

**REVISTA INDEXADA
ISSN 2602-8085**



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA

EDUCACIÓN
CONTINUA

**Ciencia
Digital**

CIENCIA DIGITAL

TRAINING ALTATIERRA&ASOCIADOS S.A



TRAINING ALTATIERRA & ASOCIADOS
ALTERCAHES S.A

VOLUMEN ESPECIAL

BIOTECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Soberanía Alimentaria y Productividad



REVISTA MULTIDICIPLINARIA EVALUADA POR PARES


Vol.2 núm. 4.2 (2018) Biotecnología




**Ciencia
Digital**

REVISTA CIENCIA DIGITAL

La Revista **CIENCIA DIGITAL**, es una Revista multidisciplinaria, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico Tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. Publica artículos originales de investigación científica y tecnológica, académicas, revisiones bibliográficas y reflexiones científicas. Todos dirigidos a lectores con instrucción superior, docentes universitarios o no y a quienes se interesen conocer, ampliar y profundizar, desde perspectivas académicas y científicos.

 **ISSN: 2602-8085** Versión Electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos por:

 Artículos Originales, Artículos de Revisión, Informes Técnicos, Comunicaciones en congresos, Comunicaciones cortas, Cartas al editor, Estados del arte & Reseñas de libros

EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL



 Efraín Velasteguí López¹

Contacto: Ciencia Digital, Jardín Ambateño, Ambato- Ecuador

Teléfono: 0998235485 - 0958791575

Publicación:

w: www.cienciadigital.org

w: www.cienciadigitaleditorial.com

e: luisefrainvelastegui@cienciadigital.org

Director General

M.Sc. Efraín Velastegui L.

**“Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto,
y pensar lo que nadie más ha pensado”.**
Albert Szent-Györgyi

Prologo.

Tecnología e Innovación

El desarrollo de las nuevas tecnologías de la educación y la comunicación han hecho posible la utilización del Internet este medio se ha vuelto muy popular y los más beneficiados en área de la educación, dando lugar a la denominada educación basada en Web o e-learning. Brindado una nueva concepción de la educación mediante la incorporación de nuevas tecnologías al proceso de enseñanza y aprendizaje.

La investigación es una actividad que permite la obtención de nuevo conocimiento permitiendo la solución de problemas con el fin de obtener resultados de la aplicación de métodos científicos para tratar de explicar problemas de la sociedad. La innovación es la creación de algo nuevo permitiendo realizar cambios que conllevan a mejorar

La sociedad requiere ciencia, la tecnología e innovación que son elementos centrales para el desarrollo del conocimiento y la sociedad, permitiendo ser un motor económico de crecimiento de la sociedad que permiten promover la investigación que es fundamental para el desarrollo social, la investigación y la tecnología contribuyen al proceso económico social dando como resultado un sociedad más inclusiva y desarrollada

Está demostrado que hay una relación positiva entre la generación y la explotación del conocimiento y el desarrollo económico de los países, existiendo un interés en mejorar la innovación, con ello generando nuevos productos, diseños, procesos, entre otros, alcanzando un crecimiento económico sustentable



Efraín Velasteguí López¹

EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL

¹ **Efraín Velasteguí López:** Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Candidato a Doctor (**PhD**) en Ciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 50 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 13 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV-18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo Ciencia digital, Visionario digital y editorial Ciencia Digital Registro Editorial No 663. Cámara ecuatoriana del libro

Tabla De Contenidos

Artículos	Paginas
<u>Determinación de los gases contaminantes O₂, CO₂, CO, NO_x y SO₂ en fuentes fijas en la provincia de Cotopaxi.</u>	5-30
Oscar Rene Daza Guerra, Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Cristian Javier Lozano Hernández, Carlos Mantilla Parra	
<u>Determinación de los contaminantes mediante la opacidad, producto de la combustión por fuentes móviles a diésel en el cantón la Maná, provincia de Cotopaxi.</u>	31-31
Cristian Javier Lozano Hernández, Oscar Rene Daza Guerra, Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Carlos Mantilla Parra	
<u>Cambios en las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento de carga papaya utilizando tres recubrimientos comestibles.</u>	52-67
Sandra Gabriela Barraqueta Rojas, Cristina Elizabeth Chacha Curillo, Guillermo Xavier Mendoza Zurita, Jesús Alberto Rodríguez Flores	
<u>Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del vino usando distintos niveles de bentonita.</u>	68-87
Cinthia Vanessa Carrión Gutiérrez, Sandra Gabriela Barraqueta Rojas, Guillermo Xavier Mendoza Zurita, Mercedes Leticia Lara Freire	
<u>Elaboración de un bioactivador a partir de un consorcio microbiano de los géneros: pseudomonas spp., paecilomyces spp y trichoderma spp. Como posible reactivador de suelos erosionados.</u>	88-114
Cristina Calderón, Soledad Núñez	
<u>Determinación de los gases contaminantes CO y HC, en fuentes móviles a gasolina en el cantón la Mana, provincia de Cotopaxi.</u>	115-151
Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Oscar Rene Daza Guerra, Cristian Javier Lozano Hernández, Carlos Mantilla Parra	

Determinación de los gases contaminantes O₂, CO₂, CO, NO_x y SO₂ en fuentes fijas en la provincia de Cotopaxi.



Determination of the gaseous pollutants O₂, CO₂, CO, NO_x and SO₂ in stationary sources in the province of Cotopaxi.

Oscar Rene Daza Guerra.², Manuel Patricio Clavijo Cevallos.³ Cristian Javier Lozano Hernández.⁴
& Carlos Mantilla Parra⁵.

Recibido: 13-07-2017 / Revisado: 07-09-2018 Aceptado: 05-10-2018/ Publicado: 28-11-2018

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..199>

La presente investigación tuvo como finalidad identificar la contaminación atmosférica generada por la empresa de Cereales la Pradera y la Institución Pública del Hospital General en el Cantón Latacunga. Para la determinación de la concentración de los gases contaminantes se realizó mediciones constantes con el Analizador de Gases de Combustión TESTO 350 que evaluó los gases O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂, según la normativa internacional (USEPA) United States Environmental Protection Agency donde se rigen los protocolos de monitoreo, y de evaluación establecidos en TULSMA, Libro VI, Anexo 3. La investigación se realizó durante un año y se dividió en dos partes para cumplir con los objetivos planteados; en la primera parte se realizó un diagnóstico de las áreas de estudios, que incluyeron entrevistas a los jefes de mantenimiento para conocer los problemas ambientales actuales que se evidencian en los monitoreos en la segunda parte, con la información recopilada en campo se obtuvo los siguientes resultados: NO_x 89,325 mg/Nm³ y SO₂ 12,002 mg/Nm³ en el Hospital General de Latacunga y en la Empresa de Cereales La Pradera: NO_x 121,636 mg/Nm³, SO₂ 13,442 mg/Nm³, NO_x 120,957 mg/Nm³ y SO₂ 44,563 mg/Nm³ en sus calderos 1 y 2 respectivamente los mismos que fueron

² Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, oscar.daza@utc.edu.ec

³ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, manuel.clavijo@utc.edu.ec

⁴ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, cristian.lozano@utc.edu.ec

⁵ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, carlos.mantilla@utc.edu.ec

comparados con la normativa ambiental vigente, mediante el análisis gráfico se evidencio que existe variaciones mínimas durante los días monitoreados. Los datos obtenidos en el monitoreo atmosférico en el Hospital General de Latacunga y Empresa Cereales la Pradera genera información para la toma de decisiones de políticas ambientales a nivel empresarial.

