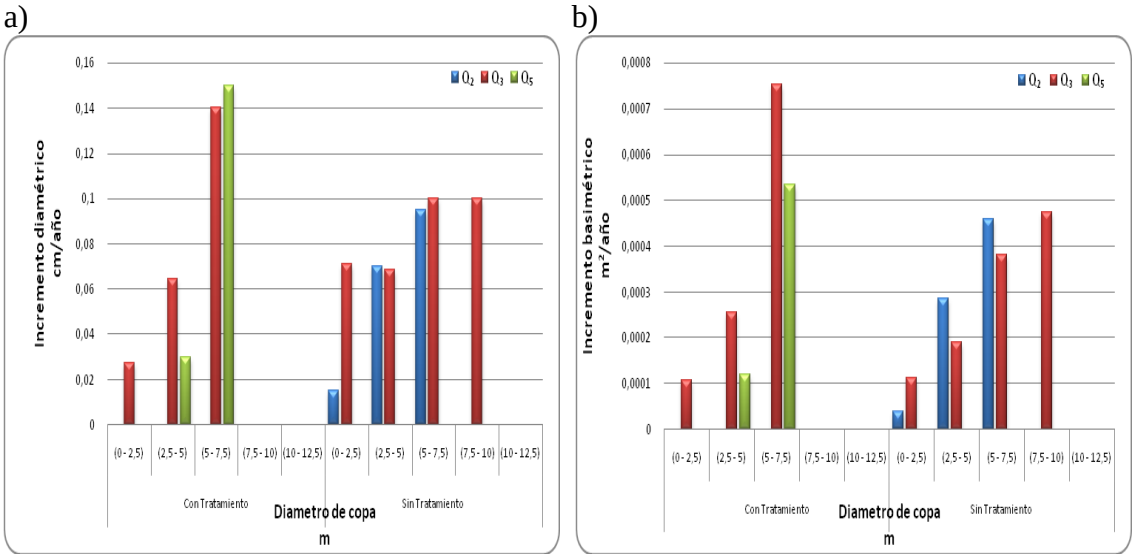


Figura 35 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*.

5.3.4.7 Diámetro de copa en *Clusia ducuoides*

Este factor fue altamente significativo en el incremento diamétrico y basimétrico (cuadro 9). Determinándose que sea la Q_3 en individuos con tratamiento más evidente el efecto, sobre todo en el incremento basimétrico (Apéndice 56).

a) b)

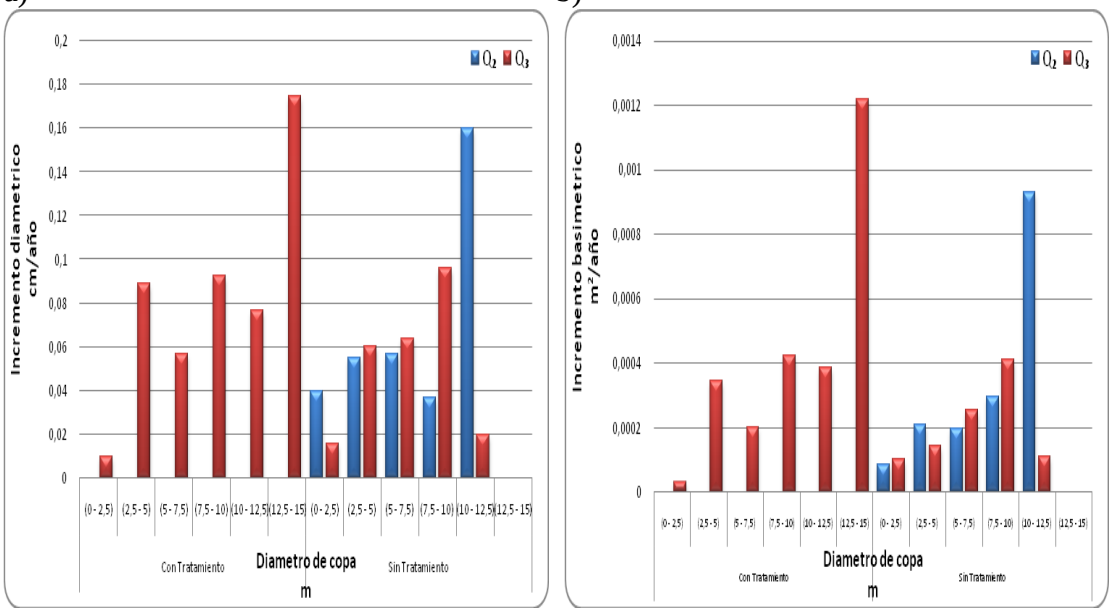


Figura 36 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides*.

5.3.4.8 Diámetro de copa en *Podocarpus oleifolius*

Este factor fue significativo sobre el incremento basimétrico (Cuadro 9).Sin embargo al observar los individuos de Q5, demuestran que medida que asciende el diámetro de copa también el incremento diamétrico y basimétrico

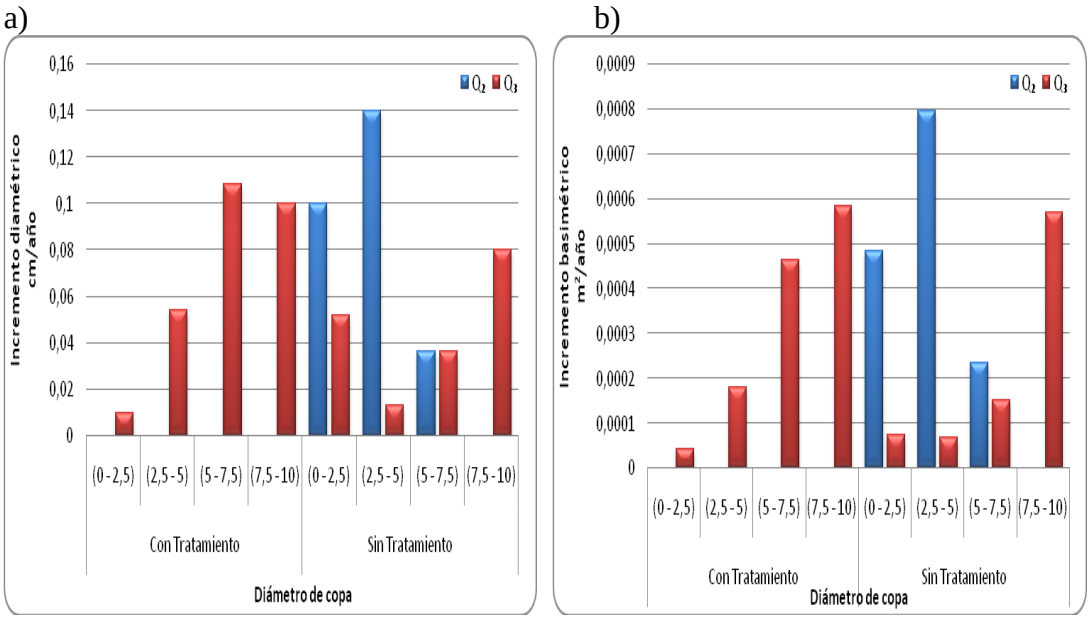


Figura 37 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el diámetro de copa y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius.*

5.3.4.9 Diámetro de copa en *Ficus citrifolia*

No hay efectos del análisis de varianza para el factor diámetro de copa. Pese a ello, se indica que tanto para el incremento diamétrico como para el basimétrico, se observa que el incremento aumenta en consecuencia que la clase de diámetro de copa asciende al siguiente nivel, hasta llegar a la penúltima clase 10 – 12,5 m , para en la última >12,5 m descender relativamente.

Cuadro 14. Incremento diamétrico y basimétrico del diámetro de copa por tratamiento y quebrada de las especies en estudio

Sitio	Tratamiento	Diámetro de copa	*Cedrela montana*			*Tabebuia chrysantha*			*Inga acreana*			*Nectandra membranacea*			*Hyeronima asperifolia*			*Hyeronima moritziana*			*Clusia ducuoides*			*Podocarpus oleifolius*		
			N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año
Q_2	ST	0 - 2.5				6	0,12	0,0002	5	0,18	0,0004	2	0,04	0,00001	2	0,07	0,00055	2	0,01	0,00004	2	0,04	0,00008	1	0,10	0,00048
		2,5 – 5	1	0,40	0,0014	7	0,05	0,0002	8	0,10	0,0003	12	0,16	0,00057	7	0,04	0,00024	4	0,07	0,0003	6	0,05	0,00020	4	0,14	0,00079
		5 - 7.5	5	0,30	0,0011	11	0,12	0,0007	4	0,30	0,0012	14	0,21	0,00083	3	0,23	0,00101	6	0,09	0,0005	3	0,06	0,00019	3	0,03	0,00023
		7,5 – 10	1	0,76	0,0036	10	0,21	0,0013	1	0,46	0,0018	4	0,31	0,00177	1	0,26	0,00094				3	0,04	0,00029			
		10 - 12.5										2	0,36	0,00273	1	0,90	0,00441				1	0,16	0,00092			
Q_3	CT	0 - 2.5																4	0,03	0,0001	2	0,01	0,00003	1	0,01	0,00004
		2,5 – 5										2	0,25	0,00089	1	0,05	0,00016	7	0,06	0,0002	12	0,09	0,00034	5	0,05	0,00017
		5 - 7.5				1	0,18	0,0010				3	0,08	0,00033				2	0,14	0,0008	7	0,06	0,00020	6	0,10	0,00046
		7,5 – 10																			7	0,10	0,00042	3	0,10	0,00058
		10 - 12.5																1	0	0,0000	3	0,08	0,00038			
	ST	0 - 2.5										4	0,07	0,0001				10	0,07	0,0001	2	0,17	0,00122	15	0,05	0,00007
		2,5 – 5										1	0,04	0,0001	1	0,05	0,00014	7	0,07	0,0002	7	0,01	0,00010	3	0,01	0,00006
		5 - 7.5																3	0,10	0,0004	17	0,06	0,00014	3	0,03	0,00015
		7,5 – 10																1	0,10	0,0005	11	0,06	0,00025	1	0,08	0,00057
		10 - 12.5																			8	0,09	0,00041			
		12,5 - 15																			2	0,02	0,00011			
Q_5	CT	0 - 2.5				2	0,00	0,0000							2	0,08	0,00044									
		2,5 – 5	6	0,21	0,0010	4	0,07	0,0004	5	0,28	0,0011	5	0,17	0,00068	5	0,25	0,00125	1	0,03	0,0001						
		5 - 7.5	9	0,28	0,0013	9	0,12	0,0009	6	0,52	0,0024	6	0,28	0,00117	9	0,29	0,00152	2	0,15	0,0005						
		7,5 - 10	4	0,37	0,0017	15	0,10	0,0007	4	0,76	0,0031	1	0,60	0,00289	8	0,38	0,00224									
		10 - 12.5	2	0,47	0,0031	12	0,11	0,0008							3	0,25	0,00220									
	ST	0 - 2.5	4	0,18*	0.0004*	3	0,02	0,0000	4	0,10	0,0001	10	0,12	0,00018	4	0,02	0,00002									
		2,5 – 5	6	0,47	0.0011	5	0,02	0,0001	8	0,23	0,0006	8	0,19	0,00045	8	0,18	0,00068									
		5 - 7.5	11	0,38	0,0013	3	0,01	0,0001				2	0,20	0,00035	9	0,25	0,00099									
		7,5 - 10	5	0,54*	0,0025*	4	0,062*	0,0004*				2	0,48	0,00099	1	0,29	0,00151									
		10 - 12.5	3	0,55*	0,0053*	3	0,05	0,0004							2	0,27	0,00204									
TOTAL		0 - 2.5	4	0,19	0.0004	11	0,07	0,0001	9	0,14	0,0003	16	0,10	0,00015	8	0,05	0,00026	16	0,05	0,0001	11	0,02	0,00008	17	0,05	0,00009
		2,5 – 5	13	0,35	0,0011	16	0,05	0,0002	21	0,19	0,0006	28	0,17	0,00056	22	0,14	0,00062	19	0,06	0,0002	35	0,07	0,00022	12	0,07	0,00035
		5 - 7.5	25	0,33	0,0013	24	0,11	0,0007	10	0,43	0,0019	25	0,21	0,00081	21	0,27	0,00122	13	0,11	0,0005	21	0,06	0,00022	12	0,07	0,00032
		7,5 – 10	10	0,50	0,0023	29	0,13	0,0008	5	0,69	0,0028	7	0,40	0,00171	10	0,36	0,00204	1	0,10	0,0005	18	0,08	0,00039	4	0,09	0,00058
		10 - 12.5	5	0,52	0,0044	15	0,09	0,0007				2	0,36	0,00273	6	0,37	0,00251	1	0,00	0,0000	6	0,07	0,00038			
		TOTAL	57	0,37	0,0017	95	0,10	0,0006	45	0,29	0,0011	78	0,20	0,00072	67	0,22	0,00115	50	0,07	0,0003	93	0,07	0,00027	45	0,07	0,00027

ST: Sin tratamiento
CT: Con tratamiento
* : Significancia

ID: Incremento diamétrico
IB: Incremento basimétrico

5.3.5 Análisis de Datos por Índice de Hegyi

5.3.5.1 Índice de Hegyi en *Cedrela montana*

El análisis de varianza con modelo matemático irrestricto al azar (factores; índice de competencia Hegyi, tratamiento y quebrada) dio a conocer que el factor Hegyi no tiene influencia en el incremento diamétrico ni basimétrico (Cuadro 10).

a. Tratamiento

Luego del análisis de varianza el factor tratamiento no demostró significancia en los incrementos diamétrico y basimétrico (Cuadro 10).

b. Quebrada

El análisis de varianza con factores (índice de Hegyi, tratamiento y quebrada) demostró que el factor quebrada no es significativo (Cuadro 10) en el incremento diamétrico y basimétrico dentro de las clases existentes de Índice de Hegyi (Cuadro 10).

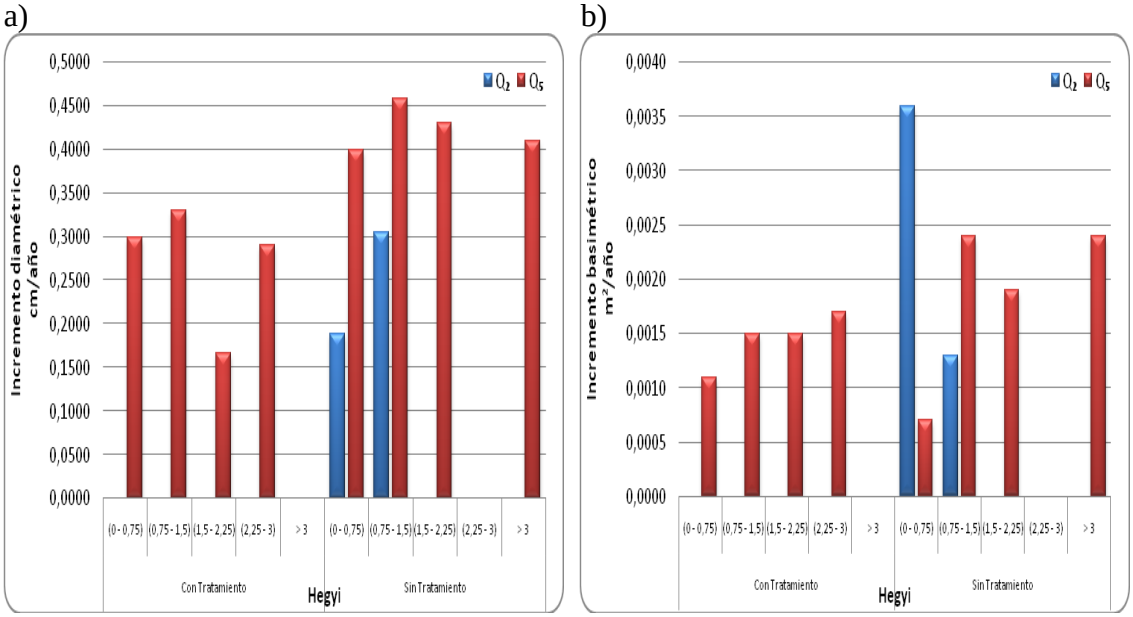


Figura 38. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de hegyi y por tratamiento en los dos sitios de estudio de la especie *Cedrela montana.*

Hay que señalar que de todas las variables medidas la variable efecto de iluminación de copa es la única que presenta grupos homogéneos de sus frecuencias en sus distintos tipos de iluminación, en cambio en la forma de copa hay dos grupos con dos individuos los cuales poseen las copas con forma perfecta y buena; en la clase diamétrica hay en las dos primeras clases y la última clase solo dos individuos en ambas categorías; en el diámetro de copa y en el índice de Hegyi en las dos últimas clases existe solamente un individuo por cada clase (Apéndice 19). Lo señalado advierte las posibles diferencias estadísticas evidenciadas con anterioridad, en algunos casos estas diferencias no llegarán a ser determinares como en el caso de grupos con un individuo y dos individuos, siendo necesario en lo posterior, una muestra mayor para que las diferencias estadísticas lleguen a ser concluyentes.

5.3.5.2 Índice de Hegyi en *Tabebuia chrysantha*

Este factor no fue significativo en el incremento diamétrico pero si en el incremento basimétrico (Cuadro 9)

Pero al hacer un análisis por sitio y tratamiento no se encontró diferencias estadísticas significativas del factor índice de Hegyi sobre el incremento diamétrico y basimétrico (Apéndice 27) concluyendo que el efecto de este factor es influyente sobre el incremento basimétrico cuando se engloba todos los individuos

5.3.5.3 Índice de Hegyi en *Inga acreana*

El factor índice de Hegyi en el análisis de varianza (factores índices de Hegyi, tratamiento, quebrada) resultó no ser significante para el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10).

a. Tratamiento

Este factor es efectivo según el análisis de varianza realizado, en el incremento diamétrico p=0,037 y no así en el incremento basimétrico (Cuadro 10), Sin embargo mediante los contrastes univariados no se pudo establecer en que grupo se presenta el

efecto (Apéndice 32), entonces se deduce que se considera todas las clases de índice de Hegyi. También, podemos señalar que el incremento diamétrico y basimétrico es mayor en los individuos con tratamiento con respecto de los individuos que no se aplicó tratamiento (Figura 39 a y b).

b. Quebrada

El factor quebrada no es significativo en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 10). A excepción de lo que determina el análisis de varianza, la clase que se compara es la de 0,75 a 1,25, en donde el incremento diamétrico y basimétrico es ligeramente mayor en Q_5 con respecto de Q_2 (Figura 39 a y b).

a) b)

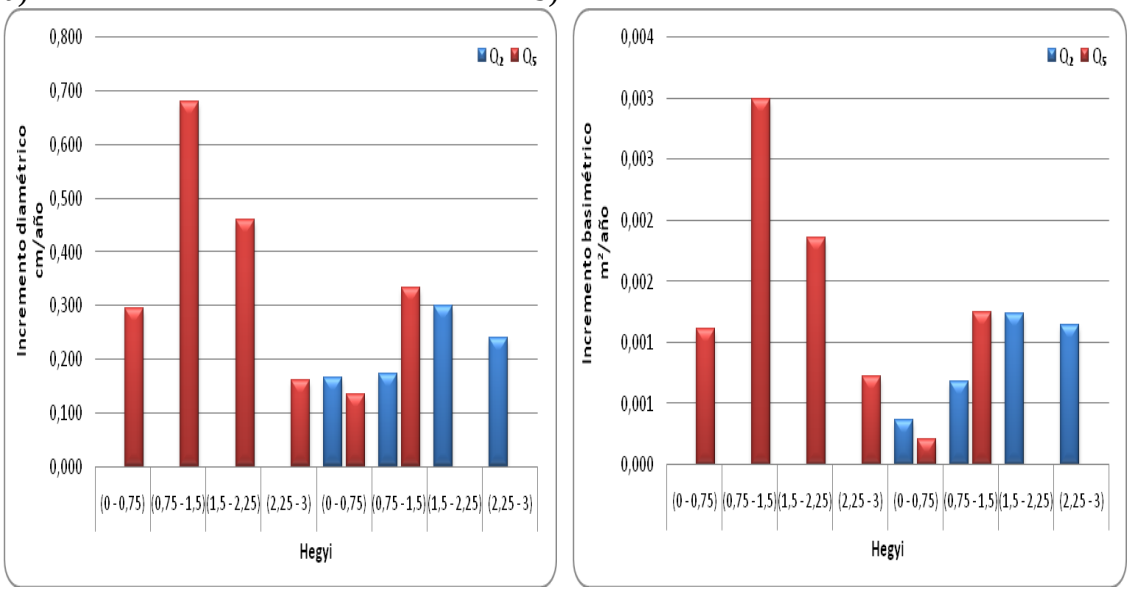


Figura 39 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de hegyi y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Inga acreana*.

