



**ANALISIS CUALITATIVO DEL CRECIMIENTO DIAMETRICO DEL ARBOLADO DEL
TDEA EN RELACION CON PARAMETROS DE COPA**

LAURA JARAMILLO ARANGO

1128460272

DIRECTOR:

MARCELA SERNA GONZÁLEZ

CO-DIRECTOR:

ELIANA MARÍA JIMÉNEZ ROJAS

Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria
Tecnología Agroambiental
Medellín, Colombia
2020

DEDICATORIA

A mi familia que nunca me abandonaron y siempre confiaron en mí y mis habilidades.

A Dios por darme la sabiduría para emprender en el camino perfecto de mis estudios y la fortaleza para afrontar cada obstáculo que se presente y se presentará en un futuro.

A mis Compañeros de estudio, amigos y docentes que me acompañaron en todo el proceso y estarán conmigo para disfrutar de los logros.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida por permitirme estar en estos momentos escribiendo estas líneas en donde le voy a agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron parte de mí y compartieron este camino.

Comenzamos por mi círculo familiar, mi papa que siempre me apoyo a su manera y me brindo el dinero para cubrir mis estudios, a mi mama que siempre se despertó a despacharme y nunca me falto su bendición en las mañanas, mis tíos y tías con su motivación para seguir adelante y nunca desfallecer, mis primas que con su conocimiento siempre me ayudaron cuando en algún momento necesite de él.

Mi circulo de Docentes, compañeros que más que compañeros se convirtieron en amigos, aquellos que cuando necesitabas una ayuda sea el área que sea siempre brindaron una mano, esos que no son de tu misma carrera, pero compartieron momentos de historias, risas y unos buenos cafés, a todos ellos les agradezco por que hicieron de mis pasos por la Universidad unos de los mejores de mi corta vida.

A las Docentes Llinet Marcela Serna González y Eliana María Jimenez Rojas, por apoyarme y brindarme el conocimiento adecuado para llevar a cabo este trabajo investigativo.

Por ultimo y no menos importante a todos mis amigos de infancia, a mis amigas que están siempre conmigo escuchando mis charlas de cuanto me encanta lo que estudio y de lo que me siento orgullosa, gracias por siempre estar.

A todos les agradezco por ese apoyo que nunca me faltó.

RESUMEN

Los bosques urbanos, a diferencia de los árboles que crecen en áreas naturales, se desarrollan en un entorno desigual. En lo habitual, el árbol urbano muestra un bajo promedio de vida en muchos casos no excede los 25 años. La posición de la copa en estos árboles es un indicador que deja ver la competencia en la que se encuentran los árboles urbanos, permitiendo así que este sea un objeto de estudio que posibilite encontrar la relación que el tamaño y el estado del árbol con la copa. En este estudio se analizó el crecimiento del arbolado urbano del Tecnológico de Antioquia sede robleado, con base en atributos de copa. Para ello, se midió el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) de todos los árboles con $DAP > 10$ cm y se examinaron los datos obtenidos del presente año en relación a los obtenidos en 2018. Según los resultados obtenidos, la posición de copa presenta una influencia positiva en el crecimiento del árbol. Los árboles con posición 5 (Iluminación vertical plena además de lateral – Emergente) y posición 4 (Iluminación vertical plena) presentaron un mayor crecimiento.

PALABRAS CLAVE

Arbolado Urbano, copa, diámetro, inventario, crecimiento

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
PALABRAS CLAVE.....	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ABREVIATURAS.....	10
1.INTRODUCCIÓN	11
2.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
3.MARCO TEÓRICO.....	14
4.1. Objetivo General.....	17
4.2. Objetivos Específicos	17
5.HIPÓTESIS	18
6.MÉTODOS	19
7.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
8.IMPACTO ESPERADO	36

9. CONCLUSIONES.....	37
10. RECOMENDACIONES FUTURAS.....	38
REFERENCIAS.....	39
ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	19
Figura 2. Posición de copa de los árboles. Fuente: Manzanero & Pinelo (2012) cit. Cataño (2019)	21
Figura 3. Forma de copa de los árboles. Fuente: Manzanero & Pinelo (2012) cit. Cataño (2019)	21
Figura 4 Crecimiento con base en la forma de la Copa	27
Figura 5. Crecimiento con base en posición de la copa	28
Figura 6 Crecimiento según forma de la copa por rangos.....	31
Figura 7. Crecimiento diamétrico por posición de la copa	33
Figura 8. Porcentaje de crecimiento diamétrico con base en la posición y forma de copa ...	34
Figura 9 Forma de copa 3 (autoría propia)	40
Figura 10 Forma de copa 1 (Autoría propia)	40
Figura 11 Diámetro de 30 cm (autoría propia)	40
Figura 12 Medida de 30 cm (Autoría propia).....	41
Figura 13 pero de agua fructificado (Autoría propia)	41
Figura 14 Diámetro a 1.30 cm (Autoría Propia).....	41
Figura 15 Palma Fénix copa (Autoría propia).....	41
Figura 16 Manguitera, hojas nuevas (Autoría propia)	42
Figura 17 Pino ciprés, Copa (Autoría Propia).....	42
Figura 18 Copas del arbolado del TdeA (Autoría propia)	42
Figura 19 Copas del arbolado del TdeA (Autoría propia)	43
Figura 20 Mangifera Marcación (Autoría Propia)	43
Figura 21 Marcando Línea guía (Autoría Propia)	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Metodología posición y forma de la copa Carvajal & Otavo, 2015 Citado por (Cataño, 2019)	22
Tabla 2. Individuos censados	23
Tabla 3. Evaluación de la forma de la copa de los árboles.....	26
Tabla 4. Evaluación de la posición de la copa de los árboles TdeA	28
Tabla 5. Evaluación del crecimiento diamétrico con base en forma de la copa	30
Tabla 6. Evaluación del crecimiento diamétrico con base en posición de copa	32
Tabla 7. Crecimiento y decrecimiento diamétrico con base en la posición y forma de copa.	34

ABREVIATURAS

DAP: Diámetro a la altura de pecho.

D30: Diámetro a los 30_{cm} desde el suelo.

