

**PROPUESTA PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL
SECTOR ZONA CENTRO DEL CASCO URBANO DE LA DORADA CALDAS,
GENERADA POR EL PARQUE AUTOMOTOR, MEDIANTE LA ARBORIZACION
URBANA**

MARISOL QUICENO GALLEGO

24720750

TRABAJO DE GRADO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERA AGROFORESTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

LA DORADA

2.015

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza necesaria para enfrentar los obstáculos durante el transcurso de mi carrera. También agradecer a mi familia quienes me acompañaron durante este proceso, a mi hijo Alejandro García Quiceno quien es el motor de mi vida y a todas las personas que de algún modo estuvieron vinculadas con la realización de este proyecto. Gracias por el apoyo que me brindaron durante el proceso.

AGRADECIMIENTOS

Bendito sea Dios que me ha dado la fortaleza y la vida para terminar el presente estudio.
A mi esposo y mi hijo, quienes son mi inspiración en cada momento que involucró la presente investigación.

A los directivos y docentes de la UNAD, que acompañaron este proceso, especialmente a la doctora Edith González quien a pesar de los obstáculos que se presentaron siempre me brindó su apoyo incondicional.

A la Ingeniera Paola Alexandra Martínez, Directora de mi proyecto de grado, cuyos aportes fueron claves para la elaboración de este proyecto.

A la ingeniera Marcela Ramírez Estrada, por apoyarme en todo el proceso de investigación y su disposición para realizar la revisión detallada del documento.

Al ingeniero Juan Fernando Ramírez, por compartir sus conocimientos que permitieron obtener el mejor de los resultados.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Ciudad y Fecha: _____

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO I	
GENERALIDADES	
1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
3.1. Descripción del Problema	16
3.2. Formulación del Problema	17
4. HIPÓTESIS	18
5. JUSTIFICACION	19
6. MARCO REFERENCIAL	22
6.1. Marco teórico	22
6.1.1. Principales Contaminantes del Aire	25
6.1.2. Tipos de Combustibles	25
6.2. Marco Conceptual	27
6.3. Reconocimiento del Entorno	31
7. METODOLOGÍA	34
7.1. Tipo de investigación	34
7.2. Cuantificación niveles de contaminación atmosférica	34
7.2.1. Aforo Vehicular	35
7.3. Cuantificación del material particulado	35
7.4. Evaluación de la oferta de carbono	36
7.4.1. Método para estimar biomasa de árboles	36
8. RESULTADOS	39

8.1.	Aforo vehicular sector zona centro	39
8.2.	Niveles de contaminación atmosférica	40
8.3.	Descripción de las especies inventariadas	41
8.3.1	Análisis de inventario.....	55
8.3.2	Estimación de biomasa de árboles	57
9.	DISCUSIÓN	60
10.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	65
10.1.	Ventajas del Establecimiento de la Arborización	68
11.	CONCLUSIONES	70
12.	RECOMENDACIONES	71
13.	GLOSARIO	73
14.	BIBLIOGRAFIA	78
15.	ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Resultados aforo vehicular sector de la zona centro.....	39
Tabla 2: Características principales árbol Acacio.....	42
Tabla 3: Características principales árbol Achiote	43
Tabla 4: Características principales árbol Almendro.....	44
Tabla 5: Características principales árbol Guácimo	46
Tabla 6: Características principales árbol Lluvia de oro	47
Tabla 7: Características principales árbol Mango.....	48
Tabla 8: Características principales árbol Matarratón	49
Tabla 9: Características principales árbol Nim.....	50
Tabla 10: Características principales árbol Nispero	51
Tabla 11: Características principales árbol Oití.....	52
Tabla 12: Características principales árbol Palma botella	53
Tabla 13: Características principales árbol Pomarrosa.....	54
Tabla 14: Características principales árbol Totumo	55
Tabla 15: Especies inventariadas sector zona centro municipio de La Dorada-Caldas.....	56
Tabla 16: Estimación de biomasa en las especies inventariadas	57
Tabla 17: Estimación de biomasa máxima acumulada por el arbolado (Método Chave)	61
Tabla 18. Distribución arborización urbana.....	66

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Aforo Vehicular sector zona centro.....	40
Grafico 2. Inventario forestal.....	56
Grafico 3. Cálculos de biomasa acumulada.....	60
Grafica 4. Distribución de la arborización.....	67

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 y 2: Método para determinar el diámetro a la altura del pecho	38
Figura 3 y 4: Método para determinar la altura total de un árbol	39
Figura No. 5 Árbol Acacio (<i>Cassia siamea</i> . Lam)	42
Figura No. 6 Árbol Achiote (<i>Bixa Orellana</i> . L).....	43
Figura No. 7 Árbol Almendro (<i>Terminalia catappa</i> . L).....	44
Figura No. 8 Árbol Guacimo (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam)	45
Figura No. 9 Árbol Lluvia de oro (<i>Cassia fistula</i> L).....	46
Figura No. 10 Árbol Mango (<i>Mangifera indica</i> . L)	48
Figura No. 11 Árbol Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i> . Jacq)	49
Figura No. 12 Árbol Nim (<i>Azadirachta indica</i> A Juss)	50
Figura No. 13 Árbol Níspero (<i>Manilkara chicle</i> L.)	51
Figura No. 14 Árbol Oití (<i>Licania tomentosa</i> . Benth)	52
Figura No. 15 Árbol Palma botella (<i>Hyophorbe lagenicaulis</i> . L).....	53
Figura No. 16 Árbol Pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i> L.).....	54
Figura No. 17 Árbol Totumo (<i>Crescentia cujete</i> L).....	55

PROPUESTA PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL SECTOR ZONA CENTRO DEL CASCO URBANO DE LA DORADA CALDAS, GENERADA POR EL PARQUE AUTOMOTOR, MEDIANTE LA ARBORIZACION URBANA

RESUMEN ANALITICO

A través de los años la importancia de la contaminación en las ciudades fue un tema controversial dado que generaban situaciones adversas para el desarrollo de la vida, para lo cual se realizaron investigaciones dedicadas a cada uno de los tipos de contaminación identificadas hasta entonces. Dentro de la afectación del aire se observó que los principales contaminantes presentes eran el monóxido de carbono y dióxido de carbono siendo su origen de la combustión del petróleo. (Suarez, 2010). El proyecto: *Propuesta para la mitigación de la contaminación atmosférica en el sector de la zona centro del casco urbano de la Dorada Caldas, generada por el parque automotor mediante la arborización urbana*, busca establecer el grado de contaminación atmosférico que afecta el centro de la ciudad y para ello ha seleccionado como población muestra el sector de la zona centro de la ciudad, delimitado entre la calle 13 hasta la calle 17; por la afluencia vehicular, siendo el lugar donde se presenta mayor contaminación atmosférica. Para este caso se presenta una propuesta para mitigarla mediante el establecimiento de arborización urbana, en la cual se contemplan árboles que permitan una mayor captación de CO₂ mejorando la calidad del aire de la zona de estudio.

ABSTRACT

The pollution problem in cities was a controversial topic, of a great importance during the last years. It has generated adverse situations for the development of human life. For that reason, some researches were performed and they were dedicated to each kind of contamination identified until now. It was found that the main contaminants in air pollution were carbon monoxide and carbon dioxide which are originated from the combustion of oil. The Project, a Proposal for the mitigation of air pollution in the downtown area of “La Dorada, Caldas” generated by the vehicle fleet through urban tree planting programs, seeks to establish the degree of atmospheric pollution affecting the center of the town. In this way a sample of population from the downtown of “La Dorada” was selected, they live between 17th Street and 13th Street. This area is the most contaminated since there is a big vehicular flow; for this case it is presented a proposal to mitigate that air pollution through the urban tree planting programs, in which trees that allow a high level of CO₂ capture can improve air quality.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo se presentan procesos de deterioro ambiental de distintos niveles y alcances, como es el caso del problema de cambio climático global, el avance de la desertificación, la reducción de capa de ozono, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de aguas, la mala calidad del aire entre otros. La mayoría de estos desequilibrios ambientales encuentra su origen directamente en los actuales procesos de crecimiento económico y demográfico que requieren cada vez más recursos y energía de la naturaleza para sustentarse en el tiempo (Henríquez, 2014).

Acorde a lo anterior y teniendo en cuenta que las principales lugares que generan estas crecientes presiones sobre los sistemas naturales son las áreas urbanas, en los últimos años se realizaron en las principales ciudades del mundo innumerables estudios sobre el grado de contaminación del aire, concluyendo que el parque automotor con tecnología a gasolina y diesel contribuye en gran porcentaje a este tipo de afectación (Escobedo et al, 2006).

La Dorada es la segunda ciudad del departamento de Caldas y se encuentra ubicada en la región central del Magdalena medio, la cual en los últimos años ha logrado un desarrollo económico importante reflejado en el aumento de su comercio y la pequeña industria, sin embargo este desarrollo también ha traído un aumento considerable del parque automotor que transita diariamente por las principales calles de la localidad especialmente en el sector de la zona centro donde se concentra gran parte de su comercio. Según la oficina de tránsito y transporte del municipio en la actualidad se registran 7616 vehículos, representados

principalmente en automóviles de servicio oficial (31), servicio particular (5069) y servicio público (2516), la mayoría con motores a gasolina y diesel los cuales representan una fuente importante de contaminación del aire, causado por las emisiones procedentes de los escapes de estos vehículos que contienen dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, los cuales son liberados a la atmósfera en cantidades considerables, lo cual afecta la calidad del aire de La Dorada - Caldas.

La ciencia ha demostrado que una buena estructura arbórea dentro de una ciudad es capaz de reducir la contaminación ambiental, ya que puede absorber, retener y precipitar las partículas que se encuentran suspendidas en el aire. Además, hay una creciente conciencia en el hecho que una buena cobertura de arbolado en las ciudades genera varios beneficios adicionales en relación al control de riesgos de inundaciones, regulación de temperaturas extremas, al control de ruidos y una serie de aspectos que mejoran la calidad de vida de los ciudadanos. (Domínguez, 2009).

En este sentido surge la necesidad de efectuar una propuesta que permita desde la ingeniería agroforestal mitigar la contaminación atmosférica en el sector de la zona centro del casco urbano del municipio, generada por el parque automotor que diariamente transita por este sector, mediante el establecimiento de árboles que cuenten con las características para disminuir la contaminación que se presenta.

Partiendo de lo anterior, fue necesario obtener datos aproximados de los niveles de contaminación respecto al Dióxido de carbono presentados en el sector, así como el número de árboles existentes en el sector para determinar la capacidad de estos para la captura de carbono.

Para obtener estos resultados se procedió a realizar trabajo de campo identificando mediante la observación el punto más congruente para realizar un aforo vehicular que permitiera promediar el número de vehículos que a diario transitan por este sector y mediante la aplicación de fórmulas calcular la cantidad aproximada de CO₂ liberado a la atmosfera por estos vehículos.

Teniendo en cuenta que la captura de carbono puede ser cuantificado estimando el almacenamiento de carbono en la biomasa forestal, ya que los árboles absorben el carbono de la atmosfera a través de la fotosíntesis separando el átomo de carbono de los átomos de oxígeno y este último es devuelto a la atmosfera y el carbono es empleado para producir la biomasa en forma de raíces, tallos y follaje (Tipper 1996), se hizo necesario identificar el número de árboles establecidos en el sector para calcular la capacidad de retención de CO₂ de los mismos, determinando finalmente el número total de árboles requeridos para contrarrestar y minimizar los impactos negativos causados en el aire, pero que a la vez presenten una fácil adaptación a las condiciones que se presentan.

El proyecto “Propuesta para mitigar la contaminación atmosférica en el sector zona centro del casco urbano de La Dorada - Caldas, generada por el parque automotor, mediante la arborización urbana”, pretende brindar una alternativa a la problemática que actualmente se presenta en el municipio, permitiendo el desarrollo del mismo sin afectar el medio ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el potencial de captura de carbono proveniente de las emisiones generadas por el parque automotor que transita por el sector de la zona centro del casco urbano del municipio de la Dorada - Caldas, mediante el arbolado urbano.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar los niveles de contaminación atmosférica (CO₂) que se presentan en el sector de la zona centro del casco urbano de La Dorada - Caldas por la emisión de gases producidos por el parque automotor que transita por este lugar.
- Evaluar la captura de carbono almacenado en la biomasa de los árboles establecidos actualmente en el sector de la zona centro del municipio, a través de métodos no destructivos que garanticen la integridad de los árboles.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del Problema

La degradación del medio ambiente, producido por el creciente parque automotor en todas las regiones del mundo es un problema de incidencia global, que aqueja no solamente a las potencias del mundo por su derroche y mal uso de recursos y tecnología no sostenible; sino también a los países en vía de desarrollo, quienes por falta de conocimiento y recursos económicos para hacer de su industrialización y tecnología un proceso eco-sostenible, no pueden hacer buen uso de esos recursos nacionales y deterioran el medio ambiente. (Lira G, 1999).

De esta forma La Dorada - Caldas ve como en los últimos años su parque automotor crece de forma evidente, para el año 2012 el municipio registró un total de 7.080 vehículos, en el año 2013 aumentó a 7.224 vehículos y finalmente para el año 2014 se registraron 7.616 vehículos y el alto índice de flujo vehicular que se presenta en el sector de la zona centro, confronta a su comunidad con un problema de contaminación atmosférica por la emisión de gases, de los diferentes automotores que se desplazan por las calles de dicha localidad, por la quema de combustibles fósiles en sus motores, además de partículas en suspensión que dejan como residuo los autos de trabajo pesado con motores diésel.

El proyecto de investigación “Propuesta para mitigar la contaminación atmosférica en el sector zona centro del casco urbano de La Dorada - Caldas, generada por el parque automotor, mediante la arborización urbana”, plantea una alternativa económicamente viable, de bajo costo,

ambientalmente sustentable y sostenible sin generar impacto negativo al entorno de los habitantes del municipio de La Dorada.

De no ser así, la localidad podría verse enfrentado a un foco de contaminación ambiental por la mala planeación urbana del tránsito y mal manejo de los recursos naturales en detrimento de la calidad de vida de los habitantes del municipio.

3.2. Formulación del Problema

- ¿Cuánta contaminación atmosférica (CO₂) capturan las especies esciófitas y heliófitas presentes en el arbolado urbano ubicado en el sector de la zona centro del municipio de la Dorada Caldas?
- ¿Cuánto carbono están en capacidad de capturar las especies arbóreas establecidas en el área de estudio, a través de sus hojas y tejido leñoso, para mitigar la contaminación atmosférica que se genera por el parque automotor que transita el sector de la zona centro?