5.3.5.4 Índice de Hegyi en *Nectandra membranácea*

Este índice no es significante en el incremento diamétrico ni basimétrico (Cuadro 10).

a) Tratamiento

El análisis de varianza indica que este factor no es significante para incremento diamétrico pero si para incremento basimétrico p=0,014 (Cuadro 10) y la clase en donde se indica el efecto del tratamiento en la clase (0,75 – 1,5), que lo señalan los contraste univariados realizados, tanto para incremento diamétrico como para basimétrico, indicando que es en Q_5 donde se muestra el efecto (Apéndice 40) siendo mayor el incremento en los individuos con tratamiento (Figura 40a).

b) Quebrada

El análisis de varianza demostró que este factor es determinante en el incremento basimétrico p=0,036, encontrándose que la diferencia, está en Q_2 en los individuos sin tratamiento, los cuales son bastante superiores en sus incrementos a lo largo de todas las clases de Hegyi, sobre las quebradas restantes (Figura 40b).

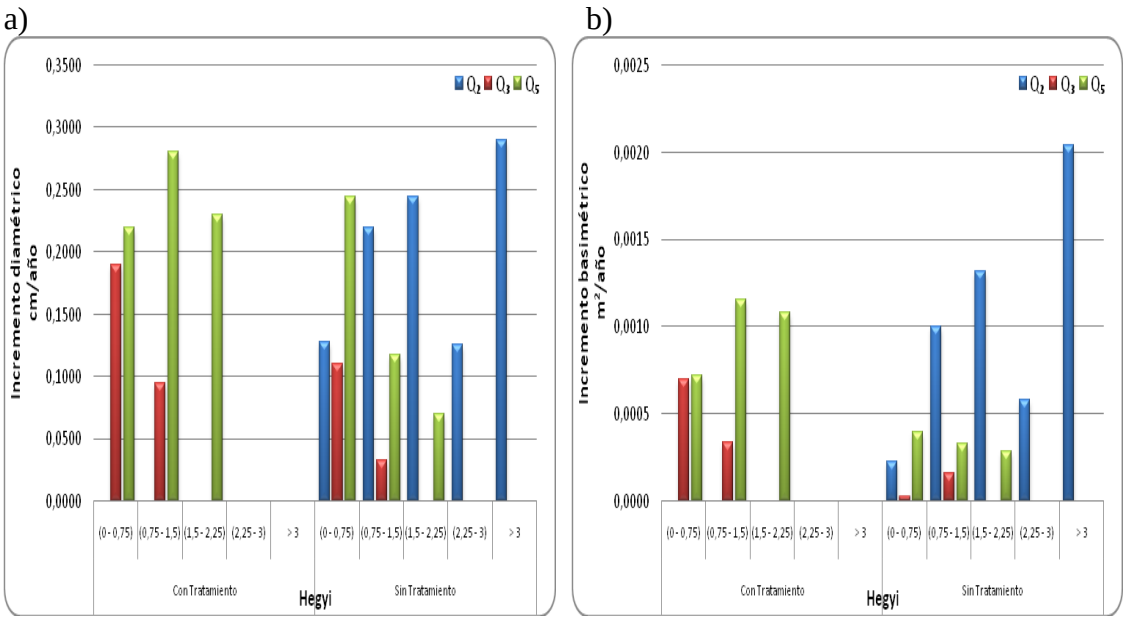


Figura 40 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Nectandra membranácea*

5.3.5.5 Índice de Hegyi en *Hyeronima asperifolia*

Este índice no fue significativo en el incremento diamétrico ni basimétrico, así lo demostró el análisis de varianza realizado (Cuadro 10), en las cuales se puede observar que no hay diferencias mayores entre clase de índice de Hegyi, difiere en la clase >3 siendo esta menor que el resto tanto para incremento diamétrico como basimétrico (Cuadro 15).

a. Tratamiento

Pese a no encontrar diferencias estadísticas en el análisis de varianza en los contrastes univariados se determinó que en la clase de índices de Hegyi (0 - 0,75) se marca diferencias entre tratamiento, tanto para incremento diamétrico como para basimétrico, (Apéndice 49), en donde es mayor en los individuos con tratamiento, y añadiendo que en todas las clases también se mantiene una pequeña diferencia de incremento (Figura 41).

b. Quebrada

Los contrastes univariados determinan diferencias estadísticas en la clase 1,5 a 2,25 en el incremento diamétrico y basimétrico (Apéndice 50), en donde el incremento es mayor en Q_5 con respecto de Q_2 en los individuos sin tratamiento (Figura 41).

a) b)

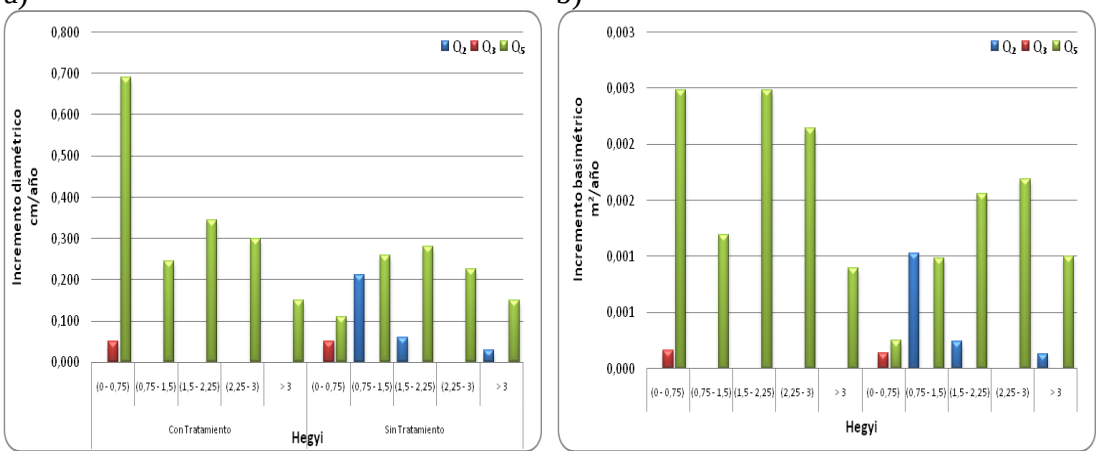


Figura 41. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por índice de Hegyi y por tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima asperifolia*

5.3.5.6 Índice de Hegyi en *Hyeronima moritziana*

No se encuentra ningún efecto del factor Hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico luego del análisis de varianza, se señala que para el Sector Q_3, mientras mejora el índice, el incremento diamétrico y basimétrico es mayor, contrario a lo que se presenta en Q_2 (Figura 42 a y b).

a. Tratamiento

No hay efectos significantes de este factor luego del análisis de varianza, los incrementos que se presentan en cada tratamiento y por cada índice son similares, añadiendo que en la clase donde se nota una ligera diferencia es en la clase de índice de Hegyi (1,5 - 2,25) en la Q_3 (único lugar donde se puede comparar tratamientos en esta especie).

b. Quebrada

El factor quebrada no encontró efectos significantes en el análisis de varianza (Cuadro 10) es decir que tanto en Q_3, como en Q_2, no se encuentran diferencias notables.

a) b)

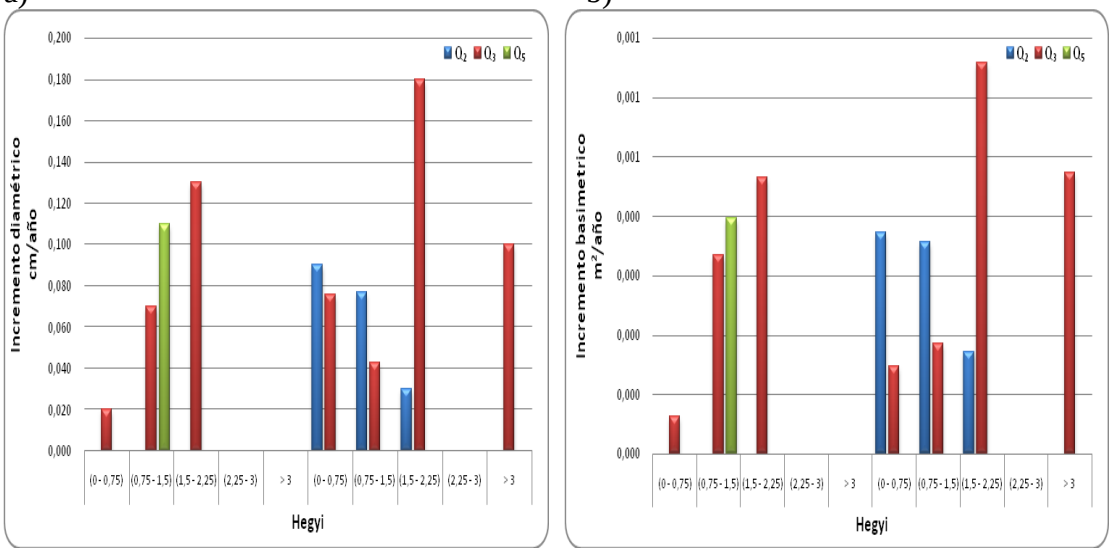


Figura 42 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Hyeronima moritziana*.

5.3.5.7 Índice de Hegyi en *Clusia ducuoides*

Pese a la no evidencia estadística del factor Hegyi sobre el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 9) un análisis por tratamiento y por sitio determinó efectos de la variable en los individuos con tratamiento tanto para incremento diamétrico como basimétrico así como para individuos sin tratamiento en el incremento basimétrico (Apéndice 57).

En el caso de la especie *Ficus citrifolia* no hay efectos significantes de este índice en el crecimiento.

a) b)

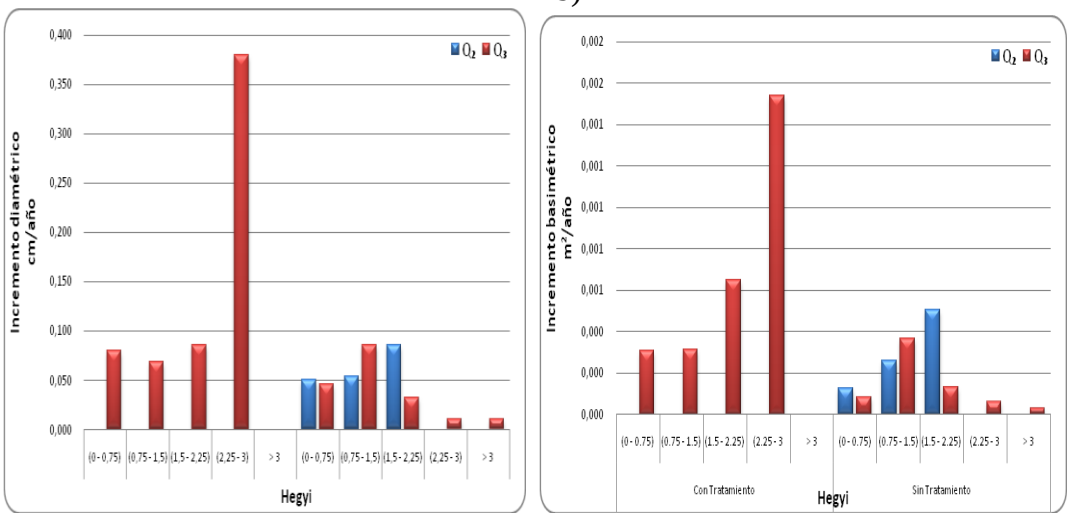


Figura 43. Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Clusia ducuoides*

5.3.5.8 Índice de Hegyi en *Podocarpus oleifolius*

No hay evidencia estadística del factor índice de hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico (Cuadro 9)

a) b)

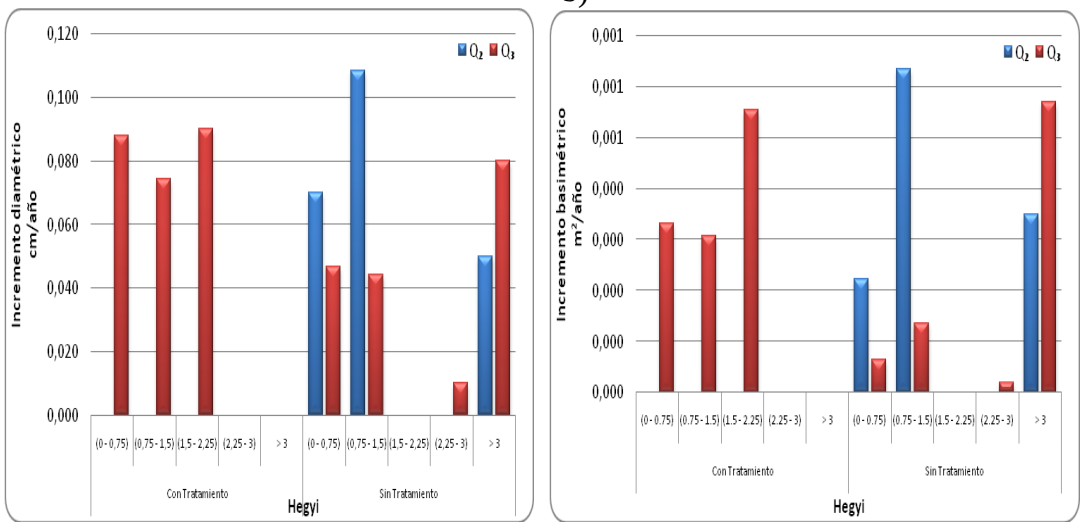


Figura 44 Incremento diamétrico (a) y basimétrico (b) por el hegyi y tratamiento en los sitios de estudio de la especie *Podocarpus oleifolius*

Cuadro 15. Incremento diamétrico y basimétrico por índice de hegyi por tratamiento y quebrada de las especies de estudio

Sitio	Tratamiento	Hegyi	*Cedrela montana*			*Tabebuia chrysantha*			*Inga acreana*			*Nectandra membranacea*			*Hyeronima asperifolia*			*Hyeronima moritziana*			*Clusia ducuoides*			*Podocarpus oleifolius*		
			N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año	N	ID cm/año	IB m^2/año
Q_2	ST	0 - 0.75	5	0,19	0,0036	10	0,09	0,0002	7	0,17	0,0004	6	0,13	0,0002				4	0,09	0,0004	4	0,05	0,0001	1	0,07	0,0002
		0.75 - 1.5	2	0,31	0,0013	11	0,14	0,0007	8	0,17	0,0007	17	0,22	0,0010	10	0,21	0,0010	6	0,08	0,0004	9	0,05	0,0003	6	0,11	0,0006
		1.5 - 2.25				9	0,18	0,0011	2	0,30	0,0012	7	0,25	0,0013	3	0,06	0.00024	2	0,03	0,0002	2	0,09	0,0005			
		2.25 - 3				3	0,14	0,0010	1	0,24	0,0011	3	0,13	0,0006												
		> 3				1	0,18	0,0011				1	0,29	0,0020	1	0,03	0.00013							1	0,05	0,0003
Q_3	CT	0 - 0.75										3	0,19	0,0007	1	0,05	0.00016	4	0,02	0,0001	11	0,08	0,0003	5	0,09	0,0003
		0.75 - 1.5										2	0,10	0,0003				9	0,07	0,0003	19	0,07	0,0003	7	0,07	0,0003
		1.5 - 2.25																1	0,13	0,0005	2	0,09	0,0007	3	0,09	0,0006
		2.25 - 3																			1	0,38	0,0015			
	ST	0 - 0.75										2	0,11	0,0000	1	0,05	0.00014	15	0,08	0,0002	16	0,05	0,0001	13	0,05	0,0001
		0.75 - 1.5										3	0,03	0,0002				4	0,04	0,0002	19	0,09	0,0004	7	0,04	0,0001
		1.5 - 2.25				1	0,18	0,0010										1	0,18	0,0007	8	0,03	0,0001			
		2.25 - 3																			1	0,01	0,0001	1	0,01	0,0000
		> 3																1	0,10	0,0005	1	0,01	0,0000	1	0,08	0,0006
Q_5	CT	0 - 0.75	2	0,30	0,0011	1	0,13	0,0004	5	0,30	0,0011	1	0,22	0,0007	1	0,69	0,0025									
		0.75 - 1.5	15	0,33	0,0015	19	0,08	0,0006	8	0,68	0,0030	9	0,28	0,0012	15	0,24	0,0012	3	0,11	0,0004						
		1.5 - 2.25	3	0,17	0,0015	15	0,11	0,0008	1	0,46	0,0019	2	0,23	0,0011	8	0,35	0,0025									
		2.25 - 3	1	0,29	0,0017	4	0,06	0,0005	1	0,16	0,0007				2	0,30	0,0021									
		> 3				3	0,16	0,0015							1	0,15	0.00090									
	ST	0 - 0.75	5	0,40	0.0007	4	0,01	0,0001	9	0,14	0,0002	13	0,25	0,0004	10	0,11	0.00025									
		0.75 - 1.5	18	0,46	0,0024	4	0,07	0,0003	3	0,33	0,0013	7	0,12	0,0003	7	0,26	0.00098									
		1.5 - 2.25	5	0,43	0,0019	5	0,04	0,0003				2	0,07	0,0003	4	0,28	0,0016									
		2.25 - 3				2	0,04	0,0003							2	0,23	0,0017									
		> 3	1	0,41	0,0024	3	0,01	0,0001							1	0,15	0,0010									
TOTAL		0 - 0.75	12	0,33	0,0010	15	0,07	0,0001	21	0,18	0,0005	25	0,20	0,0004	13	0,15	0.00041	23	0,07	0,0002	31	0,06	0,0002	19	0,06	0,0001
		0.75 - 1.5	35	0,40	0,0018	34	0,10	0,0006	19	0,41	0,0018	38	0,19	0,0008	32	0,24	0,0011	22	0,07	0,0003	47	0,07	0,0003	20	0,07	0,0003
		1.5 - 2.25	8	0,33	0,0016	30	0,12	0,0008	3	0,35	0,0015	11	0,21	0,0011	15	0,27	0,0018	4	0,09	0,0004	12	0,05	0,0003	3	0,09	0,0006
		2.25 - 3	1	0,29	0,0018	9	0,08	0,0006	2	0,20	0,0009	3	0,13	0,0006	4	0,26	0,0019				2	0,20	0,0008	1	0,01	0,0000
		> 3	1	0,41	0,0024	7	0,10	0,0009				1	0,29	0,0020	3	0,11	0,0067	1	0,10	0,0005	1	0,01	0,0000	2	0,07	0,0005
		Total	57	0,37	0,0016	95	0,10	0,0006	45	0,29	0,0011	78	0,20	0,0007	67	0,22	0,0011	50	0,07	0,0003	93	0,07	0,0003	45	0,07	0,0003

ST: Sin tratamiento
CT: Con tratamiento
* : Significancia

ID: Incremento diamétrico
IB: Incremento basimétrico

6 DISCUSIÓN

6.1 INCREMENTO DIAMÉTRICO PERIÓDICO

El incremento periódico diamétrico registrado en el presente estudio, demostró una elevada variación en las nueve especies forestales; tal variación entre especies y entre los individuos de una misma especie, refleja las grandes diferencias tanto en la iluminación de las copas, como otras condiciones de crecimiento de los árboles individuales, así como también las posibles diferencias genéticas (Swaine *et al.*1987) citado por Castellanos y Hernández (2006); quien a la vez señala, que la fuerte variación anual del crecimiento es evidenciada por la desviación estándar y en especial por los coeficientes de variación, que frecuentemente superan el 100 %; característica que se corrobora en el presente estudio.