HC: Altura de la Copa

1. INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional es un motor de cambio en el uso del suelo, en el aumento de la demanda de bienes y servicios, así como un precursor de la creciente contaminación en el Valle de Aburrá y, por tanto, en el deterioro del medio ambiente y de la salud de sus pobladores (Cataño, 2019). Dentro del Área Metropolitana del Valle de con el fin de satisfacer las necesidades de esta población creciente, se requiere infraestructura para la vivienda, servicios básicos, industria y transporte. De igual modo, el aumento de la urbanización tiene como consecuencia varios problemas ambientales que afectan negativamente el bienestar y la salud humana. Las ciudades son fuentes de emisión de partículas y de gases contaminantes, monóxido de carbono, ozono y dióxidos de nitrógeno y azufre, que afectan la calidad del aire, así como gases de efecto invernadero que afectan el clima de la Tierra, dióxido de carbono y otros (Arroyave, 2018).

Los bosques urbanos prestan diferentes servicios ecosistémicos, tales como la remoción de contaminantes atmosféricos, la captura de carbono, la regulación hídrica y microclimática y la oferta de hábitat para la fauna silvestre. Esto mejora la calidad ambiental y el bienestar de la población (Arroyave, 2018). Por ende, se debe llevar a cabo un control en referencia a la medición del diámetro del árbol y la altura de la copa.

En este trabajo de investigación se pretende dar a conocer el estado actual del arbolado del Tecnológico de Antioquia-Institución universitaria ubicada en Robledo, zona urbana del Municipio de Medellín. Para esta investigación se realizó la remediación del diámetro de los árboles, remarcación de línea guía con pintura, anotación y sistematización de datos. En particular, este trabajo se enfocó en el análisis de la relación del diámetro con atributos de copa.

Inicialmente se realizó una revisión de fuentes secundarias con el objetivo de mejorar la toma de datos una vez realizada esta revisión, se procedió a la toma de datos en campo y finalmente su sistematización para su análisis.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los árboles urbanos, aislados o en grupos, ya no se consideran un mero componente ornamental de la ciudad, sino que han llegado a ser parte del ecosistema urbano, cumpliendo múltiples funciones y mejorando las condiciones de calidad ambiental (Galvez Nieto, 2019).

Con la evaluación de la copa se puede determinar el estado del arbolado y así definir y desarrollar un programa de mantenimiento y manejo integrales ante el impacto continuo de factores estresantes como la contaminación y el vandalismo (Zaragoza, 2014).

En un inventario realizado en el TdeA se evaluaron dos atributos de copa: la posición y forma de la copa (Cataño, 2019). Sin embargo, no se ha analizado si la posición y forma de la copa están relacionados con el crecimiento en diámetro de los individuos.

3. MARCO TEÓRICO

A diferencia de árboles que crecen en áreas naturales, el árbol urbano se desarrolla en un entorno más cambiante. En general, el árbol urbano presenta un bajo promedio de vida que en muchos casos no excede los 25 años, como resultado de la interacción de diversos factores como la edad, genética de la especie, compactación del suelo, altas temperaturas y contaminación atmosférica (Saavedra et al., 2016). A partir de la biomasa forestal se puede calcular la concentración de carbono en la vegetación (aproximadamente el 50% de la biomasa está formada por carbono) y por consiguiente se puede hacer estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmósfera cada vez que se desmonta o se quema un bosque (Vidal et al, 2003).

Un alto porcentaje de biomasa se puede concentrar en la copa de un árbol y, de hecho, esta biomasa ha llegado a convertirse en uno de los elementos más importantes en los estudios sobre los cambios que ocurren a escala mundial debido al posible efecto atenuador (sumidero) que los bosques y sistemas afines pueden tener al secuestrar los excedentes de los gases de efecto invernadero, de un modo temporal (biomasa) y permanentemente (suelo) (Vidal et al, 2003).

Las ecuaciones alométricas y sus modelos asociados tienen un gran potencial para mejorar la ordenación y la planificación de los bosques urbanos, aunque las ecuaciones de los bosques tradicionales no se traducen directamente al paisaje urbano. Las diferentes condiciones biofísicas afectan el crecimiento (Ashton et al., 2013)

Generalmente, los primeros síntomas de deterioro del árbol se expresan en la apariencia de sus copas; los árboles con altas proporciones de copa viva y diámetros grandes presentan mayores probabilidades de sobrevivencia, mientras que las pequeñas y de follaje disperso podrían encontrarse en un estado de declinamiento (Saavedra et al, 2016)

Sin embargo, el concepto de copa en árboles es relativo y depende en buena medida al modelo de arquitectura de las especies, en particular al manejo silvicultural que haya tenido el individuo en evaluación. Así, la altura de la copa (H_c) o altura donde se forma la copa, es la altura desde la base del árbol hasta el punto donde se presenta la ramificación principal. No se tienen en cuenta algunos rebrotes o ramas solitarias en el tallo (Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, 2017).

Un respectivo monitoreo de copa permite tener un control de crecimiento y aprovechamiento de nutrientes, así mismo generan un cuidado de otras que se encuentren en la misma zona de monitoreo. El indicador de condición de copa forma parte del criterio salud y vitalidad en un inventario forestal, además, mientras los ecosistemas forestales sean saludables serán mayores los bienes y servicios que brindan a la población humana y animal, Igualmente cabe mencionar que un factor importante del control de la copa del árbol permite identificar las condiciones locales tales como el clima, el suelo y el estado del aire (Saavedra et al., 2020).

En los árboles, la altura total, la forma de la copa, la densidad del follaje y el tipo de ramificación son rasgos relacionados con la arquitectura arbórea que pueden contribuir a crear sombra y moderar el microclima, el follaje es quizás el componente de la morfología del árbol que más influye en la reducción de la temperatura que se experimenta debajo de los árboles, y que está relacionada con la producción de sombrío (Bustamante, 2018).

La posición de la copa es un indicador de la situación de competencia en la que se encuentran los árboles objeto de estudio y la forma o calidad de la copa se relaciona con el tamaño y el estado de desarrollo de los árboles y se correlaciona con el incremento potencial siendo así un índice de calidad. La copa se evalúa y se hace una clasificación basada en el método propuesto por Manzanero & Pinelo (2004).

Los beneficios que traen los árboles urbanos a las personas en relación con la copa son conocidos. uno de los diversos beneficios es la producción de sombra, la cual está relacionada con rasgos funcionales de la arquitectura arbórea. La copa del árbol intercepta la luz del sol, y parte de esta energía en forma de calor es usada para la transpiración (Bustamante, 2018)

Para la clasificación de la copa se seleccionaron los siguientes rasgos funcionales de acuerdo a Bustamante (2018).