Keywords: Calidad del Aire, Fuentes Fijas de Combustión, Calderos, Equipo Analizador de Gases de Combustión Testo 350, Límites Permisibles.

Resumen.

The possible atmospheric pollution generated by Cereales la Pradera Company and the Public Institution of the General Hospital in Latacunga Canton. For the determination the pollution gases concentration was the purpose of this research, constant measurements were made with the TESTO 350 Combustion Gas Analyzer that evaluated the O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂ gases, according to the international (USEPA) United States Environmental Protection Agency where the monitoring and evaluation protocols established in TULSMA, Book VI, Annex 3, are governed. This research was conducted during a year and was divided into two parts to meet the objectives set; in the first part a diagnosis of the study areas was carried out, which included interviews to the maintenance managers to know the current environmental problems that were evidenced in the monitoring and in the second part, with the information collected in the field was obtained the following results: NO_x 89.325 mg/Nm³ and SO₂ 12.002 mg/Nm³ at the General Hospital of Latacunga and in the company of cereals the Prairie: NO_x 121.636 mg/Nm³, SO₂ 13.442 mg/Nm³, NO_x 120.957 mg/Nm³ and SO₂ 44.563 mg/Nm³ in their cauldrons 1 and 2 respectively the same as were compared with the environmental regulations in force by the Graphical analysis it was shown that there is minimal variations during the days monitored. The data obtained in the atmospheric monitoring at the General Hospital of Latacunga and Prairie Grain Company generates information for decision making in environmental policies at the enterprise level; these policies include constant monitoring.

Palabras Claves: Air Quality, Fixed Combustion Sources, Boilers, Testo 350 Combustion Gas Analyzer Equipment, Permissible Limits.

Introducción.

El Cantón Latacunga dentro de su sector industrial y de servicio en los últimos años ha tenido un incremento considerable. Por tal motivo la calidad del aire se ha visto afectada por los porcentajes de gases como el CO, CO₂, NO_x y SO₂, en el inventario de las emisiones que se generan en las fuentes fijas de combustión. De tal manera se ha visto importante realizar la investigación para determinar el porcentaje de los gases contaminantes que son emitidos hacia la atmosfera, producto de la combustión en las fuentes fijas (MAE, 2012).

Importancia del problema.

Metodología.

Área de Estudio .

Para determinar las zonas de estudio se realizó una georreferenciación que permitió obtener sus ubicaciones.

- El Hospital General de Latacunga que se encuentra ubicada en la Ciudad de Latacunga en la parroquia la Matriz en la calle Hnas. Páez y Márquez de Maenza.

Tabla 1. Datos generales del Hospital General de Latacunga.

COORDENADAS:	Este: 765141 Norte: 9896417
ALTITUD:	2777msnm
FECHA DE INICIO DE FUNCIONAMIENTO:	1983
DATOS DEL PROMOTOR:	Ing. Carlos Calapaqui
ACTIVIDAD DE LA INDUSTRIA MONITOREADA :	Salud
NÚMERO DE EMPLEADOS DE LA EMPRESA:	470 Personas

Autor: Grupo de Investigación.

- La Empresa de Cereales La Pradera se encuentra ubicada en la Ciudad de Latacunga en la parroquia Belisario Quevedo.

Tabla 2 Datos generales Empresa de Cereales La Pradera

COORDENADAS:	Este: 768957 Norte: 9890893
ALTITUD:	2819msnm
FECHA DE INICIO DE FUNCIONAMIENTO:	1985
DATOS DEL PROMOTOR:	Ing. Darwin Madrid ventas@cerealeslapradera.com (03) 226-6333
ACTIVIDAD DE LA INDUSTRIA MONITOREADA:	Alimenticia
NÚMERO DE EMPLEADOS DE LA EMPRESA:	86 Personas

Autor: Grupo de Investigación.

Tipo de investigación.

Investigación descriptiva.

La investigación descriptiva se consideró fundamental para conseguir detallar el entorno actual de las zonas en estudio y determinar el tipo de calderos que se utiliza en la empresa la Cereales la Pradera y el Hospital General de Latacunga.

Investigación Bibliográfica

En el presente proyecto la investigación bibliográfica se aplicó en el proceso de recolección e indagación de fuentes diferentes de información documental tales como archivos, documentos y web para su posterior análisis que sirvió de base para respaldar la fundamentación teórica.

Investigación de Campo

La investigación de campo permitió conocer las zonas de estudio donde se realizó el monitoreo para la recolección de los datos de los diferentes monitoreos ejecutados mediante la utilización del Analizador de Gases de Combustión TESTO 350.

Métodos.

Método Descriptivo.

Este método consintió en describir la situación actual de las actividades que desarrollaban las empresas, tipo de calderos, características de las chimeneas, determinando si cuentan o no con puertos de muestreo, una vez obtenido los datos permitió la interpretación de los datos obtenidos.

Método Inductivo.

Este método analítico y sintético permitió realizar los monitoreos de manera objetiva para la obtención de datos reales de las fuentes fijas de la Empresa Cereales la pradera y el Hospital General de Latacunga para su posterior comparación con la normativa ambiental vigente.

Método Deductivo.

Mediante la aplicación de este método se obtuvo conocimientos generales para el análisis de los datos obtenidos en el monitoreo de las zonas en estudio, para llegar a la comparación con la normativa ambiental vigente TULSMAS Libro VI, Anexo 3, Tabla 2: Límites Máximos Permisibles de Concentraciones de Emisión para Calderos Generadores de Vapor (mg/Nm³), por lo que fue útil para determinar la cantidad de gases contaminantes generados por la Empresa de Cereales La Pradera y el Hospital General de Latacunga.

Técnicas de investigación.

Observación.

Mediante la técnica de observación permitió tener una visión de la realidad de los problemas existentes para la aplicación del protocolo del monitoreo y se adquirió información de las características de las fuentes fijas que sirvieron para el desarrollo de la investigación.

Entrevista.

Mediante la entrevista efectuada a los jefes de mantenimiento se obtuvo información sobre particularidades como tipo de calderos, tiempo de uso, si se realiza mantenimiento a los calderos que sirvieron para el desarrollo de las actividades de las empresas.