Es así, como en este estudio se distinguen tres niveles de crecimiento diamétrico entre las especies seleccionadas: crecimiento moderado, medio y lento. En las especies de crecimiento moderado se considera a *Cedrela montana*, *Inga acreana* y *Ficus citrifolia* esta última considerada como esciofita (Guardia 2006), y las de crecimiento medio *Nectandra membranácea* y *Hyeronima asperifolia;* con valores entre los 2,2 y 5,0 mm/año; estos valores son comparables con otros estudio de dinámica de crecimiento diamétrico, en bosques tropicales que están entre los 3,12 y 3,78 mm/año (Quezada, 2001), así como también en un estudio realizado en Carmelita Petén, Guatemala, donde registraron crecimientos de 1,2 a 5,0 mm/año en especies de bosque subtropical cálido (Conteras *et al*. 2004. Empero sucede lo contrario en especies como *Clusia ducuoides*, *Hyeronima moritziana*, *Podocarpus oleoifolius* y *Tabebuia chrysantha* que pertenecen al grupo heliófitas durables (Palacios, 2004), puesto que en el presente estudio, se las ha considerado como especies de crecimiento lento; con valores entre los 0,7 y 1 mm/año, valores solo comparables con los registrados un bosque trópico húmedo de Panamá (0,03-0,8cm/año; Condit *et al.* 1999), citado por Castellanos y Hernández 2006; estas tasas de crecimiento reducidas son propias de especies tropicales consideradas como de madera dura (Pennington y Sarukhán, 1998), citado por López *et al.* 2006.

Durante el período de monitoreo, la tasa de crecimiento registrada en las nueve especies forestales, mantiene una tendencia positiva con una declinación en el tercer año; de cierta forma, otros estudios han demostrado que después de un cierto tiempo, que puede ser tan corto como tres años, el incremento declina, a medida que el dosel se cierra (Primack *et al*. 1985, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995, citados por Camacho y Finegan (1997); presentándose más competencia entre sus copas, es decir, competencia por luz solar, reduciéndose el incremento en algunos árboles considerados en el grupo social dominados o suprimidos. No obstante a lo mencionado, se observa un cambio pronunciado en el régimen de crecimiento, en el cuarto año, puesto que es aquí donde ocurren los mayores incrementos tanto diamétricos como basimétricos; escenario similar al encontrado por Jaramillo y Muñoz (2009), en el que establecen, que los mayores ingresos reportados en regeneración natural, luego del tratamiento silvicultural aplicado en la estación Científica San Francisco, fueron registrados a partir del cuarto año de medición. Conforme a esto Finegan (2007), señala que los efectos del tratamiento silvicultural empiezan a partir de cinco años de aplicado el mismo; este elevado incremento en el año en mención también podría atribuirse a las variaciones en los regímenes de precipitación, puesto que la luz y el agua son dos factores que co-varían e interactúan, por tanto las respuestas de las plantas a la luz y su tolerancia a la sombra estarían afectadas por la disponibilidad hídrica (Muñoz. com pers), para dilucidar este último argumento en posteriores investigaciones sería útil medir la disponibilidad de agua en el suelo, dada su estrecha relación con el crecimiento arbóreo. (Castellano y Hernández 2006)

6.2 INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL POR TRATAMIENTO

6.2.1 Incremento Diamétrico

Existen dos tipos de tratamientos, los que favorecen el establecimiento de nueva regeneración y los dirigidos a favorecer el crecimiento de los árboles establecidos (Quirós 2001).

En la estación Científica San Francisco, la aplicación del tratamiento silvicultural se enfocó en el desarrollo de la regeneración natural y crecimiento de árboles mayores, debido al comportamiento diferente que tienen las especies forestales en etapas juveniles en cuanto a crecimiento y requerimientos (Muñoz y Jaramillo 2009). Reconviniendo que este consistió en la liberación de individuos plus (de buena calidad) de nueve especies comercialmente importantes en la región sur del Ecuador (*Tabebuia chrysantha, Cedrela montana*. *Inga acreana, Hyeronima asperifolia, Hyeronima moritziana* , *Podocarpus oleifolius* , *Nectandra membranácea Clusia ducuoides* y *Ficus citrifolia* aplicándole sobre ellos, un tratamiento silvicultural de raleo selectivo, es decir eliminando el competidor natural, para así mejorar los requerimientos de luz de estas especies y favorecer su crecimiento (Cabrera *et al*. 2003); estas liberaciones son una herramienta común en la silvicultura y estas pueden estimular el crecimiento y la regeneración natural de árboles maderables (Lamprecht 1986, Silva *et al*. 1995, Finegan y Camacho 1999, Finegan *et al*. 1999, Graaf *et al*. 1999, Pariona *et al*. 2003).

El tratamiento aplicado en el caso de *Cedrela montana* y *Tabebuia chrysantha* si bien mejoró sus condiciones lumínicas, puesto que son consideradas especies heliófitas durables Friedericksen (2007) quien a la vez, manifiesta que estas especies requieren aperturas del dosel y se establecen de mejor manera en ambientes alterados en donde se hayan mejorado sus condiciones de luz; sin embargo a lo referido, las tasas de crecimiento diamétrico de estas dos especies, no distaron entre los árboles que fueron tratados de aquellos dejados como referencia, es decir el tratamiento aplicado es indiferente en las especies mencionadas, al menos sobre este crecimiento..Si bien puede atribuirse que, las dos especies requieren grandes apertura del dosel para su establecimiento, (Muñoz y Jaramillo 2009) aún persistiría la incógnita, si lo mencionado también puede relacionarse en árboles adultos, ya que la limitada información, sobre estudios de tratamientos de liberación en árboles mayores a los 20 cm de DAP, pone en duda este supuesto, siendo el factor más preponderante el factor largo plazo, ya que algunos estudios, señalan que el efecto de un tratamiento empieza a decrecer a los tres años de la aplicación, debido al cierre de las copas (Primack *et al*. 1985, Sánchez 1995,

Silva *et al*. 1995, Castillo 1997)); en especial cuando el tratamiento es leve (Castillo 1997). Como puede notarse, todavía hay ciertas incógnitas, de modo que aún no se ha validado en todas partes el supuesto que los tratamientos silviculturales aumentan el crecimiento (Wadsworth 2000) relevándose en lo posterior, experimentar con otro período de monitoreo, para que en el caso de este estudio, se pueda satisfacer lo último sugerido.

Por el contrario, a lo establecido en el anterior párrafo, las especies *Hyeronima asperifolia, Hyeronima Moritziana, Clusia ducuoides, Podocarpus oleifolius, Inga acreana, Ficus citrifolia y Nectandra membranácea* establecen tasas de crecimiento mayores en individuos que se los favoreció con respecto de los considerados como referencia, añadiendo que a pesar que los dos últimos géneros, referidos de esta lista son consideradas como esciófitas Guardia (2004) y Palacios(2004); mencionan que estas especies se desarrollarían de mejor manera en condiciones de sombra, sin embargo Lamprecht (1990) también establece, que especies esciofitas en estado latente conservan la capacidad de reaccionar con un fuerte crecimiento ante cualquier mejora de las condiciones de luz, lo que explicaría las tasas de crecimiento favorable de estas especies. Es relevante en las especies mencionadas destacar a *Inga acreana* ya que esta establece diferencias sustanciales entres tasas de crecimiento a favor de los individuos tratados con una diferencia de más del doble con respecto de los individuos de referencia, similar a lo reportado en Carmelita Peten Guatemala en donde se menciona, que luego de la aplicación de un tratamiento silvicultural sobre un rodal, los valores de crecimiento incrementaron en más del 100% (Quezada 2001), así también en un bosque secundario de Costa Rica, la liberación aumentó hasta el doble la tasa de crecimiento de los árboles seleccionados en comparación con los árboles no liberados (Hutchinson 1993). Acorde a lo referido Muñoz y Jaramillo (2009) evidencian que esta especie luego del tratamiento silvicultural se constituyó en una de las de mayor densidad y abundancia; con lo cual su favorecimiento en crecimiento y desarrollo, razón que refuerza la presente investigación al constatarse tales diferencias de incrementos en individuos con tratamiento.

Las especies demostraron que a partir del cuarto año, son mayores las diferencias, con lo que se presume lo sugerido con anterioridad; que el tratamiento silvicultural puede ser atribuido al factor plazo[1] condicionando esto último a un análisis en lo posterior, para apoyar o rechazar esta hipótesis, de esta manera poder establecer implicaciones futuras robustas en el manejo adecuado de los bosques tropicales de montaña.

6.2.2 Incremento Basimétrico

En cuanto al área basal se observa un aumento conforme avanza el año de medición, similar al reportado por Guardia (2004) realizado en Florencia San Carlos Costa Rica; donde se manifiesta que para un periodo de once años, hubo un aumento ascendente, conforme aumenta la edad de desarrollo de la sucesión de los rodales.

Los comportamientos de las tasas de crecimiento fueron las esperadas, ya que las especies consideradas como heliófitas durables tal es el caso de *Clusia ducuoides, Hyeronima asperifolia, Hyeronima moritziana, Inga acreana, Podocarpus oleifolius y Tabebuia chrysantha*, el incremento basal es mayor en los individuos favorecidos; De manera que la especie *Tabebuia chrysantha* en contraste a lo establecido en el incremento diamétrico, demuestra que el crecimiento basal, es mayor en los individuos tratados, un estudio, reveló el efecto positivo sobre el crecimiento en área basal de un bosque secundario de 40 años de edad (Hutchinson 1993). El crecimiento basimétrico anual registrado en el rodal tratado sugiere que por la aplicación del tratamiento se redujo la competencia por iluminación y estimuló el crecimiento en área basal de algunos árboles que se encontraban suprimidos o en el dosel medio. Lo contrario es reportado por especies esciofitas como el *Ficus citrifolia y Nectandra membranácea* en donde estas tasas de crecimiento basal, son mayores en los individuos referenciados y como lo menciona Palacios (2004) estas especies se desarrollan de mejor manera en condiciones bajo sombra, lo que hace presuponer que en cuanto a incremento en área basal se refiere, procede esta premisa. Contrario a lo señalado de manera especial

[1] (Primack *et al*. 1985, Sánchez 1995, Silva *et al*. 1995, Castillo 1997) señalan que al tercer año empieza a decrecer los efectos del tratamiento Finegan 1997 sin embargo señala que luego del quinto año se observa los efectos del tratamiento.

Cedrela montana una especie heliofita durable no se pudo observar diferencia en sus tasas de crecimiento, por lo que esta especie requerirá en futuros estudios, especial atención a los períodos de tiempo de respuesta al tratamiento y niveles de apertura requerido; Martínez (1979) indica que estudios de manipulación en un bosque secundario de 70 árboles de Turrialba, Costa Rica determinaron que al extraer el 20% del área basal total inicial (árboles iguales o mayores a 10 cm) el incremento en la tasa de crecimiento fue despreciable. Sin embargo cuando la extracción fue del 60% del área Basal total, la respuesta en la tasa de crecimiento fue positiva en un periodo de observación de 12 años; y para esta investigación se extrajo el considerado de 50 árboles en las 13 ha, el equivalente aproximado al 10% de los 459 árboles correspondientes a todas las especies del presente estudio analizadas.

6.3 INFLUENCIA DEL TIPO DE ILUMINACIÓN DE COPA

El análisis de la variabilidad de la luz en el sotobosque, así como de sus causas y consecuencias, supone una de las mejores aproximaciones al estudio de la luz como factor ecológico y evolutivo, y de este conocimiento se pueden extraer conclusiones robustas sobre dinámica forestal que pueden derivar en directrices para la gestión adecuada de los bosques (Valladares 2003, 2004).

Sin embargo, en la especie *Cedrela montana* el efecto de iluminación de copa no fue significante en el incremento diamétrico y basimétrico; no obstante al considerar el tratamiento incidiendo en la iluminación de copa el análisis de varianza demuestra que en los individuos en Q_5 (único grupo de comparación entre tratamientos), los árboles en presencia de iluminación buena establecen diferencias estadísticas a favor del los individuos sin tratamiento, es decir que el tratamiento aplicado no tuvo ningún efecto para mejorar las tasas de crecimiento, lo que constata lo antes referido al tiempo que invierte el tratamiento para ser efectivo o no en esta especie; lo cual es ya sugerido en un estudio en Costa Rica, donde se destaca que la fuerte competencia de los árboles por iluminación podría explicar el receso o menor crecimiento diamétrico de los árboles a medida que se cierra el dosel del bosque. (Guardia 2004).

Para *Tabebuia chrysantha* el efecto de la iluminación de copa, fue sobre el incremento basimétrico en individuos sin tratamiento en Q_2, y en individuos con tratamiento en Q_5,dejando implícito que la iluminación de copa favorece el crecimiento basimétrico en los individuos tratados, es decir que cuando se mejoraron sus condiciones lumínicas el crecimiento basimétrico aumentó en árboles considerados emergentes, puesto que es en la iluminación buena en donde se establecen las diferencias estadísticas; estas observaciones coinciden con otros estudios realizados en bosques tropicales húmedos, donde establecen que los mayores incrementos provinieron de árboles con copa bien iluminada desde arriba (Swaine *et al.* 1987; Finegan *et al.* 2003). Así como otro estudio en Sierra Lema Venezuela, resalta que los árboles emergentes y del dosel arbóreo con las copas mejor iluminadas del rodal, demuestran, exceptuando dos sitios, las mayores tasas de crecimiento del gradiente (Valladares 2004); de cierta forma esto, también deja abierta la posibilidad a las condiciones de sitio, puesto que este estudio encontró que en Q_2[2] la iluminación también favorece el incremento basimétrico y esto sumado a que las tasas de crecimiento son levemente mejores que en la Q_5, aunque sin potencia estadística, de esta manera, se podría asumir que las condiciones de este sitio, en cuanto a requerimiento de iluminación; en esta especie son mejores, y es en los árboles emergentes es donde se observa los mayores incrementos tanto diamétricos como basimétricos.

En la especie *Inga acreana* se demostró que la iluminación de copa no incide en el crecimiento; sin embargo, pese a la falta de evidencia estadística esta especie si demuestra diferencias relativamente altas entre tipos de iluminación, en cuanto a tasas de incremento se refiere, sobre todo en los individuos tratados en donde por tipo de iluminación hay diferencias notorias; en especial con respecto de los árboles considerados suprimidos (luz deficiente); así mismo los dos sitios mantienen incrementos relativamente iguales, lo que reafirma el hecho de que el tratamiento mejoró sus condiciones lumínicas, y que a medida que mejoran las condiciones de iluminación, aumentan sus tasas de crecimiento; principalmente en los árboles emergentes que

[2] En Q_2 no se aplicó ningún tratamiento (sitio es considerado como testigo)

reciben más energía y posiblemente tienen tasas fotosintéticas más altas Castellanos y Valladares 2006). No obstante, esta falta de potencia estadística puede atribuirse a la escasa representatividad por grupo de comparación que tiene la especie, del mismo modo que lo menciona Guardia (2004) que para hacer posible las comparaciones estadísticas del incremento mediano entre tipos de bosque y entre tratamiento, se trabajó con la población de al menos 7 árboles por clase diamétrica.

Para el caso de *Nectandra membranácea* no se encontró efectos del tratamientos en el crecimiento, lo cual refleja que algunos individuos crecieron más rápido, a diferencia de otros que crecieron más lentos. No obstante como la especie es esciofita, explicaría la falta de efectos de la iluminación en su crecimiento; al igual que se puede añadir que tanto en Q_3 como en Q_5 los individuos considerados de dosel medio (iluminación aceptable) establece diferencias en sus tasas de crecimiento, solo en lo que respecta al tratamiento, es decir aquellos individuos de dosel medio tratados responden con mayor tasas de crecimiento lo que hace inferir, que en individuos suprimidos es indiferente el tratamiento, situación que se respalda en un estudio de regeneración natural en la Estación Científica San Francisco en el cual se establece que esta especie responde mejor en sitio testigo ya que al ser esciofita se desarrolla mejor en condiciones de sombra (Muñoz y Jaramillo 2009), al igual que Calva y Beltrán (2005) indican que un exceso de luz al mismo tiempo que una intensa radiación, aumenta la transpiración y puede tener un efecto desfavorable en el crecimiento, aunado a lo señalado en un estudio en Costa Rica sobre los efectos de iluminación de copa en el crecimiento de *Pentaclethra macroloba* considerado como especie esciofita, Galván (2006) establece que el punto de saturación lumínica (intensidad de luz a partir de la cual su aumento no ocasiona un incremento en la tasa de fotosíntesis neta), de las plantas tolerantes a la sombra es más bajo que el de las plantas no tolerantes (Daniel *et al*. 1982); de manera que la tasa máxima de fotosíntesis neta se alcanzaría aún con bajos niveles de intensidad lumínica, determinando que no se detecte (estadísticamente) la relevancia del tipo de iluminación de copa, lo que explicaría la no influencia del tratamiento en individuos considerados emergentes (iluminación buena) y suprimidos, así como el presumible

efecto en cambio observado en individuos con leve iluminación como de dosel medio ya que las especies bien adaptadas a la sombra son más eficaces a la hora de aprovechar fotosintéticamente los destellos (Valladares *et al.* 1997).

Para el caso de *Hyeronima asperifolia,,* luego del análisis de varianza se demostró la influencia de la iluminación de copa en el incremento basimétrico en los individuos de Q_5 tanto en árboles liberados, como en los que no se les aplicó el tratamiento, así como también en el incremento diamétrico en árboles sin tratamiento, indicando de esta manera que los árboles suprimidos, son los que mantienen tasas de crecimiento menores con respecto de los emergentes al igual que los de dosel medio; consintiendo que en esta especie es favorable el crecimiento basimétrico en mejores condiciones de iluminación. Hutchinson (1993), relata que en bosques secundarios, el aumento de la tasa relativa de crecimiento de los individuos está en función de la competencia por iluminación, no obstante a esto, se observó que 8 años después de la intervención, el rodal tratado mostró un elevado porcentaje de árboles con lateral o ninguna iluminación, lo que parece indicar una fuerte competencia (Guardia 2004), es por ello que en los resultados de este estudio, los efectos del tratamiento solo hayan demostrado mejoras en los individuos tratados de dosel medio (iluminación aceptable); a la vez también se infiere; que la respuesta de esta especie se establezca en condiciones de iluminación moderada, aunado a lo sugerido por Guardia (2004) que manifiesta que el crecimiento basimétrico anual registrado en el rodal tratado sería por la aplicación del tratamiento el cual redujo la competencia por iluminación y estimuló el crecimiento en área basal de algunos árboles que se encontraban suprimidos o en el dosel medio.

En el caso de *Hyeronima moritziana y Podocarpus oleifolius* no hay efecto significativo de la iluminación de copa en el incremento diamétrico ni basimétrico señalando que para esta especies es favorable el tratamiento en iluminación aceptable, lo que indica su influencia en condiciones de iluminación ligeramente moderada, por sus bajas tasas de crecimiento, a su vez esto podría estar relacionado a la alta variabilidad de los incrementos y la incidencia de árboles con crecimiento negativos, demostrando la falta de potencia estadísticas en estas dos especies. Tales tasas de crecimiento negativas,

podrían también ser ocasionadas por la senilidad de algunos árboles emergentes, los cuales alcanzaron un nivel máximo de crecimiento para luego disminuir e iniciar su etapa senil (Lamprecht, 1986; Carey *et al*. 1994; Husch *et al*. 2003). A esto también se añade la influencia del sitio puesto que en Q_2 (testigo) son mejores las condiciones de iluminación que las referidas en Q_3, y esto podría ser la respuesta a las condiciones favorables del sitio.