4. HIPÓTESIS

Las especies heliófitas capturan una menor cantidad de carbono en relación con las especies esciófitas, porque las segundas tienen una mayor densidad de la madera. En estados juveniles, las plantas tienen mayores tasas de fotosíntesis, con respecto a la respiración; relación que va cambiando al llegar a la adultez. Condiciones que se ven reflejados en el almacenamiento de carbono.

5. JUSTIFICACION

Todos los países en el mundo ven con preocupación el incremento de la contaminación ambiental, que tarde o temprano marcará la historia de los pueblos de una manera desastrosa e irreversible, el cambio climático generado por estos cambios bruscos en la composición de la atmósfera, ha hecho que en diferentes zonas del planeta se registren aumentos en los fenómenos atmosféricos que se desatan contra la superficie terrestre y terminan tarde o temprano afectando la actividad humana en general (Romero et al, 2010).

En los últimos años las actividades humanas han provocado un aumento considerable en la contaminación atmosférica, especialmente por procesos industriales y quema de combustibles fósiles, sobresaliendo como principales sustancias contaminantes los gases (óxidos de azufre, metano, dióxido de carbono y monóxido de carbono). En este orden de ideas las emisiones procedentes de los escapes de los vehículos contienen monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que son liberados a la atmósfera en importantes cantidades (Puerto y García, 1996).

Los motores que impulsan a los automóviles, camiones, autobuses y motocicletas realizan una combustión incompleta de los productos energéticos empleados para el funcionamiento de los vehículos y los residuos de esta combustión son lanzados al exterior a través del sistema de escape. Aun en el caso de que todos los componentes del auto funcionen a la perfección este siempre va a generar elementos polucionantes. La contaminación empeora cuando además de los

volúmenes contaminantes que corresponden a ese funcionamiento normal se le agregan desperfectos a los vehículos que incrementan la cantidad de gases y partículas sólidas que son arrojadas al exterior por estos. Los vehículos que tienen un desgaste acentuado en las partes del motor o que no han sido debidamente entonados arrojan mucho humo por sus tubos de escape y generan una contaminación cientos de veces superior a la que les es normal (Sarco L.C 2010).

El municipio de La Dorada no es ajeno a esta problemática, la cual se presenta a nivel local generada por el parque automotor que diariamente se moviliza por las principales avenidas del mencionado municipio. En la actualidad el municipio no dispone de información, estudios o diagnósticos que permitan determinar los niveles de contaminación atmosférica que se presentan o las fuentes que los generan, cabe señalar que la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS en el año 2009 realizó en esta localidad un estudio de la Medición de Ruido Ambiental, en el cual se concluye que la actividad vehicular sobre las vías urbanas es la encargada de producir emisiones significativas de ruido, de la misma manera la autoridad ambiental en el Diagnóstico Ambiental de Caldas 2013 – 2015, contempla información relacionada con los niveles de ruido registrados, generados principalmente por el tránsito vehicular y el desarrollo de actividades comerciales e industriales.

De lo anterior se deduce que el parque automotor desempeña un papel muy importante en el deterioro de la calidad del aire del municipio y teniendo como antecedente la información suministrada por la oficina de tránsito de La Dorada - Caldas, respecto a al número de vehículos registrados en el municipio en los últimos tres (3) años, 2012 (7.080), 2013 (7.224), 2014 (7.616)

evidenciando el incremento del parque automotor, lo que por ende genera un aumento considerable en los niveles de contaminación que se registran.

Considerando que las plantas absorben el CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis y este compone las materias primas como la glucosa, que participa en procesos fenológicos para la formación de las partes de la planta o del árbol (flores, frutos, follaje, ramas y fuste) del árbol. Estos a su vez proporcionan elementos necesarios para su desarrollo y el crecimiento en altura, diámetro, área basal y diámetro de copa principalmente. El carbono se deposita en follaje, tallos, y sistemas radiculares y, principalmente, en el tejido leñoso de los troncos y ramas principales de los árboles (Ordoñez 1999).

En este orden de ideas la vegetación puede actuar tanto de sumidero como de fuente de material particulado y gases contaminantes a la atmósfera (Acero. A, "s.f", p. 4) y evidenciada la problemática que se presenta en el municipio, desde la ingeniería agroforestal se pretende brindar una solución que minimice el impacto causado por los vehículos a través de una propuesta que permita disminuir la contaminación atmosférica, a través del establecimiento de especies arbóreas que cumplan con las características necesarias para capturar CO₂ (especie, altura, tamaño de la hoja, longevidad y la capacidad de transpiración).

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Marco teórico

La contaminación del aire se define como la presencia de sustancias que normalmente no componen la atmósfera de nuestro planeta. La atmósfera terrestre (la parte del planeta formada de gases y que llamamos aire) se compone de un 78% de nitrógeno, 20% de oxígeno y el resto formado de otros gases en pequeñas cantidades, como vapor de agua, dióxido de carbono, hidrógeno, helio y algunos gases nobles. Cualquier sustancia que no forme parte de los elementos gaseosos normales del aire se llama contaminante. Muchos de ellos provienen de fuentes extrañas al ser humano y sus actividades, pues siempre han existido en la atmósfera. (Suarez, 2010).

Gran parte de los problemas de la contaminación del aire son el resultado del rápido proceso de desarrollo e industrialización propio de las grandes ciudades, así como del crecimiento del sector transporte asociado con el mismo proceso productivo que lo requiere para el movimiento de materias primas, mercancías y del personal que desarrolla estas actividades. Las emisiones del sector industrial como del sector transporte están compuestas por contaminantes entre los que se encuentran el material particulado menor a 10 y a 2.5 micras, óxidos de azufre (SOx), Óxidos de nitrógeno (NOx), metales pesados, óxidos que a su vez son precursores por reacciones en la atmósfera de ultra - partículas y de ozono (O3) por reacción fotoquímica.

Una de las vías de reducción de las emisiones netas de CO₂ es incrementar los niveles de captura y fijación, a corto y medio plazo, de este gas causante del efecto invernadero. En este sentido, las áreas forestales juegan un papel fundamental por la capacidad de transformar el carbono del CO₂ de la atmósfera en biomasa viva, y actuar como sumideros de carbono regulando su concentración en la atmósfera (Husch, 2001).

Los árboles en crecimiento renuevan sus partes permanentemente a través de la caída de hojas, ramas, flores, frutos, corteza, etc. Esta dinámica libera carbono, una parte del cual se incorpora a la atmósfera en forma de CO₂, y el resto queda fijado en el suelo en forma de humus estable. Paralelamente a este proceso, se produce un aumento en las dimensiones del árbol (crecimiento) que se realiza a partir de la acumulación de carbono (Pece et al, 1988).

En este sentido se puede afirmar que la vegetación urbana, particularmente el arbolado, puede influir en forma directa o indirecta en la calidad ambiental y el bienestar humano, ya que mejora la calidad del aire, provee sombra y modera la temperatura y el microclima, disminuye las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y a la vez aumenta el valor patrimonial. Estudios realizados en Santiago de Chile y en Estados Unidos han determinado que la vegetación arbórea en zonas urbanas puede reducir contaminantes atmosféricos tales como ozono, material particulado, azufre, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno, además el arbolado reduce el escurrimiento, minimizando así la erosión del suelo y la producción de polvo (Escobedo y Chacalo, 2008).

Ahora bien, existen diversas metodologías con las que es posible cuantificar el carbono capturado por las especies en un bosque determinado, estas metodologías permiten obtener una realidad del carbono capturado por medio de modelos alométricos de biomasa, la caracterización del componente foliar y la distribución del área foliar.

Debido a que una forma de mitigar los problemas de CO₂, además de reducir las emisiones, es capturarlo y mantenerlo en la biomasa; el primero se logra a través de la fotosíntesis y el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica. De esta manera, es de gran importancia, analizar el área foliar, ya que las tasas fotosintéticas dependen también de la relación que exista entre las propiedades de la hoja, las propiedades de la planta y el entorno ambiental (Corporación Ambiental Empresarial, 2014).

Como se ha visto, existen múltiples métodos que permiten construir una idea clara de cómo están creciendo los árboles del bosque y cuál es el proceso de acumulación de biomasa en sus diferentes componentes, con sus ventajas y desventajas, sin embargo para tener una expresión que se acerque a la realidad de este proceso de desarrollo, se hace necesario incorporar e integrar los múltiples factores de las diferentes concepciones de evaluación, a estas aproximaciones se les conoce con el nombre de proceso de modelación. La modelación del crecimiento y la acumulación de biomasa involucra parámetros tanto fisiológicos, como ecológicos y silviculturales, que generan resultados sobre la productividad del bosque y el efecto que sobre esta tienen la diversidad florística, la dinámica y la oferta ambiental del entorno, como la radiación, temperatura y la humedad expresada como el agua disponible tanto en el suelo como en la atmósfera (Pallardy 2008, Pretzsch 2009).

6.1.1. Principales Contaminantes del Aire

Monóxido de Carbono (CO): El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero sumamente tóxico, elevadas concentraciones de este se generan en la atmósfera baja de centros urbanos e industriales y son originadas principalmente por la combustión incompleta de combustibles fósiles (petróleo y derivados, carbón, gas natural). En estas áreas la fuente principal de emisión de monóxido de carbono son los motores de combustión interna de los vehículos (Moretton, 1996).

Dióxido de Carbono (CO₂): Se produce en la respiración de los seres vivos, oxidación de la materia orgánica y en la quema de combustibles fósiles. El dióxido de carbono es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno. Es el principal gas causante del efecto invernadero. Se origina a partir de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. En estado líquido o sólido produce quemaduras, congelación de tejidos y ceguera. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones, pudiendo causar incremento del ritmo respiratorio, desvanecimiento e incluso la muerte. (Raynaud, et al 1993).

6.1.2. Tipos de Combustibles

Gasolina: Producto obtenido como una de las porciones de la destilación fraccionada del petróleo. Es una mezcla de hidrocarburos que se usa como combustible en motores de explosión.

Gas Natural Vehicular: “Se trata de un combustible no tóxico, incoloro e inodoro en su forma natural, el gas natural vehicular, no requiere de costosos procesos de transformación, es menos denso que el aire”. (Suarez 2010).

El sector Transporte y su avance tecnológico es el que ha permitido que la sociedad humana haya aumentado su bienestar y sus niveles de satisfacción en cuanto a las necesidades básicas de transporte y movilización tanto de sus miembros como de todo aquello que produce, acortando distancias en la medida en que esos avances se hacen realidad en las diferentes regiones del planeta, aunque no en forma igual, pero a la vez el parque automotor hace uso de los recursos naturales, espacios geográficos y ha comenzado a afectarlos significativamente, lo mismo que a los procesos ecológicos (La Torre, 1996).

Aprovechando la posición geográfica estratégica del municipio de La Dorada - Caldas, se presenta esta área del territorio Nacional, como candidata para conciliar el comercio de la cuenca del Atlántico con la Zona del Pacífico y de oriente, Esto implica puntualmente que el nivel de tránsito y parque automotor que circulará en sus carreteras aumentará considerablemente en los próximos años trayendo como consecuencia que el parque automotor y su movilización por las calles del municipio, sea un factor de alta incidencia en la degradación de la calidad atmosférica por su alta contaminación debido a la emanación del dióxido de Carbono.

Según la Directora Técnica de Tránsito y Transporte del municipio en oficio del 17 de marzo del presente año, registra en sus estadísticas del parque automotor 7.716 vehículos dentro de un área urbana de 7.888 km², casi un vehículo por Km², sin embargo la realidad es otra. El

flujo vehicular no esta tan disperso, sino que se concentra en ciertos puntos críticos de la ciudad que hacen que la calidad de vida de los habitantes y residentes del sector se desmejore considerablemente por la alta contaminación atmosférica. Para el siguiente estudio tomaremos como punto de referencia el sector de la zona centro.

6.2. Marco Conceptual

Se denomina "efecto invernadero" al fenómeno por el que parte de la energía calorífica emitida por la corteza terrestre, es retenida y reflejada por determinados gases que forman parte de la atmósfera, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra. Sin la actuación de estos, la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el calor emitido por el planeta se disiparía en el espacio produciendo unas temperaturas extremadamente bajas en la Tierra. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, que, en su mayoría, son liberados por la industria, la agricultura, la ganadería y la combustión de combustibles fósiles (Carvajal 2009).

De todos estos, el CO₂ cobra especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia, es decir, permanece activo en la atmósfera durante mucho tiempo (Solomon et al, 2007).

Sin embargo, las plantas tienen la capacidad de captar el CO₂ atmosférico y mediante procesos fotosintéticos metabolizarlo para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital. En general, se puede concluir que, las

plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera en forma de CO_2 y lo convierten en biomasa, la biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo en forma de humus o en CO_2 a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa (Brady & Weil, 2004).

Según Silva (1997) son pocos los estudios realizados en los árboles urbanos, Xiao 1.998, en estudios realizados encontró mayor biomasa foliar en especies creciendo en lugares abiertos de la ciudad, comparado con árboles en los bosques

La fijación de CO_2 por parte de los árboles depende de varias causas:

- Tipo de árbol
- Calidad del sitio (suelo, clima, topografía)
- Manejo y cuidados

La mayor actividad de fijación de CO_2 se presenta en la etapa vegetativa o de crecimiento de los árboles, en la etapa adulta y sobre madura la fijación se reduce, llegando a cero. Cuando el árbol muere, se inicia un proceso de descomposición, el CO_2 se libera volviendo a la atmósfera, de tal manera que si estos son longevos pueden retener el dióxido de carbono por muchos años, manteniendo un flujo continuo, ya que con la muerte de un árbol en el bosque, este deja el espacio para que varias especies jóvenes ocupen el lugar e inicien el proceso de captura nuevamente del CO_2 liberado, manteniendo un constante equilibrio natural (Locatelli, 2005).

El concepto de gestión lleva implícito el objetivo de eficiencia, por lo que la gestión ambiental implica aprovechar los recursos de modo racional y rentable aplicando criterios de materia y energía. Se debe tender a una filosofía de ahorro y aprovechamiento sostenible (Miller G, 1994).