Protocolo para el monitoreo de gases.

Monitoreo.

Para el monitoreo de gases en fuentes fijas se aplicó la normativa técnica y administrativa establecida en el ANEXO 3 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE NORMA DE EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS establecida el 4 de noviembre del 2015 – Edición Especial N°387- Registro Oficial. Dentro del mismo en su Tabla 9: menciona los métodos de medición, nos manifiesta que para la aplicación de los métodos de monitoreo nos debemos basar en el protocolo establecido por la USEPA (United States Environmental Protection Agency).

Protocolo de Muestreo

La Agencia de Protección del Medio Ambiente (USEPA) se cataloga como una agencia reguladora decretada por el Congreso de EE.UU. Esta se encarga de autorizar, escribir normas y reglamentos que explican los detalles técnicos, operacionales y legales necesarios para implementar las leyes ambientales. Los reglamentos son requisitos obligatorios que se pueden aplicar a individuos, negocios, gobiernos estatales y locales, instituciones sin fines de lucro.

Métodos (USEPA) a utilizar:

Método 1: Selección del sitio de muestreo

Método 2: La ubicación de los puertos de muestreo, distancia de puntos de muestreo.

Método 5: Tiempo de muestreo

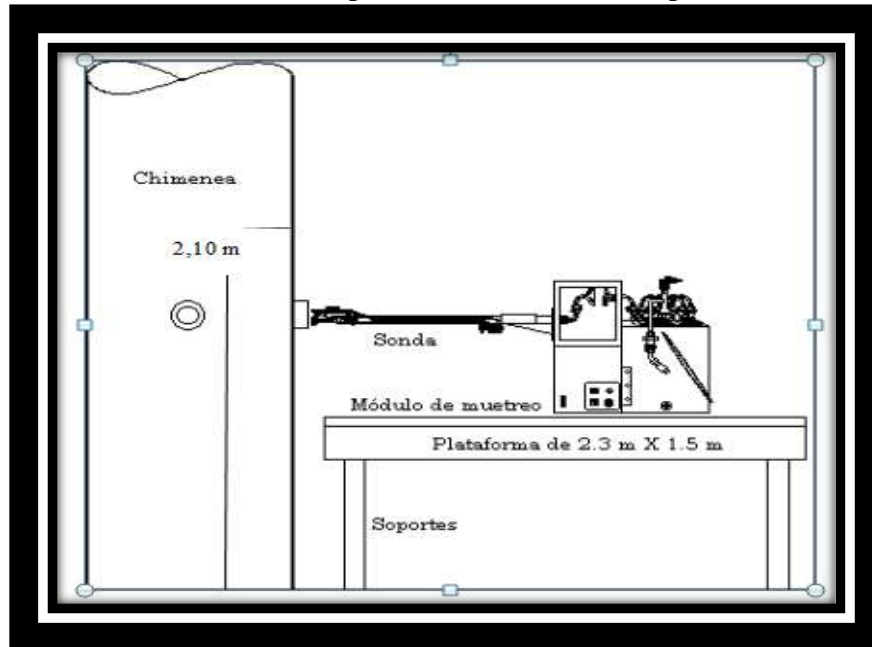
a.- Hospital General de Latacunga

- Para el número de puertos de muestreo en el Hospital General de Latacunga cuenta con un caldero de vapor mismo que tiene una chimenea con un diámetro de 0,40m tomando

en consideración dentro del TULSMA libro VI Anexo 3 se debe tener dos (2) puertos para aquellas chimeneas o conductos de diámetro menores 3,0 metros.

- La ubicación de los puertos de muestreo está a un ángulo de 90°, el caldero cuenta con puertos de monitoreo a una distancia corriente arriba de 2,10m.

Ilustración 1. Distancia para la medición del Hospital General de Latacunga



Fuente: Protocolo USEPA.

- Para la distancia de puntos de muestreo dentro de la USEPA en su Método 2, para calderas menores a 3,0 m, se debe tomar en cuenta 8 puntos de medición para el cálculo se debe tomar en consideración la Tabla 2. Distribución de puntos del monitoreo.

Tabla 3 Distribución de puntos de monitoreo.

Numeración del punto de muestreo en un diámetro	2	4	6	8	10	12
1	14,6	6,7	4,4	3,2	2,6	2,1
2	85,4	25,0	14,6	10,5	8,2	6,7
3		75,0	29,6	19,4	14,6	11,8

4		93,3	70,4	32,3	22,6	17,7
5			85,4	67,7	34,2	25,0
6			95,6	80,6	65,8	35,6
7				89,5	77,4	64,4
8					85,4	75,0
9					91,8	82,3
10					97,4	88,2
11						93,3
12						97,9

Fuente: Protocolo USEPA.

El cálculo de las distancias se multiplica estos valores por el diámetro de la chimenea:

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de la distancia de los puntos de medición.

$$Distancia = \frac{\% \text{ según los Puntos de Medición} * \text{Diámetro de Chimenea}}{100}$$

Tabla 4 Distancia de los puntos de monitoreo

PUNTOS	DISTANCIA
1	0,0128m
2	0,042m
3	0,0776m
4	0,1292m
5	0,2708m

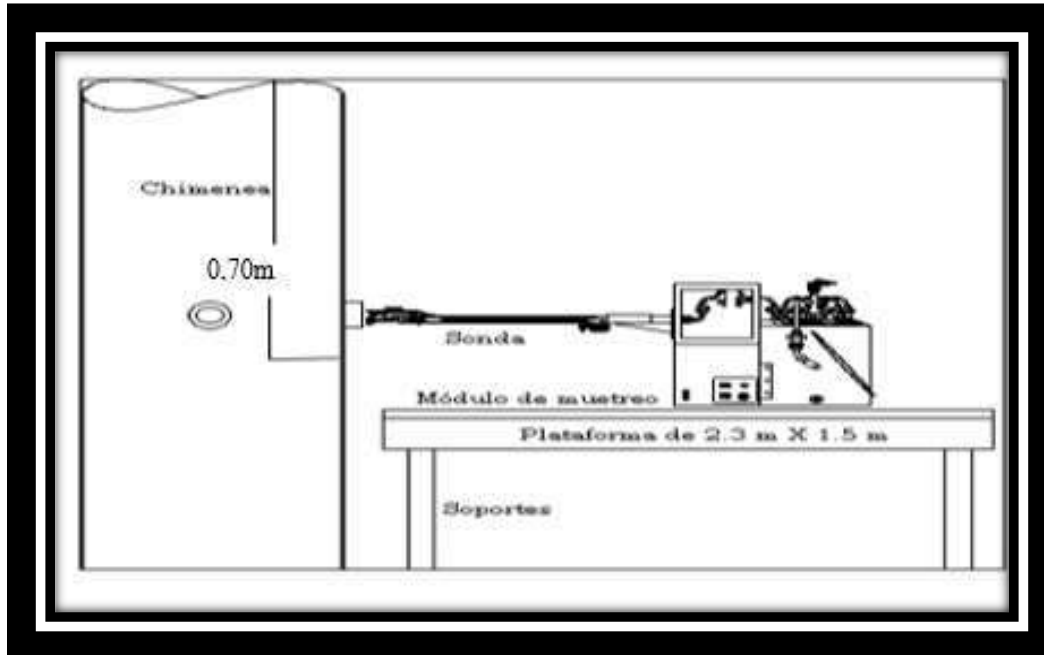
6	0,3224m
7	0,358m
8	0,387m

Fuente: Libro VI, Anexo 3 TULSMA (Mayo 2015)

b.- Empresa Cereales la Pradera: Caldero 1.