La especie *Clusia ducuoides* determina el efecto que tiene la iluminación de copa en crecimiento basimétrico, es decir que los crecimientos de los árboles emergentes de Q_2; responden mejor en estos requerimiento de iluminación, sumado a que el tratamiento favorece en este tipo de iluminación. Tal incremento de las tasas de crecimiento cuando mejora la iluminación de copa fue constatado también en el Amazonas brasileño (Klinge *et al*. 1975; Silva *et al*. 1995) y en Costa Rica (Lieberman *et al*. 1985). Según Swaine *et al.* (1987b) al igual que lo citado por Sisalima (2000), en un ensayo realizado en Costa Rica se comprobó que un tratamiento silvicultural, enfocado sobre los árboles seleccionados y liberados, mostró resultados conspicuos; es decir que cuando se mejoró la intensidad de la luminosidad en la copa de los árboles liberados aumentó la tasa de crecimiento diamétrico de los mismos, los cuales duplicaron su incremento en área basal solo 17 meses luego del tratamiento.

Ficus citrifolia por su bajo número de individuos fue considerada como un solo grupo en los sitios de análisis en donde no se encontraron evidencias estadísticas del factor iluminación de copa pese a encontrar leves diferencias entre los individuos suprimidos con respecto de los de dosel medio y emergente; lo que revelaría que mejores condiciones de iluminación favorecen el crecimiento pero los resultados de esta especie hay que tratarlos con especial cuidado ya que al ser una especie esciofita se adaptaría en mejores condiciones de sombra y la falta de representatividad entre grupos hace inferir lo contrario; a la vez que Clark y Clark citados por Texeira (1993) exponen que una especie no puede ser clasificada como “exigente de luz” o tolerante de sombra, pues desde la germinación el árbol pasa por diferentes etapas de desarrollo y naturalmente variarán los requerimientos de luz con la edad. Por lo tanto las especies que toleran

sombra en su fase juvenil, pueden requerir más luz para su crecimiento en otras etapas y mientras no encuentren esas condiciones se quedarían con un crecimiento estático.

6.4 INFLUENCIA DE LA CLASE DIAMÉTRICA

La clase diamétrica reporta mayor significancia en el incremento basimétrico, igualmente Galván (2006) afirma, que la clase de diámetro es una variable que influye significativamente sobre el incremento basimétrico, pero no sobre el incremento diamétrico; lo que coincide con un estudio de Gálvez (1996) para un grupo de especies heliófitas. Galván también señala que esto no debe sorprender, pues al probar la Teoría del Modelo Vascular en plantaciones de *Tectona grandis* y *Gamelina arborea*, Morataya *et al*. (1999) encontraron que un árbol que mantiene un incremento constante de área de albura (área basal), necesariamente reduce su crecimiento en diámetro, lo cual se podría evitar aumentando el follaje del árbol mediante tratamientos silviculturales oportunos y con intensidades adecuadas.

Esto también se reveló en la especie *Cedrela montana*, altamente relacionado con el incrementó basimétrico, en individuos sin tratamiento, puesto que a medida que el diámetro aumenta, el árbol reporta mejores tasas e incremento basimétrico, similar a lo que reportó Quezada (2001), Carmelita Peten Guatemala; los incrementos tienen una tendencia a aumentar a medida, que mayor sea la clase diamétrica, reportándose los mejores incrementos en las clases más grandes, de esta manera, similar al presente estudio, las ultimas clases 20 – 30 cm y 30 – 40 cm, es donde se evidenciaron las diferencias estadísticas; conforme a esto Finegan (1997) en un bosque intervenido y manejado en Costa Rica encontró que el incremento máximo se alcanzó en las clase 30 – 40 cm, concordantes con estudios De Graaf (1986) y Vanclay (1989) y Quezada (1999); sin embargo, contrario a lo sugerido por estos estudios, esta especie afirma estadísticamente en la clase mencionada, el hecho de que individuos dejados sin tratamiento se desarrollan mejor. Igualmente se observó en el sector testigo, que, en la misma clase 20 – 30 cm, se presentaron tasas de crecimiento más altas; lo que presupone la premisa teórica de que en este tamaño, el árbol no necesitaría alteración

lumínica para su desarrollo, reservándose a que se necesite de un árbol patrón de un estrato superior para seguir su crecimiento.

En *Tabebuia chrysantha* es efectiva la clase diamétrica por su nivel de significancia en el incremento basimétrico; en el sector testigo se pudo evidenciar que a medida que aumenta el diámetro también el crecimiento en área basal; al igual que en el sector Q_5, el incremento diamétrico y basimétrico es mayor en árboles más grandes (nivel estadístico), dada su significancia en las clases 50 – 60 cm y > 60 cm; de la misma manera Galván (2006), señala en un estudio en Costa Rica en la especie *Pentaclethra macroloba* los incrementos basimétricos más altos, se obtuvieron en las clases diamétricas mayores (50 - 60 y >60) cm, lo cual estaría asociado, al resultado matemático del efecto cuadrático de la variable de respuesta analizada, coherente con el análisis de las variables regresoras (del muestreo de campo), donde los parámetros estimados del DAP tuvieron tendencias contrarias: cuando aumenta el DAP disminuye el incremento diamétrico, pero aumenta el incremento basimétrico. De esta manera el tratamiento respalda y demuestra ser efectivo en toda sus clases diamétricas; y en especial con significancia en la clase referida; acorde, que los árboles más grandes y mejor iluminados responden mucho mejor al crecimiento; para Alder (1986) citado por (Galván 2006), la explicación está en que el incremento esta correlacionado con la iluminación de las copas y por eso los árboles grandes muestran un incremento más alto que los pequeños; aunando que en el sector testigo las condiciones de desarrollo son mejores para todas las clases favorecidas e iluminación buena (árboles emergentes) como se mencionó anteriormente, en donde existen mayores crecimientos y así también como los de dosel medio (iluminación Aceptable); reafirmando que a más de las condiciones de mejor iluminación, mejores diámetros también estaría asociado a otros factores, ya que los individuos de clases diamétricas inferiores y considerados como suprimidos se establecen mejor en Q_2, de tal manera que la especie, a más de la iluminación, depende de otros requerimientos o condiciones de sitio para su desarrollo, así como lo sugiere (Husch *et al*. 1982) que el crecimiento de los árboles está influenciado por la capacidad genética de una especie, interactuando con el ambiente por

lo tanto, el principio del crecimiento en los árboles es principalmente fisiológico, pero se debe considerar la influencia de otros factores ambientales (Daniel *et al*. 1982).

Para *Inga acreana* no se observa efecto pese a esto existe una diferencia considerable en el incremento basimétrico. Molina *et al.* 2001 en Carmelita Peten Guatemala afirma que en especies como la caoba, una heliófila durable, los incrementos diamétricos mas altos se logran en la clase diamétrica 20 – 29,9 cm, patrón similar encontrado en los individuos con tratamiento en Q_5 de la clase 20 – 30 cm; como también en el sector testigo e individuo sin tratamiento (Q5); la clase señalada reporta las mejores tasas de crecimiento, Lo anterior debe ser tratado con cuidado ya que su potencia estadística no es influenciable por su nula significancia siempre condicionada a la representatividad condición que se repite en la especie *Hyeronima moritziana*.

En *Nectandra membranácea* el incremento basimétrico es favorecido por clase diamétrica, en la quebrada testigo en las clases más altas 40 - 50 cm, resultados similares han sido encontrados por otros estudios (Chávez 1994, Mora y Meza 2002) quienes reportan los mayores incrementos están en las clases diamétricas entre 40 y 60 cm, para un bosque húmedo tropical ubicado en la Región Norte y Sur de Costa Rica. De esta forma se observa una tendencia a mejorar su incremento en área basal no así en crecimiento diamétrico por lo ya mencionado en *Tabebuia chrysantha*; entonces cuando el árbol es más grande aumenta su tasa de crecimiento basal en el sitio denominado testigo sin embargo y aunque no exista significancia de la clase diamétrica en los otros dos sitios, se observa en Q_5, que árboles sin tratamiento demuestran en las dos clases inferiores[3] mayor incremento diamétrico, no así en área basal es decir que las condiciones de sombra mejorarían su desarrollo en etapas tempranas en crecimiento diametrico asumiendo que estos individuos poseen densidad de follaje adecuadas razón por lo cual su mejor crecimiento diamétrico y no así basimétrico (Galván 2006); lo que concordaría también con su ecología, ya que la especie es considerada como esciofita (Palacios 2004).

[3] **los árboles de todas las especies de las dos primeras clases diamétricas son referencia**

En el caso de *Hyeronima asperifolia* se evidencia, que es significante la clase diamétrica en el incremento basal en el sector Q5, tanto en individuos con tratamiento como sin tratamiento sobre todo en las dos últimas clases siendo la clase 40 – 50 cm, donde se observa el efecto, tanto en los individuos tratados como los que no, así como Clark y Clark (1999) lo halló en *Hyeronima alchorneoides* y *Pithecellobium elegans*.; no obstante en el incremento diamétrico no se evidencia diferencias diamétricas fuertes, cabe mencionar que aunque no se evidencia diferencia estadística entre tratamiento, hay una diferencia leve en la clase 40 – 50 cm entre tratamientos; pese a que en el grupo de individuos sin tratamiento solo existan dos representantes de la clase en mención, suponiendo así que el tratamiento favorecería el desarrollo en esta clase, de esta manera al hacer una liberación, clases diamétricas superiores a los 20 – 30 cm, tendrían un efecto positivo, mejorando sus tasas de crecimiento; o bien en otro supuesto podría atribuirse a la condiciones del sitio (aunque sin evidencia estadística),. No obstante, los árboles con diámetros pequeños aunque crecen lento por el hecho de estar suprimidos y por poca disponibilidad de recurso luz, podrían aumentar sus tasas de crecimiento al ocurrir una abertura en el dosel de bosque (Hutchinson 1993).

El mismo axioma anterior, se repite en *Podocarpus oleifolius* este con evidencia estadística del tratamiento, no obstante se trata de un individuo en la última clase que establece diferencias no sería prudente asumir el supuesto, en cambio en los individuos sin tratamiento y testigo se observa un crecimiento a medida que aumenta el diámetro sobre todo basimétrico, y es en el sitio testigo donde la última clase alcanza su mayor crecimiento (40 - 50 cm); al igual *Clusia ducuoides* sin evidencia estadística en los individuos tratados se distingue que en la última clase, es mayor el incremento tanto diamétrico y en especial basimétrico; en cambio en los individuos sin tratamiento es la clase 20 – 30 cm, esto afirma lo determinante del tratamiento en las clases subsiguientes puesto que el incremento es mayor en los individuos favorecidos tanto diamétrico como basimétrico, lo que implica asumir que es en las últimas clases diamétricas donde se necesitaría aperturas del dosel mayores puesto que lo señalado a priori que lo individuos con mejor iluminación poseen mejores incrementos igual a lo reportado por algunos

estudios que a mejor diámetro mejor tipo de iluminación, acorde a esto Castellano y Hernández (2006) indican que la ocurrencia de los mayores valores de incremento diamétrico en los árboles más grandes es el resultado del efecto combinado de los siguientes factores: i) las copas de los árboles más grandes disfrutan con mayor probabilidad de una iluminación total, ii) los árboles más grandes tienen una mayor producción neta (copas más grandes), iii) individuos de crecimiento lento son eliminados con mayor probabilidad cuando son pequeños.

6.5 INFLUENCIA DE LA FORMA DE COPA, DIAMÉTRO DE COPA, E ÍNDICE DE COMPETENCIA EN EL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO Y BASIMÉTRICO

La influencia de forma de copa y diámetro de copa fue relevante en el crecimiento; el primero de estos factores ampliamente demostrado en otros estudios en Lieberman y Lieberman 1987, Peralta *et al*. 1987, Clark y Clark 1990, Mejía 1994, Silva *et al*. 1995, Gálvez 1996, Camacho y Finegan 1997, Finegan *et al*. 1999, Sabogal *et al*. 2001 Peralta *et al.* 1987; Sánchez 1995).

Sitoe (1992**),** describe que la función de factores como iluminación de copa y forma de copa influye en el proceso fotosintético y que la forma de copa cumple en su función de área foliar, ya que la forma de copa es el resultado del proceso de crecimiento de la copa. En la práctica se ha demostrado la necesidad de estos factores para un mayor crecimiento diamétrico**.** Lo anterior es semejante para el presente estudio en *Tabebuia chrysantha y Clusia ducuoides* tanto en incremento diamétrico, como basimétrico de manera especial en individuos tratados, apoyado a que el tratamiento es significante estadísticamente a nivel 0,05, es decir que el tratamiento aplicado favorece el incremento, en características de copas que se aproxima a un circulo regular; Sumado a esto *Tabebuia chrysantha* en el sitio testigo, las condiciones son más propicias en formas de copa semejantes a círculo regular, lo que implicaría, puesto que en iluminación también se señaló el efecto, que condiciones de sitio y exposición de copa favorece el crecimiento, y más aún en características de copa óptimas; es así que tanto

en individuos tratados como en testigo, la especie tiene las mejores tasas de crecimiento. De manera semejante sucedió en *Hyeronima moritziana y Podocarpus oleifolius* ya que el análisis de varianza demostró que el factor forma de copa fue favorable en incremento basimétrico; en esta última especie, sin embargo el efecto solo se pudo observar en Q2 (testigo) en la forma de copa tolerable o de círculo medio, en árboles tratados.

De tal forma que en el caso de *Inga acreana* aunque no hubo evidencia estadística del posible efecto de la forma de copa en el crecimiento, hay que señalar que lo sugerido es condicionado por el escaso número de individuos pertenecientes por grupo, pese a ello el tratamiento determinó ser favorable en individuos tratados, como también la Q_5 beneficiaría sus tasas de crecimiento; similar a lo reportado por *Hyeronima asperifolia* que aunque no hay evidencia estadística del tratamiento, debido a sus tasas de crecimiento se puede presumir que es favorable en los individuos tratados, tanto así es recomendable el considerar otro período para sustentar el supuesto.

Por lo contrario *Nectandra membranácea* sumado a la no significancia estadística de la forma de copa el tratamiento no reporta cambios, relevándose solo a las condiciones de sitio. Empero este estudio considera a la forma de copa más bien como una variable descriptiva, y de cualidad, siendo necesario apoyar con una variable cuantitativa como es el caso del diámetro de copa. Conforme a esto Guardia (2004) menciona que la forma de copa es el resultado del proceso de crecimiento de la misma; de este modo el crecimiento estaría expresado en diámetro de copa; altura de copa y volumen de copa. No obstante, tendría que considerarse las dificultades para medir estas dos últimas variables y determinar su utilidad en comparación con el diámetro de copa que se considera en esta investigación, es así que esta variable resultó ser más significante en el incremento, y otras como *Clusia ducuoides* y *Hyeronima asperifolia*, en las que se evidenció, en el crecimiento diamétrico y basimétrico, en individuos tratados en *Clusia;* en individuos sin tratamiento sobre el incremento basal en *Nectandra*, y en el caso de *Hyeronima asperifolia* el efecto del diámetro de copa, es relevante en el crecimiento basal en individuos con tratamiento y sin tratamiento así como en Q_2, en cambio sobre el incremento diamétrico solo es en los individuos de referencia, es decir que a medida que

el diámetro de copa es mejor, también el crecimiento; en tanto que el tratamiento reportó ser efectivo en todas las clases diamétrica sobre todo en las últimas clases es decir al hacer una liberación, los diámetros de copa mayores son favorecidos en sus tasas de crecimiento.

Así también sucede en la especie *Cedrela montana* tanto la variable forma de copa en el incremento basimétrico como diámetro de copa en incremento diamétrico y basimétrico, con la premisa que en este caso sucede lo contrario al comportamiento de las otras especies, es decir que se observa que el crecimiento es mucho mejor en individuos de referencia, en formas de copa buenas y en diámetros de copa de 2,5 a 5 m, sugiriendo que por lo observado, no obstante en formas de copa nulas el crecimiento es levemente favorecido por el tratamiento aunque esto último sin evidencia estadística, contrario a lo presentado por árboles con atributos mejores, cabe recalcar que lo sugerido es eventual en tanto que Lamprecht 1990, coincide que especies de géneros de las meliáceas por motivos hasta la fecha conocidos parcialmente, sus requerimientos medioambientales son altos, no son buenos competidores y son especialmente sensibles a daños orgánicos y anorgánicos, a lo que las considera eventualmente como especies silviculturalmente problemáticas.

Es así que las variables forma de copa y diámetro de copa fueron más relevantes estadísticamente que la iluminación de copa en el crecimiento sin embargo la asociación que existe entre la iluminación de copa con la forma de copa (encontrada por Camacho y Finegan 1997 y Acosta 2000); y diámetro de copa, podría sugerir la necesidad de mejorar la iluminación de la copa para el beneficio de los otros atributos y, por consiguiente, del incremento diamétrico o basimétrico.

Para el incremento basimétrico, lo corroboran estudios de Loman *et al*. (2001b), quienes encontraron que el crecimiento (a nivel de rodal) tiende a disminuir con el aumento del área basal por hectárea, pues el incremento de los árboles del bosque húmedo tropical no tolera una densidad excesiva (Dawkins 1961a, Dawkins 1963, Foli *et al*. 2003). La cual estaría relacionada con índice de Hegyi presente en este estudio, siendo tan solo en

Tabebuia en el incremento basimétrico; sin embargo, en todas las especies es importante el tratamiento, pues, un tratamiento de liberación, refinamiento o mejoramiento implica (automáticamente) la reducción de la densidad circundante para un árbol de futura cosecha. Entonces, el efecto de la densidad circundante sobre el incremento denotaría la competencia que soportan los árboles por recursos del suelo e intensidad lumínica.

6.6 IMPLICACIONES EN EL MANEJO FORESTAL

Según Vega y Cuesta en (2009); en el país el 25% de la materia prima para la industria maderera, proviene de bosques nativos, así que es necesario conocer los procesos silvícolas indispensables para favorecer una mayor producción, a la vez que permitan conservar a futuro los recursos disponibles de estos ecosistemas; el entendimiento de estos parámetros silviculturales, optimizaría la planificación de técnicas que permitan encaminarnos hacia un ordenado y adecuado manejo forestal, conforme al que en el contexto local se requiera; para esto la investigación se basa en el experimento, de tal forma la presente, permite acercar primeras conclusiones de la influencia de estas operaciones silviculturales en determinados atributos de las especies, para profundizar en la ecología y los requerimientos de las especies estudiadas, y con la factibilidad del tratamiento de esta manera poder trasladarlo al plano local; debido a la constante presión sobre todo en especies de elevado valor comercial con especial énfasis en el caso de *Cedrela montana*, *Tabebuia chrysantha* y *Podocarpus oleifolius*, puesto que la normativa vigente en el país, a estas especies se las ha considerada como condicionado su aprovechamiento.

En lo referente a *Cedrela montana*, la iluminación de copa no fue un atributo directamente relacionado con el incremento diamétrico y basimétrico; si el objetivo de manejo del bosque es la producción de madera, o sea que el crecimiento de esta especie no sería afectado por el tratamiento así como la competencia por luz entre las copas, lo cual puede ser atenuado por la capacidad de la especie para alcanzar las máximas tasas de fotosíntesis neta en individuos de estrato medio en condiciones no alteradas así puede notarse, todavía hay ciertas incógnitas, de modo que no se pudo satisfacer que el

tratamiento silvicultural favoreciera el crecimiento, igual a lo señalado por (Wadsworth 2000).

En Clusia ducuoides *e Hyeronima asperifolia*, *Tabebuia chrysantha* la iluminación de copa es importante para el crecimiento secundario del fuste, y mucho más relacionado con el área basal, en árboles emergentes y de dosel medio siendo favorecidas para los árboles de algunas clases diamétricas; así también influenciado por el tratamiento en individuos de dosel medio, por sobre todo sería más favorable aplicar una liberación en algunas clases diamétricas en individuos adultos tanto en emergentes como de dosel medio, aunado a esto la especie *Tabebuia chrysantha* las condiciones de sitio también serían un elemento importante a considerar en la aplicación del tratamiento.