- **Altura de la copa (Hc):** Distancia tomada desde la base de la copa hasta su parte terminal. Unidad de medida Metros **(m)**.
- **Amplitud de la copa (Dc):** Promedio de los diámetros de la copa tomados en sentido Norte-Sur y Este-Oeste. Unidad de medida Metros **(m)**.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Analizar cualitativamente el crecimiento diamétrico en relación con los parámetros de copa

4.2. Objetivos Específicos

Apoyar la actualización del estado arbolado urbano del TdeA mediante el mantenimiento del marcaje permanente (pintura en diámetro, revisión de placas, entre otros), así como la toma de medidas dasométricas y sistematización de datos.

5. HIPÓTESIS

Los árboles con mayor crecimiento diamétrico corresponden a árboles con una posición de copa 5 (Iluminación vertical plena además de lateral – Emergente) y forma 5 (perfecta).

6. MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Tecnológico de Antioquia-Institución Universitaria sede robleado, ubicado al occidente del municipio de Medellín. Este cuenta con una extensión de 400.000 m², con 13.000 m² de zonas verdes y dispone de un arbolado (Escudero, 2019), el cual hace parte del arbolado urbano de la ciudad de Medellín y a su vez contribuye a la captación de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá.



Figura 1. Área de estudio

Mediciones/actualización inventario/trabajo de campo

Se realizó la remediación de los diámetros de los árboles que se encuentran distribuidos desde la zona 1 a la 20, que fueron zonas previamente establecidas en el plan paisajístico del TdeA (Vangelatos et al. 2012) y que se encuentran debidamente marcados e identificados, gracias al inventario de los árboles realizado en el 2018 (Jiménez et al. 2019).

La medición de los diámetros a la altura de pecho (DAP), se realizó sobre las líneas que fueron demarcadas con pintura en el estudio del 2018, para asegurar que la medición ha sido tomada en el mismo punto y así poder comparar resultados. Con base en las mediciones obtenidas, se calculó el crecimiento de cada árbol y se comparó con los datos obtenidos en 2018 para estimar el crecimiento. Finalmente, este crecimiento se evaluó con base en los parámetros de forma y posición de la copa. En base a esto se siguiere tomar el diámetro a los 30 cm (D30), desde el suelo y la altura de la bifurcación en las especies multitallos.

Como se mencionó anteriormente, la copa se evalúa y se clasifica con base en unos parámetros de forma y posición. A continuación se presentan los esquemas para evaluar la posición y forma de la copa de los árboles (Cataño, 2019).

Clasificación	Copas
Iluminación plena emergente	
Iluminación vertical plena	
Iluminación vertical parcial	
Iluminación oblicua únicamente	
Sin ninguna iluminación (suprimido)	

Figura 2. Posición de copa de los árboles. Fuente: *Manzanero & Pinelo (2012)* cit. Cataño (2019)

Clasificación	Calificación	Forma
Círculo completo	Perfecta	
Círculo irregular	Buena	
Medio completo	Tolerable	
Menos de medio círculo	Pobre	
Solo unas pocas ramas	Muy pobre	

Figura 3. Forma de copa de los árboles. Fuente: *Manzanero & Pinelo (2012)* cit. Cataño (2019)

Tabla 1 Metodología posición y forma de la copa Carvajal & Otavo, 2015 Citado por (Cataño, 2019)

CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
Posición	Iluminación vertical plena además de lateral (emergente)	5
	Iluminación vertical plena	4
	Iluminación vertical parcial	3
	Iluminación oblicua únicamente	2
	Sin ninguna iluminación (suprimido)	1
CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
Forma	Perfecta	5
	Buena	4
	Tolerable	3
	Pobre	2
	muy pobre	1

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se presenta el número correspondiente a cada individuo, su nombre común, su especie, la posición y la forma de copa, al igual que el crecimiento del diámetro que tuvieron desde del año 2018 al año 2020. En total son 177 individuos los que componen el análisis como se muestra a continuación:

Tabla 2. Individuos censados

No.	Nombre común	Especie	Posición copa	Forma copa	Crecimiento
3	Mango	<i>Mangifera indica</i>	5	4	0,48
4	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,83
5	Mango	<i>Mangifera indica</i>	3	4	0,25
6	Flor de reina	<i>Lagestroemia speciosa</i>	5	4	3,41
7	Flor de reina	<i>Lagestroemia speciosa</i>	5	4	2,04
8	Araucaria	<i>Araucaria heterophylla</i>	5	2	3,02
12	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	5	4	4,49
13	Mango	<i>Mangifera indica</i>	3	4	0,03
18	Cheflera	<i>Schefflera actinophylla</i>	5	3	1,18
19	Cheflera	<i>Schefflera actinophylla</i>	5	3	0,25
24	Pino cipress	<i>Cupressus sempervirens</i>	5	2	1,88
27	Ceiba verde	<i>Pseudobombax septenatum</i>	5	2	0,73
28	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	4	0,19
29	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	4	1,88
30	Mango	<i>Mangifera indica</i>	5	4	2,04
32	Flor de reina	<i>Lagestroemia speciosa</i>	5	4	2,32
33	Ceiba verde	<i>Pseudobombax septenatum</i>	5	2	1,40
35	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	5	1,08
36	Falso laurel	<i>Ficus benjamina</i>	5	4	5,06
37	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	3	1,46
38	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	2	2	0,06
39	Falso laurel	<i>Ficus benjamina</i>	4	3	2,01
42	Palma yuca	<i>Yucca gigantea</i>	2	1	2,48
52	Pino cipress	<i>Cupressus sempervirens</i>	4	3	8,82
53	Falso pimiento	<i>Schinus terebinthifolia</i>	4	3	0,06
56	Flor de reina	<i>Lagestroemia speciosa</i>	0	0	0,70
59	Flor de reina	<i>Lagestroemia speciosa</i>	0	0	0,38
61	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	1,18
62	Mango	<i>Mangifera indica</i>	3	5	1,75
63	Chiminango	<i>Pithecellobium dulce</i>	5	3	2,80
66	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,45
68	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,80
74	Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i>	4	4	1,24
82	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	3	1,53
86	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	2,01
89	Falso laurel	<i>Ficus benjamina</i>	4	3	0,32
87	Araucaria	<i>Araucaria heterophylla</i>	5	2	1,27
88	Araucaria	<i>Araucaria heterophylla</i>	5	2	1,56
90	Falso laurel	<i>Ficus benjamina</i>	4	3	1,85
91	Falso laurel	<i>Ficus benjamina</i>	4	3	1,69
92	Falso laurel	<i>Ficus benjamina</i>	4	3	4,11

