



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**RETENCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS
MEDIANTE ACACIA AMARILLA (*Caesalpinia pluviosa* L.)
PARA LA INDUSTRIA**

TRABAJO DESCRIPTIVO Y BIBLIOGRÁFICO

**Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del
título de**

INGENIERIO AMBIENTAL

AUTOR

GONZALEZ LEÓN ANDREA ALIZABETH

TUTOR

ING. DIEGO ARCOS.

GUAYAQUIL– ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. ARCOS JACOME DIEGO ARMANDO M.Sc.** docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **RETENCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS MEDIANTE ACACIA AMARILLA (*Caesalpinia pluviosa* L.) PARA LA INDUSTRIA**, realizado por la estudiante **GONZALEZ LEON ANDREA ELIZABETH**; con cédula de identidad **N°030237289-1** de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Arcos Jácome Diego Armando M.Sc.

Guayaquil, 26 de febrero del 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“RETENCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS MEDIANTE ACACIA AMARILLA (*Caesalpinia pluviosa* L.) PARA LA INDUSTRIA”**, realizado por la estudiante **GONZALEZ LEON ANDREA ELIZABETH**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Coronel Quevedo Jorge, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Ortega Vélez Alex, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Rivadeneira Arguello Wolfio, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Diego Arcos Jácome, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 26 de febrero del 2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo mi amor a Dios por haberme, permitido alcanzar una de mis mayores metas, a mi madre que de pequeña me dejó el gran ejemplo de nunca rendirme de ser valiente, perseverante, que desde el cielo me cuida y protege, a mi padre por haberme forjado en la persona que soy en la actualidad, con sus consejos y sabiduría, a mi tía que ha sido como una madre para mí, a mi hermano por ser tan fuerte, gracias por todo el cariño y amor, muchos de mis logros se los debo a ellos, me formaron con reglas y algunas libertades, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos y llegar a ellos, a mi amado esposo por tu amor, tu cariño, tu apoyo incondicional, por el mejor regalo de nuestras vidas, nuestra hija, eres el detonante de mi felicidad de mis ganas de salir adelante siempre, de no dejarme vencer, eres mi todo, los amo con todo el corazón, gracias familia este esfuerzo es para ustedes.

Agradecimiento

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. A la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi tutor de tesis el M.Sc. Diego Arcos Jácome, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mi Tesis de Grado, gracias Ing. por todo. También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, de igual manera agradecer a mi tribunal por el apoyo en mi proyecto de investigación de Tesis de Grado.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **GONZALEZ LEON ANDREA ELIZABETH**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre **“RETENCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS MEDIANTE ACACIA AMARILLA (*Caesalpinia pluviosa* L.) PARA LA INDUSTRIA”** para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

GUAYAQUIL, 26 febrero del 2021

GONZALEZ LEON ANDREA ELIZABETH
C.I. 0302372891

Índice general

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras	11
Resumen	12
Abstract	13
APROBACIÓN DEL ABSTRACT	14
1.1. Antecedentes del problema	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación de la investigación	17
1.4. Delimitación de la investigación	18
1.5. Objetivo general	18
1.6. Objetivos específicos	18
1.7. Hipótesis	19
2. Marco teórico	20
2.1. Estado de arte.....	20
2.2. Bases teóricas	23
2.2.1. Especie Acacia amarilla (<i>Caesalpinia pluviosa</i> L.)	23
2.2.1.1. Origen y familia	23
2.2.1.2. Características	24
2.2.1.3. Beneficios	24
2.2.2. Origen y antecedentes	24
2.2.2.1. La caña de azúcar	24
2.2.2.2. La industria azucarera en el Ecuador.....	25
2.2.3. Procesos y productos de la industria azucarera	27
2.2.3.1. Procesos.....	27
2.2.3.2. Productos.....	29
2.2.4. Contaminación ambiental	30

2.2.4.1. Aire	30
2.2.4.2. Dióxido de nitrógeno NO ₂	30
2.2.4.3. Anhidrido sulfuroso.	30
2.2.4.4. Partículas en suspensión	31
2.2.4.5. Hidrocarburos.....	31
2.2.4.2. Agua.....	31
2.2.4.3. Suelo	32
2.2.5. NORMAS ISO 14001:2015 - Gestión ambiental.....	32
2.2.5.1. Concepto	32
2.2.5.2. Fases	32
2.2.6. Material particulado.....	33
2.2.6.1. Concepto	33
2.2.6.2. Variables físicas	33
2.2.6.3. Tamaño y origen.....	33
2.3. Marco legal.....	34
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008. Última modificación: 01-ago.-2018.	34
2.3.2. Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017 (Ministerio del Ambiente, 2017)	36
2.3.3. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010. Última modificación: 11- jun.-2015.....	38
2.3.4. Código Orgánico Integral Penal (COIP). Registro Oficial Suplemento 180 del 10- feb.-2014. Última reforma: 14-feb.-2018.....	38
2.3.5. Ley Orgánica de la Salud. Registro Oficial Suplemento 423 del 22-dic.-2006. Última reforma: 12-abr.-2017 (Asamblea Nacional, 2017).....	39
2.3.6. Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial. Registro Oficial Suplemento 398 de 07-ago.-2008. Última reforma: 31-dic.-2014.	39
3. Materiales y métodos.....	42
3.1. Tipo de investigación.....	42
3.1.1. Investigación documental	42
3.1.2. Diseño de investigación.....	42
3.2. Metodología	43
3.2.1. Variables	43
3.2.1.1. Variable independiente	43
3.2.1.2. Variable dependiente	43
3.2.2. Tratamientos	43

3.2.3. Diseño experimental	44
3.2.4. Recolección de datos.....	44
3.2.4.1. Recursos	44
3.2.4.2. Métodos y técnicas.....	44
3.2.5. Análisis estadístico.....	45
4. Resultados	46
5. Discusión.....	61
6. Conclusiones	62
7. Recomendaciones	64
8. Bibliografía.....	65
9. Anexos	68

Índice de tablas

Tabla 1.	48
Tabla 2.	48
Tabla 3.	49
Tabla 4.	50
Tabla 5.	51
Tabla 6.	52
Tabla 7.	55
Tabla 8.	56
Tabla 9.	60

Índice de figuras

Figura 1	53
Figura 2.	54
Figura 3. Especies con mayor cantidad de biomasa	57
Figura 4. Familias con mayor cantidad de biomasa	58
Figura 5. Índice de valor de importancia de las diez especies con mayor peso ecológico.	58
Figura 6. Coeficiente de variación de la captura de carbono por las especies seleccionadas	59

Resumen

El problema ambiental en el cantón Marcelino Maridueña es de tipo antrópico, las prácticas agrícolas con uso de productos químicos generan contaminación del aire y de otros recursos naturales en la zona. El objetivo principal es evaluar el tratamiento de material particulado mediante la utilización de especies vegetal la acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.), a pesar, de que ingenio Agroindustrial “San Carlos S.A.” tiene su estructura de gestión ambiental basado en las leyes ambientales de diferentes entidades públicas y privadas para monitorear la contaminación del aire y este no sea un aspecto tan negativo para la población del cantón Marcelino Maridueña. La metodología fue descriptiva y bibliográfica, se tomó de algunas fuentes oficiales los diferentes métodos de recolección de información para conocer la situación actual de la contaminación del aire debido a la producción azucarera del Ingenio Agroindustrial “San Carlos S.A.”. Los resultados que se encontraron en la investigación para entender la utilidad de la especie vegetal Acacia Amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.); los rasgos funcionales y al índice de valor de importancia se estima que la propuesta en la utilización del árbol acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.), para mejorar la atmósfera es de un 2 al 3% en ciudadelas y recintos donde se hicieron estudios del material particulado ya sea PM-10 y Pm 2,5. En conclusión es factible un plan ambiental con la especie vegetal en estudio debido a las características físicas que contiene por su biomasa es una alternativa importante como agente de retención de material particulado <en el cantón Marcelino Maridueña.

Palabra clave: acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.), atmosférica, contaminación, especie, material particulado.

Abstract

The environmental problem in the Marcelino Maridueña canton is anthropic, agricultural practices with the use of chemical products generate air pollution and other natural resources in the area. The main objective is to evaluate the treatment of particulate material by using plant species the yellow acacia (*Caesalpinia pluviosa* L.), despite the fact that ingenuity Agroindustrial "San Carlos S.A."; it has its environmental management structure based on the environmental laws of different public and private entities to monitor air pollution and this is not such a negative aspect for the population of the Marcelino Maridueña Canton. The methodology was descriptive and bibliographic, the different information gathering methods were taken from some official sources to know the current situation of air pollution due to the sugar production of the Agroindustrial Ingenio "San Carlos S.A.". The results that were found in the investigation to understand the usefulness of the plant species Acacia Amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.); the functional traits and the importance value index it is estimated that the proposal in the use of this yellow acacia tree (*Caesalpinia pluviosa* L.), to improve the atmosphere is 2% to 3% in citadels and enclosures where studies of the material were made particulate either PM-10 and PM 2.5. In conclusion, an environmental plan with the plant species under study is feasible due to the physical characteristics it contains, due to its biomass, it is an important alternative as a particulate material retention agent <in the Marcelino Maridueña canton.

Key word: yellow acacia (*Caesalpinia pluviosa* L.), atmospheric, pollution, species, particulate matter.



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL ABSTRACT

Yo, **TULCAN RODRIGUEZ ISABEL**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de ENGLISH TEACHER, **CERTIFICO** que he procedido a la **REVISIÓN DEL ABSTRACT** del presente trabajo de titulación:

RETENCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS MEDIANTE ACACIA AMARILLA (*Caesalpinia pluviosa* L.) PARA LA INDUSTRIA, realizado por la estudiante **GONZALEZ LEON ANDREA ELIZABETH**; con cédula de identidad **N°0302372891** de la carrera de Ingeniería Ambiental, Unidad Académica Guayaquil, el mismo que cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

DRA. TULCAN RODRIGUEZ ISABEL
DOCENTE DE INGLES
itulcan@agraria.edu.ec

Guayaquil, 12 marzo del 2021

Introducción.

1.1. Antecedentes del problema

En muchos países de América latina, quemar residuos agrícolas tallos, pastos, hojas y cáscaras, entre otros continúa siendo la manera más económica y fácil de deshacer o reducir el volumen de materiales de combustibles producto de las actividades agrícolas. La caña de azúcar es una de las especies C de gran importancia económica y alimentaria, proporcionando cerca del 70% del azúcar mundial. América latina y el Caribe (LAC) constituyen la principal región productora de caña de azúcar del mundo, con más del 50% de la producción. Sin embargo, el rendimiento de la caña de azúcar muestra una gran variabilidad entre los países latinoamericanos, reflejando la diversidad de las condiciones ambientales de cultivos y una gran variabilidad de sistemas de producción (Marin, Moreno, Farias, & Villegas, 2018).

A nivel nacional, la industria azucarera en Ecuador, pequeña en comparación con otros países, es una de las industrias más innovadoras del país, que cubre todo el proceso agroindustrial de la caña de azúcar, cuya actividad representa el 8.7% del PIB agrícola (Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador(CINCAE), 2018).

En la actualidad, la producción de la caña de azúcar según el informe de estudio realizado por parte del Banco Central del Ecuador (2019) indica: que en el segundo semestre del año 2019 la producción azucarera fue considerada positiva con un crecimiento del 1% en comparación con el año anterior 2018.