Por lo tanto debe recordarse que para un árbol existe competencia por iluminación solar (entre las copas) y competencia por recursos del suelo (entre las raíces); entonces, una liberación puede reducir la competencia por luz (pues es su único objetivo), pero difícilmente reduciría la competencia por recursos del suelo (Galván O 2006). O sea que las copas de los árboles se desarrollarían hasta ocupar el dosel, en tanto que se incrementaría el diámetro de los fustes, pero esto último sería una respuesta del crecimiento natural del árbol; y no una respuesta debida a la liberación, similar al reportado por *Hyeronima asperifolia.*

Podocarpus oleifolius, es una especie de especial atención, puesto que es una de las especies con menor crecimiento diamétrico y basimétrico, en tanto que tampoco demostró que una mejor iluminación sea favorable en el crecimiento, así como es incierto que el tratamiento influya en la iluminación, aunque no es recomendable una liberación de esta magnitud sin embargo al ser una especie valiosa, comercialmente, se podría poner especial atención en posteriores trabajos en las etapas juveniles de estos árboles, como también en condiciones de iluminación moderada y en árboles mayores de clases entre 40 y 50 cm. No obstante en este estudio se evidencia una leve tendencia en crecimiento basimétrico superior por la aplicación de un tratamiento, sin relacionarse con su copa, es decir que el tratamiento no solo influirá en la exposición de copa y sus

requerimientos lumínicos sino que independiente a esto también sería necesario condiciones de sitio así como otros factores ambientales que favorecen una liberación, y a esto sumado que árboles poseen tasas de crecimiento estancado y aún más crecimientos negativos, por ello se requiere profundizar en estos aspectos en posteriores trabajos.

Aunque la fotosíntesis es el proceso que decide el crecimiento de las plantas (Salisbury y Ross1992) y, por lo tanto, requiere la atención del silvicultor (Daniel *et al*. 1982), no sería totalmente correcto aceptar que el incremento de la iluminación solar de la copa de los árboles asegura el incremento de la madera (cuando el objetivo de manejo del bosque son los productos maderables); por lo menos, no para *Nectandra membranácea*, *Hyeronima moritziana* y *Ficus citrifolia*.

Variables más importantes fueron el diámetro de fuste, diámetro de copa y forma de copa, estos dos últimos relacionados con la cantidad de follaje y, posiblemente, asociados con el historial de iluminación de copa. La relación directa del incremento basimétrico con el diámetro de fuste (tamaño del árbol) indica que los árboles más grandes tienen más acceso a la iluminación solar; además que por poseer un sistema radicular más desarrollado tienen más disponibilidad de recursos del suelo. Probablemente, esta parte del estudio podría servir para que posteriores investigaciones con modelos de crecimiento, incorporen o prefieran una o más de las variables aquí estudiadas.

En resumen, los árboles más grandes aprovechan más recursos. No obstante, la competencia por recursos del suelo (Índice de Hegyi) no parece ser determinante para el crecimiento de las especies, sin embargo un tratamiento favorable aumentaría las tasas de crecimiento independientemente de cual sea su competencia de modo que la disminución de la densidad circundante no sería una actividad silvicultural prioritaria a excepción de *Tabebuia chrysantha* en donde la consideración de esta podría favorecer el incremento basimétrico de la especie.

Por lo tanto, a medida que el área basal del bosque aumenta, el crecimiento diamétrico de los árboles disminuye (Wadsworth 2000). Sobre lo anterior, debe considerarse que el exceso de espacio alrededor de una copa no necesariamente aumenta el incremento volumétrico del árbol (Webster y Lorimer 2003), aunque esto (tal como fue demostrado para plantaciones y teca por Morataya *et al*. 1999) podría depender del momento, la edad o el estadio del árbol que se pretende beneficiar con el tratamiento silvicultural.

Los diferentes comportamientos, mostrados por las especies, apoyan el realizar investigaciones acerca de los requerimientos de iluminación solar (en términos de intensidad, duración y calidad de la luz; y momento en que se debe proveer la luz) de las especies tropicales, en función a las exigencias que plantea el gremio ecológico al que pertenecen ya que la ordenación de las especies vegetales según su tolerancia a la sombra se apoya en gran parte en observaciones personales carentes de datos cuantitativos.

Lo anterior sugiere que debe revisarse la utilidad de los criterios de decisión, para aplicar los tratamientos silviculturales que incrementan la iluminación de la copa de los árboles de futura cosecha; aspecto crítico para el manejo silvicultural o "domesticación" (Lamprecht 1990) del bosque húmedo tropical, dadas las bajas tasas de crecimiento de sus especies (Dawkins 1961, Wadsworth 2000). Así, por ejemplo, la información clave del muestreo diagnóstico, para determinar la necesidad de un tratamiento silvicultural, no sería solamente el tipo de iluminación de copa de los árboles de futura cosecha, sino también la especie y/o el gremio ecológico al que pertenecen.

Al igual que lo recomienda Galván (2006) al citar a Hutchinson (1987) de mantener estudios a largo plazo, y en varios períodos de monitoreo suficiente para descartar supuestos, para monitorear la reacción de cada especie a los tratamientos silviculturales; pues sólo el monitoreo puede mostrar los efectos positivos de un tratamiento silvicultural; y a la vez ampliar el conocimiento de la dinámica del bosque para su manejo (Alder 1997). Ya que como se ha mencionado con anterioridad, se puede medir el crecimiento basado con exactitud, pero su predicción es siempre algo incierta, más

aun cuando las limitantes de tiempo y costos en el manejo forestal requieren de métodos de proyecciones rápidas y sencillas basados en el mínimo de mediciones y variables. (Prodan *et al*. 1997).

Entonces, a pesar de la larga lista de trabajos que preconizan la utilidad de la liberación, no se recomendaría inversiones en tratamientos silviculturales hasta que estudios locales no demuestren su efectividad, eficiencia y rentabilidad; lo cual ya fue sugerido por Synnott (1994) para los bosques de El Petén, Guatemala, para ello se necesita básicamente medidas de política forestal, organizativas y administrativas con perspectivas de subsanar el enorme déficit de conocimientos básicos de experiencias prácticas silviculturales.

Con estos primeros datos, otro aspecto, en posteriores investigaciones, es necesario considerar los tiempos de paso; es decir los años que le tomaría a cada especie en superarse por clase diamétrica, ya que como se observa hay especies que poseen mayores incrementos que se favorecieron en clases intermedias, como es el caso de *Inga* y *Cedrela* y otras que lo hacen en clases superiores como en *Tabebuia chrysantha* (por citar un ejemplo; lo anterior está supeditado a los crecimientos máximos en cada especie y a su vez en la predicción del momento en que sería favorable aplicar o no el tratamiento, asociado con los requerimientos ambientales que estas demanden (como el caso de este estudio iluminación solar) puesto que cada especie cuenta con sus características y requerimientos propios (no todos alcanzan el período máximo de crecimiento en la misma clase diamétrica); lo que a su vez también se relacionaría con los ciclos de corta adecuados a cada especie; ya que se considera que los tratamientos silviculturales pueden reducir el ciclo de corta y elevar la calidad y productividad de las especies comerciales del bosque (Hutchinson 1987) y estos ciclos de corta inciden en resultados económicos, así se podría establecer a qué especie sería conveniente ampliar los ciclos de corta y en que otras reducirlos; el conocimiento de estos tiempos de paso establecerá premisas para considerar los ciclos de corta y permitir reconvenir los diámetros mínimo de corta, ya que la presente norma establece DMC de 40 cm y esto de

alguna manera es incierto, ya que no hay un conocimiento profundo de los aspectos que reuniría cada especie para establecerse estos diámetros.

De esta manera se podría aportar en un fututo para evitar la depredación de los bosques y los daños ambientales ya que el aprovechamiento sobre especies consideradas lujosas está restringido a variedades que logran precios interesantes en los mercados internacionales los cuales deben confrontarse con el contexto local de las demandas sociales de mercado, recurso y capital.

7 CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se ha llegado luego de la culminación del presente trabajo investigativo son las siguientes:

- Se establece tres niveles de incremento diamétrico; crecimiento moderado, crecimiento leve y crecimiento lento; entre las especies de crecimiento moderado se encuentran: *Ficus citrifolia, Cedrela Montana e Inga acreana*: con valores entre 0,32 - 5 cm/año, crecimiento leve: *Nectandra membranácea e Hyeronima asperifoli*a con valores entre 0,22 - 0,25 cm/año, y crecimiento lento: *Clusia ducuoides, Hyeronima moritziana, Podocarpus oleifolius* y *Tabebuia chrysantha* con valores entre 0,07 - 0,1 cm/año.

- Las especies *Cedrela montana y Tabebuia chrysantha* están entre las de mayores tasas de crecimiento basimétrico, contrario a lo reportado en el crecimiento diamétrico, puesto que esta última especie posee mayor cantidad de individuos con clases diamétricas altas, y esto hace que el crecimiento de estas especies esté directamente relacionado con el área basal ya que estas especie mantienen un incremento constante de área de albura (área basal).

- Los incrementos basimétricos más bajos los presenta *Clusia ducuoides, Hyeronima moritziana y Podocarpus oleifolius*, similar tendencia al incremento diamétrico, consideradas de crecimiento lento, sumado a la alta presencia de árboles con crecimiento estancado y negativo.

- El cuarto año de monitoreo, presenta en todas las especies, las tasas de crecimiento diamétrico y basimétrico, más elevadas; al igual que la diferencia de tratamiento es más evidente en este año.

- Individuos tratados presentan mayores tasas de crecimiento diamétrico en *Clusia ducuoides, Hyeronima moritziana, Podocarpus oleifolius, Nectandra membranácea, Hyeronima asperifolia e Inga acreana*.

- En las dos especies esciofitas *Nectandra membranacea y Ficus citrifolia* las tasas de incremento basimétrico no presentan diferencias relevantes entre los individuos tratados y referencia, acorde a su ecología; en cambio en el resto de especies (heliófitas) existen mayores valores de crecimiento en los árboles tratados.

- El análisis estadístico a nivel 0,05 identificó efecto de la de la iluminación de copa en el incremento basimétrico el cual solo existe en *Tabebuia Chrysantha Clusia ducuoides e Hyeronima asperifolia*, con mayores tasas de crecimiento en los árboles emergentes para las primeras dos especies y en árboles emergentes y de dosel medio en la última especie.

- El tratamiento por iluminación de copa fue significativo en *Tabebuia chrysantha, Clusia ducuoides, Hyeronima asperifolia, Inga acreana* y *Podocarpus oleifolius* sugiriendo que favorece en árboles emergentes en las primeras dos especies; y en individuos de dosel medio en las últimas tres especies.

- En el caso de la especie *Cedrela montana* se demostró la significancia del tratamiento, con efecto contrario al de otras especies, siendo favorable en individuos sin tratamiento.

- Las tasa de crecimiento más altas de la especie *Tabebuia chrysantha* tanto en condiciones lumínicas, tamaño del árbol, forma y diámetro de copa e índice de competencia fueron favorables en el sitio testigo.

- En *Clusia ducuoides, Hyeronima asperifolia, Hyeronima moritziana y Podocarpus oleifolius* las condiciones de sitios son favorables en Q_2.

- La significancia del tamaño del árbol está relacionada con el crecimiento basimétrico, todas las especies mantienen crecimientos constantes en área basal.

- En las especies *Cedrela montana, Tabebuia Chrysantha, Clusia ducuoides, Hyeronima asperifolia* y *Podocarpus oleifolius* la clase diamétrica fue efectiva

en el incremento basimétrico a medida que la clase diamétrica sube su incremento es mayor.

- En el caso de *Tabebuia chrysantha, Clusia ducuoides, Podocarpus oleifolius* el tratamiento fue efectivo sobre todo en las clases adultas; sin embargo en esta última no se puede precisar esto, debido a que existe un individuo en la última clase, que asume esta diferencia.

- En *Cedrela montana e Inga acreana* el tratamiento fue efectivo en la clase diamétrica (20 - 30) cm siendo en la primera especie a favor de individuos sin tratamiento, y en la segunda especie a favor de los árboles tratados.

- En la especie *Nectandra membranácea* la clase diamétrica solo es efectiva en los individuos sin tratamiento del sector testigo, sin embargo en los individuos tratados las tasa de crecimiento son mayores que los de referencia en las clases diamétricas de (20 - 30) y (30 - 40) cm.

- El diámetro de copa influye en el incremento basimétrico de todas las especies y en el crecimiento diamétrico solo en especies como *Cedrela montana, Clusia ducuoides, Hyeronima Asperifolia* y *Nectandra membranacea.*

- El tratamiento por diámetro de copa no fue significativo en ninguna de las especies, puesto que la liberación fue aplicada con el fin de eliminar competidores por luz, y no por área foliar circundante.

- El índice de competencia Hegyi, solo fue significativo en el incremento basimétrico de *Tabebuia chrysantha, y* el tratamiento es influyente en índice de competencia Hegyi menores.

8 RECOMENDACIONES

La culminación del presente trabajo investigativo permite realizar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que para posteriores investigaciones, se incremente el número de individuos representantes por grupo, ya que escasas presencias; permitirían inferir de una manera sesgada sobre las evidencias estadísticas de una determinada especie respondiendo a una o más variables de estudio (como es el caso en el presente estudio del *Inga acreana)*.

- Sería favorable aplicar un raleo selectivo en algunas clases diamétricas en individuos adultos tanto en emergentes como de dosel medio, en especie como *Clusia ducuoides Hyeronima asperifolia y Tabebuia chrysantha* puesto que solo en estas especies la iluminación de copa demostró ser significante para el crecimiento secundario del fuste, y mucho más relacionado con el área basal, en árboles emergentes y de dosel medio

- Es necesario realizar un segundo período de medición para desestimar incógnitas generadas en la presente investigación, como momento exacto en que deja de ser efectivo el tratamiento, con la ayuda de esto se podría precisar en lo posterior, si lo afirmado que al tercer año empieza a declinar el tratamiento por que tienden a cerrarse las copas o bien como lo asume Finegan (2007) el efecto del tratamiento empezaría a partir del quinto año de aplicado, de tal manera que con estas primeras conclusiones, tendrían que ser analizados dentro de este contexto; ya que se presume que el efecto fue en el cuarto año de aplicado el tratamiento, por ello es necesario otro período de monitoreo, para dilucidar el tiempo efectivo del tratamiento siendo el caso más oportuno en *Cedrela montana*.

- Por lo tanto se recomienda repetir el tratamiento, principalmente sobre las especies heliófitas, más aun cuando las limitantes de tiempo y costos en el

manejo forestal requieren de métodos de proyecciones rápidas y sencillas basados en el mínimo de mediciones y variables. (Prodan *et al*. 1997).

- Puesto que los atributos forma de copa y diámetro de copa están directamente relacionados con la cantidad de follaje, se sugiere estudiar la aplicación de la Teoría del Modelo Vascular en árboles de bosques naturales tropicales; pues, al demostrarse la relación entre el área de albura con la biomasa de follaje, se podría proponer que los árboles de bosques naturales (al igual que los de plantaciones) requieren de tratamientos silviculturales oportunos y periódicos, para garantizar el crecimiento secundario del fuste; es decir, precisando los criterios para la aplicación de tratamiento silviculturales.

- Sería recomendable el modelar el crecimiento con estos primeros datos con cualquiera de las variables estudiadas, para establecer predicciones en los árboles para futura cosecha, en caso de que el objetivo sea maderable y de producción.

- Con estos aspectos encontrados, considerar los tiempos de paso; es otra opción, ya que al conocer el tiempo que le toma a cada especie en superarse por clase diamétrica, (se observa que hay especies que poseen mayores incrementos que se favorecen en clases intermedias, como es el caso de *Inga acreana y Cedrela montana* y otras que lo hacen en clases superiores como en *Tabebuia chrysantha)*; permitirá establecer ciclos de corta como también diámetros mínimos de corta adecuados a cada especie, que consientan a su vez disminuir la presión sobre estos bosques secundarios.

- Con el fin de promover el manejo de los bosques, posteriores investigaciones deben dar elementos suficientes en términos de costos y rentabilidad, para la regeneración y crecimiento de los árboles de las especies de valor comercial que demanden la aplicación de un tratamiento.

9 BIBLIOGRAFÍA

ALDER, D. 1997. Guía del usuario para SIRENA II: modelo de simulación para el manejo de los bosques tropicales naturales. Ciudad Quesada, CR, CODEFORSA. 58p

BLANQUET, J. 1979. Fitosociología, bases para el estudio de comunidades vegetales. Madrid, España. Ediciones Rosario. 820p.

BUDOWSKI, GERARDO. 1965. Distribution of tropical American rain forest especies in the Light of succession. Turrialba. Costa Rica. 17 (6). Pp. 123-130.

CAMACHO C, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CR, CATIE. 52p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 42).

CAMACHO, M; FINEGAN, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. Turrialba, CR, CATIE. 38p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 295.Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 11).

CABRERA O., GUNTER. S, MOSANDL R 2006. dinami8ca de un bosque montano lluvioso natural y selectivamente intervenido en el sur del Ecuador. (en línea) URL. http//www.lyonia.org.

CARRERA F. 2007. Aprovechamiento de baja impacto de la Reserva Ecológica la Tirimbina. Surriquipe, Costa Rica. Pp. 27

CASTILLO U, A; CAMACHO, M. 2001. Dinámica de la población en el bosque húmedo tropical en Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 8p. (Manejo Forestal Tropical no.17).

CARTUCHE, L; SALAS, H. 2005. Impacto de Tratamientos Silviculturales sobre la regeneración en el Bosque Tropical de montaña de la Estación Científica San Francisco. Tesis de Ingeniería Forestal. U.N.L. Loja Ecuador. 209pp.

CALVA O; BELTRAN G. 2005 Impacto de la luz sobre la regeneración natural de Podocarpáceas de los Bosques de San Francisco y Numbala. Tesis de Ingeniería Forestal. AARRN. U.N.L. Loja Ecuador. 174 pp.

CONTRERAS J., RODRÍGUEZ G., MOLINA V. 2001. Estudio de crecimiento diamétrico de especies maderables comerciales. Informe Preliminar Conservación Internacional. Carmelita San Andrés Peten. Guatemala 10 pp.

COCIOS VASQUEZ, G. 1966. Correlación de Crecimiento diametrico de cinco especies forestales con la lluvia. U.N.L., Facultad de Agronomía Veterinaria. pp. 20-25.

DANCE J., MALLEUX J 2006. Estudio de una Metodología para la Determinación de edades en un Bosque natural. Revista forestal del Perú. Vol. 6/(1-2). Facultad de ciencias Forestales. CEDINFOR. Lima Perú. pp. 1-8

DANIEL P., HELMS U., BAKER F. 1982. Principios de Silvicultura. Trad. por Ramón Elizondo Mata. 2 Edic. México,., INORAMEX. Pp 295, .319, 407, 408.

DELGADO, D; FINEGAN, B; ZAMORA, N; MEIER, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y e tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Turrialba, CR, CATIE. 43p. (Serie Técnico Informe Técnico no. 298. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no.12).

DIAZ H, A. 1996. Efecto de un raleo sobre el crecimiento de un bosque secundario de altura, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 82, 57]p.

EWEL, J; FUENTES, M; HIREMATH, A. 1997. El mito de la luz como limitante del crecimiento: efecto de la competencia por nutrimentos sobre los árboles. Congreso Forestal Nacional (3, 1997,San José, CR). Unidos para el desarrollo del recurso forestal: ante el próximo milenio. Eds. E Morales, F Cartín. San José, CR, MINAE. p.305-307

FINEGAN, B. 1997. Base Ecológicas para la Silvicultura. Curso Intensivo sobre manejo de Bosques Naturales Tropicales. Centro de Investigación y Enseñanza. ECOCIENCIA. Esmeraldas, Ec 222. p

FINEGAN, B. 2002. Ecología y biología de la conservación para el manejo de los bosques tropicales y biodiversidad. Tema 2.4 Análisis cuantitativo de la dinámica de los bosques tropicales Turrialba, CR, CATIE.

GÁLVEZ, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 163p.

GALVEZ, J. 2000. Estudio florístico y Dasométrico del Bosque tropical de montaña no perturbado de la Estación Científica San Francisco. Tesis de Ingeniería Forestal. Loja Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.