No.	Nombre común	Especie	Posición copa	Forma copa	Crecimiento
94	Piñon de oreja	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5	3	5,92
98	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	2	0,51
99	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	2	0,10
103	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	2	3,57
107	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,54
108	Cheflera	<i>Schefflera actinophylla</i>	4	3	0,48
109	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	3	0,54
110	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	3	1,24
111	Piñon de oreja	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5	4	-0,70
112	Carmín	<i>Senna siamea</i>	5	4	1,02
113	Carmín	<i>Senna siamea</i>	4	3	0,00
114	Carmín	<i>Senna siamea</i>	4	3	0,16
118	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	1,59
122	Flor de reina	<i>Lagestroemia speciosa</i>	4	4	1,81
127	Guayacán amarillo	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	4	3	0,51
128	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	4	1,91
129	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	4	2,01
130	Mandarino	<i>Citrus reticulata</i>	4	5	0,06
132	Ciricote	<i>Cordia dodecandra</i>	2	3	1,05
133	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	5	1,62
134	Falso laurel	<i>Ficus benamina</i>	4	4	5,32
135	Croto	<i>Codiaeum variegatum</i>	2	3	-0,13
137	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	3	0,99
138	Quiebrabarrigo	<i>Trichanthera gigantea</i>	4	4	0,25
139	Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>	4	3	1,18
141	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	1,75
147	Falso laurel	<i>Ficus benamina</i>	4	4	1,34
136	Falso laurel	<i>Ficus benamina</i>	4	4	4,74
148	Naranja	<i>cf. Poncirus</i>	2	3	0,16
149	Guayacán amarillo	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	3	3	0,19
150	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,64
155	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,38
160	Carmín	<i>Senna siamea</i>	4	4	1,94
161	Almendra	<i>Terminalia catappa</i>	4	3	2,80
162	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,48
163	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,45
165	Guamo	<i>Inga cf. edulis</i>	4	3	0,00
166	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	2,26
167	Casco de vaca	<i>Bauhinia variegata</i>	3	3	4,52
171	Almendra	<i>Terminalia catappa</i>	4	4	2,55
172	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	2,48
176	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	1,34
177	Níspero del Japón	<i>Eriobotrya japonica</i>	4	4	0,54
180	Acacia	<i>Acacia mangium</i>	4	4	0,16
181	Almendra	<i>Terminalia catappa</i>	3	4	2,36
182	Almendra	<i>Terminalia catappa</i>	4	3	2,61
188	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	4,27
190	Mango	<i>Mangifera indica</i>	3	4	0,22
191	Cheflera	<i>Schefflera actinophylla</i>	4	3	1,11
192	Cheflera	<i>Schefflera actinophylla</i>	4	3	0,73
193	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	3	0,70
194	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	0,45
195	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	1,21
196	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	1,59
198	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	0,99
308	Chiminango	<i>Pithecellobium dulce</i>	5	4	5,32
200	Casco de vaca	<i>Bauhinia variegata</i>	5	3	-4,46
201	Casco de vaca	<i>Bauhinia variegata</i>	3	1	0,41
202	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	1	1	0,13
203	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	3	3	0,67
204	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	3	2	0,10

No.	Nombre común	Especie	Posición copa	Forma copa	Crecimiento
205	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	4	2	-0,06
207	Casco de vaca	<i>Bauhinia picta</i>	3	2	0,32
208	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	4	-20,02
215	Casco de vaca	<i>Bauhinia picta</i>	2	2	0,54
223	Acacia amarilla	<i>Caesalpinia pluviosa</i>	4	4	1,18
224	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	1,97
225	Gualanday	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	4	3	3,82
228	Neem	0	0	0	1,68
229	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	4	1,37
230	Mango	<i>Mangifera indica</i>	5	4	0,06
231	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	0,38
232	Casco de vaca	<i>Bauhinia picta</i>	3	3	2,55
233	Casco de vaca	<i>Bauhinia variegata</i>	3	3	3,37
234	Catape	<i>Thevetia peruviana</i>	3	2	1,43
236	Aguacate	<i>Persea americana</i>	4	4	4,68
237	Aguacate	<i>Persea americana</i>	4	4	2,20
238	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	3	3,12
239	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	3	0,60
240	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	1,24
241	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	1,59
242	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	3	3	2,48
243	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	4	0,54
244	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	3	3,18
246	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	3	5,22
247	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	3	1,91
248	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	4	1,02
249	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	3	4,14
250	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	4,27
251	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	4	2,55
252	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	4	1,05
253	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	2,71
254	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	3	0,38
255	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	1,97
256	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	2	7,32
257	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	3	1,50
258	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	2,32
259	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	3	1,21
260	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	2	0,32
261	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	4	0,57
262	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	1	0,48
263	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	1	0,95
264	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	1,97
265	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	1,91
266	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	3	3	1,24
267	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	2	2	0,38
268	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	2	0,32
269	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	1,05
306	Tulipan africano	<i>Spathodea campanulata</i>	5	3	0,89
270	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	2,45
271	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	1,97
272	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	1,66
273	Cactus	<i>Euphorbia trigona</i>	4	3	4,46
274	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	2,10
275	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	4	2,86
276	Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia acuminata</i>	3	3	1,05
277	Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia acuminata</i>	3	3	0,48
278	Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia acuminata</i>	4	3	1,46
279	Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia acuminata</i>	4	3	1,59
280	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	3	2,04
281	Catape	<i>Thevetia peruviana</i>	4	4	0,89
303	Guayacán amarillo	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	5	3	1,75