Y según la (Corporación Financiera Nacional (CFN), 2017) en su informe reporta que las provincias con mayor producción de caña de azúcar y sus derivados son: Guayas 80%, Loja 9% y Cañar 6%.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En el cantón Marcelino Maridueña, la actividad industrial es una de las mayores fuentes de contaminación, siendo el aire uno de los recursos más afectados por la quema de la caña de azúcar, esto genera desechos como la biomasa (ceniza, material particulado) en gran cantidad, uno de los contaminantes atmosférico más importantes es el dióxido de carbono, los habitantes del cantón y sus alrededores sufren afectaciones a la salud, problemas respiratorios, cardiacos y en general (Gomez, 2017). La falta de implementación de las normas Ambientales ocasiona que la industria Azucarera siga con métodos no aceptables para el ambiente, es más fácil y económico quemar el bagazo de la caña que implementar nuevos sistemas de corte (Garcia V. M., 2011). En este trabajo de investigación surge la necesidad de proponer la factibilidad en el uso de la acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como barrera vegetal para la retención de contaminantes atmosféricos en el cantón Marcelino Maridueña provincia del Guayas donde se encuentra ubicado varios ingenios azucareros, estas empresas agroindustriales enfocadas en la producción azucarera cuyas operaciones se dan en los meses de agosto hasta noviembre realiza procesos de refinación de la caña de azúcar produciendo: azúcar blanco, especial, melaza, crudo y refinado, que se distribuye dentro y fuera de la provincia; aquellos desechos de la quema de caña como las cenizas y demás contaminantes tienen efecto perjudicial para

la salud de los trabajadores; a la vez afectando a las poblaciones aledañas (Corporación Financiera Nacional (CFN), 2017).

1.2.2. Formulación del problema

¿Cómo mejorará el uso de la especie acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como barrera vegetal para la retención de contaminantes atmosféricos en la industria azucarera ubicada en el cantón Marcelino Maridueña, provincia de Guayas?

1.3. Justificación de la investigación

En esta investigación nos permitirá conocer el proceso de producción de la caña de azúcar, si cumple con los acuerdos ambientales internacionales para que se gestione de forma legal la producción azucarera de la empresa en estudio. También profundizar la factibilidad en el uso de la especie acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como mecanismo de retención vegetal a los contaminantes atmosféricos de la agroindustria azucarera.

Esta tarea investigativa aportará con la actualización de datos que van a reflejar la situación real de las industrias azucareras en la agroindustria del Ecuador, y proponer la utilización de la acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como barrera vegetal a los problemas ambientales existentes producto del proceso de la caña de azúcar en la provincia de Guayas.

Finalmente, se investigará a que se encuentren evidencias en la utilización de la especie acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) para disminuir los daños ambientales, en el uso correcto, sus funciones y su factibilidad en la producción azucarera en el cantón Marcelino Maridueña.

1.4. Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Cantón Marcelino Maridueña - Provincia de Guayas, Ecuador
- **Tiempo:** 3 meses
- **Población:** El enfoque de la investigación beneficiará a todos los habitantes del cantón Marcelino Maridueña de la provincia Guayas que según proyecciones demográficas para el año 2020 la población será de 13.132 personas según el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC (véase en anexo 2. (Maridueña, 2014).

1.5. Objetivo general

Evaluar el uso de la especie acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como propuesta de agente de retención de contaminantes atmosféricos para la industria azucarera del cantón Marcelino Maridueña, provincia de Guayas.

1.6. Objetivos específicos

- Cuantificar el grado de contaminación en el cantón Marcelino Maridueña de la provincia de Guayas mediante revisión bibliográfica.
- Determinar la eficiencia de retención de material particulado utilizando especies vegetales tomando como referencia la acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) mediante la comparación de resultados de la bibliografía.
- Proponer el uso de la especie acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como medidas de mitigación para contaminantes atmosféricos producidos por los ingenios azucareros mediante mecanismos de socialización en los habitantes del cantón Marcelino Maridueña y sus alrededores.

1.7. Hipótesis

La especie acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) permite la retención de material particulado para las diferentes actividades productivas.

2. Marco teórico

2.1. Estado de arte

A continuación, se presentan diferentes investigaciones desde el campo internacional, nacional y local relacionadas con el tema de investigación, la factibilidad de la especie acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como barrera vegetal para la retención de contaminantes atmosféricos de la industria azucarera en el cantón Marcelino Maridueña, provincia de Guayas.

Según el Instituto Tecnológico Superior de Misantla (2016) presenta un artículo de investigación sobre el *estudio isocinético de los gases de emisión de una caldera instalada en un ingenio azucarero*, el impacto ambiental de los gases contaminantes producidos por la combustión del bagazo de caña, los cuales son generados en los hornos de las calderas bagaceras. Se implementó un estudio isocinético en un ingenio del estado de Veracruz, en el cual se analizaron los gases de emisión de una caldera en los distintos elementos que conforman la chimenea. Se obtuvieron resultados de emisión de gases en condiciones normales de operación, realizando ajustes de corrección por presión y corrección por 5% de oxígeno, de esta forma se comprobó que los beneficios al medio ambiente son significativos, utilizando biomasa sólida como bagazo.

Reinosa (2018) en la investigación realizada manifiesta que la huella de carbono permite cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en términos de dióxido de carbono equivalente que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. En este trabajo se estima la huella de carbono en la producción de azúcar, seleccionándose como objeto de estudio el central azucarero Argeo Martínez,

ubicado en la provincia de Guantánamo. Se consultó principalmente, la metodología establecida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático con el empleo de factores de emisión publicados por diferentes fuentes para el inventario de las emisiones correspondientes a las zafras 2014-2015 y 2015-2016. Como resultado se obtuvieron los totales de gases de efecto invernadero estimados para los periodos analizados de 8 126,09 tCO₂ eq y 5 099,76 tCO₂ eq. Se determinó la huella de carbono en 0,27kgCO₂ /kg de azúcar y 0,26kgCO₂/kg de azúcar respectivamente, valores que pueden ser comparados con otros centrales del país.

En este artículo de investigación Pérez & Rappo (2016) se plantean opciones de política ambiental como objetivo de estudio para garantizar la sustentabilidad de la agroindustria azucarera (AIA) en el estado de Puebla, a partir de analizar sintéticamente el conjunto de actividades que conforma la cadena productiva y de valor que se inicia con la producción de la caña de azúcar en los tejidos dedicados a su cultivo, el transporte y la transformación en los ingenios hasta la obtención del azúcar en sus distintas presentaciones. La metodología fue aplicable por lo que se tuvo que proceder a cumplir con las políticas ambientales en las industrias azucareras de la región, realizando auditoría ambiental, la evaluación de impacto ambiental por parte del gobierno federal y la regulación ambiental de la AIA que son las normas oficiales ecológicas. Los resultados obtenidos es que la política ambiental en el sector cañero-azucarero logró en sus inicios algunos avances, pues se identificaron los problemas ambientales y se sancionaron algunas empresas, que cambiaron sus sistemas y métodos productivos.

En el artículo se aborda inicialmente la problemática ambiental y sus impactos, situación compleja, ya que no se ha logrado alcanzar el equilibrio necesario entre el desarrollo económico y la explotación racional de los ecosistemas. Para hacer realidad la gestión ambiental, es imprescindible la aplicación de la NC ISO 14001, que una de sus etapas, es la verificación, mediante la auditoría y su aplicación permitirá conocer los impactos y acciones para la mitigación y/o eliminación de estos y la inserción competitiva en el mercado. Se analizan diversas metodologías para la aplicación de las auditorías ambientales tanto nacionales e internacionales, que contribuirán a la sostenibilidad empresarial. Su objetivo de estudio es mostrar su utilización, como herramienta indispensable en la consecución de la gestión ambiental y así contribuir al uso sostenible de los recursos naturales, en los procesos sustantivos y de apoyo, en las empresas e instituciones. En relación con el fundamento es imprescindible precisar el nivel de contaminación existente en la empresa, objeto de estudio, y para ello será necesario contar con auditores ambientales preparados para auditar los distintos procesos, y el equipamiento tecnológico que permita la medición del nivel de contaminación o contratar a empresas que lo realicen. La conclusión sería que la auditoría ambiental es una herramienta básica para la consecución de la gestión ambiental organizacional (Rodríguez, 2016).

Los estudios realizados por parte de Garcia & Uribe (2017), y presentado en su artículo *Preferencias, servicios ambientales y aptitud urbana de especies arbóreas* en las áreas urbanas de la mayor parte del planeta y sobre todo las de México y América Latina, sufren de diversos problemas que afectan directamente los recursos naturales tanto de las ciudades como de áreas

perimetrales, y, con los nuevos sistemas globales de producción, el problema se presenta incluso a grandes distancias de las mismas. La presión que las grandes ciudades ejercen sobre los recursos naturales es tan fuerte, que ponen en riesgo a sus habitantes y en general a todos los seres vivos con los que se relacionan de manera directa o indirecta. En la actualidad las áreas verdes en los ecosistemas urbanos juegan un papel muy importante ya que en muchas de las ocasiones representan el único vínculo de sus habitantes con la naturaleza, forman parte del espacio abierto en las ciudades. Los árboles urbanos pueden mitigar muchos de los impactos ambientales del desarrollo urbano como: atemperan el clima, conservan el agua, disminuyen la cantidad de CO₂ en el aire, ayudan a ahorrar energía, mejoran la calidad del aire, incrementan el valor de las propiedades, disminuyen la escorrentía pluvial y las inundaciones, reducen los niveles de ruido, y suministran el hábitat para la fauna silvestre entre otros. La metodología fue preferencia tomando en cuenta los siguientes puntos: identificación de especies, abundancia y preferencia, caracterización de servicios ambientales, y aptitud urbana. Los resultados de esta investigación fueron: de las 20 especies urbanas clasificadas como nacionales, frecuentes y preferidas por los usuarios, se elaboraron fichas técnicas de cada especie.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Especie Acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.)

2.2.1.1. Origen y familia

“Nombre Científico o latino: *Acacia retinoides* Schltdl. – Nombre común o vulgar: acacia verde, mimosa de las cuatro estaciones, acacia plateada, esta especie pertenece a la familia mimosácea (leguminosae) de origen: Austria, sur, (Victoria y Tasmania)” (Infojardin, 2020).

2.2.1.2. Características

Es un árbol pequeño de 5 – 8m o arbusto grande, crece rápido y su follaje es persistente, de color verde claro glauco que se mantiene durante un año, sus flores son globulares, color amarillo brillante con un aroma intenso. Posee una particular floración amarilla que hace que florezca varias veces al año, sobre todo en primavera y otoño. Sus inflorescencias axilares con 6-15 capítulos o cabezuelas globosas de color amarillo pálido. El fruto en legumbre linear de -15 cm de longitud, recta, ligeramente constreñida entre las semillas (Infojardin, 2020).

2.2.1.3. Beneficios

Es apto para setos, y muy utilizado en floristería para flor de corte. También es empleada para su floración a final de invierno, se puede cultivar formando grupos o de manera aislada y resiste a las sequías. Entre otros beneficios es muy resistente a las condiciones de suelo y clima, siendo por ello muy utilizada como porta injerto. Finalmente se adapta a suelos calizos, se multiplica por semillas, resiste a plagas y enfermedades. (Infojardin, 2020).

2.2.2. Origen y antecedentes

2.2.2.1. La caña de azúcar

El origen de este monocultivo pertenece a la especie *Saccharum officinarum* y los híbridos entre *S. officinarum* y *S. spontaneum*. *Saccharum officinarum* se originó en Nueva Guinea, derivada de una especie local, *S. robustum*. También pudiera derivarse de una especie de otro género, *Erianthus maximus*, o que esta se hibridizara con *Saccharum* para formar las cañas nobles. Tanto *S. officinarum* como *S. robustum* son plantas tropicales. Otras

especies silvestres son *S. barberi* y *S. sinense*. La difusión del azúcar se inició hace unos 8 000 años desde Nueva Guinea y se expandió hacia India, Filipinas, e Indonesia. En Europa se consumía azúcar al menos desde los tiempos del Imperio Romano. Sin embargo, la revolución agrícola árabe fue la que trajo el cultivo de la caña de azúcar desde el siglo octavo a la región (Superintendencia de Control del Poder de Mercado, 2015).