- Para el número de puertos de muestreo en la Empresa Cereales la Pradera donde cuenta con dos calderos de vapor mismos que tiene chimeneas con un diámetro de 0,35m, tomando en consideración dentro del TULSMA libro VI Anexo 3 se debe tener dos (2) puertos para aquellas chimeneas o conductos de diámetro menores 3,0 metros.
- Para la ubicación de los puertos de muestreo deben estar a un ángulo de 90°, en sus dos chimeneas cuenta con puertos de 2 diámetros de chimenea corriente arriba dando una distancia equivalente a 0,70m.

Ilustración 2. Distancias para la medición de la Empresa Cereales La Pradera



Fuente: Protocolo USEPA.

- Para la distancia de puntos de muestreo dentro de la USEPA en su Método 2, para calderas menores a 3,0 m, se debe tomar en cuenta 8 puntos de medición para el cálculo se debe tomar en consideración la tabla 2. Distribución de puntos de los monitoreos.

Tabla 5. Distribución de puntos de monitoreo.

Numeración del punto de muestreo en un diámetro	2	4	6	8	10	12
1	14,6	6,7	4,4	3,2	2,6	2,1
2	85,4	25,0	14,6	10,5	8,2	6,7
3		75,0	29,6	19,4	14,6	11,8
4		93,3	70,4	32,3	22,6	17,7
5			85,4	67,7	34,2	25,0
6			95,6	80,6	65,8	35,6
7				89,5	77,4	64,4
8					85,4	75,0
9					91,8	82,3
10					97,4	88,2
11						93,3
12						97,9

Fuente: Protocolo USEPA.

El cálculo de las distancias se multiplica estos valores por el diámetro de la chimenea:

Tabla 6 Distancia de los puntos de monitoreo.

EMPRESA CEREALES LA PRADERA		
PUNTOS	DISTANCIA CALDERO 1	DISTANCIA CALDERO 2

1	0,009 m	0,009m
2	0,031m	0,031m
3	0,058m	0,058m
4	0,096m	0,096m
5	0,203m	0,203m
6	0,242m	0,242m
7	0,267m	0,267m
8	0,290m	0,290m

Fuente: Libro VI, Anexo 3 TULSMA (Mayo 2015).

Tiempo de muestreo.

Se consideró el Método 5: (USEPA).

Donde se establecen las frecuencias para realizar el monitoreo en cada punto sea continuo de los gases contaminantes como: SO₂(dióxido de Azufre), NO_x(Oxido Nítrico) y CO (Oxido de Carbono) con toma permanente durante la operación, registrando los datos máximos cada 5 minutos de los gases contaminantes, con el fin de evitar errores de la misma manera el tiempo de muestreo en cada uno de los puntos debe ser el mismo.

Resultados, Situación actual.

- **Hospital General de Latacunga.**

Mediante la situación actual se pudo detallar el funcionamiento de los calderos donde existe un sistema de vapor y condensado, que da servicio a las áreas de: lavandería, cocina y esterilización, en la sección de máquinas, existe dos calderos el uno se encuentra en funcionamiento, el mismo se encuentran deteriorado y sin ningún tipo de mantenimiento.

La generación de vapor está a cargo del caldero de fabricación nacional EQUABOILER de 100 BHP, tiene un distribuidor de vapor y redes de aislamiento con foil de aluminio. Su funcionamiento es de 12 horas al día los 8 días de la semana por ende su funcionamiento es continuo misma que generan y distribuyen el vapor a todo el sistema térmico del Hospital General de Latacunga. Debido a que la vida útil de un caldero es en promedio 20 años, la dirección del hospital está interesada en controlar y mantener el sistema de generación y distribución de vapor; que proporciona el único caldero en funcionamiento y así extender la vida útil del mismo además de garantizar el suministro de vapor a áreas vitales del Hospital General de Latacunga.

- **Empresa Cereales La Pradera.**

Mediante la situación actual se pudo detallar el funcionamiento de los calderos donde existe un sistema de vapor y condensado, que da servicio a las áreas de: esterilización de utensilios, en la sección de máquinas para el lavado de las mismas, existen dos calderos que se encuentran en perfecto funcionamiento, los mismos que se encuentran monitoreados constantemente.

La generación de vapor está a cargo del caldero de fabricación nacional BECKETT de 50 BHP, tiene un distribuidor de vapor y redes de aislamiento con foil de aluminio. Su funcionamiento es de 6 horas por los 6 días a la semana de acuerdo a su producción por ende es discontinua el vapor es distribuido a todo el sistema térmico dentro de la empresa. La empresa Cereales La Pradera está interesada en controlar y mantener los parámetros principales que influyen en el sistema de generación y distribución de vapor; que proporcionan los calderos caldero en funcionamiento y así extender la vida útil del mismo además de garantizar el suministro de vapor.

Resultado y análisis de los gases contaminantes identificados en las fuentes fijas.

En la tabla se presentan los resultados de las emisiones de los gases monitoreados y su comparación con la normativa ambiental del Hospital General de Latacunga.

Tabla 7 Comparación de datos con el TULSMA Libro VI, Anexo 3 en el Hospital General de Latacunga

HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA					
GASES	UNIDADES	PROMEDIO DATOS MEDIDOS	NORMATIVA ACTUAL REGISTRO N° 387 DEL TULSMA 4 DE NOVIEMBRE – 2015	NORMATIVA DEROGADA REGISTRO N° DEL TULSMA 2013	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA
TH	°C	145,225	-	-	NO APLICA
O ₂	%	13,429	-	-	NO APLICA
CO ₂	%	4,414	-	-	NO APLICA
CO	mg/Nm ³	12710	-	1800	NO APLICA
NO _x	mg/Nm ³	89,325	670	-	CUMPLE
SO ₂	mg/Nm ³	12,002	2004	-	CUMPLE

Autor: Grupo de Investigación.