No.	Nombre común	Especie	Posición copa	Forma copa	Crecimiento
304	Jagua	<i>Genipa americana</i>	4	4	2,23
305	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	5	3	3,02
307	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	3	1,27
284	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	0,67
285	Urapán	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	4	0,83
286	Mango	<i>Mangifera indica</i>	3	3	0,83
288	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	4	0,00
289	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	4	1,59
290	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	4	0,86
291	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	4	1,34
292	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	3	4	0,95
293	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	0	0	0,99
295	Chiminango	<i>Pithecellobium dulce</i>	4	4	1,37
296	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	3	4	1,24
297	Pero de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	4	4	1,62
298	Aguacate	<i>Persea americana</i>	4	3	4,84
299	Guayacán amarillo	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	4	3	0,60
302	Cheflera	<i>Schefflera actinophylla</i>	3	4	-0,48

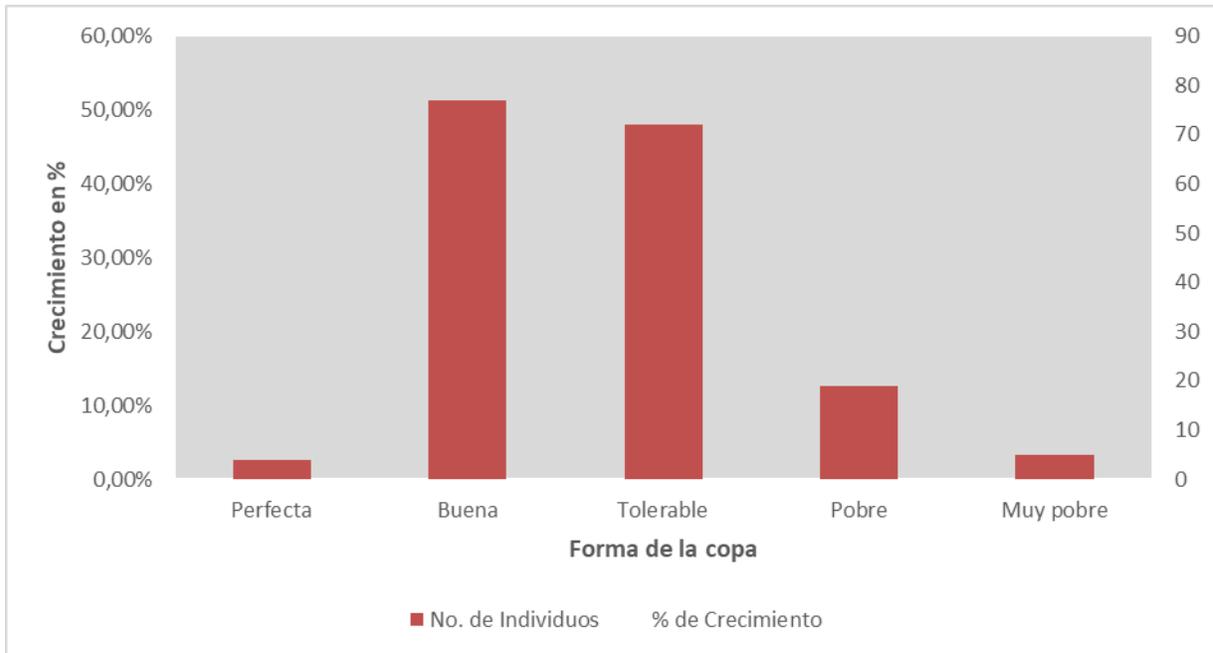
La tabla 3, presenta el crecimiento total que tuvieron los individuos arbóreos en función de la forma de copa. Los resultados muestran que los individuos con forma de copa tolerable (medio completa) y buena (circulo irregular), concentran la mayor cantidad de individuos, con unos porcentajes de crecimiento del 48,8% y el 38,2% respectivamente. En promedio, para la forma de copa 3 (iluminación vertical parcial), el diámetro de crecimiento fue de 1,77 cm por individuo y para la forma de copa 4 (iluminación vertical plena), el diámetro de crecimiento fue de 1,29 cm en el período 2018 al 2020.

Tabla 3. Evaluación de la forma de la copa de los árboles

FORMA DE LA COPA				
N°	Descripción	No. de Individuos	Crecimiento Acumulado cm	% de Crecimiento
5	Perfecta	4	4,52	1,74%
4	Buena	77	99,50	38,21%
3	Tolerable	72	127,16	48,83%
2	Pobre	19	24,76	9,51%
1	Muy pobre	5	4,46	1,71%
TOTAL		177	260,41	100,00%

En la gráfica correspondiente a la forma de la copa, se puede apreciar mejor el porcentaje de crecimiento que tuvieron los individuos.

Figura 4 Crecimiento con base en la forma de la Copa



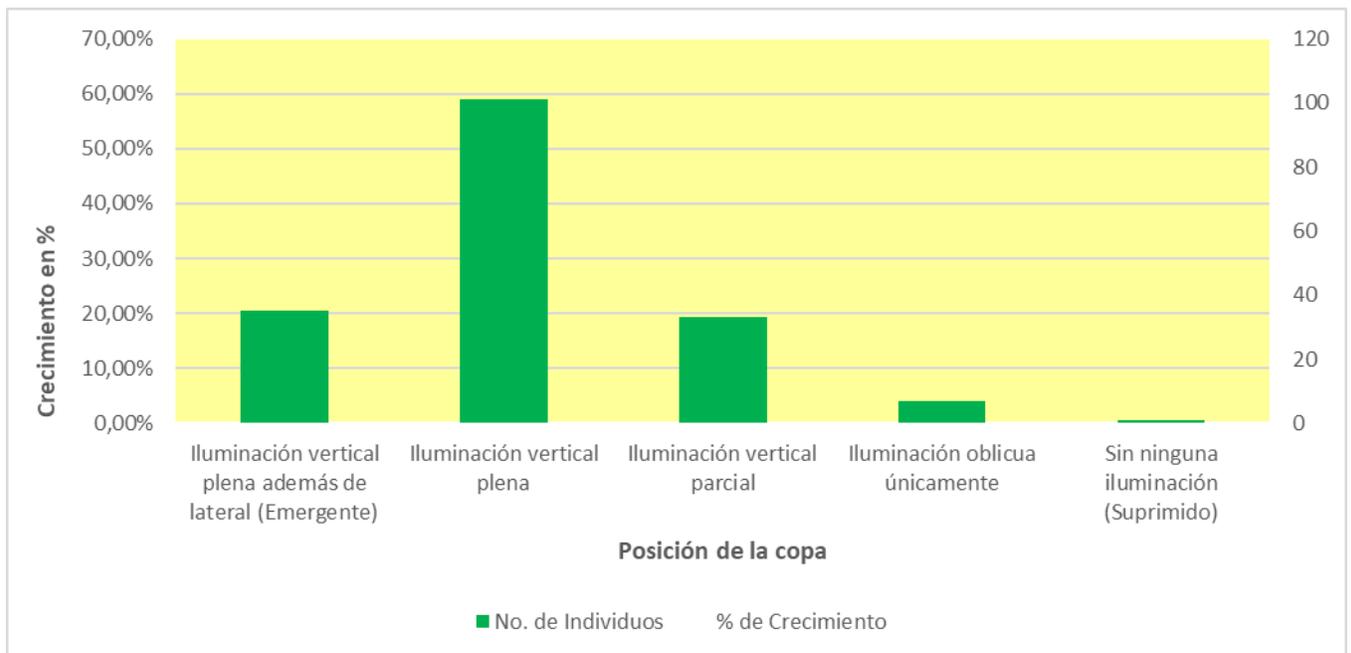
Por otro lado, analizando la posición de la copa, se evidencia que los individuos arbóreos con mayor crecimiento corresponden a las posiciones de copa 4 (iluminación vertical plena) y 5 (iluminación vertical plena además de lateral – Emergente) con porcentajes de crecimiento del 63,95% y el 26,28% como se muestra en la tabla4, en donde en promedio el crecimiento del diámetro de los individuos fue entre 1,65 y 1,95 cm. Estos datos evidencian que la iluminación es factor clave en el desarrollo y crecimiento de los individuos.