2.2.2.2. La industria azucarera en el Ecuador

La producción azucarera local se da desde los inicios de la colonización hasta el monopolio del monocultivo por parte de las burguesías en la etapa republicana para manejar el mercado internacional de la caña de azúcar. Durante el siglo XIX la producción azucarera nacional no poseía un rol significativo en la economía agroexportadora nacional; ni siquiera se la producía en cantidades suficientes como para suplir el mercado interno. En efecto, los ingenios existentes anteriores a la década de 1880 producían 23 000 quintales de azúcar mientras que la demanda era aproximadamente de 43 000 quintales. Dada la escasez, era necesario importar azúcar desde el Perú. El ingenio más antiguo del país en funcionamiento es el establecido por el emprendedor ibarreño Rafael Valdez. Tras establecerse en la Costa, y por medio de un préstamo del Banco del Ecuador, Valdez inició el cultivo de caña de azúcar en Chirijo. En la década de 1890 se establecieron dos ingenios más. En 1892 se establece el Ingenio Santa Rosa, que luego pasaría a llamarse Isabel María, perteneciente a Horacio Morla. Por otra parte, en el cantón Yaguachi, Carlos Lynch adquirió en 1893 los terrenos que pertenecían a José Bermeo, quien cultivaba cacao y caña de azúcar en la zona. A partir de 1897 el ingenio pasó a llamarse San Carlos. Las primeras décadas del siglo XX

permitieron que los ingenios Valdez y San Carlos se consolidaran con mejoras infraestructurales. Para el Ingenio Valdez, la inauguración del tren trasandino en 1908 significó la apertura al mercado de la Sierra, otrora limitado. Hacia 1911 el Ingenio ampliaba sus molinos y produjo 55 863 quintales. El período de la posguerra permitió un crecimiento estructural aún mayor. El ingenio contaba con su propia línea férrea y en la década de 1920, Valdez estuvo en la vanguardia mundial ya que adquirió un motor Corliss, que fue capaz de operar cuatro molinos y un triturador. El fin de la Segunda Guerra Mundial no tuvo efectos directos en la producción azucarera local. En realidad, recién para la década de 1950 la industria azucarera tiene un repunte, el cual le permite abrirse un espacio en el mercado internacional azucarero. El Ecuador encontró un espacio en el mercado estadounidense un poco antes del bloqueo económico a Cuba. En efecto, el Ecuador ya exportaba azúcar a los Estados Unidos desde 1957. El bloqueo posterior a Cuba abrió el mercado de los Estados Unidos a otros productores, lo cual aumentó la cuota ecuatoriana. Entre 1960 y 1970 la producción nacional de azúcar creció en un 110 %. Para 1977 la producción total del país estaba entre 140 000 y 150 000 toneladas y de estas se exportaban 95 000 toneladas. Los ingenios de Aztra, San Carlos, Tababuela y Valdez se repartían un porcentaje de esta cuota. Para la década de 1980, San Carlos prefería poner mayores limitaciones a la hora de contratar mano de obra y alargaba la jornada hasta 11 horas, el personal era mayormente de las provincias de Cañar, Azuay y Tungurahua. En la década de 1990 se inició el contrato tercerizado, lo cual limitó posibilidad de organizar sindicatos y pugnar por mejoras laborales. Sin embargo, esto no implica que el Ecuador sea autosuficiente, toda vez que se importa aún azúcar desde

Colombia y Perú principalmente. En el siglo XX la producción azucarera en el país ha tenido altibajos por diferentes factores endógenos o exógenos, aun así, el cultivo de la caña de azúcar tiene un rubro importante en la economía ecuatoriana liderada por tres ingenios azucareros: San Carlos, Valdez y La Troncal (Superintendencia de Control del Poder de Mercado, 2015).

2.2.3. Procesos y productos de la industria azucarera

2.2.3.1. Procesos

La elaboración de caña de azúcar tiene varias fases que hacemos mención a continuación:

Fase 1.- Preparación De La Caña. La caña antes de ingresar al molino pasa por un juego de niveladora y dos picadoras con el objeto de prepararla adecuadamente para la extracción de jugo en los molinos. Las picadoras son unos ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, dotadas de cuchillas que giran a una velocidad aproximada de 650 r.p.m., que cortan los tallos. Los conductores están provistos de sensores de nivel que forman parte de un sistema automático de control de carga que regula la alimentación a las picadoras y molinos (Salgado, 2013).

Fase 2.- Molienda de la caña esto se hace al salir de cada molino para diluir la sacarosa que aún está contenida en el bagazo y así aumentar la extracción para alcanzar más del 85% del azúcar que contenía la caña. Cada molino está equipado con una turbina de alta presión. En cambio, al proceso de extracción del jugo se le denomina maceración. El bagazo que sale de los molinos tiene aproximadamente 50% de humedad, 2 - 3% de sacarosa y 47% de fibra. El vapor de escape de las turbinas se emplea en las operaciones de evaporación

y cocimiento de los jugos azucarados. El bagazo se puede emplear adicionalmente para las fábricas de papel o de tableros aglomerados (Salgado, 2013).

Fase 3.- *Jugo Mixto O Pesado*. El jugo que se obtiene del proceso de maceración pasa por filtros estáticos para retirar partículas de bagacillo y no interferir en la lectura registrada del medidor de flujo electrónico (Salgado, 2013).

Fase 4.- *Purificación-Sulfatación*. Con el jugo mixto depositado por la parte superior de torre, para favorecer a la reacción - reducción de óxidos, eliminación de materiales colorantes y transformación de las sales férricas en compuestos ferrosos incoloros (Salgado, 2013).

Fase 5.- *Purificación-Encalado*. En este proceso se elimina los ácidos orgánicos del jugo y permite elevar el pH a un valor aproximado entre 5.1 a 5.5 con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa. (Salgado, 2013).

Fase 6.- *Clarificación*. El objetivo de este proceso es obtener un jugo claro de color amarillo brillante, transparente y sedimentar todos los precipitados (cachaza) formados en el encalado para producir un jugo cristalino. Este jugo claro con valor de pH entre 6.6 – 7.2, pasa por calentadores para elevar su temperatura y enviarlo a los evaporadores; la cachaza sedimentada que todavía contiene sacarosa pasa a un proceso de filtración antes de ser desechada al campo para el mejoramiento de los suelos (Salgado, 2013).

Fase 7.- *Cristalización*. Tiene como objetivo 4 “almacenar las masas cocidas y pasar con la consistencia debida a centrifugación y controlar

agotamiento de masas". El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. (Salgado, 2013).

Fase 8.- *Centrifugación*. La miel que sale de las centrífugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a superiores evaporaciones y cristalizaciones en los tachos. Al cabo de tres cristalizaciones sucesivas en los tachos se obtiene una miel final que se retira del proceso y se comercializa para la alimentación de ganado o como materia prima para la elaboración de alcoholes (Salgado, 2013).

Fase 9.- *Secado, enfriamiento y envase*. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0,05%, para evitar la formación de terrones. El azúcar se seca con temperatura cercana a 60°C, se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan el aire frío en contracorriente, en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40-45°C para conducir al envasado. (Salgado, 2013).

2.2.3.2. Productos

El azúcar se clasifica dependiendo de los procesos aplicados a la extracción y el gusto del consumidor.

Crudo, Mascabado o Morena. Se produce en cristales de mayor tamaño y conserva una película de melaza que envuelve cada cristal. El azúcar crudo es el producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera.

Blanco Directo y Directo Especial. Se producen por procesos de clarificación y su producción final se logra en una sola etapa de clarificación. El azúcar blanco es el producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo

de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa obtenidos mediante procedimientos industriales apropiados y que no han sido sometidos a proceso de refinación.

Miel Final o Melaza de Caña. Líquido denso y viscoso obtenido de la centrifugación de la masa cocida final y del cual no es posible recuperar, económicamente más sacarosa por los métodos usuales (Salgado, 2013).

2.2.4. Contaminación ambiental

2.2.4.1. Aire

Presencia en los diversos estratos de aire que integran la atmósfera terrestre, de materiales y formas de energía que no forman parte de su composición natural que representan una potencial fuente de daños y molestias para la vida, al acarrear reacciones químicas impredecibles e inconvenientes (Véase en anexo 1) (Raffino, 2020).

2.2.4.2. Dióxido de nitrógeno NO₂

El dióxido de nitrógeno es un gas más denso que el aire color marrón rojizo de olor acre. Se toma como referencia para medir los niveles de contaminación entre las muchas sustancias que emiten los vehículos a motor, como el dióxido y monóxido de carbono, los óxidos de azufre o partículas en suspensión (Valenzuela, 2015).

2.2.4.3. Anhídrido sulfuroso.

El concepto se emplea en el terreno de la química para nombrar al compuesto que se forma con un no metal y oxígeno y que, cuando realiza una reacción con agua, genera un ácido (Merino, 2017).

2.2.4.4. Partículas en suspensión

Se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas (Suárez, 2012).

2.2.4.5. Hidrocarburos

Compuesto orgánico que contiene únicamente Carbono e Hidrógeno en las Moléculas. Conforman una estructura de Carbono a la cual se unen Átomos de Hidrógeno. Son compuestos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos (Pontificia Universidad católica de Chile, s.f.).

2.2.4.2. Agua

Según Domínguez (2011) indica que: Los residuales líquidos que vierte el área de fabricación, son productos de las propias operaciones tecnológicas del proceso de fabricación y la limpieza de los equipos de esas áreas, evacuados de la fábrica empleando una red de zanjas o tuberías que convergen en el depósito de residuales de la industria, desde donde se bombean a lagunas de oxidación. Para tener una idea acerca de los volúmenes de contaminantes que se mueven en el proceso de fabricación del azúcar, se efectuarán algunos cálculos demostrativos. Se tomará como base, la consideración en por ciento que se norma para el agua residual de proceso en la literatura especializada. Se consideran como los contaminantes principales del área escogida para el estudio, los siguientes:

- 1- Residuos azucarados (de 7 a 9 %).
- 2- Residuos alcalinos (3 %).
- 3- Residuos ácidos (de 0,4 a 0,8 %).

2.2.4.3. Suelo

El uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados produce efectos negativos al ambiente como: acidificación de suelos, contaminación de mantos acuíferos (lixiviación de nitratos) y emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera (volatilización de óxido nitroso y óxido nítrico). En la mayoría de los cultivos existe una baja eficiencia de aplicación de los fertilizantes (N de 50 a 60%, P de 30% y K de 60%) (Espinoza, 2018).

2.2.5. NORMAS ISO 14001:2015 - Gestión ambiental

2.2.5.1. Concepto

La ISO 14001 es una norma internacional que contiene los requisitos necesarios para implantar un Sistema de Gestión de Medioambiental. Proporciona a las organizaciones la posibilidad de instaurar un SGMA que demuestre un desempeño ambiental válido. La norma ISO-14001:2015 para la Gestión Ambiental es certificable y se puede aplicar a cualquier organización, independientemente del tamaño o sector, que busque en su trabajo diario la minimización de los impactos sobre el entorno y el cumplimiento con la legislación ambiental vigente (IsoTools Excelent, 2020).

2.2.5.2. Fases

Las empresas cada vez más atienden y dan respuesta a las demandas de partes interesadas, la gestión empresarial es mucho más compleja porque presentan un carácter mucho más multidimensional abarcando muchos

componentes operativos, estratégicos y tácticos. Implementar un Sistema de Gestión Ambiental cuenta con cuatro fases básicas: Fase de planeamiento: se definen todos los objetivos, los medios que se van a utilizar, los tiempos y la forma de conseguir las metas establecidas por la organización. Fase de implementación: se realiza una planificación con vistas al punto anterior. Fase de verificación: se compara la implantación que se ha llevado cabo con la que se planificó en un principio. Fase de Mejora: se toman las acciones necesarias para solucionar los problemas provenientes de desviaciones registradas en el Sistema de Gestión Ambiental (Escuela Europea de Excelencia, 2015).

2.2.6. Material particulado

2.2.6.1. Concepto

Según Arciniégas, (2012) el material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo. Se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera, que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.

2.2.6.2. Variables físicas

Para realizar la medición de material particulado se maneja de acuerdo a las siguientes variables físicas ambientales: Temperatura, dirección de viento, humedad, clima y velocidad (Véase en anexo 3) (Vallejo, González , & Mena, 2016).

2.2.6.3. Tamaño y origen

Uno de los contaminantes que suele ser más problemático es el material particulado o partículas en suspensión. Estas partículas suelen ser de diferente

tamaño, en la legislación de calidad del aire aparecen contempladas dos fracciones de material particulado por su efecto en la salud y en el medio ambiente (Euskadi, 2020).