Interpretación:

Desarrollado el monitoreo de gases en fuentes fijas, teniendo como característica que el caldero es de vapor del año 2013 fuente fija existente: entrar en funcionamiento con la autorización del Libro VI, Anexo 3 del TULSMA emitido en el 2003. Se obtuvo como resultado en el Hospital General de Latacunga lo siguientes valores: 89,325 mg/Nm³ de NO_x (óxido de nitrógeno) y de SO₂ (dióxido de azufre) 12,002 mg/Nm³. Los mismos que fueron comparados con los valores: 670 mg/Nm³ NO_x y 2004 mg/Nm³ SO₂ de los gases respectivamente expuestos en TABLA 2 LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA

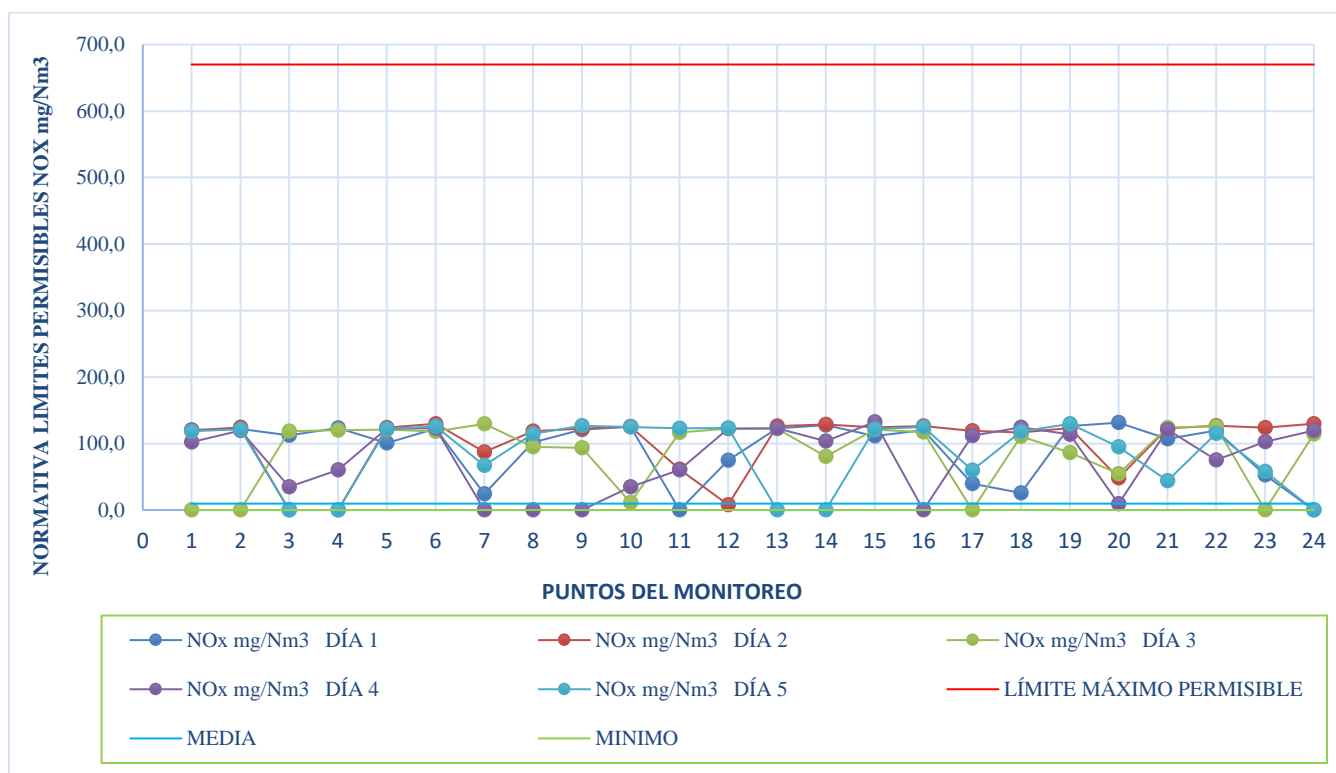
CALDERAS. De tal manera demostrando que los valores de las concentraciones de los gases se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

Análisis: En el Hospital General de Latacunga el parámetro Monóxido de carbono CO da como resultado: 12710 mg/Nm³ en la normativa ambiental actual no aplica, mientras que en la Normativa derogada TULSMA del 2013 no obedece con los límites máximos permisibles.

Variación diaria del monitoreo del Óxido de Nitrógeno (NO_x) del Hospital General de Latacunga

En el presente grafico se muestra la variación, del máximo, la media y el minino de los valores de concentración del óxido de nitrógeno obtenidos durante cinco días de monitoreo.

Gráfico 1 Análisis diario del monitoreo del (NO_x)



Autor: Grupo de Investigación.

Interpretación del gráfico:

En el gráfico se puede evidenciar los resultados del monitoreo realizado durante cinco días en sus 24 puntos de medición, donde se observa que el valor máximo es de 132,3 mg/Nm³

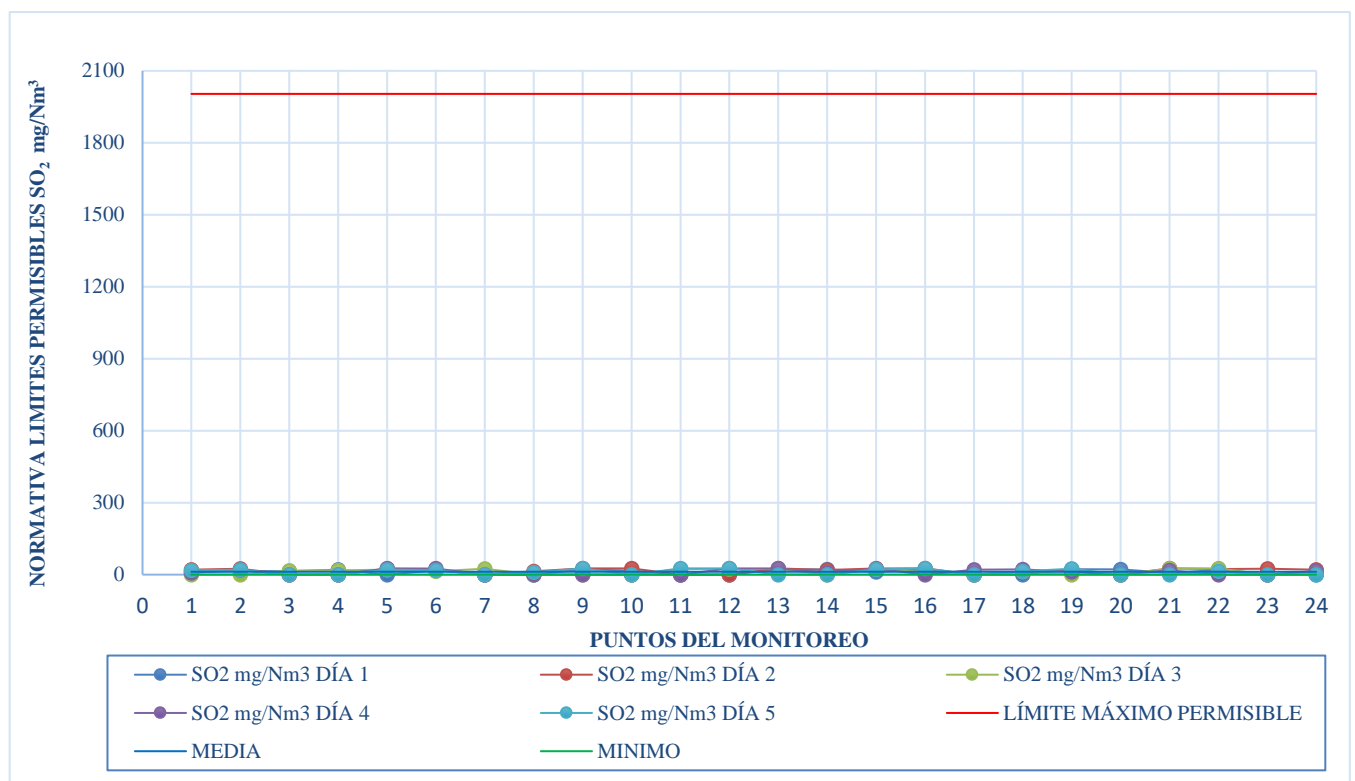
que se presentó en el cuarto día, evidenciando que los datos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles adicionalmente se demuestra que gran parte de los datos se encuentran fluctuando en el promedio de la media de los datos que es 9,6 mg/Nm³ y su valor mínimo 0,0 mg/Nm³.