Tabla 4. Evaluación de la posición de la copa de los árboles TdeA

POSICIÓN DE LA COPA				
N°	Descripción	No. de Individuos	Crecimiento Acumulado cm	% de Crecimiento
5	Iluminación vertical plena además de lateral (Emergente)	35	68,44	26,28%
4	Iluminación vertical plena	101	166,54	63,95%
3	Iluminación vertical parcial	33	20,75	7,97%
2	Iluminación oblicua únicamente	7	4,55	1,75%
1	Sin ninguna iluminación (Suprimido)	1	0,13	0,05%
TOTAL		177	260,41	100,00%

En la Figura 5, correspondiente a la posición de la copa, se puede apreciar mejor el porcentaje de crecimiento que tuvieron los individuos.

Figura 5. Crecimiento con base en posición de la copa



Para realizar un análisis más detallado, se realizó una agrupación del crecimiento diamétrico de los árboles de 0 a 5 cm cada 5 mm. Se encontró que el mayor crecimiento se concentró en las formas de copa 3(iluminación vertical parcial) y 4(iluminación vertical plena).

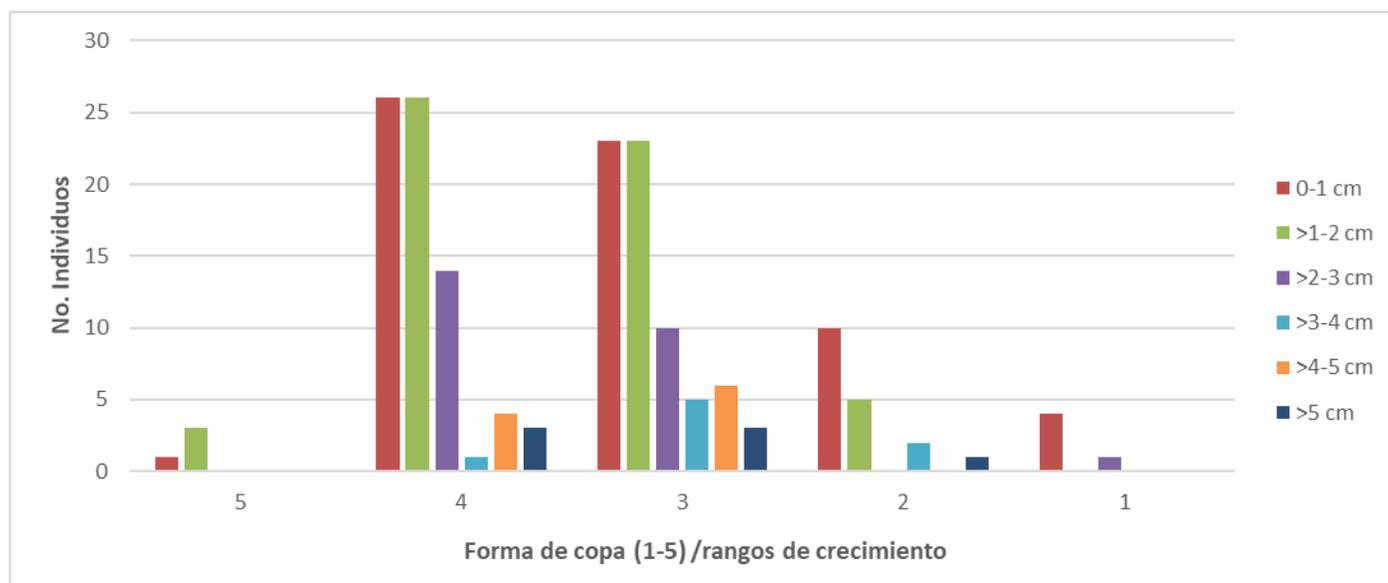
Por otro lado, se observa que la mayoría de individuos presentan crecimientos de sus diámetros entre los rangos de 0 a 1 cm y mayores hasta llegar a los 2, concentrándose en las formas de copa TOLERABLE y BUENA.

Tabla 5. Evaluación del crecimiento diamétrico con base en forma de la copa

CRECIMIENTO SEGÚN LA FORMA DE LA COPA POR RANGOS DE MEDIDA														
N°	Descripción	# de Individuos totales	Rangos de crecimiento en centímetros [cm] y No. de Individuos											
			0-1 cm		>1-2 cm		>2-3 cm		>3-4 cm		>4-5 cm		>5 cm	
			Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind
5	Perfecta	4	0,06	1	4,46	3	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
4	Buena	77	12,45	26	38,80	26	32,18	14	3,41	1	18,18	4	15,69	3
3	Tolerable	72	10,98	23	33,39	23	24,57	10	16,52	5	26,32	6	19,96	3
2	Pobre	19	3,37	10	7,54	5	0,00	0	6,59	2	0,00	0	7,32	1
1	Muy pobre	5	1,97	4	0,00	0	2,48	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0
TOTAL		177	28,84	64	84,19	57	59,24	25	26,52	8	44,50	10	42,97	7

En la Figura 7 se presenta el crecimiento diamétrico de los individuos que fueron agrupados por rangos cada 5 mm en función de la forma de la copa.