- PM10 que es material particulado cuyo diámetro es menor de 10 μm
- PM2.5 que es material particulado cuyo diámetro es menor de 2.5 μm

El material particulado puede tener un origen

- Natural: aerosol marino, mineral, polen o sustancias orgánicas que emite la vegetación
- Antropogenico: tráfico, industria, obras, calefacciones domesticas

Pueden ser además de origen primario cuando se emite directamente como el hollín de los motores diesel o las partículas emitidas por cementeras o acerías o secundario cuando se forma por trasformaciones químicas a partir de precursores como los nitratos, sulfatos o por condensación de compuestos orgánicos volátiles (Euskadi, 2020).

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008. Última modificación: 01-ago.-2018.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: Numeral 3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

Numeral 2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

2.3.2. Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017 (Ministerio del Ambiente, 2017)

Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional:

Numeral 8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido.

Art. 180.- Responsables de los estudios, planes de manejo y auditorías ambientales. La persona natural o jurídica que desea llevar a cabo una actividad, obra o proyecto, así como la que elabora el estudio de impacto, plan de manejo ambiental o la auditoría ambiental de dicha actividad, serán solidariamente responsables por la veracidad y exactitud de sus contenidos, y responderán de conformidad con la ley. Los consultores individuales o las

empresas consultoras que realizan estudios, planes de manejo y auditorías ambientales, deberán estar acreditados ante la Autoridad Ambiental Competente y deberán registrarse en el Sistema Único de Información Ambiental. Dicho registro será actualizado periódicamente. La Autoridad Ambiental Nacional dictará los estándares básicos y condiciones requeridas para la elaboración de los estudios, planes de manejo y auditorías ambientales.

Art. 181.- De los planes de manejo ambiental. El plan de manejo ambiental será el instrumento de cumplimiento obligatorio para el operador, el mismo que comprende varios subplanes, en función de las características del proyecto, obra o actividad. La finalidad del plan de manejo será establecer en detalle y orden cronológico, las acciones cuya ejecución se requiera para prevenir, evitar, controlar, mitigar, corregir, compensar, restaurar y reparar, según corresponda. Además, contendrá los programas, presupuestos, personas responsables de la ejecución, medios de verificación, cronograma y otros que determine la normativa secundaria.

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción (Véase en anexo 4).

Art. 193.- Evaluaciones adicionales de la calidad del aire. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, según corresponda, dispondrán evaluaciones adicionales a las establecidas en la norma a los operadores o propietarios de fuentes que emitan o sean susceptibles de emitir olores ofensivos o contaminantes atmosféricos peligrosos. La norma técnica establecerá los métodos, procedimientos o técnicas para la reducción o eliminación en la fuente de emisiones de olores y de contaminantes atmosféricos peligrosos.

Art. 259.- Criterios de las medidas de mitigación. Para el desarrollo de las medidas de mitigación del cambio climático se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

Numeral 1. Promover patrones de producción y consumo que disminuyan y estabilicen las emisiones de gases de efecto invernadero; 2. Contribuir a mejorar la calidad ambiental para fortalecer la protección y preservación de la biodiversidad, los ecosistemas, la salud humana y asentamientos humanos; 3. Incentivar e impulsar a las empresas del sector público y privado para que reduzcan sus emisiones; 4. Incentivar la implementación de medidas y acciones que permitan evitar la deforestación y degradación de los bosques naturales y degradación de ecosistemas; y, 5. Otras que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

2.3.3. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010. Última modificación: 11-jun.-2015.

Art. 54.- Funciones. Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal las siguientes: Literal K.- Regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales.

2.3.4. Código Orgánico Integral Penal (COIP). Registro Oficial Suplemento 180 del 10-feb.-2014. Última reforma: 14-feb.-2018.

Art. 253.- Contaminación del aire. La persona que, contraviniendo la normativa vigente o por no adoptar las medidas exigidas en las normas, contamine el aire, la atmósfera o demás componentes del espacio aéreo en niveles tales que resulten daños graves a los recursos naturales, biodiversidad y salud humana, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

2.3.5. Ley Orgánica de la Salud. Registro Oficial Suplemento 423 del 22-dic.-2006. Última reforma: 12-abr.-2017 (Asamblea Nacional, 2017)

Art. 1.- La presente Ley tiene como finalidad regular las acciones que permitan efectivizar el derecho universal a la salud consagrado en la Constitución Política de la República y la ley. Se rige por los principios de equidad, integralidad, solidaridad, universalidad, irrenunciabilidad, indivisibilidad, participación, pluralidad, calidad y eficiencia; con enfoque de derechos, intercultural, de género, generacional y bioético.

Art. 95.- La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias. El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva.

Art. 111.- La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con la autoridad ambiental nacional y otros organismos competentes, dictará las normas técnicas para prevenir y controlar todo tipo de emanaciones que afecten a los sistemas respiratorio, auditivo y visual. Todas las personas naturales y jurídicas deberán cumplir en forma obligatoria dichas normas.

Art. 112.- Los municipios desarrollarán programas y actividades de monitoreo de la calidad del aire, para prevenir su contaminación por emisiones provenientes de fuentes fijas, móviles y de fenómenos naturales. Los resultados del monitoreo serán reportados periódicamente a las autoridades competentes a fin de implementar sistemas de información y prevención dirigidos a la comunidad.

2.3.6. Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial. Registro Oficial Suplemento 398 de 07-ago.-2008. Última reforma: 31-dic.-2014.

Art. 211.- Todos los automotores que circulen dentro del territorio ecuatoriano deberán estar provistos de partes, componentes y equipos que

aseguren que no rebasen los límites máximos permisibles de emisión de gases y ruidos contaminantes establecidos en el Reglamento.

Art. 212.- Los importadores y ensambladores de automotores son responsables de que los vehículos tengan dispositivos anticontaminantes.

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. Suplemento Registro Oficial No. 507. 12-jun.-2019

Art. 301.- Articulación de sistemas de información. La información generada por las entidades estatales con competencia en materia forestal, deberá ser integrada en el Sistema Único de Información Ambiental. Para ello, la Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con la entidad nacional de normalización, emitirá la norma técnica de estandarización para la generación y el manejo de información forestal.

Art. 344.- Monitoreo del Patrimonio Forestal Nacional.- La Autoridad Ambiental Nacional será la encargada de planificar y ejecutar el monitoreo del Patrimonio Forestal Nacional a través del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques, el cual deberá generar, recopilar, analizar y reportar información biofísica georreferenciada relacionada con los bosques, otros ecosistemas naturales y su biodiversidad asociada, considerando además otras clases de uso del suelo, a intervalos regulares, permitiendo el monitoreo de los cambios en el transcurso del tiempo, en articulación con otras entidades competentes.

La información generada por el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques será interoperable con otros sistemas de la Autoridad Ambiental Nacional y será difundida a través del Sistema Único de Información Ambiental.

Art. 408.- Infraestructura verde. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos promoverán incentivos destinados a incrementar las áreas verdes y vegetación, así como redes o corredores de conectividad entre áreas de conservación dentro de su jurisdicción cantonal.

Art. 410.- Gestión del arbolado urbano. La tala, poda y mantenimiento del arbolado urbano en el espacio público deberá ser realizada únicamente por las personas autorizadas por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos establecerán los lineamientos técnicos para el manejo responsable del arbolado urbano en predios privados, según el tipo de impacto o afectación.

Cuando el manejo de arbolado urbano en predios privados sea para fines comerciales, el propietario solicitará a las autoridades competentes en materia forestal, las autorizaciones administrativas para el aprovechamiento.

Art. 411.- Protección del arbolado urbano. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos deberán implementar programas de conservación de arbolado urbano, priorizando árboles patrimoniales o de interés local, especies nativas, especies en peligro y aquellos que constituyan hábitat de fauna silvestre.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos emitirán lineamientos técnicos para la protección integral del arbolado urbano, que incluye la estructura visible y raíces, en la ejecución de actividades de mantenimiento de áreas verdes y obra civil.

Art. 412.- Planificación territorial. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos dentro de su planificación territorial promoverán la incorporación de criterios para el incremento y mantenimiento del arbolado urbano.

3. Materiales y métodos

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Investigación documental

Esta investigación tuvo como sustento la información recopilada de varias consultas, citas, libros, páginas, textos, revistas y artículos científicos verificables para manejar la investigación de una forma concreta, concisa y original.

El nivel de conocimiento que se aplicó para la investigación del tema fue explorativa debido a que la información que se obtuvo tiene como argumento las fuentes bibliográficas. También es descriptiva porque se detalla con argumentos las citas textuales con la interpretación de cada indicador que pertenece a cada variable y a su vez comprender el objetivo de estudio del tema investigado. Finalmente, el conocimiento que se adiciona a la investigación realizada es la explicación de cada uno de los puntos investigados haciendo un análisis y síntesis de lo comprendido.

3.1.2. Diseño de investigación

El tema de investigación fue una propuesta para el ingenio azucarero “San Carlos” en disminuir la contaminación del aire en los alrededores de las instalaciones de estas empresas, utilizando la especie vegetal acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) para impulsar la gestión ambiental en el cantón Marcelino Maridueña de la provincia de Guayas; es decir, es no experimental el estudio de esta tesis porque no se ha realizado ningún manejo de campo al sector que se propone este tema de investigación. Se argumentó la utilización de la acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) debido a su corto tiempo de crecimiento, son fuertes al combatir plaguicidas y son altamente agentes de

retención para combatir la contaminación del aire causado por el proceso de azúcar en los ingenios de la región.

3.2. Metodología

3.2.1. Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Tipo de material particulado en la población del cantón en Marcelino Maridueña

3.2.1.2. Variable dependiente

- Cantidad de material particulado retenida en cada planta. (ppm)
- El grado de afectación ambiental en los diferentes recursos naturales del cantón Marcelino Maridueña de la provincia de Guayas provocado por el ingenio azucarero “San Carlos”.
- Números de especies de Acacia Amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.)

3.2.2. Tratamientos

Para este tema se aplicó técnicas de investigación, tal es el caso del análisis general mediante la observación, la inducción y la deducción en el contenido adquirido mediante fuentes bibliográficas. Se aplicó pensamiento crítico en cada una de las variables con sus indicadores, proceso de lectura y síntesis de la información investigada. También se manejó de forma correcta la ortografía y comprensión de los párrafos, verificando que tengan cohesión y coherencia. Y el uso correcto de las normas APA para insertar citas confiables y verificables.

3.2.3. Diseño experimental

El diseño de investigación es no experimental debido a que no se alteró las condiciones naturales de una variable.

3.2.4. Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

En este trabajo investigativo y descriptivo no se realizó ningún estudio de campo, es decir, no se utilizaron materiales de laboratorio o ingredientes. Si se trabajó con los siguientes recursos:

- Humano: Asesoría del tutor y docente
- Tecnológica: Microsoft office, internet, revistas científicas, tesis, artículos científicos digitales, redes sociales. Blogs y normas APA
- Material de apoyo: Computadora, fichas técnicas, libros, formato de tesis de la universidad.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

El método que se realizó fue la selección de especies de vegetales para identificar los rasgos funcionales y la remoción del material particulado. Para determinar el peso ecológico de las especies que fueron estudiadas se toma en cuenta la dominación relativa, abundancia relativa y frecuencia relativa. El cálculo se efectuó para comparar carbono fijado en las especies más relevantes con respecto a las menos relevantes.

$$IVI = A\%i + D\%i + F\%i$$

A% (Abundancia relativa de la especie i): $(n_i/N) * 100$

D% (Dominancia relativa de la especie i): $(G_i / \Sigma GT) * 100$

$F\%$ (Frecuencia Relativa de la especie i)

n_i : sumatoria del número de individuos por especie

N : Número de individuos totales

G_t : área basal de todos los individuos (m^2)

F_i : número de veces que aparece la especie i

S : número de especies totales.