GALVAN .O. . 2003. Efecto de la iluminación de la copa sobre el crecimiento de Pentaclethra macroloba y Goethalsia meiantha e implicaciones para la silvicultura de los bosques tropicales húmedos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62p.

GUARDIA S 2004. Dinámica y efectos de un tratamiento silvicultural en el bosque secundario “Florencia San Carlos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62pp.

TCHINSON, I D; WADSWORTH, F H. 1995. La liberación, una práctica forestal prometedora. In II Semana Científica (2, 1995, Turrialba, CR). Memorias. Turrialba, CR, CATIE. P.100-102.

CASTELLANOS H., HERNADEZ L.2006. Crecimiento diamétrico arbóreo en bosques de Sierra Lema Guyana Venezolana: primeras evaluaciones. INVERCIENCIA Vol. 31/ Nª 11 pp. 779 -786

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. Antonio Carrillo. República Federal Alemana. (GTZ) GmbH. 335pp.

LEIGH, E, A. STANLEY, 1992. Ecología de un Bosque Tropical. Ciclos estacionales y cambios a largo plazo. 141-152pp

LÓPEZ J L,. VALDEZ J I, TERRAZAS T; VALDEZ R 2006 Crecimiento en diámetro de especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia en Colima México. Revista Agro ciencia. Vol. 40 Nª 1 México. pp. 139-141

LOUMAN, B; VALERIO, J; JIMÉNEZ, W. 2001. Bases ecológicas. In Louman, B; Quiroz, D; Nilsson, M. Eds. Silvicultura de Bosques latí foliados húmedos con énfasis en América Central.

MANZANERO M., Y G PINELO. 2004. Plan Silvicultural en unidades de manejo forestal. Reserva de la biosfera Maya, Peten Guatemala. WWF. Serie técnica Nª 4. 49 pp.

MEZA V., MONTSERRAT W., CHAVES 2007 Efecto de la aplicación de tratamientos silvicultutales en el crecimiento diametrico de un bosque húmedo tropical bajo manejo. INISEFOR-UNA,. Heredia, Costa Rica.

MOSTACEDO B., Y TS FREDERICKSEN (EDS) 2001 Regeneración y Silvicultura de bosques tropicales en Bolivia. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia 221 pp.

MORATAYA, R; GALLOWAY, G. 1998. Relaciones entre follaje y albura en Tectona grandis y Gmelinaarborea: aplicación de la Teoría del Modelo Vascular e implicaciones de manejo. Revista Forestal Centroamericana no.22:21-28.

MUÑOZ L.., JARAMILLO 2009. Impactos de un tratamiento silvicultural, en la regeneración natural de nueve especies forestales en la Estación Científica San Francisco. UNL. Tesis Forestal, 154pp.

MUÑOZ J. 2010. Comunicación personal.

PINELO M, G I. 1997. Dinámica del bosque petenero: avances de investigación en Petén, Guatemala. Turrialba, CR, CATIE. 48p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 296. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya Petén, Guatemala no. 7)

PINELO M, G I. 2000. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, CR, CATIE. 52p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 40. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya)

PINELO M, G I. 2000. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, CR, CATIE. 52p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 40. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya . Petén, Guatemala no. 10ip.

PRODAN, M; PETERS, R; Cox, F; Real, P. 1997. Mensura forestal. San José, CR, IICA, BMZ/GTZ.561p.

ROJAS, A. 1970. Efecto de un raleo sobre el crecimiento en área basal en un bosque secundario en el trópico húmedo. Tesis M.S. Turrialba. C.R. IICA: 77p.

QUIROS. D.; FINEGAN, B. 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica; definición de un plan operacional y resultados de su aplicación.

Turrialba. C.E. • CATIE - COSUDE. 25 p. (sede técnica, informe técnico CATIE no. 225

QUIRÓS M, D. 2001. Tratamientos silviculturales. In Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. Eds. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR ,CATIE. p.131-153. (Serie Técnica. Manual técnico no. 46)

SABOGAL, C; CASTILLO, A; MEJÍA, A; CASTAÑEDA, A. 2001. Aplicación de un tratamiento silvicultural experimental en un bosque de La Lupe, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE .37p. (Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no.22)

SALISBURY, F B; ROSS, C W. 1992. Fisiología vegetal. Trad. V González V. DF, México, Grupo Editorial Iberoamérica. 759p.

SCHULZ, J P. 1967. La regeneración natural de la selva mesofítica tropical de Surinam después de su aprovechamiento. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación 23:3-27.

SITOE, A . 1992. Crecimiento diamétrico de especies maderables en un bosque húmedo tropical ajo diferentes intensidades de intervención. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 119p.

SISALIMA, E. 2000. Crecimiento y Regeneración Natural de un Bosque Húmedo Tropical Posterior a un raleo selectivo. Tesis de Ingeniería Forestal. UNL. Loja . Ecuador. 74 pp.

STANLEY, S A. 1998. Muestreo diagnóstico: una herramienta útil en la toma de decisiones silvícolas Turrialba, CR, CATIE. 41p. Serie Técnica. Informe Técnico no. 300. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya Petén, Guatemala no. 9

SWAINE, M D; LIEBERMAN, D; PUTZ, F E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forest a review. Journal of Tropical Ecology 3(3-4):359-366.

SYNNOTT, T J. 1991. Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Trad. J Valerio. CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 103p.

VANCLAY, J K. 1989. A growth model for North Queensland rainforests. Forest Ecology and Management 23(3-4):245-271

VALLADARES, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante.. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8. Páginas 335-369

WADSWORTH, F. 1997. Aspectos críticos para la práctica silvicultural en los bosques naturales de América tropical. En Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical. (1996, Pucallpa, Perú). Actas. Sabogal.

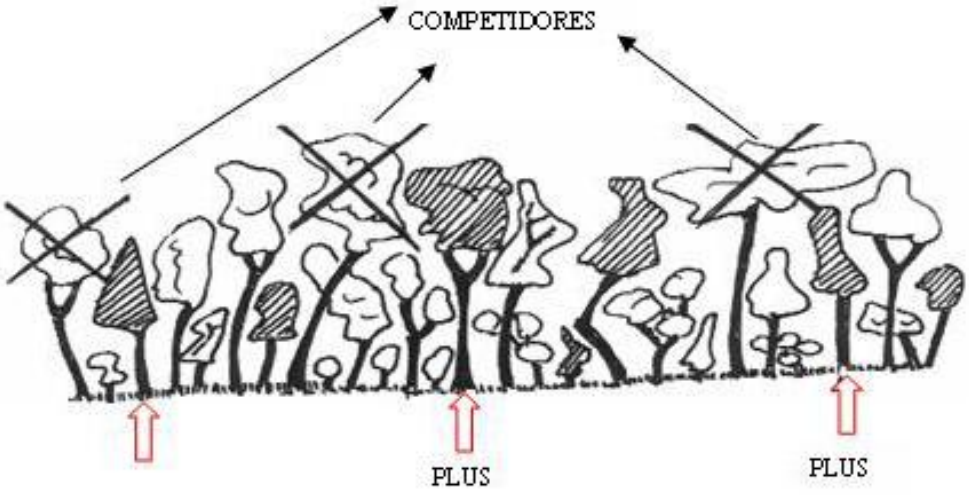
WADSWORTH, F H. 2000. Producción forestal para América tropical. Washington, US, USDA. 603p. (Manual de Agricultura 710-S).

10 APÉNDICES

Apéndice 1. Equivalencias IUFRO de la iluminación de copa.

Especie	IUFRO vertical %			IUFRO lateral %		
	Buena	**Aceptable**	**Deficiente**	**Buena**	**Aceptable**	**Deficiente**
Cedrela montana	0	0 - 65	100	0	3 - 98	15 - 100
Clusia ducuoides	0	0 - 87	100	0	1 - 90	71 - 100
Ficus citrifolia	-	0 - 85	100	-	3 - 73	67 - 100
Hyeronima asperifolia	0	0 - 97	100	0	16 -96	52 - 100
Hyeronima moritziana	0	0 - 85	100	-	2 - 75	86 - 100
Inga acreana	-	0 - 62	100	-	23 -85	42 - 100
Nectandra membranacea	-	0 - 80	100	-	2 - 91	47 - 100
Podocarpus oleifolius	-	0 - 60	100	-	7 - 97	72 - 100
Tabebuia chrysantha	0	0 - 92	100		2 - 92	32 - 100

Apéndice 2. Esquema de la liberación de árboles plus aplicado en la ECSF.



Apéndice 3. Cálculo del incremento periódico anual (ejemplo).

Q	Bloque	Placa	Nombre Científico	DAP_0 (cm)	DAP 1 (cm)	IPA 1 (cm)/año)	DAP 2 (cm)	IPA 2 (cm)/año)	DAP 3 (cm)	IPA 3 (cm)/año)	DAP 4 (cm)	IPA 4 (cm)/año)	DAP final (cm)	IPA 5 (cm)/año)	IPA Final (cm)/año)
2	A	1149	*Inga acreana*	22,40	22,43	0,03	22,72	0,29	23,35	0,64	23,80	0,45	24,47	0,67	0,41
2	A	1157	*Inga acreana*	24,70	24,76	0,06	25,02	0,25	25,34	0,32	26,29	0,95	26,99	0,70	0,46
2	I	1539	*Inga acreana*	25,90	25.93	0,03	26,22	0,29	26,60	0,38	26,66	0,06	26,79	0,13	0,18
2	I	1542	*Inga acreana*	21,10	21,42	0,32	21,74	0,32	22,15	0,41	22,69	0,54	23,33	0,64	0,45
2	I	1551	*Inga acreana*	26,40	26,43	0,03	26,46	0,03	27,07	0,60	27,07	0,00	27,16	0,10	0,15
2	k	1648	*Inga acreana*	20,20	20,30	0,10	20,30	0,00	20,33	0,03	20,33	0,00	20,33	0,00	0,03
2	L	1680	*Inga acreana*	20,60	20,60	0,00	20,70	0,10	20,73	0,03	20,73	0,00	20,73	0,00	0,03
2	L	1691	*Inga acreana*	20,20	20,26	0,06	20,26	0,00	20,52	0,25	20,26	-0,25	20,36	0,10	0,03
2	L	1720	*Inga acreana*	24,60	24,63	0,03	24,63	0,00	24,63	0,00	24,63	0,00	24,63	0,00	0,01
2	M	1736	*Inga acreana*	30,30	30,33	0,03	30,33	0,00	30,49	0,16	30,36	-0,13	30,36	0,00	0,01
2	M	1778	*Inga acreana*	29,50	29,72	0,22	30,01	0,29	30,20	0,19	30,45	0,25	30,71	0,25	0,24
2	R	1996	*Inga acreana*	30,74	30,74	0,00	30,77	0,03	30,90	0,13	31,09	0,19	31,15	0,06	0,08
2	R	2008	*Inga acreana*	24,19	24,73	0,54	25,14	0,41	25,78	0,64	26,67	0,89	26,80	0,13	0,52
2	S	2045	*Inga acreana*	29,28	29,28	0,00	29,28	0,00	29,44	0,16	29,76	0,32	29,82	0,06	0,11
5	A	6	*Inga acreana*	24,70	24,83	0,13	24,89	0,06	24,95	0,06	26,61	1,66	26,99	0,38	0,46
5	A	18	*Inga acreana*	20,40	20,56	0,16	20,59	0,03	20,69	0,10	20,75	0,06	20,97	0,22	0,11
5	D	241	*Inga acreana*	23,60	24,17	0,57	25,19	1,02	25,67	0,48	26,56	0,89	27,10	0,54	0,70
5	D	250	*Inga acreana*	20,80	20,86	0,06	20,90	0,03	20,90	0,00	20,90	0,00	20,93	0,03	0,03
5	D	251	*Inga acreana*	23,30	23,36	0,06	23,68	0,32	23,78	0,10	24,03	0,25	24,29	0,25	0,20
5	D	283	*Inga acreana*	20,10	20,13	0,03	20,13	0,00	20,13	0,00	20,16	0,03	20,16	0,00	0,01
5	D	294	*Inga acreana*	36,80	36,80	0,00	36,83	0,03	37,09	0,25	37,44	0,35	37,63	0,19	0,17
5	E	378	*Inga acreana*	22,28	22,28	0,00	22,60	0,32	22,69	0,10	23,08	0,38	23,30	0,22	0,20

Continuación del apéndice 6.1……..

5	F	401	*Inga acreana*	26,90	27,22	0,32	28,36	1,15	29,38	1,02	30,34	0,95	31,17	0,83	0,85
5	F	439	*Inga acreana*	27,50	28,61	1,11	30,43	1,81	31,96	1,53	33,07	1,11	33,96	0,89	1,29
5	G	488	*Inga acreana*	23,23	23,87	0,64	23,93	0,06	24,34	0,41	24,95	0,60	26,19	1,24	0,59
5	H	571	*Inga acreana*	20,70	21,02	0,32	21,27	0,25	21,75	0,48	21,53	-0,22	21,75	0,22	0,21
5	H	613	*Inga acreana*	23,90	24,06	0,16	24,79	0,73	24,98	0,19	25,49	0,51	25,75	0,25	0,37
5	I	637	*Inga acreana*	24,20	24,42	0,22	24,84	0,41	25,15	0,32	25,82	0,67	26,30	0,48	0,42
5	L	834	*Inga acreana*	25,78	26,54	0,76	27,24	0,70	27,56	0,32	29,06	1,50	29,89	0,83	0,82
5	M	859	*Inga acreana*	28,80	28,86	0,06	28,86	0,00	29,34	0,48	29,44	0,10	29,60	0,16	0,16
5	M	932	*Inga acreana*	20,00	20,03	0,03	20,03	0,00	20,03	0,00	20,06	0,03	20,29	0,22	0,06
5	P	1050	*Inga acreana*	25,60	26,75	1,15	27,83	1,08	28,72	0,89	30,25	1,53	31,01	0,76	1,08
5	P	1052	*Inga acreana*	20,30	21,29	0,99	21,96	0,67	22,53	0,57	23,55	1,02	24,12	0,57	0,76
PROMEDIO															0,34

Ejemplo de cálculo del incremento periódico anual por año. (Árbol 1050)

$$ipa = \frac{dap2 - dap1}{n}$$

$$ipa = \frac{26{,}75cm - 25{,}60cm}{1año}$$

$$ipa = 1{,}15cm / año$$

Ejemplo de cálculo del incremento periódico anual por 5 años del periodo (ARBOL 1050)

$$ipa = \frac{dap2 - dap1}{n}$$

$$ipa = \frac{31{,}01cm - 25{,}60cm}{5año}$$

$$ipa = 1{,}08cm / año$$

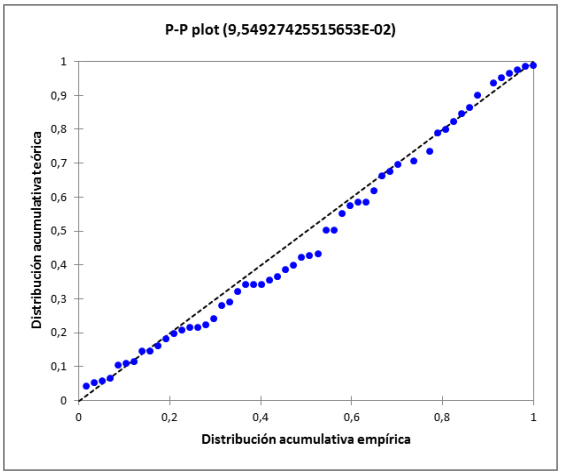
Apéndice 4. Pruebas de normalidad.

Especie	**Pruebas de Normalidad (Lilliefors)**			
	Diamétrico		**Basimétrico**	
	Variable sin transformar	**Variable transformada (Raíz x)**	**Variable sin transformar**	**Variable transformada (Raíz x)**
Cedrela montana	0,248	-	0,000	0,076
Nectandra membranacea	0,011	0,820	0,006	0,096
Hyeronima moritziana	0,000	0,478	0,001	0,138
Hyeronima asperifolia	0,000	0,114	0,009	0,532
Inga acreana	0,039	0,369	0,006	0,650*
Ficus citrifolia	0,302	-	0,010	0,481
Tabebuia chrysantha	Pruebas no paramétricas		Pruebas no paramétricas	
Podocarpus oleifolius	Pruebas no paramétricas		Pruebas no paramétricas	
Clusia ducuoides	Pruebas no paramétricas		Pruebas no paramétricas	

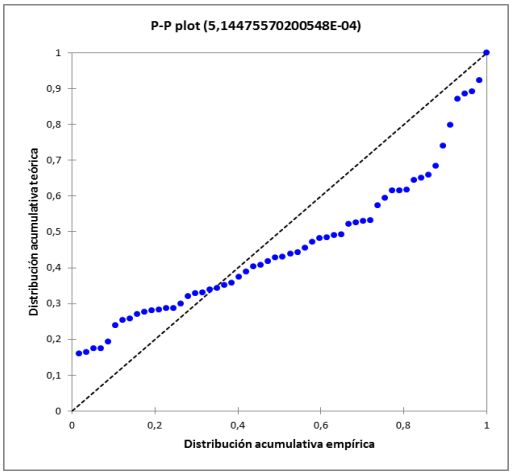
* Variable transformada por log x
Cuando el valor es mayor a p=0,05 se acepta la normalidad de los datos

Apéndice 6. Figura de la prueba de normalidad de la especie *Cedrela montana*.

Diamétrico



Basimétrico



Apéndice 7. Contraste univariados del tratamiento, bajo distintas iluminaciones de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	**Fuente de variación**	**ANOVA Diamétrico**	**ANOVA Basimétrico**
		Sig. (p=0.05)	**Sig. (p=0.05)**
Quebrada 2	Iluminación buena (Tratamiento)	a	a
	Iluminación aceptable (Tratamiento)	a	a
	Iluminación Deficiente (tratamiento)	a	a
Quebrada 5	Iluminación buena (tratamiento)	0,014*	0,207
	Iluminación aceptable (tratamiento)	0,713	0,913
	Iluminación Deficiente (tratamiento)	0,495	0,967

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 8. Comparación de medias ajustadas del efecto de la clase diametral del fuste en el incremento basimétrico de *Cedrela montana* en individuos sin tratamiento en la Q_5

Tratamiento	(I) Clase Diamétrica	(J) Clase Diamétrica	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p=0.05)
Sin Tratamiento	5 – 10	10 - 20	-0.025*	0.011	0.020**
		20 - 30	-0.046*	0.011	0.000**
		30 - 40	-0.049*	0.013	0.000**
		40 - 50	.[a]		.
	10 – 20	5 - 10	0.025*	0.011	0.020**
		20 - 30	-0.021*	0.006	0.001**
		30 - 40	-0.024*	0.009	0.011**
		40 - 50	.[a]	.	.
	20 – 30	5 - 10	0.046*	0.011	0.000**
		10 - 20	0.021*	0.006	0.001**
		30 - 40	-0.003	0.009	0.733
		40 - 50	.[a]	.	.
	30 – 40	5 - 10	0.049*	0.013	0.000**
		10 - 20	0.024*	0.009	0.011**
		20 - 30	0.003	0.009	0.733
		40 - 50	.[a]	.	.