La Gestión Ambiental, es una disciplina muy reciente conceptualmente, si bien se ha venido realizando en una u otra forma desde el momento en que el ser humano comenzó a aprovechar los recursos naturales, en un principio en busca de un aumento de la cantidad de alimentos mediante la gestión del suelo y paralelo a ello la movilización de los mismos (transporte de productos). Dado que esta labor implicaba la interacción con su medio ambiente, ya puede ser considerada como una forma de gestión ambiental. No obstante, el sentido que se le otorga a este concepto en la actualidad es de un carácter más conservacionista en relación con el medio ambiente; de hecho se asimila la gestión ambiental a aquellas acciones encaminadas a preservar el medio ambiente de la acción del ser humano, que tiende a sobreexplotar y a degradar su entorno natural. Esto, no es difícil verlo en la cantidad de flujo vehicular que se moviliza por las carreteras y calles del país. (Universidad tecnológica del Perú, "s.f" p. 179)

Como se ha dicho, la gestión ambiental implica la práctica total de las actividades humanas, ya que transcurren o afectan al medio en mayor o menor grado, y que vincula directamente el impacto que se hace sobre la atmósfera del territorio en cuestión (Rodríguez, López y Goicochea, 2009).

Así, no es lo mismo el impacto ambiental provocado en el aire que se respira en Bogotá por causa de los vehículos en tránsito dentro de su espacio territorial, al impacto provocado en el

Municipio de La Dorada - Caldas. Sin embargo ese impacto ya se siente en esta última y es materia de investigación en este documento buscar la forma de mitigarlo mediante el uso de especies vegetales que puedan disipar la emisión de gases y partículas suspendidas producto de la combustión de motores a gasolina o diésel en general.

Los conceptos de conservación y gestión del medio ambiente están indefectiblemente ligados, y estos se han convertido en objetivo prioritario de las sociedades desarrolladas, como queda reflejado en el Acta Única Europea y en los más recientes documentos constitucionales de los distintos países, como la Constitución Española; así, la gestión ambiental, en su más amplio sentido, es una herramienta fundamental para la consecución de este objetivo. Este sentido prioritario queda patente en el importante desarrollo que se ha obtenido en las últimas décadas en lo relativo a instrumentos legislativos (normas) y ejecutivos (administraciones) con esa función específica, por ejemplo, normativa sobre impacto ambiental y la creación de ministerios y consejerías de medio ambiente a nivel estatal y nacional respectivamente (Ballesteros y Pérez, 1997).

Si bien en la última década se han desarrollado instrumentos para controlar la contaminación del aire, se ha visto la necesidad de formular una política de prevención y control de la contaminación del aire de manera que se mantenga y fortalezca la gestión coordinada de todos los actores relacionados con la gestión de la calidad del aire y se garantice la coherencia, consistencia y armonía con las políticas y regulaciones ambientales y sectoriales, a través de espacios de coordinación y participación. De esta forma el país podrá centrar y focalizar los esfuerzos de manera estructurada para combatir la problemática actual, promoviendo un progreso

constante hacia el cumplimiento de los niveles aceptables de calidad de aire (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

6.3. Reconocimiento del Entorno

El municipio de La Dorada – Caldas, se encuentra a 117 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio de 28°C (grados centígrados), localizado a orillas del río Magdalena, está bañado por los ríos Guarinó y La Miel, entre otros, dista 189 km de Manizales, la capital del departamento. Fue fundada en 1.893 gracias a la construcción del Ferrocarril del Atlántico por los primeros pobladores, entre ellos Antonio Acosta, considerado el fundador, quienes se dedicaban a surtir de maderas al ferrocarril. Erigido municipio en 1922, fue un importante puerto sobre el río Magdalena. La economía se basa en la ganadería extensiva, la agricultura y su industria de productos y subproductos, la minería del oro, el comercio, la pequeña industria y la pesca aunque su actividad pesquera esta poco desarrollada. Es el segundo municipio en importancia del departamento. (Recuperado de <http://www.ladorada-caldas.gov.co/informacion>)

El municipio de la Dorada se encuentra ubicado en zona estratégica; pues está en el centro del país por donde fluyen vías férreas y terrestres, siendo un puerto fluvial sobre el río Magdalena y por ser un territorio con actividad lucrativa, la inversión urbana y social es bastante pobre; frente a la demanda que plantea el complejo Agro-industrial del Magdalena Medio S.A. el municipio se queda muy corto en cuestión de oferta de servicios en todas las áreas.

De los 27 municipios con que cuenta el departamento de Caldas, La Dorada hace parte de la subregión conocida como el Magdalena Centro, desde su creación ha estado siempre ligado al desarrollo de grandes empresas; así en 1904, después de la Guerra de los Mil días, la creación del ferrocarril desde Honda hasta Yeguas, hizo que en la ribera del Magdalena se asentaran los campamentos de trabajadores quienes después de terminado el proyecto, poblaron zonas más amables para su residencia permanente. (*) DANE Proyección de población en el municipio de la Dorada, Caldas para 2013.

Su economía es principalmente ganadera, y su segundo renglón, la agricultura, lo que por defecto implica un flujo vehicular capaz de movilizar cientos de toneladas al mes por sus carreteras; el crecimiento urbano, se ve presionado a aceptar en su infraestructura un número considerable de automóviles (7.616) y motos (32.324) que mientras por un lado permiten el desarrollo de la operación industrial, administrativa, operaria, productiva y de movimiento de insumos, por otro descarga un número importante de toneladas de emisión de gases y partículas en suspensión liberadas por el flujo de esos equipos de transporte. Vale la pena aclarar que la investigación no tendrá en cuenta otro tipo de contaminación que no sea atmosférica, como el caso de la contaminación auditiva, química, edafológica, hidrológica etc... por cuanto se haría casi imposible abordar en una sola investigación.

El municipio de La Dorada frente a la capital del departamento de Caldas, Manizales, cuenta con la 1/6 parte de la población, y es de suponerse que la comunidad no ha definido con claridad los polos de desarrollo y su interacción con las nuevas interconexiones viales y muchísimo menos el tema del uso de suelos. Las vías de acceso actuales, interna y externas

resultan abiertamente insuficientes para el tráfico particularmente de carga, que habrá de generar la operación de la vía férrea, la conexión con la autopista del sol y los proyectos del Puerto Multimodal y la Zona Franca. Esto es lo que concierne con lo que se llama ordenamiento urbano.

La Dorada puede tener grandes posibilidades de convertirse en un epicentro de eje ganadero del Magdalena Medio, procesamiento, embalaje y exportación de cafés gourmets, y el facilitador entre otras cosas, de cultivo de unos productos demandados por los procesos industriales que plantea la Zona Franca y su influencia en el municipio. A pesar de su baja altura sobre el nivel del mar en menos de 3 horas puede pasar de pisos térmicos de más 3000 metros de altura sobre el nivel del mar. Su economía afecta directa o indirectamente a más de 25 millones de consumidores nacionales, es el único del interior del país que cuenta con la posibilidad de todos los medios de transporte: aéreo, fluvial, ferroviario y terrestre. (Sitio oficial de la Dorada – Caldas).

7. METODOLOGÍA

7.1. Tipo de investigación

La presente investigación se hizo considerando que es una Investigación Cuantitativa - Cualitativa

Cuantitativa, ya que se generaran datos o información numérica para determinar cuál es el grado de contaminación atmosférica generada por el flujo vehicular, a través de la elaboración de un aforo vehicular, posteriormente a través de la aplicación de fórmulas determinar la cantidad de CO₂ generada por estos vehículos, de la misma manera para determinar la capacidad de captura de carbono de los arboles existentes se determina mediante ecuaciones dendrometricas la biomasa almacenado por el arbolado del sector y Cualitativa porque realizando un análisis sobre las principales características de los árboles establecidos en el sector, se plantea alternativas para el establecimiento de especies arbóreas con una capacidad mayor para la captura de carbono y resistentes a las exigencias del clima que determinan la viabilidad del proyecto.

7.2. Cuantificación niveles de contaminación atmosférica

Para cuantificar los niveles de contaminación atmosférica (CO₂) que se presentan en el sector de la zona centro del casco urbano, se utilizó: primero un aforo vehicular que permitiera establecer el número de vehículos que diariamente transitan por la zona de estudio y segundo, cuantificación de las emisiones del material particulado con ayuda de modelos matemáticos.

7.2.1. Aforo Vehicular

Para determinar la afluencia de vehículos en el sector de la zona centro del municipio de La Dorada (carrera 6 con calle 13), se determinó llevar a cabo un aforo vehicular, en este sentido, durante un lapso de una (1) hora (2 veces diarias), en un periodo de siete (7) días, de lunes a domingo; durante horas pico 08:00 a.m. y hora valle 10:00 a.m., se realizó el conteo y registro del número de vehículos (camiones –taxis, vehículos particulares) que transitaban.

Es importante resaltar que los vehículos que transitan por la zona en estudio en su mayoría son pequeños, la cuantificación no se discriminó por tipo de vehículo, estos valores son generales.

7.3. Cuantificación del material particulado

Para determinar los niveles de contaminación atmosférica (CO₂) generados por el parque automotor se tuvo en cuenta datos generados por “Transportation Energy Data Book”, edición 30, en donde calcula que por cada galón que un carro consume, se recorren 36,2 kilómetros en promedio. Así mismo, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos calcula que se emiten aproximadamente 8,81 Kg de CO₂ por galón consumido. Obteniendo la siguiente relación:

$$\frac{8,81\text{KgCO}_2}{\text{Galón}} \div \frac{\text{Galón}}{36,2\text{Km}} = 0,243\text{KgCO}_2 / \text{Km}$$

Para evaluar la cantidad de kilómetros recorridos por cada vehículo se consultó en la Secretaría de Transporte del municipio. Con esta información y con la anterior relación se determinó el promedio de Kg de CO₂ liberado por día:

$$\text{Km diarios recorridos} \times \text{CO}_2 \text{ generados por Km} = \text{Kg de CO}_2 \text{ liberado por día}$$

Posteriormente, teniendo en cuenta los datos obtenidos en el aforo vehicular y multiplicando este valor por la cantidad de CO₂ liberado por día por cada vehículo, se halló la cantidad de CO₂ generada por todos los vehículos que diariamente transitan por el sector.

$$\text{No. de vehículos transitando diariamente} \times \text{Kg de CO}_2 \text{ liberado por día} \\ = \text{Total de CO}_2 \text{ Liberado diariamente por el parque automotor}$$

7.4. Evaluación de la oferta de carbono

Para cuantificar las potencialidades de captura de carbono se utilizó un método en campo y uno en oficina, primero se describirá el proceso de modelación y posteriormente las variables dendrométricas medidas.

7.4.1. Método para estimar biomasa de árboles

En este caso se utilizó el método de estimación de biomasa por medio del volumen de un árbol implementado por (Chave, 2005), con el cual se estima la biomasa total en Kilogramos, aplicando la siguiente ecuación:

$$Biomasa = 0,06 * d * ((\pi * Dap^2) /4) * ht$$

Donde

B: Biomasa aérea (kg).

Dap: Diámetro a la altura del pecho (cm),

d: Peso específico básico (g/cm³),

ht: Altura total (metros)

En cuanto a la densidad de la madera estos datos se obtuvieron de la literatura que existe en relación a investigaciones de las especies inventariadas.

La ecuación se aplicó a cada uno de los árboles inventariados (73 árboles) teniendo en cuenta los datos obtenidos en campo, altura total y diámetro a la altura del pecho.

7.4.2. Medición de variables en campo

Como primera medida se realizó el inventario de los árboles existentes en el sector de la zona centro del municipio de La Dorada Caldas, sector comprendido entre las calles 13 y 17 y carrera 6 y 5, identificando todos los arbustos y árboles ubicados sobre los andenes y separadores del sector en mención. Se efectuó una identificación taxonómica de cada individuo, ubicación (respecto a las viviendas), diámetro a la altura del pecho, Altura total y registro fotográfico de cada uno, en este caso se inventariaron 73 árboles, representados en 14 especies.

7.4.2.1. Medición dendrométrica

Para este caso se tomaron datos dendrométricos como diámetro a la altura del pecho (DAP), y altura total (HT). A continuación se describe el método empleado:

Diámetro a la altura del pecho: El diámetro de los árboles se determinó midiendo la circunferencia del árbol a 1,30 metros por encima del nivel del suelo, para este caso se utilizó la cinta métrica, una vez medida la circunferencia en centímetros, se dividió este valor por 3,1416 y se obtuvo el diámetro del árbol.



Figura 1 y 2 Método para determinar el diámetro a la altura del pecho

Altura total: La altura total de un árbol es la longitud de la línea recta que une el pie del árbol (nivel del suelo) con la extremidad de la yema terminal del tallo. (Urrea 2009). Para la medición de la altura se utilizaron dos métodos, el primero, con cinta métrica en individuos inferiores a 3 metros; y el segundo con ayuda de tablas dendrométricas, para individuos con alturas mayores a los 3 metros.



Figura 3 y 4 Método para determinar la altura total de un árbol

8. RESULTADOS

A continuación se presenta los resultados obtenidos, tanto en la determinación de los niveles de contaminación generados por el parque automotor, así como la cantidad de biomasa almacenada por el arbolado del sector.

8.1. Aforo vehicular sector zona centro

Al realizar el aforo vehicular se pudo establecer que diariamente transita por el sector de la zona centro del municipio de La Dorada Caldas un promedio de **1.520** unidades automotores (camiones –taxis, vehículos particulares).

Tabla 1: Resultados aforo vehicular sector de la zona centro

Día 1 Lunes		Día 2 Martes		Día 3 Miércoles		Día 4 Jueves		Día 5 Viernes		Día 6 Sábado		Día 7 Domingo	
Hora Pico	No. de Vehículos	Hora Pico	No. de Vehículos	Hora Pico	No. de Vehículos	Hora Pico	No. De vehículos	Hora Pico	No. De vehícu los	Hora Pico	No. de Vehículos	Hora Pico	No. De vehícu los
08:00	15	08:00	14	08:00	17	08:00	16	08:00	15	08:00	10	08:00	9
08:10	12	08:10	13	08:10	11	08:10	10	08:10	13	08:10	11	08:10	5
08:20	14	08:20	12	08:20	9	08:20	10	08:20	12	08:20	6	08:20	7
08:30	10	08:30	8	08:30	10	08:30	9	08:30	9	08:30	12	08:30	6
08:40	7	08:40	7	08:40	7	08:40	12	08:40	9	08:40	5	08:40	9
08:50	9	08:50	9	08:50	10	08:50	12	08:50	8	08:50	9	08:50	4
Hora Valle	No. de Vehículos	Hora Valle	No. de Vehículos	Hora Valle	No. de Vehículos	Hora Valle	No. de Vehículos	Hora Valle	No. de Vehículos	Hora Valle	No. de Vehículos	Hora Valle	No. de Vehículos
10:00	9	10:00	8	10:00	12	10:00	8	10:00	8	10:00	8	10:00	4
10:10	6	10:10	6	10:10	6	10:10	6	10:10	7	10:10	5	10:10	7
10:20	7	10:20	7	10:20	5	10:20	7	10:20	13	10:20	4	10:20	9
10:30	8	10:30	4	10:30	8	10:30	5	10:30	9	10:30	7	10:30	4
10:40	8	10:40	8	10:40	6	10:40	6	10:40	8	10:40	5	10:40	5

10:50	9	10:50	6	10:50	7	10:50	4	10:50	9	10:50	6	10:50	4
Total	114		102		108		105		120		88		73

Fuente: Autor

Es importante resaltar que los vehículos que transitan por la zona en estudio en su mayoría son pequeños, la cuantificación no se discriminó por tipo de vehículo, estos valores fueron generales.