Para calcular el porcentaje de carbono en los depósitos aéreos y subterráneos, se transformaron los valores de biomasa aérea y biomasa de las raíces a su fracción de carbono correspondiente.

$$CBA = BA * 0.47$$

$$CBR = BR * 0.50$$

3.2.5. Análisis estadístico

El estudio que se realizó para conocer datos cuantitativos de material particulado en el aire se manejó con tablas y gráficas para conocer las variables físicas ambientales, la medición de la contaminación del aire y el porcentaje de biomasa en las especies de vegetales útiles para la descontaminación del aire causado por la producción de azúcar.

4. Resultados

En esta parte de la investigación se detalló cada uno de los objetivos específicos establecidos para obtener información que vaya acorde al tema sobre la contaminación ambiental del ingenio azucarero “San Carlos” el cantón Marcelino Maridueña.

PRIMER OBJETIVO

En el primer objetivo se cuantificó y cualificó el daño ambiental provocado por el ingenio “San Carlos” mediante fuentes bibliográficas, técnicas, métodos que se utilizaron para obtener resultados fehacientes sobre la problemática presentada en el sector, y cómo se logró la disminución de contaminantes en los recursos naturales de la zona. A continuación se presenta la siguiente información bibliográfica.

Primera fuente bibliográfica

Según Carangui & Celi, (2018) el impacto ambiental que ocasionó la producción azucarera en el cantón Marcelino Maridueña se registra en tres componentes ambientales: medio físico, biótico y socio-económico.

Medio físico

Recurso aire. Contaminación por presencia de los botaderos a cielo abierto donde se amontona el residuo de materia de la caña; es evidente el impacto generado por los desechos, debido a los incendios y humos conocido como el bagazo que reducen la visibilidad y sin causa de irritaciones nasales y de la vista así como el incremento de las afecciones pulmonares.

Recurso de agua. La contaminación que se da en las vertientes es producto de desechos sólidos, abono o herbicidas que se forman en el proceso de la producción del azúcar.

Recurso suelo. Se da el deterioro estético y desvalorización por los desechos sólidos que se acumulan sin ningún tipo de control, más los componentes químicos como los fertilizantes nitrogenados que amenazan a los nutrientes que se encuentran en el suelo.

Afectación de ambiente biótico

Los impactos ambientales directos sobre la flora y fauna se encuentran asociados, en general, a la remoción de especímenes y la invasión de nuevos territorios para el monocultivo de la caña de azúcar. En la zona de estudio hay plantas que han sido removidas de sector por la producción del azúcar tales como: Limón, grocella, palma real, mango, papaya, chirimoya, rosa china, entre otros. Caso muy similar con la fauna por la pérdida de habitat o el uso de agroquímicos no amigables con el ambiente, tenemos como ejemplo: gallinazo, garcilla blanca, garrapatero, pájaro brujo, tórtola, negro fino, periquito, entre otros.

A continuación se mostrarán tablas de valorización del impacto ambiental en los recursos naturales causado por la producción azucarera en el cantón Marcelino maridueña.

Tabla 1.

Escala de valorización del impacto

	Impactos positivos				Impactos negativos			
Recurso suelo	1	2	3	4	-1	-2	-3	-4
Alteración de la calidad del suelo.						X		
Alteración de la estabilidad del terreno.						X		
Formación de problemas de erosión.						X		
Destruye algún recurso no renovable.					X			
Contaminación del suelo por derrame de sustancias peligrosas.					X			

Nota. Fuente: Estudio de valorización de impacto recurso suelo–Escuela Politécnica del Litoral

Tabla 2.

Escala de valorización del impacto

	Impactos positivos				Impactos negativos			
Recurso aire	1	2	3	4	-1	-2	-3	-4
Alteración de movimientos del viento, humedad o temperatura al interior de las instalaciones.						X		
Generación de olores desagradables.							X	

Afectación de cultivos por la generación de emisiones aéreas contaminantes.	X
Exposición del personal que trabaja y/o animales a ruidos elevados,	X
El ruido de las instalaciones afecta el anidamiento de las aves.	X

Nota. Fuente: Estudio de valorización de impacto recurso aire–Escuela Politécnica del Litoral

Tabla 3.

Escala de valorización del impacto

	Impactos positivos				Impactos negativos			
	1	2	3	4	-1	-2	-3	-4
Recurso agua								
Contaminación del agua por derrame de sustancias peligrosas.							X	
Alteraciones de la calidad de agua subterránea.					X			
Afecta los ecosistemas acuáticos					X			
Genera eutrofización de los cuerpos de agua.					X			
Contaminación del agua por disposición final de residuos sólidos.						X		

Nota. Fuente: Estudio de valorización de impacto recurso agua–Escuela Politécnica del Litoral

Segunda fuente bibliográfica

Según se evalúa la información sobre la calidad del aire en el cantón Marcelino Maridueña para conocer los índices de contaminación de material particulado por parte del Ingenio Azucarero “San Carlos” a través del estudio en 10 lugares entre recintos y ciudadelas de dicho cantón. Siguiendo las normas internacionales por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y las normas de calidad de aire y por parte del Ministerio de Ambiente de Agua del Ecuador se desarrolló un estudio mediante datos cuantitativos y cualitativos de los tipos de material particulado PM – 10 Y PM 2.5 que existe en la atmósfera.

Considerando los Estándares de Calidad Ambiental de Aire (ECA) para evaluar de forma cualitativa la calidad del aire en el sector se divide en 4 categorías. A continuación mostramos la siguiente tabla.

Tabla 4

Cuidados y recomendaciones según categoría de Calidad de Aire

CATEGORIA	CUIDADOS	RECOMENDACIONES
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podría experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.

Mala	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de claridad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
Umbral de cuidado	Toda la población puede verse afectada gravemente en la salud.	Implementar estados de alerta.

Nota. Fuente: Ministerio de Ambiente y Agua - Plan de Calidad del Aire.

Los valores de PCA fueron calculados como referencia los ECA y como rango final, el valor umbral de aplicación de estados de alerta, por lo que estos varían dependiendo del contaminante evaluado. Los valores de los intervalos correspondientes a los parámetros evaluados material particulado PM 10 Y PM 2.5.

Tabla 5.

<i>Material particulado (pm 10) promedio 24 horas</i>		
Intervalo del PCA	Intervalo de concentraciones (ug/m ³)	Ecuación
0-50	0-75	
51-100	76-150	
101-167	151-250	$I (PM10) = [PM10] * 100 / 150$
>167	>250	

Fuente: Ministerio de Ambiente y Agua

Tabla 6.

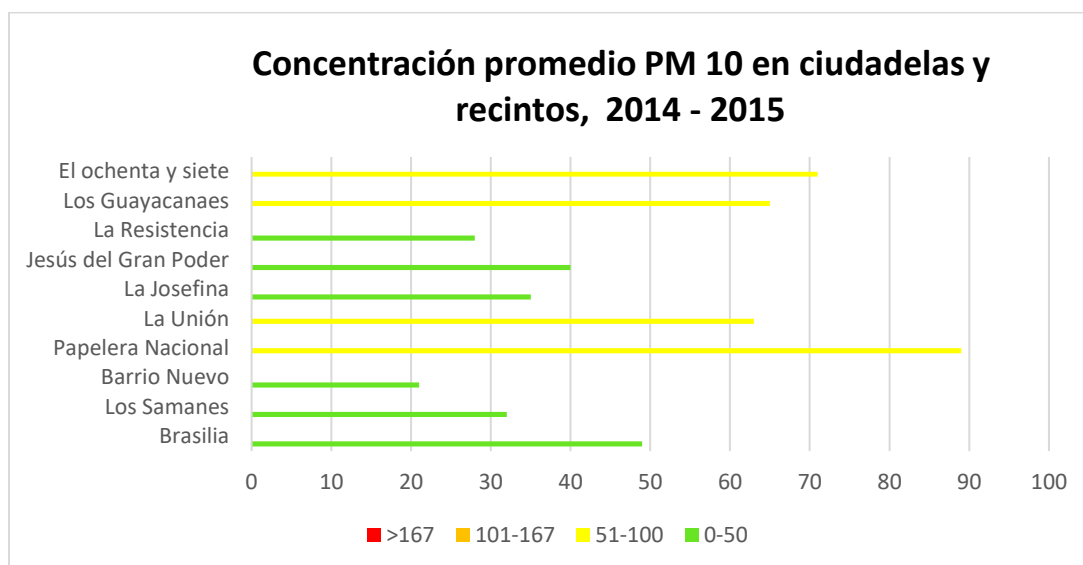
<i>Material particulado (pm 2,5) promedio 24 horas</i>		
Intervalo del PCA	Intervalo de concentraciones (ug/m ³)	Ecuación
0-50	0-12,5	$I (PM_{2,5}) = [PM_{2,5}] * 100 / 25$
51-100	12,6 - 25	
101-500	25,1 - 125	
> 500	> 125	

Fuente: Ministerio de Ambiente y Agua.

Material particulado PM 10, descripción de resultados

Los resultados obtenidos para el PM 10, está referidos en 10 lugares entre ciudadelas: El ochenta y siete, Los Guayacanes, La Resistencia, Jesús del Gran Poder, La Josefina y recintos: La Unión, Papelera Ncional, Barrio Nuevo, Los Samanes y Brasilia del cantón Marcelino Maridueña que son.; estos muestreos nos refleja estimaciones del aire contaminado con material particulado entre 2014 y afines del 2015; trabajo realizado entre el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y el Municipio del Cantón Marcelino Maridueña.

Figura 1



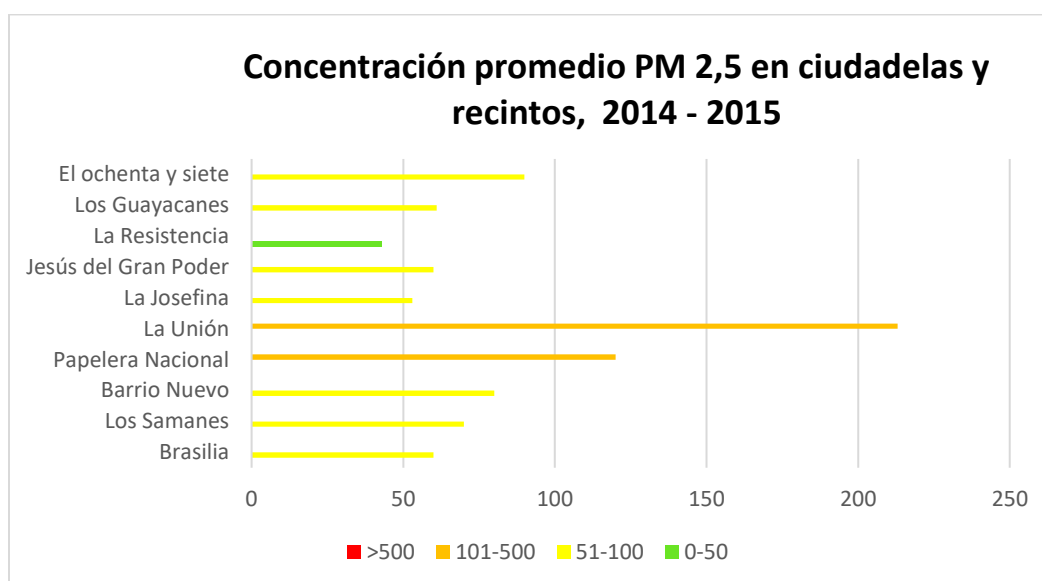
Fuente: Elaboración propia

Análisis: Si se observa en la figura 1 se puede apreciar que el promedio estimado de contaminación de material particulado en los lugares de monitoreo tiene una evaluación de buena y moderada, es decir, según los parámetros de ECA la atmosfera en algunas ciudadelas y recintos es aceptable pero en otros con restricciones.

Material particulado PM 2.5, descripción de resultados

Los resultados obtenidos para el PM 2,5, está referidos también en 10 lugares entre ciudadelas: El ochenta y siete, Los Guayacanes, La Resistencia, Jesús del Gran Poder, La Josefina y recintos: La Unión, Papelera Ncional, Barrio Nuevo, Los Samanes y Brasilia del cantón Marcelino Maridueña que son:; estos muestreos nos refleja estimaciones del aire contaminado con material particulado entre 2014 y afines del 2015; trabajo realizado entre el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y el Municipio del Cantón Marcelino Maridueña.

Figura 2.