**. La diferencia de las medias es significativa al nivel 0 ,05.
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 9 Contrates univariados de la clase diametral de fuste por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con Tratamiento (Clase diamétrica)	a	a
	Sin Tratamiento (Clase diamétrica)	0,159	0,297
Quebrada 5	Con Tratamiento (Clase diamétrica)	0,471	0,247
	Sin Tratamiento (Clase diamétrica)	0,208	0,000

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 10 Contrates univariados del tratamiento por clase diametral del fuste en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	5 – 10cm (Tratamiento)	a	a
	10 – 20cm (Tratamiento)	a	a
	20 – 30cm (Tratamiento)	0,045*	0,034*
	30 – 40cm (Tratamiento)	0,092	0,087
	(40 -50)cm (Tratamiento)	a	a

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 11 Contraste univariados de la quebrada por clase diametral del fuste en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	(5 – 10) cm (Quebrada)	a	a
	(10 – 20) cm (Quebrada)	a	a
	(20 – 30) cm (Quebrada)	0,531	0,152
	(30 – 40) cm (Quebrada)	0,133	0,077
	(40 -50) cm (Quebrada)	a	a

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 12. Efecto de la forma de copa por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Forma de copa)	[a]	[a]
	Con tratamiento (Forma de copa)	0,200	0,171
Quebrada 5	Con tratamiento (Forma de copa)	0,416	0,649
	Con tratamiento (Forma de copa)	0,100	0,016*

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 13 Comparación de medias ajustadas en Q_5 de individuos sin tratamiento del efecto de la forma de copa en el incremento basimétrico de *Cedrela montana*

Tratamiento	(I) Forma de Copa	(J) Forma de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p=0.05)
Sin Tratamiento	Perfecta	Buena	.[a]	.	.
		Tolerable	.[a]	.	.
		Pobre	.[a]	.	.
	Buena	Perfecta	.[b]	.	.
		Tolerable	0,023*	0,008	0,006
		Pobre	0,013*	0,010	0,194
	Tolerable	Perfecta	.[b]	.	.
		Buena	-0,023*	0,008	0,006
		Pobre	-0,010	0,012	0,408

*. La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.
a. La combinación de niveles de los factores en (I) no tiene observaciones.
b. La combinación de niveles de los factores en (J) no tiene observaciones.

Apéndice 14 Contrates univariados del tratamiento por forma de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	Perfecta (Tratamiento)	a	a
	Buena (Tratamiento)	0,018*	0,384
	Tolerable (Tratamiento)	0,075	0,166
	Pobre (Tratamiento)	a	a

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 15. Comparación de medias ajustadas del diámetro de copa por tratamiento en la Q_5 en el incremento diamétrico de especie *Cedrela montana*

Tratamiento	(I) Diámetro de Copa	(J) Diámetro de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p=0.05)
Sin Tratamiento	0 - 2.5	2.5 - 5	-0.288*	0.131	0.033*
		5 - 7.5	-0.201	0.118	0.096
		7.5 - 10	-0.353*	0.136	0.013*
		10 - 12.5	-0.362*	0.154	0.023*
	2.5 - 5	0 - 2.5	0.288*	0.131	0.033*
		5 - 7.5	0.087	0.103	0.402
		7.5 - 10	-0.065	0.122	0.598
		10 - 12.5	-0.075	0.143	0.603
	5 - 7.5	0 - 2.5	0.201	0.118	0.096
		2.5 - 5	-0.087	0.103	0.402
		7.5 - 10	-0.152	0.109	0.171
		10 - 12.5	-0.162	0.132	0.226
	7.5 - 10	0 - 2.5	0.353*	0.136	0.013*
		2.5 – 5	0.065	0.122	0.598
		5 - 7.5	0.152	0.109	0.171
		10 - 12.5	-0.010	0.148	0.946

Apéndice 16. Comparación de medias ajustadas del diámetro de copa por tratamiento en la Q_5 en el incremento basimétrico de especie *Cedrela montana*

Tratamiento	(I) Diámetro de Copa	(J) Diámetro de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p=0.05)
Sin Tratamiento	0 - 2.5	2.5 - 5	-0.018*	0.009	0.044*
		5 - 7.5	-0.022*	0.008	0.009*
		7.5 - 10	-0.034*	0.009	0.000*
		10 - 12.5	-0.053*	0.010	0.000*
	2.5 - 5	0 - 2.5	0.018*	0.009	0.044*
		5 - 7.5	-0.004	0.007	0.610
		7.5 - 10	-0.016	0.008	0.056
		10 - 12.5	-0.035*	0.010	0.001*
	5 - 7.5	0 - 2.5	0.022*	0.008	0.009*
		2.5 - 5	0.004	0.007	0.610
		7.5 - 10	-0.013	0.007	0.093
		10 - 12.5	-0.031*	0.009	0.001*
	7.5 - 10	0 - 2.5	0.034*	0.009	0.000
		2.5 - 5	0.016	0.008	0.056
		5 - 7.5	0.013	0.007	0.093
		10 - 12.5	-0.019	0.010	0.068

Apéndice 17 Efecto del diámetro de copa por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Diámetro de copa)	a	a
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.127	0.144
Quebrada 5	Con tratamiento (Diámetro de copa)	0.375	0.221
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.078	0.000*

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones

Apéndice 18. Contrastes univariados del tratamiento bajo distintas clases de diámetro de copa, en el incremento diamétrico y basimétrico de *Cedrela montana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	0 – 2.5 m (Tratamiento)	[a]	[a]
	2.5 – 5 m (Tratamiento)	0.030*	0.940
	5 – 7.5 m (Tratamiento)	0.250	0.986
	7.5 – 10 m (Tratamiento)	0.223	0.420
	10 – 12.5 m (Tratamiento)	0.286	0.356

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 19 Análisis Chi cuadrado de las distintas variables medidas en el campo

Variables	Dawkins	Forma de Copa	Diámetro de Copa	Hegyi	Clase Diamétrica
Chi-cuadrado	3.263	65.035	27.298	68.877	56.947
gl	2	3	4	4	4
Sig. Asíntota.	0.196	0.000	0.000	0.000	0.000

Apéndice 20 Comparación de medias ajustada del efecto de iluminación de copa en la Q_2 en el incremento basimétrico de las especie *Tabebuia chrysantha*

Tratamiento	(I) Dawkins	(J) Dawkins	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p=0.05)
con tratamiento	Bueno	Aceptable	-	-	-
		Deficiente	-	-	-
	Aceptable	Bueno	-	-	-
		Deficiente	-	-	-
Sin tratamiento	Bueno	Aceptable	0.001*	0.000	0.023*
		Deficiente	0.001*	0.000	0.007*
	Aceptable	Bueno	0.000*	0.000	0.023*
		Deficiente	0.000	0.000	0.763

*. La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.

Apéndice 21. Efecto de la iluminación de copa por tratamiento y por sitio en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	Kruskall Diamétrico	Kruskall Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Iluminación de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Iluminación de copa)	0.110	0.010*
Quebrada 5	Con tratamiento (Iluminación de copa)	0.482	0.244
	Sin tratamiento (Iluminación de copa)	0.993	0.785

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 22 Comparación de medias ajustada del efecto de clase diamétrica en Q_5 en individuos con tratamiento en el incremento basimétrico de las especie *Tabebuia chrysantha*

Tratamiento	(I) Clase Diamétrica	(J) Clase Diamétrica	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
Con Tratamiento	5 - 10	10 - 20	.[a,b]	.	.
		20 - 30	.[a]	.	.
		30 - 40	.[a]	.	.
		40 - 50	.[a]	.	.
		50 - 60	.[a]	.	.
		>60	.[a]	.	.
	10 - 20	5 - 10	.[a,b]	.	.
		20 - 30	.[a]	.	.
		30 - 40	.[a]	.	.
		40 - 50	.[a]	.	.
		50 - 60	.[a]	.	.
		>60	.[a]	.	.
	20 - 30	5 - 10	.[b]	.	.
		10 - 20	.[b]	.	.
		30 - 40	0.00008	0.000	0.848
		40 - 50	0.000	0.000	0.817
		50 - 60	0.000	0.000	0.074
		>60	0.000	0.001	0.322

	30 - 40	5 - 10	.[b]	.	.
		10 - 20	.[b]	.	.
		20 - 30	0.00008	0.000	0.848
		40 - 50	0.000	0.000	0.484
		50 - 60	0.000*	0.000	0.004*
		>60	0.000	0.000	0.126
	40 - 50	5 - 10	.[b]	.	.
		10 - 20	.[b]	.	.
		20 - 30	0.000	0.000	0.817
		30 - 40	0.000	0.000	0.484
		50 - 60	0.000*	0.000	0.017*
		>60	0.000	0.000	0.283
	50 - 60	5 - 10	.[b]	.	.
		10 - 20	.[b]	.	.
		20 - 30	0.001	0.000	0.074
		30 - 40	0.001*	0.000	0.004*
		40 - 50	0.001*	0.000	0.017*
		>60	0.000	0.000	0.448
	>60	5 - 10	.[b]	.	.
		10 - 20	.[b]	.	.
		20 - 30	0.001	0.001	0.322
		30 - 40	0.001	0.000	0.126
		40 - 50	0.000	0.000	0.283
		50 - 60	0.000	0.000	0.448

Apéndice 23 Efecto de la clase diametral de fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*

Sitio/Tratamiento	**Fuente de variación**	**KRUSKALL Diamétrico**	**KRUSKALL Basimétrico**
		Sig. (p=0.05)	**Sig. (p=0.05)**
Quebrada 2	Con tratamiento (Clase diamétrica)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.667	0.161
Quebrada 5	Con tratamiento (Clase diamétrica)	0.510	0.039*
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.925	0.981

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 24 Efecto de la clase diametral de fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (forma de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (forma de copa)	0.083	0.175
Quebrada 5	Con tratamiento (forma de copa)	0.140	0.060
	Sin tratamiento (forma de copa)	0.980	0.950

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 25. Prueba de comparación de medias ajustadas del efecto de la diámetro de copa en el incremento basimétrico en *Tabebuia chrysantha*

Tratamiento	(I) Diámetro de Copa	(J) Diámetros de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p=0.05)
Sin Tratamiento	0 - 2.5	2.5 - 5	-6.562E-6	0.000	0.986
		5 - 7.5	0.000	0.000	0.168
		7.5 - 10	-0.001*	0.000	0.004*
		10 - 12.5	.[b]	.	.
	2.5 - 5	0 - 2.5	6.562E-6	0.000	0.986
		5 - 7.5	0.000	0.000	0.153
		7.5 - 10	-0.001*	0.000	0.003*
		10 - 12.5	.[b]	.	.
	5 - 7.5	0 - 2.5	0.000	0.000	0.168
		2.5 - 5	0.000	0.000	0.153
		7.5 - 10	0.000	0.000	0.064
		10 - 12.5	.[b]	.	.
	7.5 - 10	0 - 2.5	0.001*	0.000	0.004*
		2.5 - 5	0.001*	0.000	0.003*
		5 - 7.5	0.001	0.000	0.064
		10 - 12.5	.[b]	.	.

b. La combinación de niveles de los factores en (J) no tiene observaciones.
*. La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.

Apéndice 26 Efecto de diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Diámetro de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.051	0.007
Quebrada 5	Con tratamiento (Diámetro de copa)	0.696	0.430
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.976	0.896

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 27 Efecto de índice de Hegyi por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Tabebuia chrysantha*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Índice de Hegyi)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Índice de Hegyi)	0.517	0.071
Quebrada 5	Con tratamiento (Índice de Hegyi)	0.730	0.230
	Sin tratamiento (Índice de Hegyi)	0.961	0.958

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 28. Contrastes univariados del tratamiento bajo distintas iluminaciones de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	Iluminación buena (Tratamiento)	0.182	0.529
	Iluminación aceptable (Tratamiento)	0.011*	0.786
	Iluminación Deficiente (Tratamiento)	0.574	0.970

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables

Apéndice 29. Contrates univariados del tratamiento bajo distintas formas de de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	Perfecta (Tratamiento)	[a]	[a]
	Buena (Tratamiento)	0.161	0.318
	Tolerable (Tratamiento)	0.513	0.349
	Pobre (Tratamiento)	0.010*	0.094
	Muy Pobre (Tratamiento)	[a]	[a]

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones. (no existe algún grupo de comparación)

Apéndice 30 Contrastes univariados de diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Diámetro de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.815	0.150
Quebrada 5	Con tratamiento (Diámetro de copa)	0.090	0.572
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.334	0.024*

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 31. Contraste univariados del sitio en distintas clases de diámetro de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Sin tratamiento	0 – 2.5 m (Quebrada)	0.388	0.256
	2.5 – 5 m (Quebrada)	0.186	0.018*
	5 – 7.5 m (Quebrada)	[a]	[a]
	7.5 – 10 m (Quebrada)	[a]	[a]

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 32. Contraste univariados del tratamiento en distintas clases de índices de Hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico de *Inga acreana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	Perfecta (Tratamiento)	0.130	0.470
	Buena (Tratamiento)	0.133	0.412
	Tolerable (Tratamiento)	a	a
	Pobre (Tratamiento)	a	a
	Muy Pobre (Tratamiento)	a	a

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones. (no existe algún grupo de comparación)

Apéndice 33 Comparación de medias ajustada del efecto de la clase diamétrico en el incremento basimétrico en la Q_2 de las especie *Nectandra membranácea*

Tratamiento	(I) Clase Diamétrica	(J) Clase Diamétrica	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p0.05).
Sin Tratamiento	(5 - 10)cm	(10 - 20)cm	0.081	0.176	0.649
		(20 - 30)cm	0.036	0.152	0.814
		(30 - 40)cm	0.101	0.159	0.526
		(40 - 50)cm	-0.205	0.186	0.273
	(10 - 20)cm	(5 - 10)cm	-0.081	0.176	0.649
		(20 - 30)cm	-0.045	0.114	0.696
		(30 - 40)cm	0.021	0.122	0.865
		(40 - 50)cm	-0.286	0.155	0.070
	(20 - 30)cm	(5 - 10)cm	-0.036	0.152	0.814
		(10 - 20)cm	0.045	0.114	0.696
		(30 - 40)cm	0.065	0.085	0.443
		(40 - 50)cm	-0.241	0.128	0.064
	(30 - 40)cm	(5 - 10)cm	-0.101	0.159	0.526
		(10 - 20)cm	-0.021	0.122	.865
		(20 - 30)cm	-0.065	0.085	0.443
		(40 - 50)cm	-0.306*	0.136	0.027
	(40 - 50)cm	(5 - 10)cm	0.205	0.186	0.273
		(10 - 20)cm	0.286	0.155	0.070
		(20 - 30)cm	0.241	0.128	0.064
		(30 - 40)cm	0.306*	0.136	0.027

Apéndice 34 Contraste univariados de la clase diametral del fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Nectandra membranácea*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Clase diamétrica)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.261	0.001*
Quebrada 3	Con tratamiento (Clase diamétrica)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.959	0.761
Quebrada 5	Con tratamiento (Clase diamétrica)	0.464	0.830
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.428	0.719

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 35 Comparación de medias ajustadas de la forma de copa sobre el incremento diamétrico en Q_5 de la especie *Nectandra membranácea*

Tratamiento	(I) Forma de Copa	(J) Forma de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p=0.05).
Con Tratamiento	Perfecta	Buena	.[a]	.	.
		Tolerable	.[a]	.	.
		Pobre	.[a]	.	.
		Muy Pobre	.[a,b]	.	.
	Buena	Perfecta	.[b]	.	.
		Tolerable	0.003	0.008	0.755
		Pobre	0.019	0.010	0.055
		Muy Pobre	.[b]	.	.
	Tolerable	Perfecta	.[b]	.	.
		Buena	-0.003	0.008	0.755
		Pobre	0.017	0.011	0.144
		Muy Pobre	.[b]	.	.
	Pobre	Perfecta	.[b]	.	.
		Buena	-0.019	0.010	0.055
		Tolerable	-0.017	0.011	0.144
		Muy Pobre	.[b]	.	.
	Buena	Perfecta	.[b]	.	.

		Tolerable	0.009	0.006	0.164
		Pobre	0.024*	0.009	0.009*
		Muy Pobre	0.016	0.010	0.119
	Tolerable	Perfecta	.[b]	.	.
		Buena	-0.009	0.006	0.164
		Pobre	0.015	0.008	0.070
		Muy Pobre	0.007	0.009	0.457
	Pobre	Perfecta	.[b]	.	.
		Buena	-0.024*	0.009	0.009*
		Tolerable	-0.015	0.008	0.070
		Muy Pobre	-0.008	0.011	0.496
	Muy Pobre	Perfecta	.[b]	.	.
		Buena	-0.016	.010	0.119
		Tolerable	-0.007	.009	0.457

Apéndice 36 Contrastes univariados de la forma de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Nectandra membranácea*

Sitio/Tratamiento	**Fuente de variación**	**ANOVA Diamétrico**	**ANOVA Basimétrico**
		Sig. (p=0.05)	**Sig. (p=0.05)**
Quebrada 2	Con tratamiento (Clase diamétrica)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.342	0.080
Quebrada 3	Con tratamiento (Clase diamétrica)	0.889	0.872
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.426	0.889
Quebrada 5	Con tratamiento (Clase diamétrica)	0.183	0.153
	Sin tratamiento (Clase diamétrica)	0.002*	0.054

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 37. Contraste univariados del sitio por forma de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de la especie *Nectandra membranácea*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Sin tratamiento	Perfecta (Quebrada)	[a]	[a]
	Buena (Quebrada)	0.067	0.016*
	Tolerable (Quebrada)	0.344	0.829
	Pobre (Tratamiento)	0513	0.488
	Muy Pobre (Quebrada)	0.860	0.997

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones. (no existe algún grupo de comparación)

Apéndice 38 Comparación de medias ajustadas del diámetro de copa sobre el incremento basimétrico en Q_2 de la especie *Nectandra membranácea*

Tratamiento	(I) Diámetro de Copa	(J) Diámetro de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p0.05).
Sin Tratamiento	(0 - 2.5)m	(2,5 - 5)m	-0.009	0.009	0.338
		(5 - 7.5)m	-0.015	0.009	0.088
		(7,5 - 10)m	-0.029*	0.010	0.006*
		(10 - 12.5)m	-0.035*	0.012	0.004*
	(2,5 - 5)m	(0 - 2.5)m	0.009	0.009	0.338
		(5 - 7.5)m	-0.007	0.005	0.151
		(7,5 - 10)m	-0.020*	0.007	0.004*
		(10 - 12.5)m	-0.026*	0.009	0.004*
	(5 - 7.5)m	(0 - 2.5)m	0.015	0.009	0.088
		(2,5 - 5)m	0.007	0.005	0.151
		(7,5 - 10)m	-0.014*	0.007	0.043*
		(10 - 12.5)m	-0.020*	0.009	0.027*
	(7,5 - 10)m	(0 - 2.5)m	0.029*	0.010	0.006*
		(2,5 - 5)m	0.020*	0.007	0.004*
		(5 - 7.5)m	0.014*	0.007	0.043*
		(10 - 12.5)m	-0.006	0.010	0.531

Apéndice 39 Contrastes univariados del diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Nectandra membranácea*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Diámetro de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.195	0.002*
Quebrada 3	Con tratamiento (Diámetro de copa)	0.250	0.274
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.957	0.792
Quebrada 5	Con tratamiento (Diámetro de copa)	0.168	0.064
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.278	0.297

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 40. Contraste univariados del tratamiento por índice de Hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico de la especie *Nectandra membranácea*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	0 – 0.75 (Tratamiento)	0.887	0.457
	0.75 – 1.5 (Tratamiento)	0.046*	0.014*
	1.5 – 2.25 (Tratamiento)	0.279	0.222
	2.25 - 3 (Tratamiento)	[a]	[a]
	> 3 (Tratamiento)	[a]	[a]

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones. (no existe algún grupo de comparación)

Apéndice 41 Comparación de medias ajustadas del efecto de la iluminación de copa en el incremento diamétrico de *Hyeronima asperifolia*

Tratamiento	(I) Dawkins	(J) Dawkins	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
Con Tratamiento	Bueno	Aceptable	-0.063	0.094	0.506
		Deficiente	0.202	0.130	0.127
	Aceptable	Bueno	0.063	0.094	0.506
		Deficiente	0.265*	0.116	0.026*
Sin Tratamiento	Bueno	Aceptable	0.194	0.125	0.125
		Deficiente	0.306*	0.121	0.015*
	Aceptable	Bueno	-0.194	0.125	0.125
		Deficiente	0.111	0.093	0.239

Apéndice 42 Comparación de medias ajustadas del efecto de la iluminación de copa en el incremento basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Tratamiento	(I) Dawkins	(J) Dawkins	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
Con Tratamiento	Bueno	Aceptable	-0.006	0.007	0.387
		Deficiente	0.017	0.009	0.064
	Aceptable	Bueno	0.006	0.007	0.387
		Deficiente	0.023*	0.008	0.006*
Sin Tratamiento	Bueno	Aceptable	0.018*	0.009	0.044*
		Deficiente	0.029*	0.008	0.001*
	Aceptable	Bueno	-0.018*	0.009	0.044*
		Deficiente	0.011	0.006	0.088