Al culminar esta actividad se pudo deducir que los días 6 y 7 que corresponden a sábado y domingo respectivamente, son los días donde un número menor de vehículos transitan por la zona de influencia del proyecto, así mismo el día 5 que pertenece al viernes, es el día en el cual el tránsito vehicular tiene mayor representación.

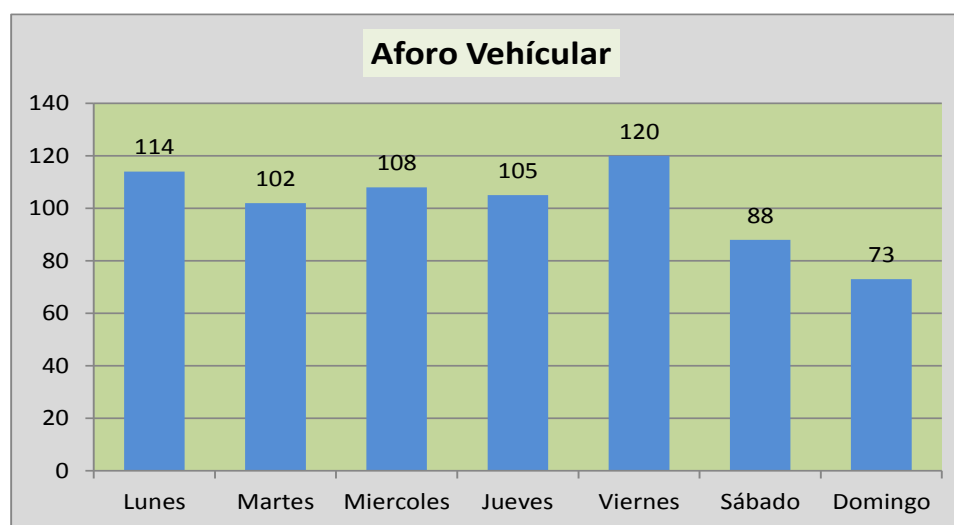


Gráfico 1. Aforo Vehicular sector zona centro

8.2. Niveles de contaminación atmosférica

Como se mencionó anteriormente a través de los datos generados en “Transportation Energy Data Book” Edición 30 y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, respecto a la cantidad de CO₂ que se emite por kilómetro recorrido y teniendo en cuenta la

información suministrada por la Secretaría de tránsito respecto al promedio de km recorridos por un vehículo diariamente en el municipio y el número de vehículos que a diario transitan por el sector, se obtuvo la cantidad de contaminación atmosférica (CO₂) generada por el parque automotor.

Kg de CO ₂ liberados por Galón consumido	Km recorridos por Galón
8,81	36,2

$$\frac{8,81KgCO_2}{Galón} \div \frac{Galón}{36,2Km} = 0,243KgCO_2 / Km$$

Km diarios recorridos	CO ₂ por Km	Kg de CO ₂ liberado por día
10,5	0,243	2,55

$$\frac{10,5Km}{día} \times \frac{0,243KgCO_2}{Km} = 2,55 KgCO_2 / día$$

No. de vehículos diarios	Kg de CO ₂ liberado por día
1520	2,55

$$\frac{1520}{día} \times \frac{2,55Kg CO_2}{día} = 3876 KgCO_2 / día$$

Esto significa que los vehículos que diariamente transitan por el sector de la zona centro generan **3.876 Kg de CO₂/día**.

8.3. Descripción de las especies inventariadas

En el inventario realizado en el sector de la zona centro del municipio de La Dorada Caldas, se contabilizaron en total setenta y tres (73) árboles establecidos en esta zona,

representados en 14 especies. A continuación se realiza una descripción de las especies identificadas en el inventario forestal:

- **Acacio (*Cassia siamea. Lam*):** Es un elegante árbol con ramas arqueadas y hojas que se asemejan a plumas. El *Cassia siamea* florece bellamente en grandes racimos de soleadas flores amarillas. Se destacan pequeñas e individuales hojas secundarias a lo largo del tallo de la hoja. Crece con plena luz, no necesita agua durante la estación de crecimiento. La copa es de forma globosa, el tallo ofrece poca resistencia al viento, lo que ocasiona inclinación del árbol, hojas pinnadas de 8 a 15 pares de color verde oscuro, flores amarillas de espigas en glomérulos y fruto en legumbre de 5 cm de longitud. (Sánchez H, 1992).



Figura No. 5 Árbol Acacio (*Cassia siamea. Lam*)

Tabla 2: Características principales árbol Acacio

Nombre común	Acacio	Diámetro máximo	50 centímetros
Nombre Científico	<i>Cassia siamea Lam</i>	Altura máxima	30 metros
Familia	Leguminosae	Densidad de la madera	0,7 g/cm ³
Follaje	Perennes	Grupo Ecológico	Heliófito
Raíz	fuertes, largas y superficiales	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Sánchez (2010)

- **Achiote (*Bixa orellana*. L):** Árbol de 3 a 8 metros de altura aproximadamente, de tronco leñoso erecto y ramificado en su parte superior; forma una copa frondosa. Hojas persistentes, alternas y cordadas, evadas o acorazonadas, lisas y puntiagudas, largamente pedunculadas, con escamitas pardas por el envés, en Colombia se encuentra entre 0 y 1700 m.s.n.m., de las semillas se obtiene un colorante llamado bixina que es de color amarillo fuerte o anaranjado, y se puede utilizar para dar color a los alimentos, la bixina es el principal constituyente colorante del achiote, se encuentra en la cubierta exterior de la semilla del fruto, representando más del 80% de los pigmentos presentes. Es de gran interés comercial porque su uso está exento de certificación y puede ser empleado nacional e internacionalmente en la industria alimentaria, de cosméticos y farmacéutica. El cultivo ha tenido importancia desde épocas precolombinas por que se obtiene una pasta que era utilizada por nuestros ancestros como condimento, cosméticos, rituales religiosos y medicamento. Actualmente se distribuye en los países tropicales del nuevo y viejo mundo (Brako L. 1993).



Figura No. 6 Árbol Achiote (*Bixa Orellana*. L)

Tabla 3: Características principales árbol Achiote

Nombre común	Achiote	Diámetro máximo	30 centímetros
Nombre Científico	<i>Bixa orellana</i> L	Altura máxima	10 metros
Familia	Bixaceae	Densidad de la madera	0,4 g/cm ³

Follaje	Perennes	Grupo Ecológico	Heliófila
Raíz	pivotante y muy largo	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Brako L. (1993).

- **Almendo (*Terminalia catappa*. L):** Árbol de 30 m de altura aproximadamente, originario de las Indias Orientales y Sur América, en Colombia se ha encontrado a una altura entre 0 y 1100 m.s.n.m., presenta una copa aparasolada, raíces gruesas, fuertes largas y muy superficiales, troncos con ramas horizontales que salen a diferentes niveles, hojas agrupadas en manojos, enteras de 20 cm de longitud, denso follaje verde, se propaga por semillas, soporta sequias y suelos pobres, arenosos y arcillosos. El tronco cuando es joven es liso, pasando a ser muy agrietado con el tiempo, siendo este agrietamiento característico de esta especie. La corteza es verde, cuando el árbol es joven, y marrón y grisácea cuando el árbol es adulto. El fruto es una drupa de 5 a 7 cm de longitud y de 3 a 5.5 cm de anchura, verdes en un principio, luego amarillo y finalmente rojo cuando madura; con un sabor ligeramente ácido. Contiene una sola semilla. En el área urbana presenta daños en pavimentos, redes, acueductos y alcantarillados. (Sánchez, 1999)



Figura No. 7 Árbol Almendo (*Terminalia catappa*. L)

Tabla 4: Características principales árbol Almendo

Nombre común	Almendo	Diámetro máximo	70 centímetros
---------------------	---------	------------------------	----------------

Nombre Científico	<i>Terminalia catappa L.</i>	Altura máxima	30 metros
Familia	Combretácea	Densidad de la madera	0,6 g/cm ³
Follaje	Caducifolio	Grupo Ecológico	Esciófita
Raíz	Sistema radicular superficial	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Niembro R, (1990).

- **Guácimo (*Guazuma ulmifolia Lam*):** Es un árbol de hasta 15 a 25 m de altura aproximadamente, caducifolio, nativo de América Tropical. Tiene las hojas alternas con el haz áspero y de color verde claro y el envés tomentoso. Las flores son amarillas con pelos y están dispuestas en panículas axilares. El fruto es una cápsula ovoide, leñosa, perforada, con muchas semillas de color negro. La corteza es lisa, algo gruesa y de color pardo blanquecino. Sus ramas se extienden mucho horizontalmente. Se usa para leña, siendo fácil de rajar y secar, resiste la pudrición, tiene buena producción de brasas, calor y poco humo. Se ha empleado para la fabricación de carbón. Su madera se emplea para postes en cercas y varas para construcciones rurales. Sus rebrotes, se pueden usar para la producción de varas tutoras o de sostén de cultivos agrícolas. También se puede utilizar su madera en carpintería, ebanistería y en la fabricación de cajas de embalaje (Sánchez, 1999).

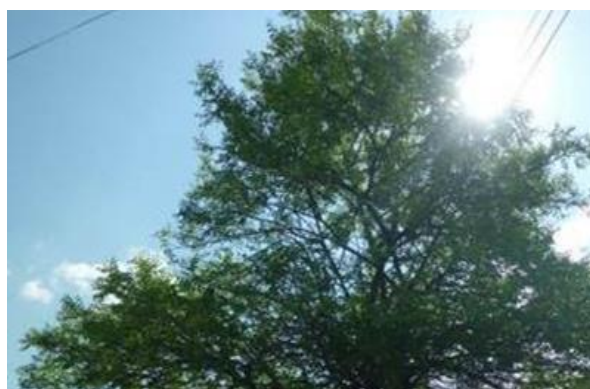


Figura No. 8 Árbol Guacimo (Guazuma ulmifolia Lam)

Tabla 5: Características principales árbol Guácimo

Nombre común	Guácimo	Diámetro máximo	60 centímetros
Nombre Científico	<i>Guazuma ulmifolia. Lam</i>	Altura máxima	30 metros
Familia	Malvácea	Densidad de la madera	0,6 g/cm ³
Follaje	Caducifolio	Grupo Ecológico	Esciófita
Raíz	Sistema radical profundo	Tipo de crecimiento	Lento

Fuente: Niembro R, (1990).

- **Lluvia de oro (*Cassia fistula L.*):** Es un árbol de 6 a 20 m de altura, Sus hojas son compuestas por hojuelas, tienen apariencia de plumas. Las flores son de color amarillo intenso y se encuentran en racimos colgantes muy vistosos que parecen lluvia de oro. Los frutos son vainas cilíndricas negras que miden hasta 60cm de largo. Originario de Asia tropical. Presente en climas cálido, semicálido, semiseco y templado entre los 8 y los 2300 msnm. Crece en terrenos de cultivo y de temporal. Adorna zonas urbanas, asociado a vegetación perturbada de bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio, subperennifolio y perennifolio, además de matorral xerófilo. Su madera es dura y pesada es utilizada para la construcción de armarios, incrustaciones, etc. Las hojas y flores se consideran laxantes pero no refrescantes. Se reporta el uso de la tisana de las flores para ataques de nervios e histeria, y en general para tratar enfermedades de la piel (Morales y Sarmiento, 2008).



Figura No. 9 Árbol Lluvia de oro (Cassia fistula L)

Tabla 6: Características principales árbol Lluvia de oro

Nombre común	Lluvia de oro	Diámetro máximo	50 centímetros
Nombre Científico	<i>Cassia fistula L.</i>	Altura máxima	20 metros
Familia	Fabácea	Densidad de la madera	0,9 g/cm ³
Follaje	Caducifolio	Grupo Ecológico	Esciófita
Raíz	Grueso y superficial	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Geilfus F, (1989).

- Mango (*Mangifera indica.L*):** Conocido comúnmente como mango, es un árbol siempre verde de tamaño de mediano a grande que típicamente crece a una altura de 25 m con una copa redondeada y muy densa, con hojas verde oscuro y un tronco robusto con corteza gruesa y áspera. El mango, nativo del Asia tropical, ha sido plantado a través de todo el trópico, de semiárido a húmedo, y el subtropical, y se ha naturalizado en muchas de las áreas en donde ha sido introducido. Es uno de los árboles frutales más populares a través de su área de distribución, y su madera se usa extensamente para muebles, carpintería, construcción, y varios otros propósitos. (Parrotta J. 1993). Es un árbol agresivo con otras especies para ocupar un espacio determinado. El crecimiento del árbol da lugar a un proceso denominado secuestro de carbono o captura de carbono, del medio ambiente, utilizándolo para formar el tronco, las ramas, las hojas, y la fruta del árbol de mango.

De acuerdo con la investigación realizada por la Universidad de Antioquia en el año 2009, sobre la Intercepción de partículas suspendidas totales (PST) por cinco especies de árboles urbanos en el Valle de Aburrá, mediante la cuantificación de la cantidad de sólidos presentes en el follaje de las especies, demostrando el alto potencial descontaminador de partículas suspendidas totales que tiene la especie *Mangifera indica*, ya que sus follajes conforman una

barrera, que por sus características morfológicas filtran en ellas cantidades apreciables de PST que se encuentran suspendidas en las corrientes de aire.