Fuente: Elaboración propia

Análisis: En la figura 2 de acuerdo a los parámetros de ECA en el control y evaluación del material particulado en la atmósfera se puede apreciar que la ciudadela “La Unión” se encuentra en el intervalo (101-500), es decir, se debe realizar informes sobre el comportamiento del aire en esa zona debido a la quema de caña de azúcar, en la misma situación se encuentra la “papelera Nacional con una calificación de mala. Los demás recintos y ciudadelas de estudio se encuentran dentro del intervalo buena y moderada.

SEGUNDO OBJETIVO

En este objetivo tuvo como propósito investigar los diferentes resultados en la utilización de especies vegetales para contrarrestar la contaminación del aire que contiene material particulado producto de las diferentes actividades agroindustriales.

Primer resultado

En la tabla 7 para determinar la clasificación de los tipos de árboles se utilizó un método aditivo de todas las variables. Es importante tener en cuenta

que esta clasificación y análisis se realizó bajo el supuesto de que todos los ejemplares están en su estado adulto. La capacidad para depositar MP puede cambiar en los estados juveniles de las plantas (Bedoya & Arroyave, 2019).

Tabla 7.

Rasgos funcionales y sus atributos de clasificación de las especies de árboles

Variable	1	2	3
Hábito de crecimiento	Palma	Arbusto	Árbol
Altura máxima (m)	Menor a 10	Entre los 10 y 20	Mayor a 20
Tasa de crecimiento	Lenta	Media	Rápida
Densidad del follaje	Baja	Media	Alta
Permanencia del follaje	Caducifolia	Semicaducifolia	Perennifolia
Composición foliar	Simple	Compuesta	Bipinnadas
Longitud foliar (cm)	Mayor a 20 cm	Entre 5 cm y 20 cm	Menor o igual a 5 cm
Forma foliar	Elíptica	Lineal	Palmeado lobulada
Superficial foliar	Glabra, lisa, suave, brillante	Ligeramente pubescente, áspera, glabra membranosa, polvorienta, coriácea.	Pubescente, membranosa, tomentosa, pubescencia rígida.

Nota. Fuente: Universidad de Envigado – Colombia.

En la tabla 8. se pudo apreciar el estudio realizado y la clasificación de varias especies de árboles, siendo la Fabaceae la familia con el mayor número de especies diferentes. Esta clasificación se la realizó por los contaminantes atmosféricos que existen en el Valle de Alburra, Colombia que sobrepasan los índices normales establecidos por la norma de colombiana de calidad del aire por la organización mundial de la salud – OMS. Entre los árboles que aparece como una opción óptima para la descontaminación del aire por material particulado de las industrias agroindustriales aledañas es la (*Caesalpinia pluviosa* L.) por su tipo de biomasa (Bedoya & Arroyave, 2019).

Tabla 8.

Clasificación de árboles según su capacidad de remoción de material particulado del aire con base a los rasgos funcionales

Nombre científico completo	Nombre común	Familia	*Origen	Hábito de crecimiento	Altura máxima	Tasa de crecimiento	Densidad del follaje	Permanencia del follaje	Composición foliar	Longitud foliar	Forma foliar	Superficie foliar	Suma	Recurrencia
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Ciprés	Cupressaceae	I	3	3	3	3	3	1	3	3	3	25	23
<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco	Pino australiano	Araucariaceae	I	3	3	2	1	3	1	3	3	3	22	24
<i>Ficus benjamina</i> L.	Falso laurel	Moraceae	I	3	2	3	3	3	1	3	1	2	21	3
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Fabaceae	N	3	2	3	2	3	3	2	2	1	21	9
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino	Pinaceae	I	3	3	3	3	3	1	1	2	2	21	81
<i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg.) C.N.Page	Pino colombiano	Podocarpaceae	N	3	3	1	3	3	1	3	2	2	21	82
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	Eucalipto	Myrtaceae	I	3	3	3	2	3	1	2	2	1	20	18
<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	Majagua	Malvaceae	N	3	2	3	3	2	1	2	1	3	20	67
<i>Inga densiflora</i> Benth.	Guamo macheto	Fabaceae	N	3	1	3	3	3	2	2	1	2	20	99
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Anacardiaceae	I	3	3	2	3	3	1	2	1	2	20	5
<i>Melaleuca quinquenervia</i> (Cav.) S.T.Blake	Corcho	Myrtaceae	I	3	2	3	2	3	1	2	2	2	20	57
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Tuja oriental	Cupressaceae	I	2	1	2	2	3	1	3	3	3	20	32
<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms	Cheflera	Araliaceae	I	3	2	3	3	3	2	1	1	2	20	22
<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl.	Palma Washingtonia	Arecaeae	I	1	3	3	2	3	2	1	3	2	20	85
<i>Zygia longifolia</i> (Willd.) Britton & Rose	Suribio	Fabaceae	N	3	2	3	3	2	3	2	1	1	20	33
<i>Archontophoenix cunninghamiana</i> H. Wendel & Drude.	Payanesa	Arecaeae	I	1	2	3	2	3	2	1	2	3	19	14
<i>Bauhinia picta</i> (Kunth) DC.	Casco de vaca	Fabaceae	N	3	2	2	3	2	1	2	3	1	19	35
<i>Calliandra haematocephala</i> Hassk.	Carbonero	Fabaceae	N	2	1	3	2	3	3	2	1	2	19	51
<i>Calliandra pittieri</i> Standl.	Carbonero	Fabaceae	N	3	2	2	2	2	3	2	2	1	19	66
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	Catape	Apocynaceae	N	2	1	3	3	3	1	2	2	2	19	36
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Meliaceae	N	3	3	3	3	1	2	1	1	2	19	72
<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	Carbonero zorro	Fabaceae	N	3	3	2	2	1	3	1	2	2	19	54
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Nogal cafetero	Boraginaceae	N	3	3	3	2	1	1	2	1	3	19	68
<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.	Cerezo del gobernador	Salicaceae	I	3	2	2	3	3	1	2	1	2	19	39
<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Guayacán de Manizales	Lythraceae	N	3	2	2	3	3	1	2	1	2	19	44
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamoncillo	Sapindaceae	N	3	3	2	3	1	2	2	1	2	19	62
<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Aguacatillo	Lauraceae	N	3	3	3	3	1	1	2	1	2	19	80
<i>Sambucus peruviana</i> Kunth	Sauco	Caprifoliaceae	N	3	1	3	3	3	2	1	1	2	19	43

<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	Carmín	Fabaceae	I	3	2	3	3	3	2	1	1	1	19	45
<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Swinglea	Rutaceae	I	3	2	3	2	3	2	2	1	1	19	73
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Pomo	Myrtaceae	I	3	2	2	3	3	1	2	2	1	19	50
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	Guayacán rosado	Bignoniaceae	N	3	3	3	2	1	2	1	1	3	19	34
<i>Aiphanes horrida</i> (Jacq.) Burret	Corocito	Arecaeae	N	1	2	2	1	3	2	1	3	3	18	70
<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	Annonaceae	N	3	2	2	3	3	1	2	1	1	18	55
<i>Brugmansia candida</i> Pers.	Borrachero blanco	Solanaceae	N	3	1	3	3	2	1	1	1	3	18	86
Caesalpinia pluviosa DC.	Acacia amarilla	Fabaceae	I	3	2	2	2	1	3	2	1	2	18	16
<i>Callistemon speciosus</i> (Sims) Sweet	Escobillón rojo	Myrtaceae	I	3	1	2	2	3	1	2	2	2	18	47
<i>Caryota urens</i> L.	Mariposa	Arecaeae	I	1	2	3	2	3	2	1	3	1	18	94
<i>Cestrum nocturnum</i> K.	Dama de la noche	Solanaceae	I	2	1	3	3	3	1	2	1	2	18	58
<i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr.	Pomelo	Rutaceae	I	3	2	2	3	3	1	2	1	1	18	10
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarina	Rutaceae	I	3	1	2	3	3	1	3	1	1	18	30
<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst.	Papayuelo	Euphorbiaceae	N	2	1	3	3	3	1	1	3	1	18	79
<i>Erythrina crista-galli</i> L.	Cresta de gallo	Fabaceae	I	3	1	3	3	2	2	2	1	1	18	63
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Búcaro	Fabaceae	N	3	2	3	3	2	2	1	1	1	18	26
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer.	Cedrillo	Meliaceae	N	3	3	1	3	2	2	1	1	2	18	69
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	Guayacán amarillo	Bignoniaceae	N	3	3	2	2	1	2	1	1	3	18	15
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Gualanday	Bignoniaceae	I	3	2	3	2	1	3	1	1	2	18	29

Nota. Fuente: Universidad de Envigado – Colombia.

Segundo resultado

Como indica Ruano (2019) en los siguientes resultados con gráficas se verifica el análisis de los árboles seleccionados para saber el índice de valor de fijación de carbono en relación a la biomasa y sus características morfológicas.

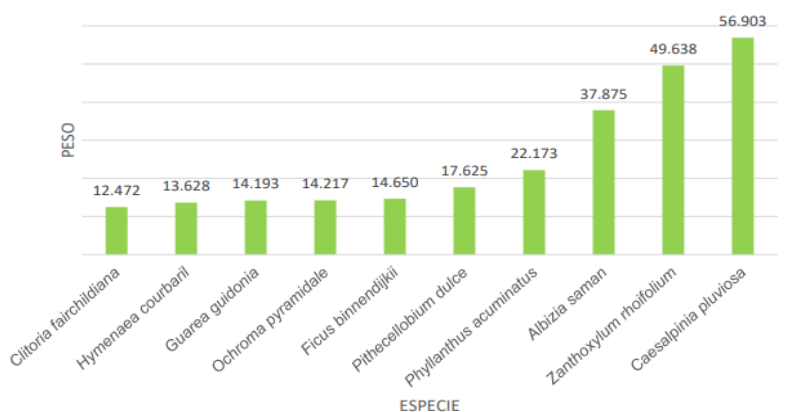


Figura 3. Especies con mayor cantidad de biomasa

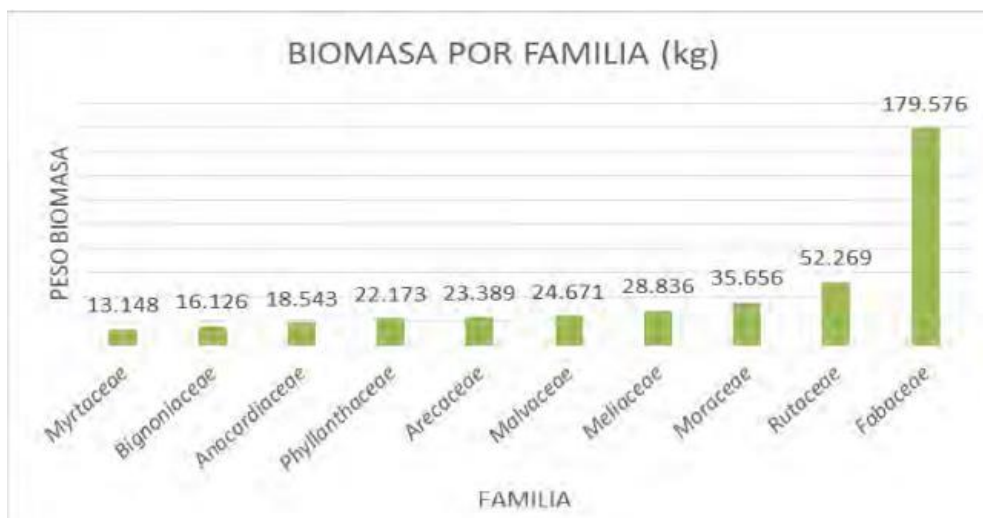


Figura 4. Familias con mayor cantidad de biomasa

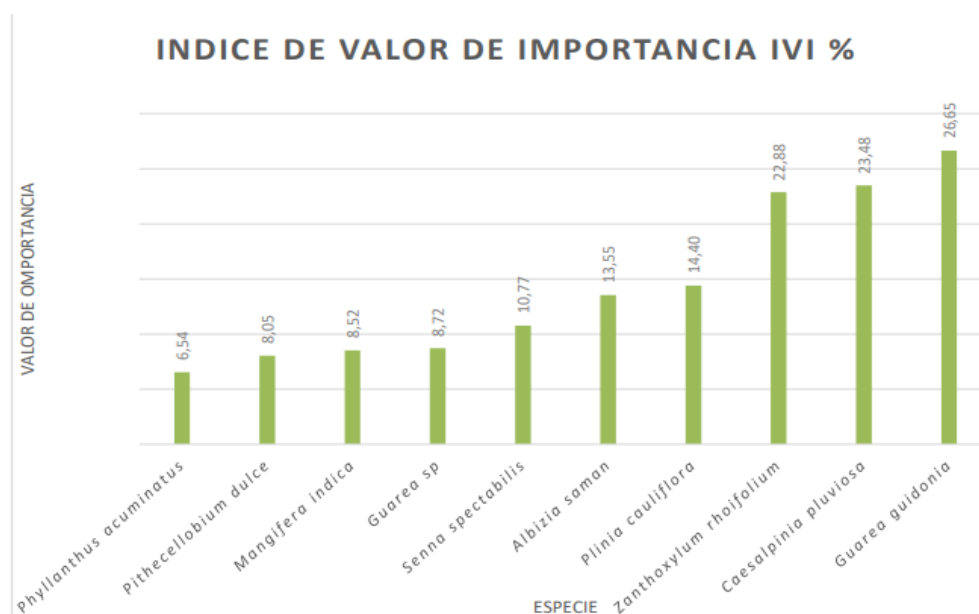


Figura 5. Índice de valor de importancia de las diez especies con mayor peso ecológico.