Figura 6 Crecimiento según forma de la copa por rangos



En la Tabla 6, se presenta el crecimiento del diámetro de los individuos según la posición de sus copas discriminado por rangos de crecimiento, en la que se muestra que la mayoría de los individuos cuyo crecimiento diamétrico oscila entre los rangos de 0 a 1 cm y mayores hasta llegar a los 2 cm, se encuentra en posición de copa 4, que corresponde a la iluminación vertical plena.

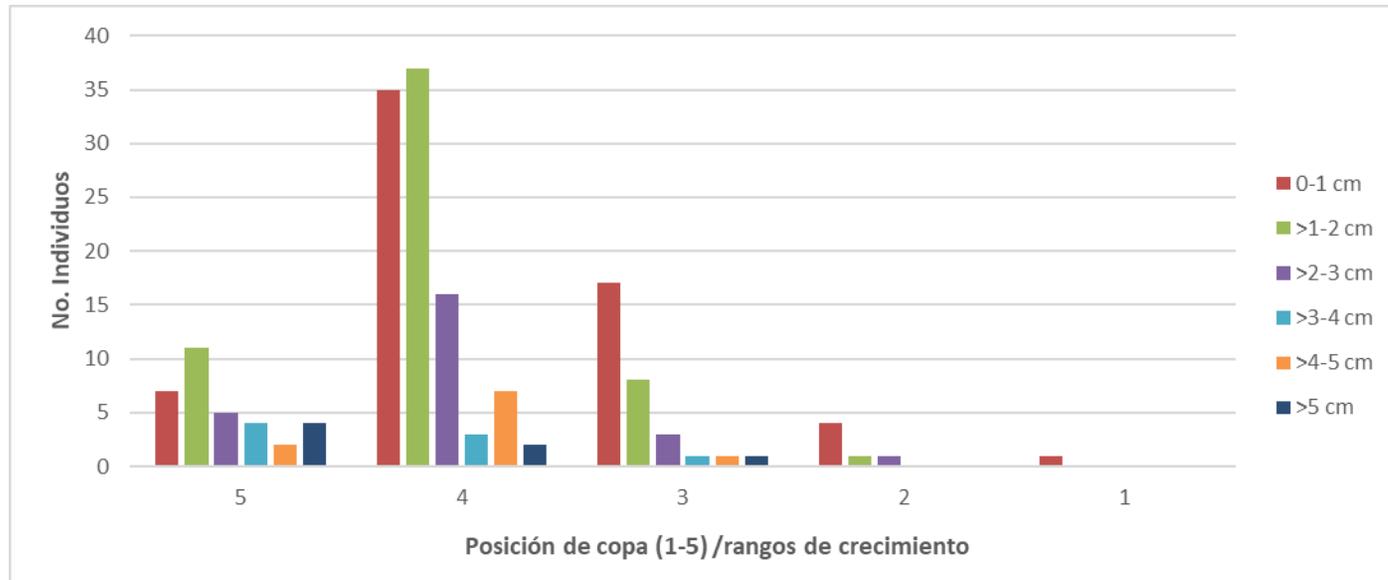
Por otro lado, se evidencian decrecimientos mínimos en las posiciones 2 (iluminación oblicua únicamente), 3 (iluminación vertical parcial), 4 (iluminación vertical plena) y 5 (iluminación vertical plena además de lateral (emergente) de 1 y 2 individuos respectivamente.

Tabla 6. Evaluación del crecimiento diamétrico con base en posición de copa

CRECIMIENTO SEGÚN LA POSICIÓN DE LA COPA POR RANGOS DE MEDIDA														
N°	Descripción	# de Individuos totales	Rangos de crecimiento en centímetros [cm] y No. de Individuos											
			0-1 cm		>1-2 cm		>2-3 cm		>3-4 cm		>4-5 cm		>5 cm	
			Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind	Cto.	No. Ind
5	Iluminación vertical plena además de lateral (Emergente)	35	3,15	7	15,92	11	11,75	5	12,64	4	8,63	2	21,52	4
4	Iluminación vertical plena	101	16,65	35	56,34	37	37,62	16	10,50	3	31,35	7	14,13	2
3	Iluminación vertical parcial	33	7,77	17	10,89	8	7,38	3	3,37	1	4,52	1	7,32	1
2	Iluminación oblicua únicamente	7	1,15	4	1,05	1	2,48	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0
1	Sin ninguna iluminación (Suprimido)	1	0,13	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
TOTAL		177	28,84	64	84,19	57	59,24	25	26,52	8	44,50	10	42,97	7

En la Figura7 se puede apreciar mejor el comportamiento por rangos, el crecimiento del diámetro de los individuos con base a la posición de la copa.

Figura 7. Crecimiento diamétrico por posición de la copa



En la Tabla 7, se observa el crecimiento acumulado de los individuos que presentaron aumento en su diámetro y el total del decrecimiento de los individuos, en este caso los que presentaron disminución en sus diámetros, ambos en forma y posición de la copa. Estos valores se calcularon con el fin de determinar el porcentaje tanto de crecimiento como del decrecimiento de todo el arbolado como se muestra en la gráfica de “% de crecimiento según la forma de la copa”, que se muestra más adelante. Nótese que en concordancia con lo que se ha analizado en gráficas anteriores las formas y posición de copa 3 (iluminación vertical parcial), (Tolerable) y 4 (iluminación vertical plena), (buena), son las que mayor crecimiento de diámetro obtuvieron.