Figura No. 10 Árbol Mango (*Mangifera indica. L*)

Tabla 7: Características principales árbol Mango

Nombre común	Mango	Diámetro máximo	100 centímetros
Nombre Científico	<i>Mangifera indica. L</i>	Altura máxima	30 metros
Familia	Anacardiaceae	Densidad de la madera	0,7 g/cm ³
Follaje	Perennes	Grupo Ecológico	Esciófita
Raíz	Pivotante	Tipo de crecimiento	Lento

Fuente: Parrota, J. (1993)

- **Matarratón (*Gliricidia sepium. Jacq*):** Árbol pequeño o mediano, que alcanza un tamaño de hasta 12 m de alto, variedad arbórea caducifolia de tamaño pequeño o mediano y sin espinas, de tronco corto y copa esparcida e irregular. Por lo regular se adapta a terrenos de topografía plana a ligeramente ondulada, con altitud estimada entre 0 y 1.600 metros sobre el nivel del mar, climas de temperatura media (20 a 30°C) y lluvia anual de 600 a 3.000 milímetros. En cuanto al tipo de suelo, crece progresivo en los bien drenados –aunque tolera sitios húmedos y temporalmente inundados– y franco arcillosos a franco arenosos (Trujillo, 2013).



Figura No. 11 Árbol Matarratón (*Gliricidia sepium. Jacq*)

Tabla 8: Características principales árbol Matarratón

Nombre común	Matarratón	Diámetro máximo	30 centímetros
Nombre Científico	<i>Gliricidia sepium. Jacq</i>	Altura máxima	12 metros
Familia	Fabácea	Densidad de la madera	
Follaje	Caducifolia	Grupo Ecológico	Heliófito
Raíz	Sistema radicular profundo	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Trujillo, (2013)

- **Nim (*Azadirachta indica. A Juss*):** Es un árbol de tamaño de mediano a grande, caracterizado por su fuste corto y recto, una corteza arrugada de color de marrón oscuro a gris y una copa densa y redondeada con hojas pinadas. Nativa al sur de Asia. es una especie útil para mejorar la fertilidad del suelo en los sitios secos degradados, debido a la calidad de su hojarasca y a la tasa de descomposición foliar relativamente rápida. Las flores del Nim aparecen en panículas estrechas y ramificadas de 5 a 15 cm de largo, las flores individuales están compuestas de 5 lóbulos del cáliz, redondeados y de un color verde pálido; 5 pétalos blancos, oblongos y redondeados de 0.5 cm de largo; 10 estambres unidos en un tubo y un pistilo con un ovario redondeado y un estilo delgado. En los sitios favorables, el crecimiento es considerablemente más rápido después del primer año. El Nim contiene la azadirachtina que es una sustancia

repelente de plagas y es de efecto sistémico, las plantas al absorber esa sustancia se vuelven inapetecibles para ciertos insectos, además, el Nim mata o repele el ataque de insectos en los cultivos, incluso altera su metabolismo, esterilización, órganos vitales atrofiados, pérdida de apetito, etc. (Reyes et al., 2003)



Figura No. 12 Árbol Nim (*Azadirachta indica* A Juss)

Tabla 9: Características principales árbol Nim

Nombre común	Nim	Diámetro máximo	30 centímetros
Nombre Científico	<i>Azadirachta indica</i> A Juss	Altura máxima	20 metros
Familia	Meliaceae	Densidad de la madera	0,7 g/cm ³
Follaje	Perenne	Grupo Ecológico	Heliófita
Raíz	Sistema radicular poco profundo y laterales	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Vera et al. (2007)

- **Níspero (*Manilkara chicle*. L):** Es nativa desde México hasta el norte de Colombia. Árbol que puede alcanzar una altura de 25 m, y dap de hasta 65 cm. Copa: ramificación simpodial, con las hojas agrupadas al final de las ramitas. Corteza: grisácea o negra y rosada en el interior, exuda una gran cantidad de látex lanco. Hojas: simples, alternas, de 6-25 cm de largo y 2-7 cm de ancho, coriáceas, oblanceoladas o elípticas, de ápice obtuso o agudo, de color verde oscuro opaco en al haz, amarillentas en el envés. Flores: crema o blanco verdosas, 18 mm de

diámetro, axilares, en grupos de 2-5. Frutos: bayas globosas, de color café, 4 cm de largo, con pulpa rojiza, carnosa, comestible, jugosa y muy dulce. Contiene 1-6 semillas aplanadas de 1.5-2.5 cm de largo, pardo oscuras, lustrosas, con una cicatriz lateral.

La plantación a plena exposición en sitios secos no ha sido exitosa. En estas condiciones probablemente se requiera la construcción de trincheras para aumentar la disponibilidad de agua o irrigar y plantar bajo el dosel con raleos progresivos después del primer año, aunque económicamente estas operaciones talvez no sean factibles. En años y/o zonas más húmedas el establecimiento probablemente sea mejor (Sánchez, 1999).



Figura No. 13 Árbol Nispero (*Manilkara chicle* L.)

Tabla 10: Características principales árbol Nispero

Nombre común	Nispero	Diámetro máximo	65 centímetros
Nombre Científico	<i>Manilkara chicle</i> L.	Altura máxima	25 metros
Familia	Sapotaceae	Densidad de la madera	
Follaje	Caducifolio	Grupo Ecológico	Heliófita
Raíz	Sistema radicular pivotante	Tipo de crecimiento	Lento

Fuente: Avilan et al. (1981)

- **Oití (*Licania tomentosa. Benth*):** Es un árbol que puede alcanzar hasta los quince (15) metros de altura copa globosa, tronco retorcido, hojas medianas a pequeñas, de envés cubierto de un tomento blanquecino. No tiene tendencia a ramificarse en la base, fue traído a Colombia procedente de Brasil a principios de los años 70, siendo en este momento la especie dominante en las zonas verdes de la ciudad.

Este árbol permanece frondoso durante todo el año, como árbol ornamental puede desempeñar múltiples funciones que contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de las personas en las ciudades. Estas funciones consisten en barreras contra el ruido, los vientos y los contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono y partículas en suspensión. . (Escobar, 2009).



Figura No. 14 Árbol Oití (*Licania tomentosa. Benth*)

Tabla 11: Características principales árbol Oití

Nombre común	Oití	Diámetro máximo	45 centímetros
Nombre Científico	<i>Licania tomentosa. Benth</i>	Altura máxima	15 metros
Familia	Chrysobalanácea	Densidad de la madera	
Follaje	Perenne	Grupo Ecológico	Esciofita
Raíz	Profundas y laterales	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Molina, (2007).

- **Palma botella (*Hyophorbe lagenicaulis. L.*):** Se destaca por su tronco curiosamente hinchado cuya forma recuerda un poco una botella de champán. Las flores surgen de debajo del capitel, hojas pinnadas, con pecíolo rojizo al principio, arqueadas, con 30-50 pares de folíolos de bordes rojizos, puntiagudos, rígidos, formando un sólo plano a cada lado del raquis. Las palmas de botella son muy sensibles al frío y mueren a los 0 ° C. o menos si lo soportan en un tiempo apreciable. Pueden sobrevivir a una helada breve, pero podrían tener daños en el follaje. (Sánchez, 1999).



Figura No. 15 Árbol Palma botella (*Hyophorbe lagenicaulis. L.*)

Tabla 12: Características principales árbol Palma botella

Nombre común	Palma botella	Diámetro máximo	60 centímetros
Nombre Científico	<i>Hyophorbe lagenicaulis. L.</i>	Altura máxima	25 metros
Familia	Arecaceae	Grupo Ecológico	Esciófita
Follaje	Caducifolio	Tipo de crecimiento	Lento

Fuente: Sánchez, (1999)

- **Pomarrosa (*Syzygium jambos. L.*):** Es originario de Asia, *Syzygium jambos* (L.), conocido comúnmente como pomarrosa o pomorroso, es un árbol que alcanza una altura máxima de alrededor de 12 m y un diámetro máximo de alrededor de 40 cm. La especie es nativa del sudeste de Asia pero ha sido plantada en muchas otras regiones. La madera no es duradera ante

la humedad o el ataque de termitas. Es útil como leña y para fabricar carbón. Sus varas se usan para cujes para curar tabaco (de donde se cuelgan las hojas para secarlas). Las ramas nuevas son útiles para hacer canastas. Estos árboles sirven como rompe vientos y a pesar de ser invasivas, protegen de la erosión a los márgenes de las vías fluviales. (Sánchez, 1999).



Figura No. 16 Árbol Pomarrosa (*Syzygium jambos L.*)

Tabla 13: Características principales árbol Pomarrosa

Nombre común	Pomarrosa	Diámetro máximo	40 centímetros
Nombre Científico	<i>Syzygium jambos L.</i>	Altura máxima	12 metros
Familia	Myrtaceae	Densidad de la madera	0,7 g/cm ³
Follaje	Perenne	Grupo Ecológico	Heliófita
Raíz	Pivotantes y profundas	Tipo de crecimiento	Lento

Fuente: Francis, J. (1990).

- **Totumo (*Crescentia cujete L.*)**. El árbol totumo está distribuido en toda la América intertropical desde la Florida hasta Brasil, África y Asia tropical, es utilizado por todas las culturas donde se encuentra. Existen alrededor de 22 variedades en Colombia con sus frutos esféricos, ovalados y semicilíndricos de un tamaño que fluctúa entre 3 y 40 centímetros de diámetro dependiendo de la variedad. crece entre 3 y 8 metros de altura, copa amplia e indefinida, ramas gruesas retorcidas y muy flexibles, tronco torcido en muy pocos casos recto, su

madera es dura, porosa, laminar y flexible. Sea adapta a muchas variedades de climas de latitudes tropicales y de suelos que van entre los ligeramente ácidos hasta los alcalinos, húmedos, encharcables, secos y muy secos (Arango U. 2005).



Figura No. 17 Árbol Totumo (*Crescentia cujete L.*)

Tabla 14: Características principales árbol Totumo

Nombre común	Totumo	Diámetro máximo	30 centímetros
Nombre Científico	<i>Crescentia cujete L.</i>	Altura máxima	12 metros
Familia	Bignoniaceae	Densidad de la madera	
Follaje	Perenne	Grupo Ecológico	Esciófita
Raíz	Sistema radicular fuerte de raíces pivotantes	Tipo de crecimiento	Rápido

Fuente: Arango U. (2005).

8.3.1 Análisis de inventario

De acuerdo con los datos sistematizados se registraron las especies más frecuentes plantadas en la zona de influencia del proyecto, las especies que presentan mayor frecuencia es el Almendro (*Terminalia catappa*) 28%, Oití (*Licania tomentosa*) 21% y Pimiento 12%, así mismo se destacan tres especies que mostraron una frecuencia media, Acacio (*Cassia siamea*) 8%, Nim (*Azadirachta indica*) 7% y Pomarroza (*Syzygium jambos*) 7%.

Tabla 15: Especies inventariadas sector zona centro municipio de La Dorada-Caldas

Nombre común	Nombre científico	Cantidad	Porcentaje
Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	20	28%
Acacio	<i>Cassia siamea Lam.</i>	6	8%
Oití	<i>Licania tomentosa L.</i>	15	21%
Pimiento	Sin identificar	9	12%
Neem	<i>Azadirachta indica A Juss.</i>	5	7%
Pomarrosa	<i>Syzygium jambos L.</i>	5	7%
Totumo	<i>Crescentia cujete L.</i>	1	1%
Mango	<i>Mangifera indica L.</i>	2	3%
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia Lam.</i>	2	3%
Nispero	<i>Manilkara chicle L.</i>	2	3%
Achiote	<i>Bixa Orellana L.</i>	1	1%
Palma botella	<i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	3	4%
Lluvia de oro	<i>Cassia fistula L.</i>	1	1%
Matarraton	<i>Gliricidia sepium Jacq.</i>	1	1%

Fuente: Autor

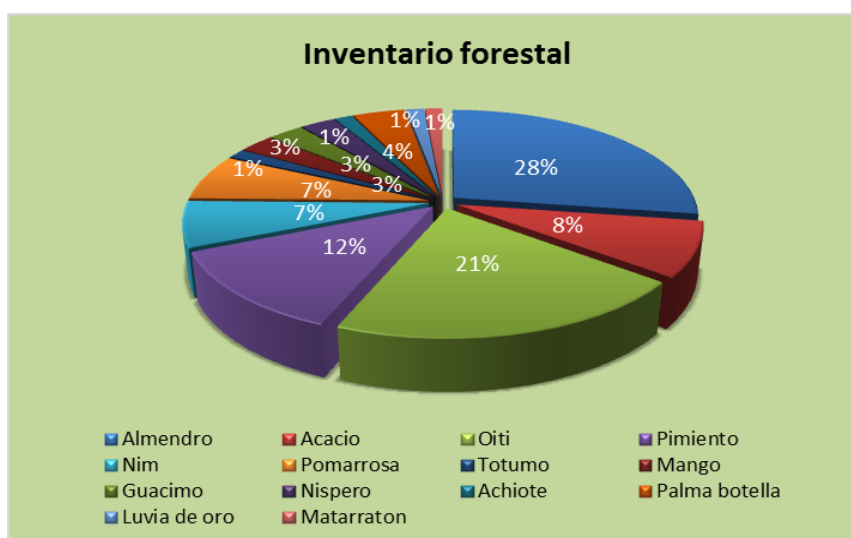


Grafico 2. Inventario forestal

8.3.2 Estimación de biomasa de árboles

Teniendo en cuenta el método aplicado para cuantificar la biomasa total del arbolado existente en el sector de la zona centro y de acuerdo a los datos tomados en campo a cada uno de los árboles existentes, a continuación se presenta los datos obtenidos de biomasa de los 73 árboles.