Variación diaria del monitoreo del dióxido de azufre (SO₂) del Hospital General de Latacunga.

En el presente gráfico se muestra la variación, del máximo, la media y el minino de los valores de concentración del dióxido de azufre obtenidos durante cinco de monitoreo.

Gráfico 2 Análisis diario del monitoreo del (SO₂).

Autor: Grupo de Investigación.



Interpretación del gráfico:

En el gráfico se puede evidenciar los resultados del monitoreo realizado durante cinco días en sus 24 puntos de medición, donde se observa que el valor máximo es de 26 mg/Nm³ la cual se presentó en el día dos, tres, cuatro y quinto, evidenciando que los datos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles adicionalmente se demuestra que gran parte de los

datos se encuentran fluctuando en el promedio de la media de los datos que es 12,002 y su valor mínimo siendo 0,0 mg/Nm³.

Resultados y análisis de los gases identificados en la Empresa de Cereales La Pradera.

En la tabla se presentan los resultados de las emisiones de los gases monitoreados y su comparación con la normativa ambiental.

Tabla 8 Comparación de datos con el TULSMA Libro VI, Anexo 3 de la Empresa Cereales la Pradera: Caldero 1

EMPRESA CEREALES LA PRADERA: CALDERO 1					
GASES	UNIDADES	PROMEDIO DATOS MEDIDOS	NORMATIVA ACTUAL REGISTRO N° 387 DEL TULSMA 4 DE NOVIEMBRE - 2015	NORMATIVA DEROGADA REGISTRO N° DEL TULSMA 2013	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA
TH	°C	149,273	-	-	NO APLICA
O ₂	%	12,977	-	-	NO APLICA
CO ₂	%	59,114	-	-	NO APLICA
CO	mg/Nm ³	278,814	-	1800	NO APLICA
NO _x	mg/Nm ³	121,636	670	-	CUMPLE
SO ₂	mg/Nm ³	13,442	2004	-	CUMPLE

Autor: Grupo de Investigación.

Interpretación.

Desarrollado el monitoreo de gases en fuentes fijas, teniendo como característica que el caldero es de vapor del año 2011 fuente fija existente: entrar en funcionamiento con la autorización del Libro VI, Anexo 3 del TULSMA emitido en el 2003. Se obtuvo como resultado en el caldero uno los siguientes valores: 121,636 mg/Nm³ NO_x (óxido de nitrógeno) y de SO₂ (dióxido de azufre) 13,442 mg/Nm³. Los mismos que fueron comparados con los valores: 670 mg/Nm³ NO_x y 2004 mg/Nm³ SO₂ de los gases respectivamente expuestos en TABLA 2 LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA CALDERAS. De tal manera queda demostrando que los valores de las concentraciones de los gases se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

Análisis: En la Empresa Cereales La Pradera en su segundo caldero el parámetro Monóxido de carbono CO da como resultado: 278,814 mg/Nm³ pero en la normativa ambiental actual

no aplica, mientras que en la Normativa derogada TULSMA del 2013 obedece a los límites máximos permisibles.

Variación diaria del monitoreo del óxido de nitrógeno (NO_x) de la Empresa de Cereales La Pradera de su primer caldero.

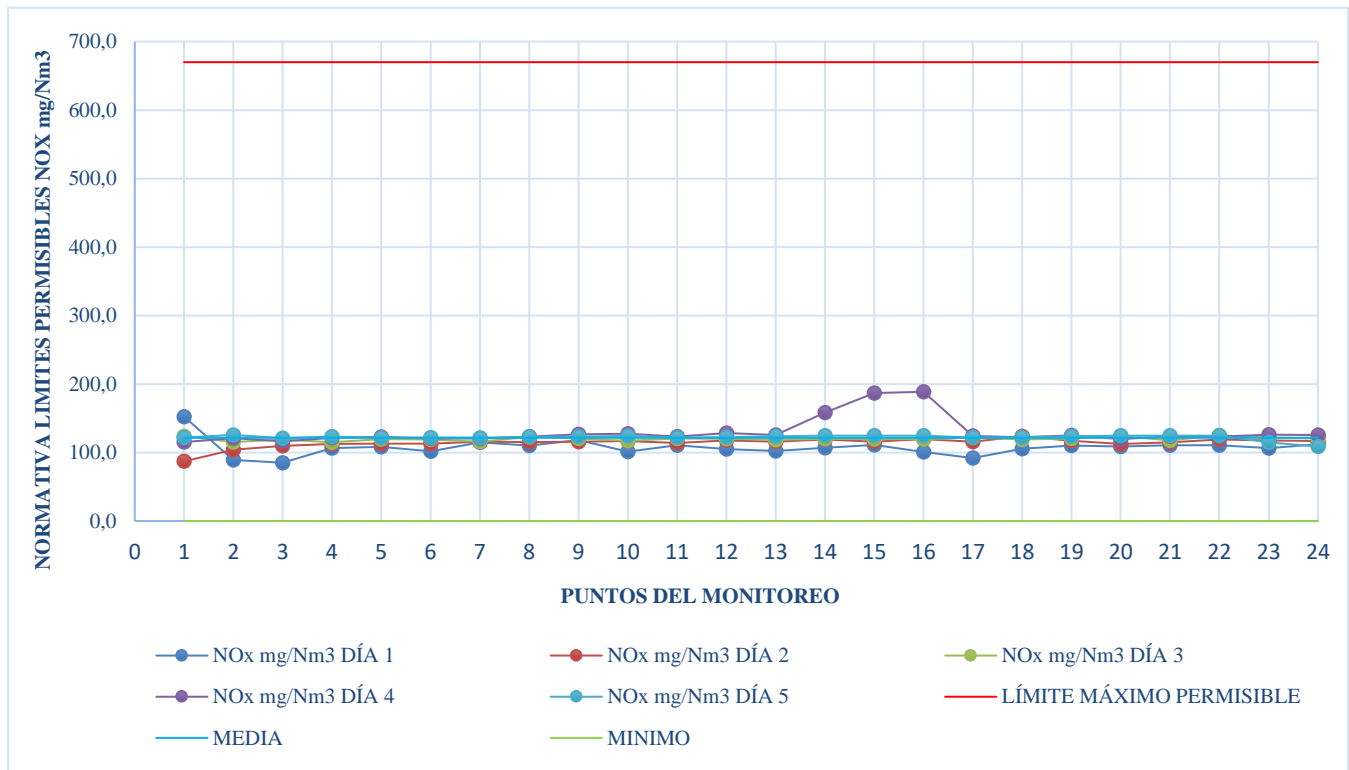
En el presente grafico se muestra la variación, del máximo, la media y el minino de los valores de concentración de óxido de nitrógeno obtenidos durante cinco días de monitoreo.