Análisis: En la figura 3 se muestra el índice de valor de importancia en donde los valores más altos representan un mayor peso ecológico de la especie y así mismo la concentración de los recursos del ecosistema.

Espece	NUMERO DE INDIVIDUOS	CAPTURA PROMEDIO DE CARBONO (%)	DESVIACION ESTANDAR	CV
<i>Albizia saman</i>	29	628,34	706,59	112,5%
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	125	215,19	310,59	144,3%
<i>Clitoria fairchildiana</i>	22	269,90	214,82	79,6%
<i>Ficus binnendijkii</i>	5	1422,92	1608,09	113,0%
<i>Guarea guidonia</i>	154	44,06	71,70	162,7%
<i>Hymenaea courbaril</i>	10	654,35	499,69	76,4%
<i>Ochroma pyramidale</i>	3	2298,94	1096,59	47,7%
<i>Phyllanthus acuminatus</i>	30	349,32	185,93	53,2%
<i>Pithecellobium dulce</i>	29	290,19	328,97	113,4%
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	84	281,76	215,89	76,6%

Figura 6. Coeficiente de variación de la captura de carbono por las especies seleccionadas

Análisis: En la figura 4 se muestra la evaluación de las diez especies que capturan mayor carbono, las desviaciones estándar y promedios para cada una y posteriormente se encontró el coeficiente de variación individualmente.

Resultado 3

Para el control y reducción de material particulado por tránsito y por quema de caña se continuó con el humedecimiento de las principales vías de Marcelino Maridueña con el objetivo de reducir la generación y levantamiento de material particulado y prevenir posibles afectaciones respiratorias por este tipo de partículas. De las mediciones realizadas de partículas sedimentables, la concentración obtenida en el punto denominado junto al Auditorio, durante los treinta días de medición fue de 0,47 ug / m³, valor inferior a la norma.

De acuerdo a lo estipulado en el Plan de Manejo Ambiental, la zona de protección definida alrededor de Naranjito y Battey, en la que no se deben hacer cosechas con quema comprende 915.15 hectáreas es decir un 5.7% del área cosechada, San Carlos durante el 2013 duplicó aproximadamente el área de protección, cosechando en verde el 11% (Sociedad Agrícola e industrial San Carlos S.A., 2013).

Tabla 9.

<i>Superficies de caña cosechadas en verde y manualmente</i>		
ZAFRA 2013	HECTÁREAS	%
Superficie cosechada	15,956	100%
Superficie cosechada en verde	1,762	11%
Superficie cosechada con quema	14,194	89%

Nota. Fuente: Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A.

Tercer Objetivo

En el tercer objetivo se propone la socialización en el cantón Marcelino Maridueña de acuerdo a los resultados obtenidos mediante encuesta a los trabajadores de la empresa industrial azucarera “San Carlos”, en utilizar árboles en este caso la especie de vegetal (*Caesalpinia pluviosa* L.) para disminuir la contaminación de aire provocado por la producción del azúcar. Según los datos de la encuesta existe el descontento de los trabajadores y sus familias porque no se están tomando las medidas ambientales adecuadas como lo indican las leyes ambientalistas en el Ecuador. En los anteriores objetivos se pudo encontrar resultados que indican las características físicas de la acacia amarilla, que es muy útil para monitorear el material particulado que se encuentra en el aire y así plantear un manejo ambiental adecuado para lograr reducir la contaminación del aire y mejorar el bienestar social del sector. Para aquello, se propone realizar talleres, propaganda, seminarios para concientizar a los ciudadanos de la importancia en cultivar árboles para el medio ambiente.

5. Discusión

A partir de los resultados encontrados se establece que existe relación de dependencia entre el tratamiento de material particulado con la utilidad de la especie vegetal acacia amarilla (*Caesalpinia pluviosa* L.) como agente de retención en la contaminación del aire dirigido para los habitantes del cantón Marcelino Maridueña.

Estos resultados guardaron relación con lo que sostiene Vallejo, González , & Mena (2016) en que para realizar una medición en el aire contaminado teniendo material particulado, se debe evaluar las variables climáticas de la zona, por ejemplo: temperatura, relieve, velocidad del viento, humedad, precipitaciones, entre otros; para determinar en valores cuantitativos la gravedad de la contaminación en el sector.

Otro resultado que se pudo obtener es en las características físicas de los árboles que son útiles para disminuir la contaminación del aire en el cantón Marcelino Maridueña, esto guarda relación con lo mencionado por Garcia & Uribe (2017) y que se puede realizar un plan ambiental en el arboleado del cantón para mejorar el bienestar social.

Pero por otro lado según los resultados obtenidos en el primero objetivo mediante una encuesta se señala la incorfomidad por parte de los trabajadores en el proceso de la producción del azúcar, lo contrario, a esto es el informe técnico presentado por la Sociedad Agrícola e industrial San Carlos S.A., (2013), señalando que ellos cumplen con todos los parámetros ambientales en cada una de las fases en la producción del azúcar y sus derivados y la contaminación es mínima y manejan una gestión ambiental equilibrada.

6. Conclusiones

Hay ciertos estudios técnicos realizados acerca de los niveles de contaminación en la atmósfera en algunos recintos y ciudadelas, y que han permitido evaluar de forma cuantitativa y cualitativa la problemática ambiental del sector, hubo informes técnicos que mostró la calificación de material particulado PM-10 que algunos recintos y ciudadelas tienen una calificación de aceptable y buena. De la misma forma para obtener la información de material particulado PM-2,5 en los mismos lugares de estudio se pudo constatar que los parámetros fueron de mala, buena y aceptable y esto permitió conocer la situación actual de la atmósfera que existen en los alrededores del Ingenio Agroindustrial “San Carlos S.A.” en el cantón Marcelino Maridueña.

Según las fuentes bibliográficas hay informes oficiales en que se haya realizado la medición de material particulado a través de la especie vegetal acacia amarilla en el sector urbano. Existen resultados que ayudan a determinar el nivel de contaminación pero no hay la suficiente información y/o conocimiento en el manejo ambiental o mecanismos con este tipo de especie.

También se investigó que la especie Acacia Amarilla tiene muchos beneficios como agente de retención debido a su biomasa o rasgos ambientales, esto permite que en lugares donde se encuentren fábricas agroindustriales, estos árboles sirvan como medidor para conocer los daños ambientales y que planes de sostenibilidad se puede realizar. Se estima que este tipo de especie vegetal puede retener el material particulado de acuerdo al sector en un 2 al 3%.

Finalmente, existe la necesidad de desarrollar estrategias ambientales para mejorar la calidad del aire a través de la concientización en los habitantes del cantón Marcelino Maridueña, a pesar, de que esto generará en el gobierno un alto costo en la financiación de un plan ambiental en el sector, identificando los sectores de estudio con mayor contaminación de aire producido por la quema de los residuos sólidos de la caña de azúcar.

7. Recomendaciones

Las entidades de gobierno deben realizar más estudios técnicos sobre los daños ambientales ocasionados por la empresa azucarera Ingenio Agroindustrial “San Carlos S.A.” en el cantón Marcelino Maridueña. De esta manera revisar y actualizar las normas ambientales para tener una mejor ejecución en el cuidado ambiental.

Desde el año 2015 no se ha vuelto a realizar un Plan de Calidad del Aire en cantones donde existe una amenaza de contaminación de aire por material particulado, solo se ha realizado en ciertos sectores en el territorio Marcelino Maridueña, pero este proyecto ambiental está inconcluso. Se recomienda completar este proyecto con las otras ciudadelas y recintos que beneficia a los habitantes del sector y mejora la calidad del aire.

A pesar de que hay un registro oficial de las familias de árboles que existen en el Ecuador, por el contrario, hay una pobre información de qué forma se puede aprovechar las características físicas de los árboles como agente de retención para disminuir el material particulado en el aire. Para ello, hay que actualizar los datos cualitativos y cuantitativos de cada familia de árboles en esta área porque así podemos establecer una gestión ambiental para disminuir la contaminación en recursos naturales.

Se debe promover campañas publicitarias, seminarios, talleres a los ciudadanos del cantón Marcelino Maridueña para que conozcan los aspectos positivos y negativos en la producción de la caña de azúcar.

8. Bibliografía

- Arciniégas, C. (2012). *Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirables*. Obtenido de Revista Luna azul: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Arroniz, I. V. (2013). Contaminación ambiental por quema de caña de azúcar: Un estudio exploratorio en la región central del estado de Veracruz. *Instituto Tecnológico de Monterrey*, 9.
- Bedoya, M., & Arroyave, M. (2019). *Clasificación de especies arbóreas según su rasgo funcional para remover material particulado del aire en el valle de Aburrá*. Obtenido de Universidad de Envigado: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1492/149259728015/html/index.html>
- Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador (CINCAE). (05 de 10 de 2018). *Los primeros 20 años del centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador - Cincae*. Obtenido de cincae: www.cincae.org
- Corporación Financiera Nacional (CFN). (2017). *Cultivo de caña de azúcar. Elaboración y refinado de Azúcar de caña y melaza de caña, remolacha azucarera, etc.* Quito: GDGE-SUBG. Análisis e información.
- Domínguez, J. (2011). Influencias de proceso de fabricación de azúcar sobre el medio ambiente. Ideas como atenuarlo. *Tecnología química*, 12.
- Escuela Europea de Excelencia. (4 de 06 de 2015). *ISO 14001: Una gestión ambiental de calidad*. Obtenido de Nuevas normas ISO.
- Espinoza, H. M. (09 de 08 de 2018). La contaminación en el cultivo e industrialización de la caña de azúcar. *Hidrociencias*, 20. Obtenido de Hidrociencias.
- Euskadi. (2020). *material particulado*. Obtenido de Departamento de planificación territorial, vivienda y transportes: <https://www.euskadi.eus/informacion/material-particulado/web01-a2ingair/es/>
- García, R. M., & Uribe, J. (2017). Preferencias, servicios ambientales, y aptitud urbana de especies arbóreas. *Ecorfan*, 18.
- García, V. M. (2011). El Medio Ambiente Generalilades. La contaminación en el Cantón Macelino Maridueña con las consecuencias en el Ingenio San Carlos. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*, 129.
- Giudice, A. C. (May 3, 2016).
- Gómez, K. (2017). Evaluación de las condiciones en que se recoge, traslada y se da disposición final a los desechos sólidos en el cantón Marcelino Maridueña Provincia del Guayas. *Universidad Católica Santiago de Guayaquil*, 140.
- Infojardin. (2020). *Fichas*. Obtenido de infojardin: fichas.infojardin.com