Tabla 16: Estimación de biomasa en las especies inventariadas

No	Árbol	Especie	Diámetro (cm)	Altura Total (m)	Método (Chave) Biomasa Total (Kg) por árbol
1	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	42,9	8	416,29
2	Acacio	<i>Cassia siamea Lam.</i>	47,7	8,30	622,95
3	Acacio	<i>Cassia siamea Lam.</i>	31,8	6,15	205,15
4	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	7,9	5,20	7,65
5	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	48,7	14,00	938,81
6	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	36,2	15,00	555,78
7	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	38,1	16,00	656,69
8	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	19,7	6,20	56,69
9	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	16,5	5,20	33,36
10	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	40,7	13,00	608,87
11	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	39,7	10,00	445,63
12	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	29,2	8,20	197,68
13	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	27,3	6,20	130,65
14	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	44,5	12,40	694,28
15	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	35,0	9,20	265,54
16	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	6,3	2,30	2,15
17	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	23,5	8,20	128,04
18	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	21,5	6,20	81,03
19	Nim	<i>Azadirachta indica A Juss.</i>	15,2	7,10	54,11
20	Almendro	<i>Terminalia catappa L.</i>	24,2	8,70	144,06
21	Acacio	<i>Cassia siamea Lam.</i>	23,8	4,18	78,10

22	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i> L.	28,6	7,20	194,27
23	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> L.	13,3	4,80	20,01
24	Totumo	<i>Crescentia cujete</i> L.	27,0	6,00	103,06
25	Acacio	<i>Cassia siamea</i> Lam.	33,2	8,30	301,78
26	Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	23,5	6,00	109,30
27	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	23,8	4,80	64,06
28	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	32,3	9,00	176,99
29	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> L.	9,8	3,10	7,01
30	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> L.	10,5	4,10	10,65
31	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	35,0	7,20	207,82
32	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	38,1	9,50	259,94
33	Nispero	<i>Manilkara chicle</i> L.	33,4	10,00	262,85
34	Achiote	<i>Bixa orellana</i> L.	11,1	2,20	5,11
35	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	33,4	8,40	264,95
36	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	24,8	9,40	136,22
37	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	34,7	9,30	316,62
38	Palma Botella	<i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	33,4	11,20	353,27
39	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> L.	7,3	2,80	3,52
40	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> L.	11,1	4,50	13,06
41	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> L.	8,9	4,20	7,84
42	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	35,1	7,60	264,74
43	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	36,8	9,50	363,76
44	Palma Botella	<i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	42,2	10,50	528,70
45	Palma Botella	<i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	37,8	9,90	399,96
46	Nim	<i>Azadirachta indica</i> A Juss.	20,6	8,90	124,58
47	Nim	<i>Azadirachta indica</i> A Juss.	19,6	7,60	96,31
48	Nim	<i>Azadirachta indica</i> A Juss.	0,19	7,00	83,36
49	Acacio	<i>Cassia siamea</i> Lam.	37,5	12,30	570,57
50	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	32,3	10,50	309,73
51	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	26,4	10,80	212,83
52	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	32,4	9,50	281,97
53	Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	30,4	12,50	326,63

54	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	17,4	5,00	35,67
55	Acacio	<i>Cassia siamea Lam.</i>	34,2	8,60	331,81
56	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	11,1	3,20	9,29
57	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	14,3	3,35	15,90
58	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	15,9	4,15	24,42
59	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	10,5	3,25	8,31
60	Lluvia de oro	<i>Cassia fistula L.</i>	34,0	6,10	299,07
61	Nim	<i>Azadirachta indica A Juss.</i>	20,6	5,10	71,39
62	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos L.</i>	16,4	6,50	57,67
63	Nispero	<i>Manilkara chicle L.</i>	27,3	7,80	136,97
64	Mango	<i>Mangifera indica L.</i>	21,4	7,80	117,83
65	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos L.</i>	14,9	6,10	44,67
66	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos L.</i>	10,1	4,05	13,63
67	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	26,7	4,80	80,63
68	Matarraton	<i>Gliricidia sepium Jacq.</i>	34,7	9,40	373,36
69	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	25,1	9,40	139,54
70	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	24,3	8,70	121,04
71	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	22,2	6,40	74,32
72	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos L.</i>	24,4	2,00	39,28
73	Oiti	<i>Licania tomentosa L.</i>	11,5	2,00	6,23
Total					14706,03

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos de biomasa total acumulada en los 73 árboles es de **14.706, 03 Kg.**

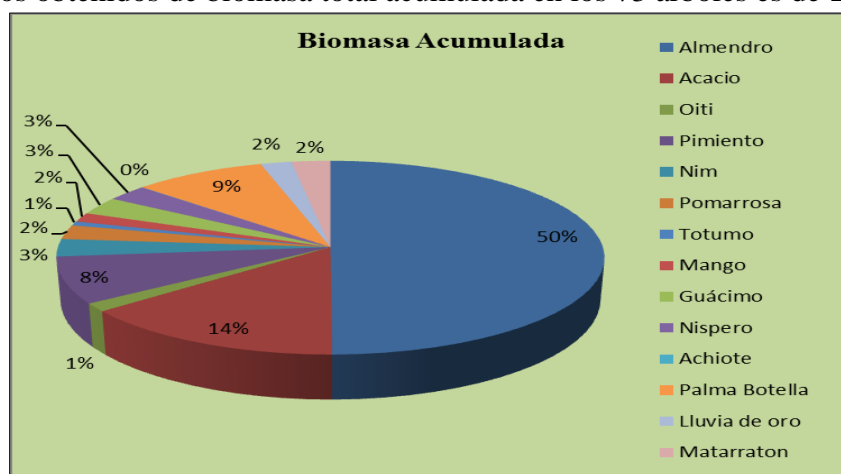


Grafico 3. Cálculos de biomasa acumulada

9. DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los datos obtenidos relacionados con la biomasa acumulada, se puede identificar que la especie que actualmente registra una mayor acumulación es el Almendro (*Terminalia catappa*) con un 50%, seguido de la especie Acacio (*Cassia siamea*) con el 14%.

De acuerdo a las necesidades del proyecto y teniendo en cuenta el diagnóstico y Plan de Manejo Arborización urbana en el municipio de la Dorada - Caldas realizado por la Ingeniera Gloria Esperanza Sánchez Herrera en el año 1999, en el cual se identifican los Almendros, Acacios y Pimientos como las especies que más causan daño a la infraestructura debido al excesivo desarrollo de su sistema radicular y a su gran tamaño (Sanchez,1999, p77), adicionalmente la comunidad del municipio consideran estas especies dañinas no solo por las condiciones antes presentados, sino porque algunas de las especies mencionadas presentan perdida de hojas y frutos generando afectaciones en épocas de invierno tapando alcantarillas generando problemas de inundaciones. Analizando la situación anterior, el 48% de los individuos inventariados pueden causar algún tipo de daño a la infraestructura del municipio.

Sin embargo, se debe tener en cuenta la mitigación de la contaminación atmosférica que se logra a través de los árboles, los cuales tienen diferente potencial para capturar CO₂ y fijarlo en sus tejidos leñosos; como regla general a mayor superficie foliar, mayor capacidad de captación.

De acuerdo a las investigaciones realizadas, se estima que los árboles grandes y vigorosos fijan más carbono al año que uno pequeño. Así las cosas, realizando un análisis con la su altura y el diámetro máximo que pueden desarrollar los árboles de la zona de influencia del proyecto, estos lograrían almacenar aproximadamente 156.317 Kg de biomasa, resultado que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17: Estimación de biomasa máxima acumulada por el arbolado (Método Chave)

No	Árbol	Especie	Diámetro máximo (cm) Literatura	Altura máxima (m) Literatura	Grupo Ecológico	No. de árboles en campo	Método (Chave) Biomasa Total (Kg) por árbol Capacidad máxima de almacenamiento (Operación 1)	Método (Chave) Biomasa Total (Kg) agrupando los árboles Capacidad máxima de almacenamiento (Operación 2)
1	Almendro	<i>Terminalia catappa</i>	70	30	Esciófita	20	4156,34	83126,74
2	Acacio	<i>Cassia siamea</i>	50	30	Heliófita	6	2474,01	14844,06
3	Oiti	<i>Licania tomentosa</i>	45	15	Esciófita	15	715,70	10735,44
4	Pimiento	<i>Sin identificar</i>	30	11	Esciófita	9	233,26	2099,37
5	Nim	<i>Azadirachta indica</i>	30	20	Heliófita	5	593,76	2968,81
6	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i>	40	12	Heliófita	5	633,35	3166,73
7	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	30	12	Esciófita	1	254,47	254,47
8	Mango	<i>Mangifera indica</i>	100	30	Esciófita	2	9896,04	19792,08
9	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	60	30	Esciófita	2	2035,76	4071,51
10	Nispero	<i>Manilkara chicle</i>	65	25	Heliófita	2	2488,74	4977,47
11	Achiote	<i>Bixa orellana</i>	30	10	Heliófita	1	169,65	169,65
12	Palma Botella	<i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	60	25	Esciófita	3	2544,70	7634,09
13	Lluvia de oro	<i>Cassia fistula</i>	50	20	Esciófita	1	2120,58	2120,58
14	Matarraton	<i>Gliricidia sepium</i>	30	12	Heliófita	1	356,26	356,26
TOTAL						73	28672,60	156317,26

Fuente: Autor

Aplicando uno de los modelos implementados por Chave, en la primera operación se obtiene la cantidad máxima de biomasa que puede llegar acumular cada una de las especies inventariadas (14), para este caso es de 28.672 Kg, en esta operación se tiene en cuenta los valores de diámetro y altura máxima que puede llegar a lograr cada una de las especies, datos obtenidos de literatura, lo que significa que en promedio cada árbol puede almacenar 2.048 kg de biomasa. En la segunda operación, obtenido el valor anterior y de acuerdo al número de árboles inventariados en campo por especie, se procedió agruparlos para determinar la cantidad máxima de biomasa que pueden llegar acumular los 73 árboles, obteniendo un acumulado total de 156.317 Kg.

Teniendo en cuenta la relación biomasa/carbono

$$\text{Carbono} = \frac{\text{biomasa}}{2}$$

Fuente: IPCC (2003)

De los resultados obtenidos se pudo estimar el contenido máximo de carbono que pueden almacenar los 73 árboles establecidos en el sector de la zona centro del municipio, para este caso sería de **78.158** kg de carbono.

Ahora bien, el resultado que arrojó el aforo vehicular en el sector de la zona centro es de 1.520 automotores que circulan diariamente; con lo cual, se calcula la cantidad de Dióxido de carbono que contamina la atmosfera en el lugar mencionado y que afectará también el resto del casco urbano.

Operación N°. 1

$$1520 \text{ veh\u00edculos} \times 2,55 \text{ Kg CO}_2/\text{d\u00eda} = 3.876 \text{ kgCO}_2/\text{d\u00eda}$$

Teniendo en cuenta que el valor anteriormente obtenido es diario, se determina la cantidad de CO₂ generada por a\u00f1o.

Operaci\u00f3n N\u00b0. 2

$$3.876 \text{ KgCO}_2/\text{d\u00eda} \times 365 \text{ d\u00edas} = 1.414.740 \text{ KgCO}_2/\text{a\u00f1o}$$

Posteriormente, tomando la capacidad que tienen los 73 \u00e1rboles establecidos en la zona de estudio para capturar CO₂ y teniendo en cuenta la cantidad de CO₂ generada al a\u00f1o por el parque automotor, dato obtenido en la segunda operaci\u00f3n (1.414.740), se hallar\u00e1 la cantidad real de CO₂ generada y que en la actualidad no se puede mitigar por no existir un mayor n\u00famero de \u00e1rboles.

Operaci\u00f3n N\u00b0. 3

$$1.414.740 \text{ KgCO}_2 - 78.158 \text{ KgCO}_2 = 1.336.582 \text{ KgCO}_2$$

Determinada el promedio m\u00e1ximo que tienen los \u00e1rboles del sector para capturar CO₂ que es de 1.070 Kg, y teniendo en cuenta la cantidad de CO₂ generado al a\u00f1o por los veh\u00edculos que transitan por la sector de la zona centro y que no se puede mitigar por no contar con un n\u00famero mayor de \u00e1rboles, se determina la cantidad adicional de \u00e1rboles necesarios a establecer para mitigar la contaminaci\u00f3n generada.

Operación N°. 4

$$1.336.582KgCO_2 \div 1.070KgCO_2 = 1.249 \text{ árboles}$$

Se requieren establecer un total de **1.249** árboles para mitigar la contaminación atmosférica generada por el parque automotor en el sector de la zona centro.

10. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El método más natural de reducción de emisiones de CO₂, es la captación del mismo por parte de los árboles y las plantas, dicha actividad se produce gracias a la fotosíntesis, reacción química por la cual la planta, gracias a la luz solar, absorbe CO₂ y libera oxígeno (O₂). Sin embargo se debe tener en cuenta que no todos los árboles poseen el mismo potencial captador, aunque cuanto mayor sea el tamaño del árbol, más superficie foliar tendrá y por tanto mayor potencial captador. (<http://arboliza.es/compensar-co2/metodos-absorcion-co2.html>)

En este sentido el número de árboles sugeridos para la mitigación de la contaminación atmosférica en el sector de la zona centro del municipio de La Dorada es de 1.249. Se recomienda sembrar en la zona comprometida en la investigación el siguiente número de árboles, distribuidos así:

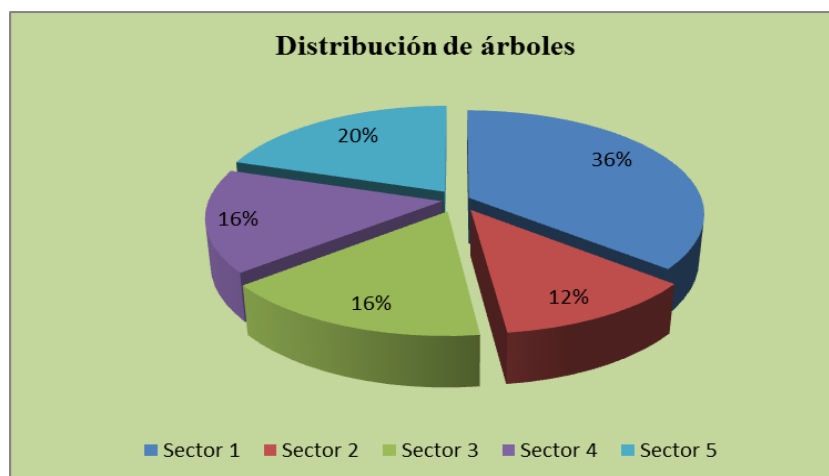
- 450 árboles, distribuidos en 10 manzanas que conforman dicho sector (Sector zona centro, calle 17 a la calle 13), establecidos a una distancia aproximada de 6,5 metros.
- 150 árboles, ubicados sobre el separador de la avenida 10 (Sector zona centro), sembrados a una distancia aproximada de 6 metros.
- 200 árboles, distribuidos en tres zonas verdes las cuales se ubican en el sector de la zona centro (carrera 5 con calles 13, 14 y 16), ubicados a una distancia aproximada de 7 metros.

Ahora bien, teniendo en cuenta, que no se cuenta con el espacio necesario para establecer el total de los árboles en el sector de la zona centro, se sugiere distribuir en número de árboles faltantes en las siguientes zonas:

- 200 árboles, ubicados sobre la ribera del río Magdalena, con el objetivo de mitigar la contaminación atmosférica, adicionalmente ayudarían a controlar los procesos erosivos que se presentan y protección de la cuenca, es de aclarar que estos árboles se ubicarían en la ribera del río comprendida entre los barrios Renán Barco, El Conejo y zona centro, barrios que se encuentran ubicados aproximadamente a una distancia de 700 a 1000 metros del sector de la zona centro.
- 249 árboles, ubicados en zonas verdes externas en forma de un anillo circundante al casco urbano del municipio, estos se pueden establecer sobre la zona denominada La Variante. Se recomienda sembrar los árboles a una distancia de 6 metros entre árboles y 7 metros entre líneas, para una densidad de siembra de 238/Ha, requiriendo en total de 1,046 Ha, para el establecimiento.