Apéndice 43. Contrates univariados de iluminación de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Iluminación de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Iluminación de copa)	0.226	0.242
Quebrada 3	Con tratamiento (Iluminación de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Iluminación de copa)	[a]	[a]
Quebrada 5	Con tratamiento (Iluminación de copa)	0.083	0.023*
	Sin tratamiento (Iluminación de copa)	0.047*	0.004*

*) Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables

[a]) La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones. .(No hay individuos con tratamiento en Q_2)

Apéndice 44. Contraste univariados del tratamiento bajo distintas iluminaciones de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	Buena (tratamiento)	0452	0.471
	Aceptable (tratamiento)	0.072	0.007*
	Deficiente (tratamiento))	0.965	0.523

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables

Apéndice 45 Comparación de medias ajustadas del efecto de la clase diametral del fuste en el incremento basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Tratamiento	(I) Clase Diamétrica	(J) Clase Diamétrica	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p0.05).
Con Tratamiento	(5 - 10) cm	(10 - 20)cm	.[a,b]	.	.
		(20 - 30)cm	.[a]	.	.
		(30 - 40)cm	.[a]	.	.
		(40 - 50)cm	.[a]	.	.
		>50cm	.[a]	.	.
	(10 - 20)cm	(5 - 10) cm	.[a,b]	.	.
		(20 - 30)cm	.[a]	.	.
		(30 - 40)cm	.[a]	.	.
		(40 - 50)cm	.[a]	.	.
		>50cm	.[a]	.	.
	(20 - 30)cm	(5 - 10) cm	.[b]	.	.
		(10 - 20)cm	.[b]	.	.
		(30 - 40)cm	-0.006	.007	0.374
		(40 - 50)cm	-0.021*	.007	0.006
		>50cm	-0.012	.008	0.146
	(30 - 40)cm	(5 - 10) cm	.[b]	.	.
		(10 - 20)cm	.[b]	.	.
		(20 - 30)cm	0.006	0.007	0.374
		(40 - 50)cm	-0.015	0.008	0.066
		>50cm	-0.006	0.009	0.495
	(40 - 50)cm	(5 - 10) cm	.[b]	.	.
		(10 - 20)cm	.[b]	.	.
		(20 - 30)cm	0.021*	0.007	0.006
		(30 - 40)cm	0.015	0.008	0.066
		>50cm	0.009	0.009	0.345
Sin Tratamiento	(5 - 10) cm	(10 - 20)cm	-0.015	0.008	0.061
		(20 - 30)cm	-0.028*	0.008	0.001
		(30 - 40)cm	-0.031*	0.012	0.009
		(40 - 50)cm	-0.039*	0.012	0.001
		>50cm	-0.041*	0.015	0.009
	(10 - 20)cm	(5 - 10) cm	0.015	0.008	0.061
		(20 - 30)cm	-0.013	0.008	0.103
		(30 - 40)cm	-0.016	0.011	0.156
		(40 - 50)cm	-0.024*	0.011	0.040
		>50cm	-0.026	0.015	0.091

	(20 - 30)cm	(5 - 10) cm	0.028*	0.008	0.001
		(10 - 20)cm	0.013	0.008	0.103
		(30 - 40)cm	-0.003	0.012	0.777
		(40 - 50)cm	-0.011	0.012	0.355
		>50cm	-0.013	0.015	0.398
	(30 - 40)cm	(5 - 10) cm	0.031*	0.012	0.009
		(10 - 20)cm	0.016	0.011	0.156
		(20 - 30)cm	0.003	0.012	0.777
		(40 - 50)cm	-0.007	0.014	0.599
		>50cm	-0.010	0.017	0.577
	(40 - 50)cm	(5 - 10) cm	0.039*	0.012	0.001
		(10 - 20)cm	0.024*	0.011	0.040
		(20 - 30)cm	0.011	0.012	0.355
		(30 - 40)cm	0.007	0.014	0.599
		>50cm	-0.002	0.017	0.897

a. La combinación de niveles de los factores en (I) no tiene observaciones.
b. La combinación de niveles de los factores en (J) no tiene observaciones.
*. La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.

Apéndice 46. Contraste univariados de clase diametral del fuste por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Sitio/Tratamiento	**Fuente de variación**	**ANOVA Diamétrico**	**ANOVA Basimétrico**
		Sig. (p=0.05)	**Sig. (p=0.05)**
Quebrada 3	Con tratamiento (clase diamétrica)	a	a
	Sin tratamiento (clase diamétrica)	a	a
Quebrada 5	Con tratamiento (clase diamétrica)	0.700	0.042*
	Sin tratamiento (clase diamétrica)	0.062	0.002*

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 47 Comparación de medias ajustadas del efecto de diámetro de copa en el incremento basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Quebrada	Tratamiento	(I) Diámetro de Copa	(J) Diámetro de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significancia (p0.05).
Quebrada 2	Sin Tratamiento	(0 - 2.5)m	(2.5 - 5)m	.[a,b]	.	.
			(5 - 7,5)m	.[a,b]	.	.
			(7.5 - 10)m	.[a,b]	.	.
			(10 - 12.5)m	.[a,b]	.	.
		(0 - 2.5)m	(2.5 - 5)m	0.077	0.150	0.608
			(5 - 7,5)m	-0.183	0.170	0.287
			(7.5 - 10)m	-0.247	0.229	0.286
			(10 - 12.5)m	-0.686*	0.229	0.004*
		(2.5 - 5)m	(0 - 2.5)m	-0.077	0.150	0.608
			(5 - 7,5)m	-00.261*	0.129	0.048*
			(7.5 - 10)m	-0.324	0.200	0.111
			(10 - 12.5)m	-0.764*	0.200	0.000*
		(5 - 7,5)m	(0 - 2.5)m	0.183	0.170	0.287
			(2.5 - 5)m	0.261*	0.129	0.048
			(7.5 - 10)m	-0.063	0.216	0.771
			(10 - 12.5)m	-0.503*	0.216	0.024*
		(7.5 - 10)m	(0 - 2.5)m	0.247	0.229	0.286
			(2.5 - 5)m	0.324	0.200	0.111
			(5 - 7,5)m	0.063	0.216	0.771
			(10 - 12.5)m	-0.440	0.264	0.102
Quebrada 5	Con Tratamiento	(0 - 2.5)m	(2.5 - 5)m	-0.233	0.156	0.143
			(5 - 7,5)m	-0.310*	0.146	0.038*
			(7.5 - 10)m	-0.389*	0.148	0.011*
			(10 - 12.5)m	-0.296	0.170	0.088
		(2.5 - 5)m	(0 - 2.5)m	0.233	0.156	0.143
			(5 - 7,5)m	-0.078	0.104	0.460
			(7.5 - 10)m	-0.157	0.106	0.148
			(10 - 12.5)m	-0.064	0.136	0.642
		(5 - 7,5)m	(0 - 2.5)m	0.310*	0.146	0.038*
			(2.5 - 5)m	0.078	0.104	0.460
			(7.5 - 10)m	-0.079	0.091	0.388
			(10 - 12.5)m	0.014	0.124	0.912
		(7.5 - 10)m	(0 - 2.5)m	0.389*	0.148	0.011*
			(2.5 - 5)m	0.157	0.106	0.148
			(5 - 7,5)m	0.079	0.091	0.388

			(10 - 12.5)m	0.093	0.126	0.466
	Sin Tratamiento	(0 - 2.5)m	(2.5 - 5)m	-0.251*	0.114	0.033*
			(5 - 7,5)m	-0.364*	0.112	0.002*
			(7.5 - 10)m	-0.432*	0.209	0.044*
			(10 - 12.5)m	-0.394*	0.162	0.019*
		(2.5 - 5)m	(0 - 2.5)m	0.251*	0.114	0.033*
			(5 - 7,5)m	-0.113	0.091	0.217
			(7.5 - 10)m	-0.181	0.198	0.364
			(10 - 12.5)m	-0.143	0.148	0.337
		(5 - 7,5)m	(0 - 2.5)m	0.364*	0.112	0.002*
			(2.5 - 5)m	0.113	0.091	0.217
			(7.5 - 10)m	-0.068	0.197	0.732
			(10 - 12.5)m	-0.030	0.146	0.840
		(7.5 - 10)m	(0 - 2.5)m	0.432*	0.209	0.044*
			(2.5 - 5)m	0.181	0.198	0.364
			(5 - 7,5)m	0.068	0.197	0.732
			(10 - 12.5)m	0.038	0.229	0.868

a. La combinación de niveles de los factores en (I) no tiene observaciones.

b. La combinación de niveles de los factores en (J) no tiene observaciones.

*. La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.

Apéndice 48. Contrastes univariados del diámetro de copa por tratamiento en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Sitio/Tratamiento	**Fuente de variación**	**ANOVA Diametrico**	**ANOVA Basimétrico**
		Sig.(p=0.05)	**Sig.(p=0.05)**
Quebrada 2	Con tratamiento (Diámetro de copa)	a	a
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.004	.0.007
Quebrada 3	Con tratamiento (Diámetro de copa)	a	a
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	a	a
Quebrada 5	Con tratamiento (Diámetro de copa)	0.123	0.022
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.024	0.005

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables

[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 49. Contrates univariados tratamiento en distintas índices de Hegyi en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 5	0 – 0.75 (Tratamiento)	0.013	0.014
	0.75 – 1.5 (Tratamiento)	0.815	0.647
	1.5 – 2.25 (Tratamiento)	0.730	0.297
	2.25 - 3 (Tratamiento)	0.306	0.503
	>3 (Tratamiento)	0.979	0.936

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables

Apéndice 50. Efecto del sitio bajo distintas iluminaciones de copa en el incremento diamétrico y basimétrico de *Hyeronima asperifolia*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Sin Tratamiento	0 – 0.75 (quebrada)	0.894	0.955
	0.75 – 1.5 (quebrada)	0.426	0.937
	1.5 – 2.25 (quebrada)	0.072	0.027
	2.25 – 3 (quebrada)	a	a
	>3 (Quebrada)	0.469	0.327

Apéndice 51 Efecto de la forma de copa por tratamiento y por sitio en el incremento Diamétrico y Basimétrico de *Hyeronima moritziana*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	ANOVA Diamétrico	ANOVA Basimétrico
		Sig.(p=0.05)	Sig.(p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (forma de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (forma de copa)	0.835	0.688
Quebrada 3	Con tratamiento (forma de copa)	0.130	0.046*
	Sin tratamiento (forma de copa)	0.494	0.391
Quebrada 5	Con tratamiento (forma de copa)	0.252	0.314
	Sin tratamiento (forma de copa)	[a]	[a]

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 52. Comparación de medias ajustadas del efecto de la Forma de Copa en el Incremento Basimétrico en Q_3 de la especie *Hyeronima moritziana.*

Tratamiento	(I) Forma de Copa	(J) Forma de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
Con Tratamiento	Perfecta	Buena	-0,023*	0,010	0,025
		Tolerable	-0,010	0,009	0,303
		Pobre	-0,008	0,011	0,444
		Muy Pobre	[b]		
	Buena	Perfecta	0,023*	0,010	0,025
		Tolerable	0,013*	0,005	0,022
		Pobre	0,015	0,008	0,061
		Muy Pobre	[b]		
	Tolerable	Perfecta	0,010	0,009	0,303
		Buena	-0,013*	0,005	0,022
		Pobre	0,001	0,007	0,833
		Muy Pobre	[b]		
	Pobre	Perfecta	0,008	0,011	0,444
		Buena	-0,015	0,008	0,061
		Tolerable	-0,001	0,007	0,833
		Muy Pobre	[b]		
	Muy Pobre	Perfecta	[a]		
		Buena	[a]		
		Tolerable	[a]		
		Pobre	[a]		
Sin Tratamiento	Perfecta	Buena	0,014	0,009	0,146

		Tolerable	0,014	0,009	0,147
		Pobre	0,012	0,010	0,225
		Muy Pobre	0,022*	0,011	0,049
	Buena	Perfecta	-0,014	0,009	0,146
		Tolerable	0,000084	0,004	0,985
		Pobre	-0,001	0,006	0,829
		Muy Pobre	0,008	0,007	0,252
	Tolerable	Perfecta	-0,014	0,009	0,147
		Buena	-0,000084	0,004	0,985
		Pobre	-0,001	0,006	0,821
		Muy Pobre	0,008	0,007	0,264
	Pobre	Perfecta	-0,012	0,010	0,225
		Buena	0,001	0,006	0,829
		Tolerable	0,001	0,006	0,821
		Muy Pobre	0,009	0,008	0,25
	Muy Pobre	Perfecta	-0,022*	0,011	0,049
		Buena	-0,008	0,007	0,252
		Tolerable	-0,008	0,007	0,264
		Pobre	-0,009	0,008	0,25

[a]. La combinación de niveles de los factores en (I) no tiene observaciones.
[b]. La combinación de niveles de los factores en (J) no tiene observaciones.
*. La diferencia de las medias es significativa al nivel 0,05.

Apéndice 53. Efecto del Tratamiento por Forma de Copa en el Incremento Diametrico y Basimétrico de la especie *Hyeronima moritziana*.

Sitio/Tratamiento	**Fuente de variación**	**ANOVA Diamétrico**	**ANOVA Basimétrico**
		Sig. (p=0.05)	**Sig. (p=0.05)**
Quebrada 3	Perfecta (Tratamiento)	0.043	0.044
	Buena (Tratamiento)	0.130	0.050
	Tolerable (Tratamiento)	0.149	0.640
	Pobre (Tratamiento)	0.349	0.530
	Muy Pobre (Tratamiento)	a	a

*)Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a])La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 54. Efecto del Tratamiento por Iluminación de Copa en el Incremento Diametrico y Basimétrico de la especie *Clusia ducuoides*.

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 3	Bueno (Tratamiento)	0.136	0.050*
	Aceptable (Tratamiento)	0.522	0.766
	Deficiente (Tratamiento))	a	a

(*)Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
(a) La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 55 Efecto de la forma de copa por tratamiento y por sitio en el incremento Diamétrico y Basimétrico de *Clusia ducuoides.*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig.(p=0.05)	Sig.(p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (forma de copa)	a	a
	Sin tratamiento (forma de copa)	0.316	0.073
Quebrada 3	Con tratamiento (forma de copa)	0.189	0.045*
	Sin tratamiento (forma de copa)	0.115	0.061

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 56 Efecto del Diámetro de Copa por Tratamiento y por Sitio en el Incremento Diamétrico y Basimétrico de *Clusia ducuoides*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diametrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Diámetro de copa)	a	a
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.660	0.175
Quebrada 3	Con tratamiento (Diámetro de copa)	0.272	0.001*
	Sin tratamiento (Diámetro de copa)	0.264	0.190

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 57 Efecto del Hegyi por tratamiento y por sitio en el incremento Diamétrico y Basimétrico de *Clusia ducuoides.*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig.(p=0.05)	Sig.(p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Hegyi)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Hegyi)	0.804	0.322
Quebrada 3	Con tratamiento (Hegyi)	0.000	0.001
	Sin tratamiento (Hegyi)	0.196	0.049

(*) Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
([a]) La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.(no hay individuos con tratamiento)

Apéndice 58 Efecto del Tratamiento por Iluminación de Copa en el Incremento Diametrico y Basimétrico de la especie *Clusia ducuoides*.

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 3	Bueno (Tratamiento)	0.505	0.580
	Aceptable (Tratamiento)	0.009*	0.021*
	Deficiente (Tratamiento)	0.922	0.878

(*) Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables

Apéndice 59. Efecto de la quebrada por Iluminación de Copa en el Incremento Diamétrico y Basimétrico de la especie *Clusia ducuoides*.

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Sin tratamiento	Bueno (Quebrada)	0.130	0.006*
	Aceptable (Quebrada)	0.898	0.503
	Deficiente (Quebrada)	0.355	0.272

(*) Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables

Apéndice 60. Efecto de la Clase Diamétrica por Tratamiento y por Sitio en el Incremento Diamétrico y Basimétrico de la especie *Podocarpus oleifolius*.

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diametrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig. (p=0.05)	Sig. (p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Clase Diamétrica)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Clase Diamétrica)	0.699	0.208
Quebrada 3	Con tratamiento (Clase Diamétrica)	0.173	0.011*
	Sin tratamiento (Clase Diamétrica)	0.959	0.641

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 61 Efecto de la Forma de Copa por Tratamiento y por sitio en el Incremento Diamétrico y Basimétrico del *Podocarpus oleifolius.*

Sitio/Tratamiento	Fuente de variación	KRUSKALL Diamétrico	KRUSKALL Basimétrico
		Sig.(p=0.05)	Sig.(p=0.05)
Quebrada 2	Con tratamiento (Forma de copa)	[a]	[a]
	Sin tratamiento (Forma de copa)	0.053	0.016*
Quebrada 3	Con tratamiento (Forma de copa)	0.290	0.228
	Sin tratamiento (Forma de copa)	0.786	0.963

*Nivel de significancia en que se rechaza la hipótesis nula: se concluye que hay efecto diferencial entre las variables
[a] La combinación de niveles de los factores no tiene observaciones.

Apéndice 62. Prueba de comparación de medias Games Howell de iluminación de copa en el incremento diamétrico *Ficus citrifolia*

(I) Dawkins	(J) Dawkins	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
Bueno	Aceptable	0,0321	0,19015	0.984
	Deficiente	0,4413	0,17722	0.081
Aceptable	Bueno	-0,0321	0,19015	0.984
	Deficiente	0,4092*	0,11318	0.007
Deficiente	Bueno	-0,4413	0,17722	0.081
	Aceptable	-0,4092*	0,11318	0.007

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Apéndice 63. Prueba de comparación de medias Games Howell de iluminación de copa en el incremento basimétrico *Ficus citrifolia*

(I) Dawkins	(J) Dawkins	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
Bueno	Aceptable	-0,00227370	0,012968221	0.983
	Deficiente	0,03675458*	0,011999565	0.035
Aceptable	Bueno	0,00227370	0,012968221	0.983
	Deficiente	0,03902828*	0,007359861	0.000
Deficiente	Bueno	-0,03675458*	0,011999565	0.035
	Aceptable	-0,03902828*	0,007359861	0.000

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Apéndice 64. Prueba de comparación de medias Games Howell del Diámetro de copa en el incremento basimétrico *Ficus citrifolia*

(I) Diámetro de Copa	(J) Diámetro de Copa	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
0 - 2.50	2.50 - 5	-0,02524	0,00852	0.214
	5 - 7.5	-0,040219*	0,00856	0.009
	7.5 - 10	-0,055095*	0,00930	0.031
	10 - 12.5	-0,053097	0,02169	0.407
	>12.5	-0,029100	0,03414	0.920
2.50 - 5	0 - 2.50	0,025240	0,00852	0.214
	5 - 7.5	-0,014950	0,0114	0.773
	7.5 - 10	-0,029825	0,0119	0.260
	10 - 12.5	-0,027257	0,0229	0.812
	>12.5	-0,003830	0,0349	1.000
5 - 7.5	0 - 2.50	0,040210*	0,0085	0.009
	2.50 - 50	0,014650	0,0114	0.773
	7.5 - 10	-0,01485	0,01201	0.808
	10 - 12.5	-0,012807	0,02299	0.987
	>12.5	0,011110	0,03498	0.998
7.5 - 10	0 - 2.50	0,055085*	0,00930	0.031
	2.50 – 5	0,029855	0,0119	0.260
	5 - 7.5	0,0148775	0,01201	0.808
	10 - 12.5	0,001868	0,0232	1.000
	>12.5	0,025995	0,0351	0.949
10 - 12.5	0 - 2.50	0,053017	0,0216	0.407
	2.50 - 5	0,027257	0,0229	0.812
	5 - 7.5	0,012807	0,0229	0.987
	7.5 - 10	-0,001968	0,0232	1.000
	>12.5	0,029427	0,0402	0.980