Tabla 7. Crecimiento y decrecimiento diamétrico con base en la posición y forma de copa

CRECIMIENTO Y DECRECIMIENTO EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN DE LA COPA			
N°	Descripción	Crecimiento Total	Decrecimiento Total
5	Iluminación vertical plena además de lateral (Emergente)	73,59	-5,16
4	Iluminación vertical plena	166,60	-0,06
3	Iluminación vertical parcial	41,25	-20,50
2	Iluminación oblicua únicamente	4,68	-0,13
1	Sin ninguna iluminación (Suprimido)	0,13	0,00
TOTAL		286,26	-25,85
CRECIMIENTO Y DECRECIMIENTO EN FUNCIÓN DE LA FORMA DE LA COPA			
N°	Descripción	Crecimiento Total	Decrecimiento Total
5	Perfecta	4,52	0,00
4	Buena	120,70	-21,20
3	Tolerable	131,75	-4,58
2	Pobre	24,83	-0,06
1	Muy pobre	4,46	0,00
TOTAL		286,26	-25,85

En la Figura 8, se observa el porcentaje de crecimiento y decrecimiento de todo el arbolado en función de la forma de la copa, nótese que el porcentaje de crecimiento fue del 91,82% de crecimiento total del 290,01 cm correspondiente a 171 individuos, que en promedio por individuo crecieron 1,67 cm. Por otro lado, el porcentaje de decrecimiento fue del 8,28% de un decrecimiento total de -25,85 cm que corresponden a 6 individuos que en promedio de decrecieron -4.31 cm según la forma de la copa.

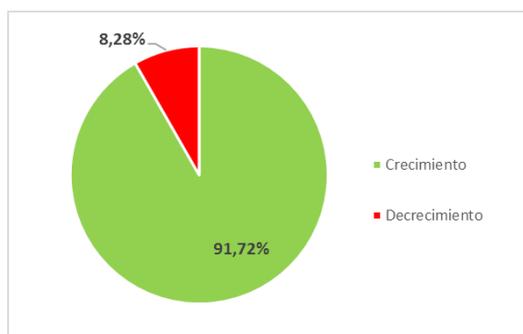


Figura 8. Porcentaje de crecimiento diamétrico con base en la posición y forma de copa

Crecimiento	286,26	91,72%
Decrecimiento	25,85	8,28%

8. IMPACTO ESPERADO

Se espera que con esta investigación los datos generados sean de gran aporte para las próximas investigaciones que deseen enfocarse en el diagnóstico del crecimiento del árbol con base a la función de posición y forma de la copa, sea para obtener datos específicos o para la complementación de investigaciones secundarias, de igual modo se espera que esta información generada pueda ser de utilidad para la toma de decisiones a futuro en plantaciones de reforestación urbanística y sea un referente para la ciudad de Medellín en estudios previos del arbolado de esta.

También se espera que sea un precedente para la actualización del inventario del arbolado urbano del TdeA.

9. CONCLUSIONES

- Es fundamental tener datos previos a la hora de realizar las actividades prácticas, fueron primordiales para la optimización de tiempo y ubicación estratégica del arbolado, es decir, al ya tener un avance en datos hace que se tenga una orientación más precisa, concisa y oportuna para la señalización e individualización de cada árbol.
- Para lograr la correcta individualización de cada árbol es indispensable realizar una categorización, pues no todos los árboles se comportan igual así se encuentren en la misma zona, este comportamiento siempre dependerá de las variables que cada individuo presente como lo son la forma y posición de la copa del árbol entre otras.
- Según los resultados obtenidos se evidencia que la función de forma y posición influyen en el crecimiento del árbol. La posición influye positivamente con 35 individuos en posición 5 (Iluminación vertical plena además de lateral) con un 26,28% de crecimiento, 101 individuos en posición 4 (Iluminación vertical plena) con 63,95%, mientras que 33 individuos se ven afectado el crecimiento con un 7,97%. ya que se encuentran en la posición 3 (iluminación vertical parcial) de un total de 177 árboles.
- Se identifica también que la forma del árbol tiene influencia de manera secundaria en su crecimiento, teniendo en cuenta que mientras tenga una forma perfecta o buena el árbol va a tener una recepción mas efectiva de luz solar. Esto permite que el árbol pueda realizar de manera efectiva su proceso nutricional.

10. RECOMENDACIONES FUTURAS

- Se propone realizar un cronograma en el cual este estipulado las fechas de monitoreo para el arbolado del TdeA, el cual ayudara a la prevención de enfermedades y mortalidad de estos.
- Es importante mantener la base de datos del arbolado del TdeA, en una constante actualización para que los próximos estudiantes y docentes que deseen continuar con estudios previos de esta zona.
- Continuar con los proyectos con énfasis en los estudios respecto al bosque urbano del TdeA, ya que estos pueden contribuir en investigaciones y seminarios hechos desde la misma institución o de otras que necesiten estos recursos.

REFERENCIAS

- Ashton, M. S., Forestry, U., & Greening, U. (2013). Relationships between bole and crown size for young urban trees in the northeastern USA. *Urban Forestry & Urban Greening, December*.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.02.006>
- Bach. Galvez Nieto, A. J. (2019). *Selección sostenible de árboles urbanos para beneficiar la habitabilidad del espacio público vecinal. Caso: Parque Arróspide, Ate. Año 2018.*
- Bustamante Fernandez Carolina. (2018). *Rasgos funcionales de cuatro especies de árboles urbanos en Medellín y su relación con la disminución de la temperatura y la luz bajo la copa.* 1–28.
- Cataño, A. F. M. (2019). *ESTIMACION DE LA CAPTURA DE CARBONO DEL BOSQUE URBANO EN EL TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA INSTITUCION UNIVERSITARIA (PERIODO 2012-2018).*
- Manzanero, M., & Pinelo, G. (2004). Plan silvicultural en unidades de manejo forestal: Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. In *Serie Técnica #3.*
- Saavedra et al, 2016. (2016). *Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México.* 22, 15–27.
- Vidal et al, 2003. (2003). *Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de.*

ANEXOS



Figura 9 Forma de copa 3 (autoría propia)



Figura 11 Diámetro de 30 cm (autoría propia)



Figura 10 Forma de copa 1 (Autoría propia)



Figura 12 Medida de 30 cm (Autoría propia)



Figura 13 pero de agua fructificado (Autoría propia)



Figura 14 Diámetro a 1.30 cm (Autoría Propia)



Figura 15 Palma Fénix copa (Autoría propia)



Figura 16 Manguitera, hojas nuevas (Autoría propia)



Figura 17 Pino ciprés, Copa (Autoría Propia)



Figura 18 Copas del arbolado del TdeA (Autoría propia)



Figura 19 Copas del arbolado del TdeA (Autoría propia)



Figura 20 Mangifera Marcación (Autoría Propia)



Figura 21 Marcando Línea guía (Autoría Propia)