Tabla 18. Distribución arborización urbana

No. Árboles	Sitio de siembra
450	Sector zona centro (Sector 1)
150	Separador de la avenida (Sector 2)
200	Zonas verdes sector zona centro (Sector 3)
200	Rivera del río Magdalena (Sector 4)
249	Sector la variante (Sector 5)



Grafica 4. Distribución de la arborización

Es importante aclarar que se tiene en cuenta el sector de La Variante como alternativa para la siembra de los árboles, debido a que por este punto ingresan los vehículos que finalmente generan la contaminación en el sector de la zona centro, adicionalmente en este sector existe la disponibilidad de espacio para el establecimiento de los árboles.

De acuerdo a los datos obtenidos relacionados con la capacidad máxima que tienen las especies inventariadas para capturar carbono, se recomienda tener en cuenta las siguientes especies para establecer en las zonas mencionadas, las cuales por su tamaño tienen la capacidad de capturar una cantidad mayor de carbono.

- **Mango (*Mangifera indica*):** De las especies que actualmente se encuentran establecidas, es la que puede llegar a almacenar una cantidad mayor de carbono, es una especie esciófita que presenta un excelente desarrollo en esta región. Adicionalmente en investigaciones realizadas se ha logrado demostrar el alto potencial descontaminador de partículas suspendidas totales que tiene la especie *Mangifera indica*, brindando un beneficio mayor en lo concerniente a la

disminución de la contaminación atmosférica, sin olvidar que es una especie que por ser frutal puede brindar un beneficio mayor a la comunidad.

- **Almendra (*Terminalia catappa*):** Árbol de gran tamaño y área foliar, apta para plantar en parques y zonas verdes, es la segunda especie esciófita que puede llegar a almacenar una cantidad mayor de carbono, brindando un beneficio importante en la mitigación de la contaminación atmosférica que se presenta.

- **Acacio (*Cassia siamea*), Nispero (*Manilkara chicle*) y Lluvia de oro (*Cassia fistula*):** Especies de gran tamaño y área foliar las cuales cumplen la función de reducir la contaminación atmosférica, adicionalmente por lo vistoso de sus flores cumplen con la función de embellecer el paisaje urbano.

- **Oití (*Licania tomentosa*):** Este árbol se presenta como la octava especie que puede capturar una cantidad mayor de carbono, adicionalmente es una de las especies más recomendadas para zonas urbanas, porque tiene un sistema radicular pivotante, que no afecta estructuras, adyacentes, además sus hojas poseen un tomento (lana) que le permite evitar la evapotranspiración en épocas muy secas y mantenerse siempre verde.

10.1. Ventajas del Establecimiento de la Arborización

Es importante tener en cuenta las ventajas que traería solucionar el impacto de la contaminación atmosférica producido por el flujo vehicular que transita por el sector de la zona centro del municipio de la Dorada - Caldas, si se aborda desde la Arborización que propone el proyecto; porqué según Tovar (2007):

- A través del proceso de Fotosíntesis, que realizan las hojas de los árboles, estas especies están capacitados para absorber el CO₂ y convertirlo en oxígeno puro enriqueciendo y limpiando el aire que respiramos. Porque a través del mismo proceso, el árbol consume monóxido de carbono (producido por la combustión de los carros), dióxido de carbono, dióxido de sulfuro (producido por la combustión de los carros) y liberan a cambio el oxígeno.

- Desde el punto de vista climático, los bosques reducen el calentamiento de la atmósfera y regulan el clima de la tierra. Uno de los principales problemas de las ciudades es que el reclamo permanente de la comunidad por más y mejores espacios públicos, no permite que haya adecuadas y suficientes zonas arborizadas; eso provoca que la temperatura en la zona aumente y la evaporación del suelo sea más acentuada. Cada vez son más puntuales y evidentes las islas de calor que se forman en las ciudades, zonas específicas donde el residente siente más calor que en otras y las diferencias de temperatura se pueden estimar hasta de 3 grados centígrados con respecto a las zonas de los parques y alamedas de la ciudad.

- La copa de un árbol está diseñada para captar la luz solar y al abrirse o extenderse sombrea el piso, causando regulación de temperatura, en ambientes más agradables, protegiendo la flora inferior, fauna y al hombre contra los rayos ultravioleta, efectos cancerígenos en especies no adaptadas a este tipo de condiciones.

De acuerdo al enfoque dado a este proyecto se expone lo que podría ser una alternativa de solución desde la Ingeniería Agroforestal, entendiéndose que este tipo de soluciones buscan un desarrollo sostenible, el punto de equilibrio necesario para que la sociedad prospere

aprovechando los recursos naturales de la mejor forma pero sin desestabilizar el equilibrio persistente que mantiene la naturaleza en todos sus procesos.

11. CONCLUSIONES

- Para mitigar la contaminación atmosférica que se presenta en el sector de la zona centro del municipio de la Dorada – Caldas, se requiere la siembra de 1.249 árboles adicionales que cumplan con las características esenciales para realizar dicha función (tamaño y superficie foliar entre otras).
- Los árboles cumplen funciones vitales para la mitigación y disminución de la contaminación atmosférica, es necesario establecer especies que realmente presten este servicio ambiental.
- No se evidencia control de parte de autoridades ambientales y/o municipales sobre los arboles a sembrar, además la comunidad no posee el conocimiento acerca de las características que se deben tener en cuenta al momento de plantar una especie, particularidades como altura, forma de la copa, desarrollo radicular y diámetro del fuste.

- No existen programas liderados por las autoridades locales, que permitan el manejo de zonas verdes y en general de los árboles existentes en las calles del municipio que periódicamente realicen actividades de descope, eliminación de plantas parásitas, control fitosanitario entre otros, logrando el normal desarrollo de las especies.
- A pesar de que el casco urbano cuenta con un gran número de árboles y arbustos, como ya se evidenció en el inventario realizado, estos no son suficientes para la mitigación o reducción de la contaminación generada por el parque automotor.

12. RECOMENDACIONES

- Se requiere actualizar el inventario forestal existente abarcando todo el casco urbano del municipio de La Dorada - Caldas, para identificar las especies que brindan mayor eficiencia en la mitigación de la contaminación atmosférica.
- Tener en cuenta las especies como *Mangifera indica*, *Terminalia catappa*, *Cassia siamea*, *Manilkara chicle*, *Cassia fistula* y *Licania tomentosa* para establecer en el casco urbano del municipio de La Dorada Caldas, ya que por sus características tienen la capacidad de almacenar una cantidad mayor de carbono, brindando un beneficio mayor en la mitigación de la contaminación atmosférica que se presenta.
- Utilización de especies de hoja perenne, que garantice durante todo el año una eficiencia mayor en la captura de carbono.

- Vincular las instituciones educativas a los procesos de capacitación y educación ambiental, para generar conciencia en las comunidades respecto al cuidado y conservación de nuestros recursos naturales.
- Conformación de espacios públicos como zonas verdes externas en forma de un anillo circundante al casco urbano del municipio, esto garantizará la sostenibilidad de la naturaleza del lugar, en donde las especies vegetales conviven en un medio propicio para su conservación y propagación, fomentando la producción de diferentes especies de árboles nativos.
- Iniciar un programa que vincule las entidades ambientales, administrativas y la comunidad del municipio en la siembra de especies que mitiguen la contaminación atmosférica causada en el municipio por el parque automotor.
- Es recomendable iniciar acciones de regulación del flujo vehicular; de tal manera que no se concentre el mismo en un solo sector, sino que permita disipar tanto la contaminación acústica como la ambiental.
- Campañas de educación a los conductores para que mantengan sus automotores dentro de los parámetros de emisión de gases permitidos por la ley, con el fin de no producir mayor impacto ambiental que el que se ha previsto en dicho sector.

13. GLOSARIO

ARBOLES: Especies vegetales de gran envergadura y altura que pueden alcanzar hasta los 100 metros de altura y tener troncos de 5 o 10 metros de diámetro.

ARBUSTOS: Son árboles más pequeños, que conservan las mismas características de un árbol normal, su diferencia radica en la altura.

BIODIVERSIDAD ENDÉMICA: Entiéndase por biodiversidad endémica, las especies animales y vegetales de área restringida, que son oriundas de la región donde se encuentran y no pueden desarrollarse con éxito en otro lugar.

BOTÁNICA: Es aquella rama de la Biología que se ocupa del estudio integral de las plantas, su descripción, clasificación, distribución y relaciones con otros seres vivos.

CALIDAD DE VIDA: Es un concepto que hace alusión a varios niveles de generalización pasando por sociedad, comunidad, hasta el aspecto físico y mental, por lo tanto, el significado de calidad de vida es ambiguo.

CONTAMINACIÓN: Es la introducción de un contaminante dentro de un ambiente natural que causa inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. El contaminante, puede ser una sustancia química, energía, como sonido, calor, o luz. El

elemento contaminante, puede ser una sustancia extraña, energía, o sustancia natural, cuando es natural se llama contaminante cuando excede los niveles naturales normales.

CORPOCALDAS: Ente corporativo de carácter público, creado por la Ley, integrado por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargada por la ley de administrar dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio ambiente.

CULTIVOS: Un cultivo desde la Biología, es un método para la multiplicación de microorganismos. Desde la Botánica, es la práctica de sembrar semillas o parte de plantas, sobre un suelo específico y realizar las labores necesarias (deshoje, abono, aireación), para obtener la multiplicación de esa misma planta o árbol específicamente.

DESARROLLO SUSTENTABLE: Nombre dado en Ecología, al conjunto de actividades humanas que se pueden realizar y que pueden ir reemplazando la materia orgánica obtenida de los ecosistemas, con nuevas especies, sembrando, criando según sea el caso.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Se llama desarrollo sostenible aquél desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones.

DESECHOS: Cualquier materia sólida, líquida, gaseosa o radioactiva que es descargada, emitida, depositada, enterrada o diluida en volúmenes tales que puedan, tarde o temprano, producir alteraciones en el ambiente.

DIÓXIDO DE CARBONO: Es el producto obtenido por el intercambio gaseoso que ocurre en la respiración de los organismos aeróbicos, de donde obtienen oxígeno del aire, y liberan dióxido de carbono o CO₂.

FLUJO VEHICULAR: El conjunto de vehículos que se movilizan por un punto determinado en una zona determinada.

GASOLINA: Derivado del petróleo utilizado para combustibles de vehículos y aviones.

HIDROCARBUROS (HC): Nombre dado a aquellos compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno. Son los compuestos básicos de la química orgánica.

IMPACTO AMBIENTAL: Se entiende por impacto ambiental el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base, debido a la acción antrópica o a eventos naturales.

INGENIERÍA AGROFORESTAL: Es una de las ramas de la ciencias agropecuarias que se encarga del conocimiento de los recursos naturales y los agroecosistemas, especialmente, especialmente de las relaciones que se establecen cuando se combinan árboles, cultivos y animales-pastos en la misma unidad de terreno manteniendo el equilibrio.

INGENIERÍA AMBIENTAL: Es la rama de la ingeniería que estudia los problemas ambientales de forma integrada, teniendo en cuenta sus dimensiones ecológicas, sociales, económicas y tecnológicas, con el objeto de promover un desarrollo sostenible.

MONÓXIDO DE CARBONO (CO): Producto gaseoso de la combustión de motores a base de combustibles fósiles.

MOTORES DIESEL: Como su nombre lo indica estos motores usan como combustible el diésel, y su combustión se hace en dos tiempos, lo que permite más rendimiento con menos cantidad de combustible.

MOTORES A GASOLINA: Como su nombre lo indica estos motores usan como combustible la gasolina, y su combustión es más explosiva y volátil realizada dentro de las cámaras del carburador.

PARQUE AUTOMOTOR: Nombre dado al conjunto de automóviles, vehículos de carga, motos y toda aquella máquina para transporte con motor de combustión que se movilizce por las calles de una población o ciudad determinada.

POLUCIÓN AMBIENTAL: El término se usa para señalar el grado de concentración de partículas suspendidas en el aire, sea sólida o gaseosa, o como ondas sonoras y que determinan la contaminación registrada en una zona específica.

TECNOLOGÍA: Es el conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas.

TRABAJO DE CAMPO: El trabajo de campo y los cuadernos de campo para los apuntes de observaciones y dibujos, son unas expresiones muy populares y que se refiere a los métodos de investigación sobre el terreno, tradicionalmente de las ciencias naturales y de las sociales, como la antropología cultural. Es el que no se hace en el gabinete de investigación o Trabajo de laboratorio, sino en el lugar de los hechos.

VEGETACIÓN ENDÉMICA: vegetación típica de una zona o región y que no crece en otra diferente.

14. BIBLIOGRAFIA

- Acero J. Á, (2010). *Influencia de la vegetación en la calidad del aire y el clima urbano*, Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- Alarcón. G, J. Gómez, R. Quiceno. (2009) “*Modelo de dispersión de material particulado para el Valle de Aburrá*”. Rev. Cont. Amb.
- Arango Ulloa, A. J. (2005). El Totumo (Crescentia cujete L.). *Diversidad y usos de un árbol multipropósito en Colombia*. Tesis (Maestría).
- Avilan, R.L, Meneses, L, Sucre, R., y Figueroa, M (1981). *Distribución del sistema radical del Nispero*, *Agronomía tropical*, 31 (1-6), 247-255.
- Ballesteros, J. y Pérez, A. (1997) *Sociedad y medio ambiente*. Madrid: Editorial Trotta, S.A., 1ª edición.
- Brown, S. 1995. Forest resources assessment 1990 global synthesis. FAO forestry Paper 134.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J., Nelson, B., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yamakura, T. (2005). *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests*. *Oecologia*. Vol. 145, pp. 87-99.
- Chou, S.W.; Gutiérrez-Espeleta, E. *Ecuación para estimar la biomasa arbórea en los bosques tropicales de Costa Rica*. *Tecnología en Marcha*. Vol. 26, N° 2. Pág 41-54.
- Brady, N.C.and Weil, R.R. (2004). *Elements of the Nature and Properties of Soils*, 2/E. Ed. Pearson Prentice Hall, N.J.
- Brako L, Zarucchi JL. (1993) *Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú*. *Missouri Botanical Garden*.
- Carvajal M (2009), *Investigación sobre la absorción de CO2 por los cultivos más representativos*, *Departamento de Nutrición Vegetal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas*.