Gráfico 3 Análisis diario del monitoreo del (NO_x)

Autor: Grupo de Investigación.

Interpretación del gráfico:

En el gráfico se puede evidenciar los resultados del monitoreo realizado durante cinco días en sus 24 puntos de medición, donde se observa que el valor máximo es de 188,8 mg/Nm³



que se presentó en el cuarto día, evidenciando que los datos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles adicionalmente se demuestra que gran parte de los datos se encuentran fluctuando en el promedio de la media de los datos que es 121,6 mg/Nm³ y su valor mínimo 0,0 mg/Nm³.

Variación diaria del monitoreo del dióxido de azufre (SO₂) de la Empresa de Cereales La Pradera de su primer caldero.

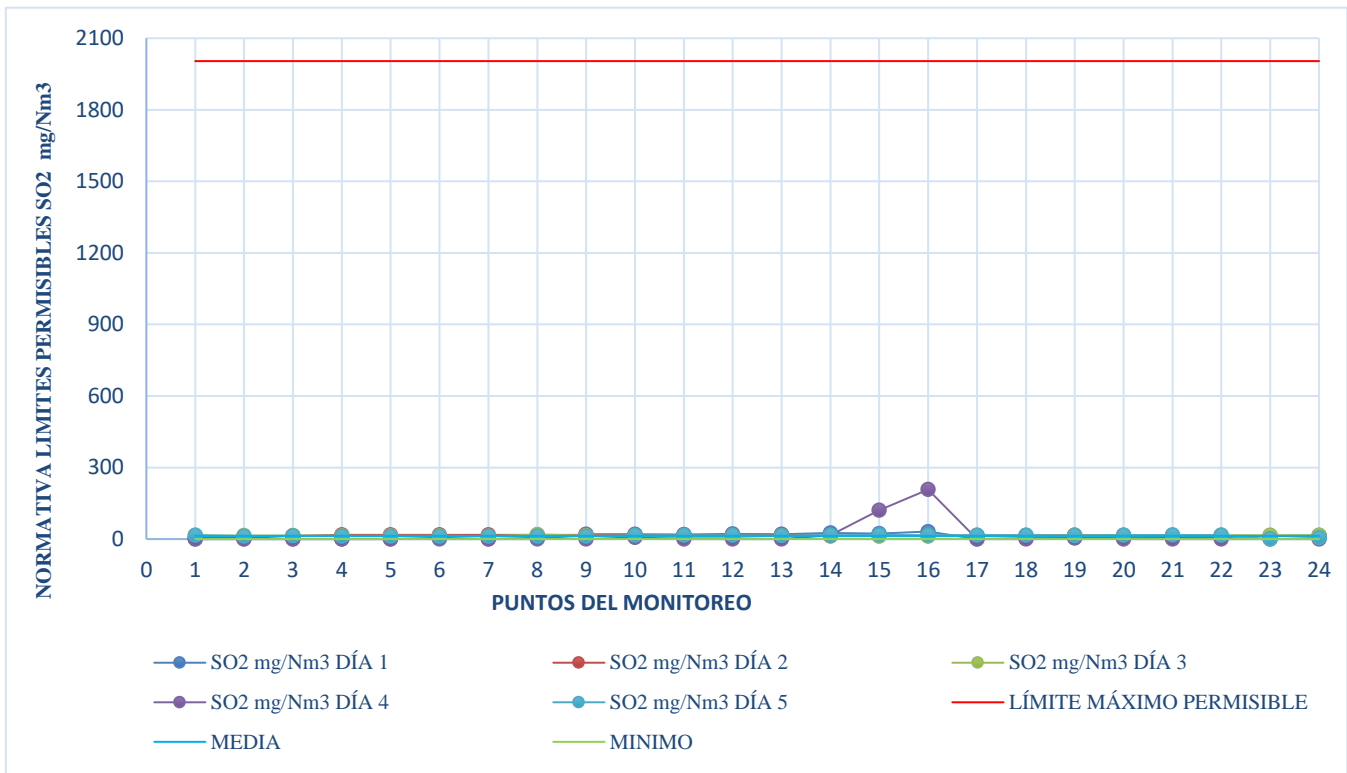
En el presente gráfico se muestra la variación, del máximo, la media y el mínimo de los valores de concentración de dióxido de azufre obtenidos durante cinco días de monitoreo.

Gráfico 4 Análisis diario del monitoreo del (SO₂)

Autor: Grupo de Investigación.

Interpretación del gráfico:

En el gráfico se puede evidenciar que los valores del dióxido de azufre (SO₂) en la Empresa En el gráfico se puede evidenciar los resultados del monitoreo realizado durante cinco días



en sus 24 puntos de monitoreo, donde se observa que el valor máximo es de 208 mg/Nm³ que se presentó en el cuarto día, evidenciando que los datos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles adicionalmente se demuestra que gran parte de los datos se encuentran fluctuando en el promedio de la media de los datos que es 13,4 mg/Nm³ y su valor mínimo 0,0 mg/Nm³.

En la tabla se presentan los resultados de las emisiones de los gases monitoreados y su comparación con la normativa ambiental de la Empresa Cereales La pradera en su segundo caldero.