- Ingenio azucarero "San Carlos". (2019). *Memoria de sostenibilidad 2019*. Obtenido de Ingenio azucarero "San Carlos": <http://www.sancarlos.com.ec/wp-content/uploads/2020/05/REVISTA-CANA-VERDE.pdf>
- Instituto Tecnológico Superior de Misantla. (2016). Estudio isocinético de los gases de emisión de una caldera instalada en un ingenio azucarero. *Revista Ingeniantes*, 8.
- IsoTools Excelent. (2020). *Software ISO M.Ambiente*. Obtenido de IsoTools: www.isotools.org
- Jover, J. N. (2020). Tratando de conectar las dos Culturas. *La ciencia y la tecnología como procesos sociales*.
- Maridueña, G. A. (2014). Autorización del Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial del Canton Marcelino Maridueña . 88.
- Marin, F., Moreno, M., Farias, A., & Villegas, F. (2018). *Modelación de la caña de azúcar en Latinoamérica: Estado del arte y base de datos para parametrización*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Martinez, X. (2004). *Auditoria de los Procesos de Produccion de azucar en la provincia del guayas con el objetico de sugerir estandares de control*. . guayaquil : escuela superior politecnica del litoral .
- Merino, J. P. (2017). Anhidro Sulforoso . *Definición de anhídrido*.
- Ministerio de Ambiente. (2010). *Plan Nacional de Calidad del Aire*. Obtenido de Ministerio de Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Pérez, J., & Rappo, S. (2016). Opciones de política ambiental para garantizar la sustentabilidad de la agroindustria azucarera en Puebla, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13.
- Raffino., M. E. (07 de julio de 2020). "Contaminación del Aire".
- Reinosa, M. (2018). Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio. *Centro de Ingeniería e investigaciones Químicas, La Habana, Cuba*.
- Rivera, N. A. (2015). *Ficha técnica de cultivo de la caña de azúcar*. San Luis Potosí, México: Sivicaña.
- Rodríguez, R. (2016). Fundamentos básicos para la ejecución de la auditoria ambiental. *Ciencias Holguin*, 19.
- Ruano, J. (2019). *Estimación de la captura de carbono en el Ecoparque de Las Garzas, Cali Valle del Cauca*. Obtenido de Universidad Autónoma de occidente: ed.uao.edu.co/bitstream/10614/11681/5/T08800.pdf
- Salgado, Á. (2013). *Capítulo III Procesos de la industria azucarera*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: www.repositorio.utn.edu.ec
- Sociedad Agrícola e industrial San Carlos S.A. (2013). *Balance Social*. Obtenido de Sociedad Agrícola e industrial San Carlos S.A.: http://www.sancarlos.com.ec/wp-content/uploads/2019/11/balance_social_2013.pdf

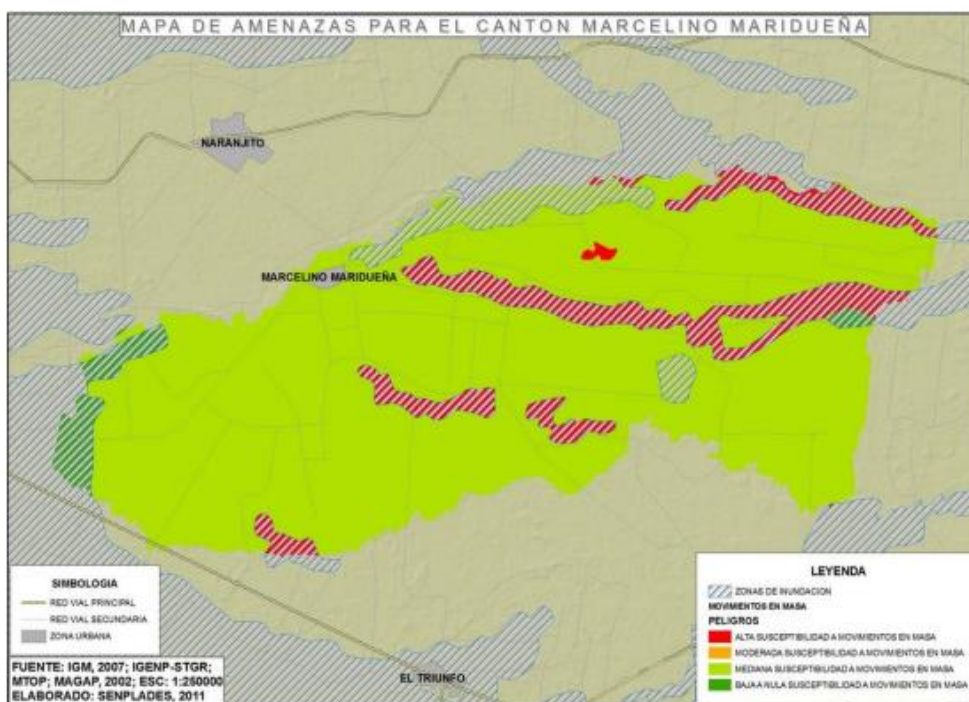
Suárez, C. A. (2012). DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO. *Luna Azul* ISSN 1909-2474, 19.

Superintendencia de Control del Poder de Mercado. (Mayo de 2015). *Monopolios y Poder en la historia del Ecuador*. Quito: Superintendencia de control del Poder de merrcado.

Vallejo, P., González , C., & Mena, F. (2016). *Cálculo referencial de material particulado en el aire como factor de contaminación ambiental en el área urbana de la ciudad de Pujilí*. Obtenido de Universidad tecnológica Equinoccial: cielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n2/1390-6542-enfoqueute-7-02-00109.pdf

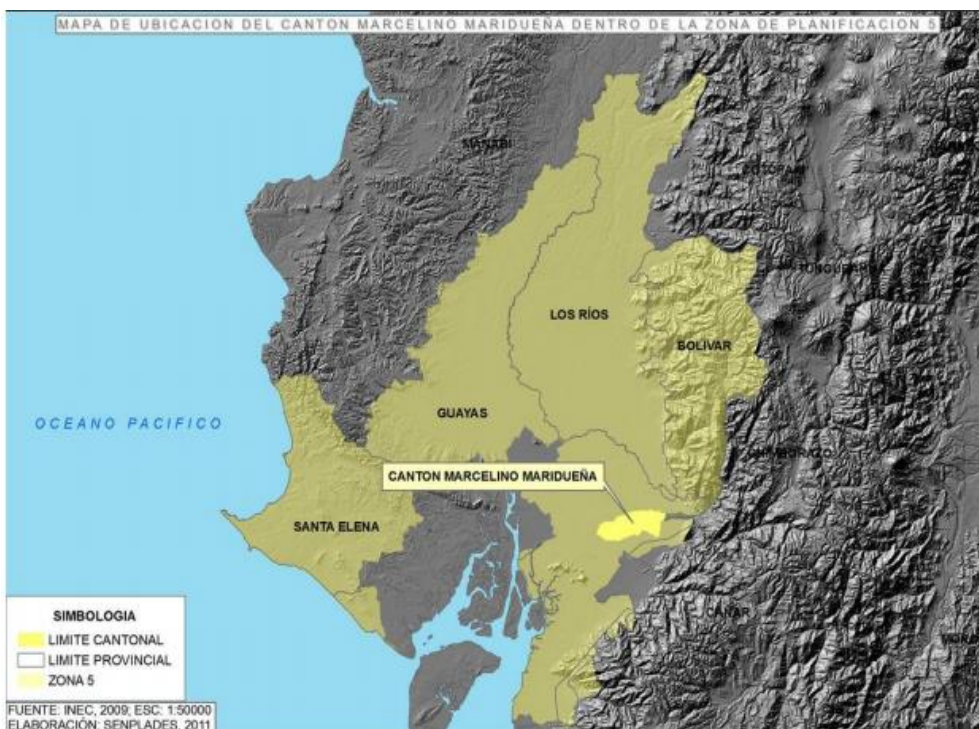
9. Anexos

Anexo 1.



Fuente: GAD - Municipio Marcelino Maridueña

Anexo 2



Fuente: GAD - Municipio Marcelino Maridueña

Anexo 3. Variables que se utilizan para la medición de material

Propiedad	Características
Superficie	La mayor parte de los suelos son reservorios limitados, el polvo suspendible disminuye después de un corto tiempo en ausencia directa de la abrasión. Esta disminución es representada como un exponencial negativo, o una función inversa de tiempo. La disminución de las partículas finas frecuentemente resulta en la exposición de las partículas no erodables que forman un escudo contra la suspensión por la acción del viento. Cuando las superficies son continuamente afectadas por vientos muy intensos, por movimiento vehicular y por otras actividades humanas se crea un reservorio ilimitado que emite partículas de polvo.
Tamaño	La distribución del tamaño de las partículas afecta los procesos de suspensión. Una capa plana de partículas con diámetros menores a 20 μm es difícilmente suspendida por el viento.
Humedad	El agua adherida a las partículas de suelo incrementa su masa y las fuerzas de tensión superficial, lo que disminuye su suspensión y transporte. La excesiva humedad causa que el polvo se adhiera a las llantas de los vehículos llevándolo fuera de las áreas de emisión, este polvo que es depositado en el pavimento puede suspenderse convirtiéndose en un nuevo foco de emisión.
Densidad	La velocidad de una partícula en respuesta a fuerzas gravitatorias o de inercia aumenta según la raíz cuadrada de su densidad.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Agua

Anexo 4. Límites máximos permisibles de concentraciones de emisión de contaminantes al aire por bagazo en equipos de combustión de instalaciones de elaboración de azúcar

Contaminante	Fuente fija existente: con autorización de entrar en funcionamiento antes de enero de 2003	Fuente fija existente: con autorización de entrar en funcionamiento desde enero de 2003 hasta fecha publicación de la reforma de la norma	Fuente fija nueva: con autorización de entrar en funcionamiento a partir fecha publicación de la reforma de la norma
Material Particulado	300	150	120
Óxidos de nitrógeno	900	850	700

Fuente: Ministerio de Ambiente y Agua

Anexo 5. Estándares de Calidad del Aire.

CONTAMINANTE	TIEMPO PROMEDIO	LÍMITE PERMISIBLE ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Partículas suspendidas totales (PST)	Anual	80
	24 horas	230
Partículas fracción (PM-10)	Anual	50
	24 horas	150
Partículas fracción (PM-2.5)	Anual	15
	24 horas	65
Dióxido de azufre (SO_2)	Anual	100
	24 horas	150
	1 hora	450
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Anual	100
	24 horas	300
	1 hora	400
Ozono (O_3)	8 horas	160
	1 hora	250
Monóxido de carbono (MO)	8 horas	10,000
	1 hora	40,000
Hidrocarburos (no-metano) (CH)	3 horas	160
Plomo (Pb)	Trimestral	1.5
	Anual	2.0

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura – FAO

Anexo 6. Métodos de referencia por muestreo y análisis.

CONTAMINANTE	MÉTODO DE MUESTREO	PERÍODO DE MEDICIÓN	MÉTODO ANALÍTICO
Dióxido de azufre	Absorción (manual)	1 hora a 24 horas continuas	Colorimetría (método de la pararosanilina)
			Conductimetría (método manual)
			Conductimetría (método automático)
	Instrumental (automático)	1 hora a 24 horas continuas	Fonometría de llama (método automático)
			Fluorescencia (método automático)
Dióxido de azufre	Absorción (manual)	24 horas continuas	Cromatografía iónica
Partículas totales suspendidas	Gran volumen	24 horas continuas	Gravimetría
Monóxido de carbono	Instrumental (automático)	1 hora u 8 horas continuas	Espectrometría de infrarrojo no dispersivo (automático)
		1 hora u 8 horas continuas	Electroquímico (método automático)
Dióxido de nitrógeno	Absorción (manual)	24 horas continuas	Colorimetría (método arsenito de sodio)
	Instrumental (automático)		Quimiluminiscencia (detector fotomultiplicador) (método automático)
Ozono	Instrumental (automático)	1 hora continua	Quimiluminiscencia (detector fotomultiplicador) (método automático)
Plomo	Gran volumen	24 horas continuas	Espectrofotometría de absorción atómica

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura – FAO