- Corporación Ambiental Empresarial (2014), *Crecimiento, biomasa acumulada y carbono capturado de 25 especies de árboles y arbustos nativos de la cordillera oriental colombiana*. Fundación Natura, Bogotá.
- Domínguez C (2009) *Forestación urbana, una alternativa real para combatir la contaminación ambiental*. Centro de Políticas Públicas UC Vicerrectoría de Comunicaciones y Asuntos Públicos Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Escobar B. (2009), *Manual de arborización urbana, Guía práctica para la selección, siembra, cuidado y protección de árboles y palmas para zonas blandas y parques de Santiago de Cali*, Colombia. Editor CENSAT.
- Escobedo y Chacalo (2008), *Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano en la ciudad de México*. Interciencia Vol. 33 N°1.
- Escobedo, F., Nowak, D., Wagner, J., De la Maza, C., Rodríguez, M., Crane, D. & Hernández, J. (2006). *The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests*. Urban Forestry & Urban Greening 4: 105-114.
- Francis, John K. 1990. *Syzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. SO-ITF-SM-26. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- Geilfus. F, (1994) *El árbol al servicio del agricultor, Manual de agroforestería para el desarrollo rural*. Volumen 2. Guía de especies: Turrialba Costarica.
- Henríquez Ruiz Cristián (2014) *Modelando el crecimiento de ciudades medias. Hacia un desarrollo urbano sustentable*. Santiago de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Alameda 390.
- Husch, B. (2001). *Estimación del contenido de carbono en los bosques. Conferencia del Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales*. Valdivia Chile.
- IPCC (International Plant Protection Convención). 2003. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS – Capítulo 4 – *Métodos complementarios y orientación sobre las buenas prácticas que enmarcan del Protocolo de Kyoto*.

- Jaramillo R. (2009), *Medición de ruido ambiental en el municipio de La Dorada Caldas*, Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS. (p 66).
- La Torre, Emilio (1996). *Empresa y medio ambiente en Colombia*. Prisma editor. Bogotá D.C. Colombia.
- Lira Cacho G. (1999) *Impacto ambiental del parque automotor*. UNMSM. Facultad de Ciencias Físicas. Versión impresa 1810-8369.
- Locatelli L Bruno (2.005). *Papel de los bosques en el cambio climático*. Curso Internacional de manejo multifuncional de plantaciones forestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Miller G, (1994) *Ecología y Medio Ambiente*. Editorial Iberoamericana. Méjico.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire*. Bogotá D.C. 2010. 48 p.
- Molina, L. (2007). *Arborizaciones urbanas en clima cálido*. Revista Nodo 1(2).
- Molina, P.F, Echeverri, D. Aragón, A. Delgado, W. Giraldo, C. Sepúlveda. (2003) “*Análisis de concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) en el Valle de Aburrá durante el año 2001, ciclos y tendencias*”. REDAIRE. Boletín número 10.
- Morales Delgado. A., y Sarmiento Parra. D (2008). *Árboles del bosque seco tropical en el área del parque recreativo y zoológico Piscilago – Nilo, Colombia*. Universidad Autónoma de Colombia. ISBN, primera edición, Bogotá Colombia.
- Moretton, Juan 1996. *Contaminación del aire en la Argentina*. Ediciones Universo, Colección de Bolsillo. Argentina.
- Niembro Rocas, A. 1990. *Árboles y arbustos útiles de México*. Noriega-Limusa. Universidad Autónoma Chapingo. pp: 180-181.
- Ordóñez, A. 1999. *Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso*. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México D.F.
- Pallardy, S. G. 2008. *Physiology of woody plants*. Third edition. Academic Press. Elsevier. San Diego. 454 p.

- Parrotta, John A. (1993). *Mangifera indica L. Mango*. SO-ITF-SM-63. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.
- Pece, Marta G., Celia de Benítez, Margarita de Galíndez, Marcia Acosta (1988). *Bosques y forestaciones como sumideros de carbono en el parque chaqueño*.
- Pérez García A (1994). *Estadística aplicada, conceptos básicos*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid.
- Puerto Martín y J.A. García Rodríguez. (1996). *La Contaminación atmosférica*. 1ª edición. Pag 49.
- Raynaud, D., J. Jouzel, J.M. Barnola, J. Chappellaz, R.J. Delmas & C. Lorius, (1993). The ice core record of greenhouse gases. *Science*, 259:926-934.
- Reyes, E. C., S. W. Valero y D. A. Garay. 2003. *Estudio preliminar de las propiedades físicas de la especie Azadirachta indica (Neem), procedentes del Estado Falcón (Venezuela)*. *Revista Forest. Venez.* 47(2): 23–29.
- Rodríguez, López y Goicochea (2009) *La necesidad de una correcta gestión ambiental urbana para la localidad. Desarrollo Local Sostenible* Vol 2, N° 4.
- Romero, H., Irrarázaval, F., Opazo, D., Salgado, M. y Smith P. (2010). *Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile*. Vol 36. Santiago, Chile. pp 35-62.
- Sanchez Herrera G. H (1999), *Caracterización, Diagnostico y Plan de Manejo Arborización Urbana en el municipio de La Dorada Caldas*. Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS, Manizales.
- Sarco L.C (2010) *Contaminación por vehículos automotores terrestres*. Recuperado de <http://sarcoliracarlos.blogspot.com/2010/05/contaminacion-por-vehiculos-automotores.html>.
- Silva L.J (1997). *Fijación de CO2 por parte de los árboles urbanos propuesta para un programa de captura para Bogotá D.C*. Recuperado <https://wbchallenge.imaginatik.com>.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. y Chidthaisong, J.M. (2007) Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. Pp, 25.

Suarez J.D. (2010). *Boletín Dinámica de Sistemas. Incidencia del Desabastecimiento de Gas Natural Vehicular en la Contaminación del Aire de las Ciudades en Bolivia.*

Transportation Energy Data Book, Edición 30, Stacy C. Davis.

Tipper, R. (1996). Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agroforestal. Documento de Trabajo Versión 1.2.

Tovar C, (2007) *Manejo del arbolado urbano en Bogotá.*

Trujillo Navarrete E (2013). *Guía de reforestación.* 3ª edición El semillero SAS, Bogotá Colombia.

Universidad tecnológica del Perú, "s.f" p. 179. Textos de instrucción básicos (TINS UTP).


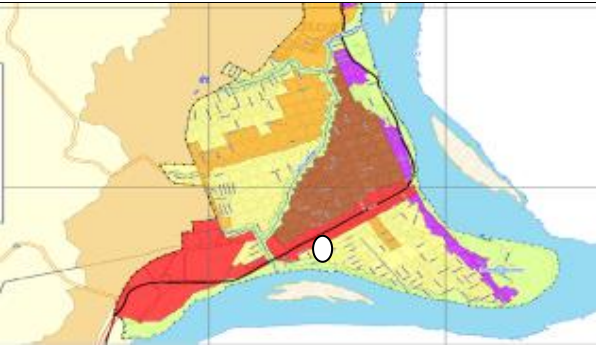
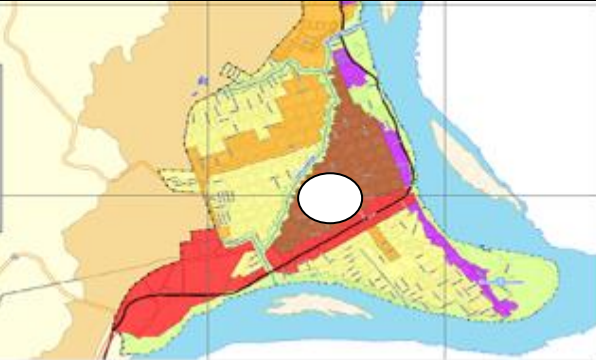

Urrea L. R, (2009) *Aprovechamiento agroforestal*, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente (p. 70).

Vera A., Martinez M., Colina M.E y Ayala Y. (2007) *Desarrollo silvestre de Azadirachta indica (Neem) bajo el sombreado de prosopis juliflora en la planicie de Maracaibo*, Boletín del centro de investigaciones biológicas volumen 41, no. 3, 2007, pp. 331–339 universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela

15. ANEXOS

- 1- Registro fotográfico
- 2- Mapa de Propuesta de Arborización Urbana La Dorada

Anexo - Registro fotográfico

	<p>Imagen 74 - Mapa Google Earth del municipio de la Dorada Caldas.</p> <p>El círculo encierra el Municipio de la Dorada, sobre la margen izquierda del Río Grande de la Magdalena, en el Departamento de Caldas.</p>
	<p>Imagen 75 – Toma de muestras</p> <p>El círculo muestra el sitio donde se realizó la toma de la muestra, ubicada la carrera 6, carrera 5, calle 13 y calle 14 (zona centro del municipio de La Dorada Caldas, caracterizado por el alto flujo vehicular.</p>
	<p>Imagen 76 – Inventario Forestal.</p> <p>El círculo muestra el sitio donde se realizó el inventario forestal en la zona centro del municipio de La Dorada Caldas, ubicado entre las calles 14, 15 y 16 y entre las carreras 4, 5 y 6.</p>
	<p>Imagen 77 – Levantamiento de andenes por especies forestales</p> <p>En la presente imagen se observa el daño causado por las raíces de un árbol de la especie Almendra, a los andenes de la calle 14, zona centro del municipio de la Dorada Caldas.</p>




	<p>Imagen 78 – Levantamiento de andenes por especies forestales</p> <p>En la presente imagen se observa el daño causado por las raíces de un árbol de la especie Pimiento, a los andenes de la carrera 6, zona centro del municipio de la Dorada Caldas.</p>
	<p>Imagen 79 – Afectación de las redes de energía por especies forestales</p> <p>En la siguiente imagen se puede evidenciar la afectación a las redes de energía, como consecuencia de la altura desproporcionada del árbol de la especie Almendro, así mismo se puede observar la necesidad de un programa que incluya el mantenimiento de las especies arbóreas</p>
	<p>Imagen 81 – Circulación de motocicletas</p> <p>La imagen muestra la circulación de motos por la carrera 6 con calle 13 en el municipio de la Dorada Caldas, imagen tomada a las 5:00 p.m.</p>

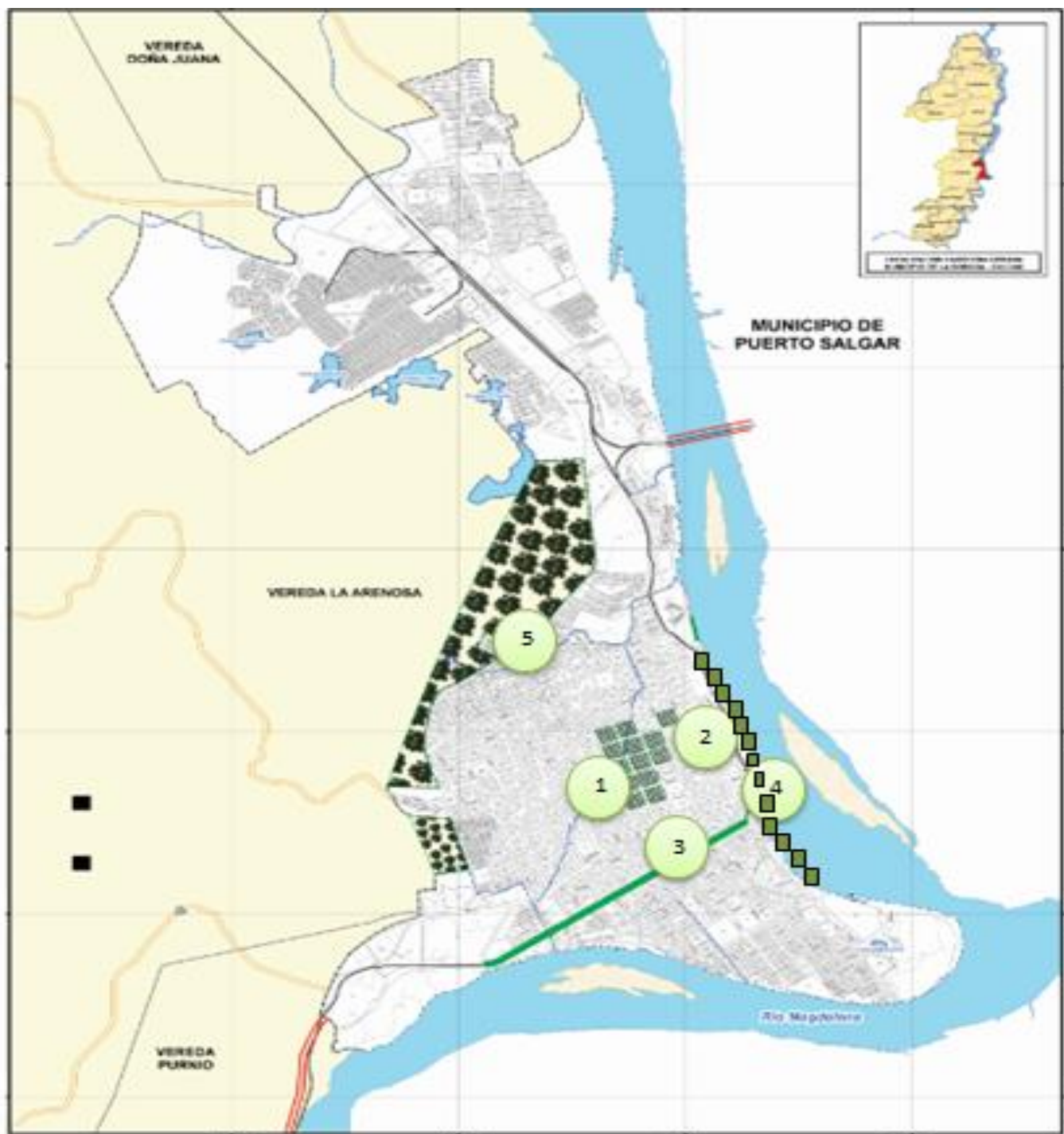


Imagen 82 – Circulación de vehículos
En la imagen evidenciamos el flujo vehicular que transita por la carrera 6 con calle 13 (zona centro).



Imagen 83 – Contaminación atmosférica
En la siguiente imagen se puede evidenciar la contaminación atmosférica generada por el parque automotor que transita por la calles del municipio.

Anexo - Mapa de Propuesta de Arborización Urbana La Dorada



- 1- Arborización zona centro
- 2- Arborización zonas verdes
- 3- Arborización separador avenida 10
- 4- Arborización ribera del río Magdalena
- 5 – Arborización zona verdes externas (zona variante)