Tabla 9 Comparación con el TULSMA Libro VI, Anexo 3 de la Empresa Cereales la Pradera: Caldero 2

EMPRESA DE CEREALES LA PRADERA: CALDERO 2					
GASES	UNIDADES	PROMEDIOS DATOS MEDIDOS	REGISTRO N° 387 DEL TULSMA REGISTRO N° 387 DEL TULSMA 4 DE NOVIEMBRE – 2015	NORMATIV A DEROGADA REGISTRO N° DEL TULSMA 2013	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA
TH	°C	129,581	-	-	NO APLICA
O ₂	%	13,310	-	-	NO APLICA
CO ₂	%	5,753	-	-	NO APLICA
CO	mg/Nm ³	161,816	-	1800	NO APLICA
NO _x	mg/Nm ³	120,957	670	-	CUMPLE
SO ₂	mg/Nm ³	44,563	2004	-	CUMPLE

Autor: Grupo de Investigación.

Interpretación del gráfico:

Desarrollado el monitoreo de gases en fuentes fijas, teniendo como característica que el caldero es de vapor del año 2011 fuente fija existente: entrar en funcionamiento con la autorización del Libro VI, Anexo 3 del TULSMA emitido en el 2003. Se obtuvo como resultado en el caldero los siguientes valores: 120,957 mg/Nm³ NO_x (óxido de nitrógeno) y 44,563 mg/Nm³ SO₂ (dióxido de azufre). Los mismos que fueron comparados con los valores: NO_x 670 mg/Nm³ y SO₂ 2004 mg/Nm³ de los gases respectivamente expuestos en TABLA 2 LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA CALDERAS. De tal manera queda demostrando que los valores de las concentraciones de los gases se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

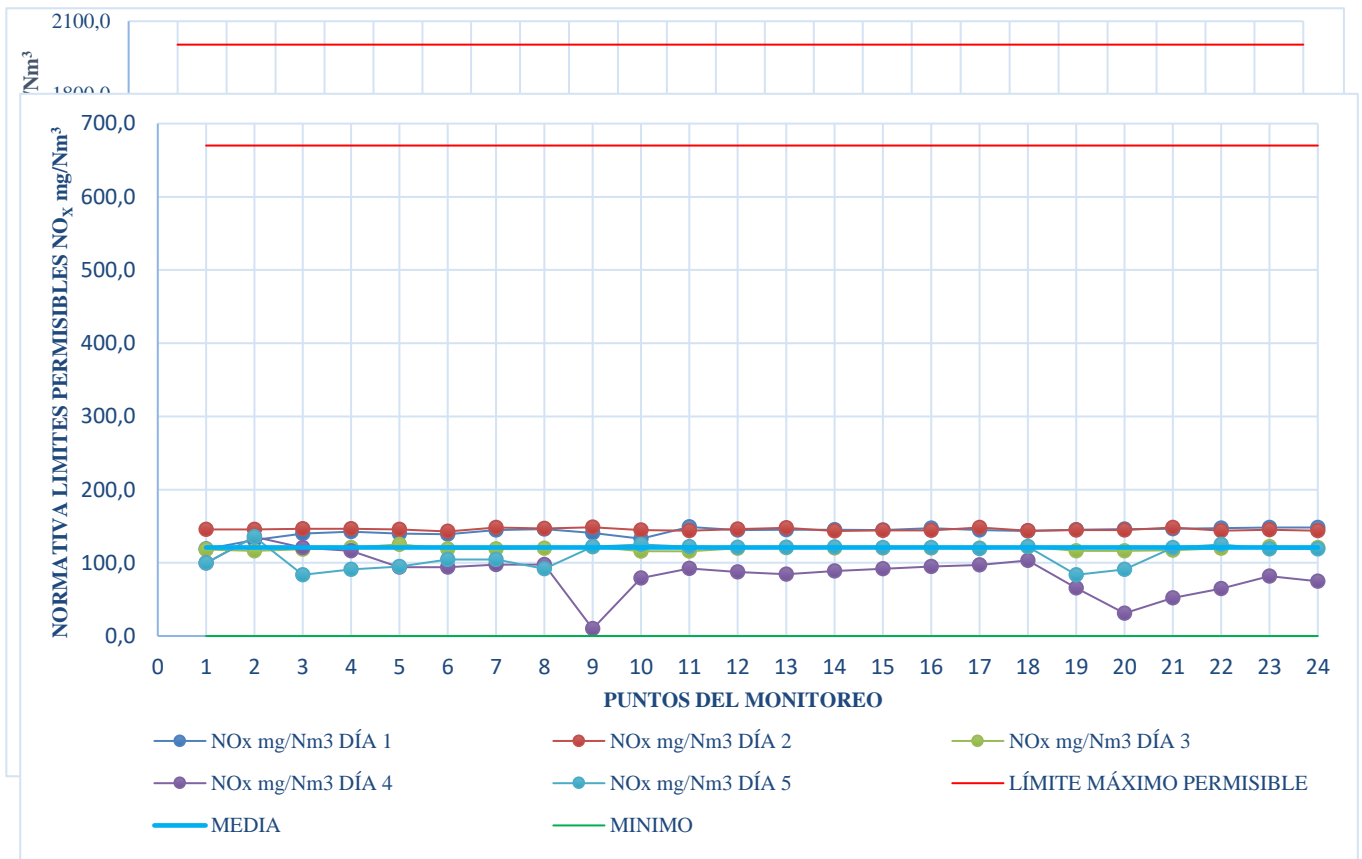
Análisis: En la Empresa Cereales La Pradera en su segundo caldero el parámetro Monóxido de carbono CO da como resultado: 161,816 mg/Nm³ pero en la normativa ambiental actual no aplica, mientras que en la Normativa derogada TULSMA del 2013 obedece a los límites máximos permisibles.

Variación diaria del monitoreo del óxido de nitrógeno (NOX) de la Empresa de Cereales La Pradera de su segundo caldero.

En el presente grafico se muestra la variación, del máximo, la media y el minino de los valores de concentración de óxido de nitrógeno obtenidos durante cinco días de monitoreo.

Gráfico 5 Análisis diario del monitoreo del (NO_x)

Autor: Grupo de Investigación.



Interpretación del gráfico:

En el gráfico se puede evidenciar los resultados del monitoreo realizado durante cinco días en sus 24 puntos de monitoreo, donde se observa que el valor máximo es de 148,5 mg/Nm³ que se presentó en los día 2 y 4, evidenciando que los datos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles adicionalmente se demuestra que gran parte de los datos se encuentran fluctuando en el promedio de la media de los datos que es 121 mg/Nm³ y su valor mínimo 0,0 mg/Nm³.

Variación diaria del monitoreo en la Empresa de Cereales La Pradera Caldero 2 En el presente grafico se muestra la variación, del máximo, la media y el minino de los valores de concentración de dióxido de azufre obtenidos durante los 5 días de monitoreo.

Gráfico 6 Análisis diario del monitoreo del (SO₂)

Autor: Grupo de Investigación.

Interpretación del gráfico.

En el gráfico se puede evidenciar los resultados del monitoreo realizado durante los 5 días en sus 24 puntos de monitoreo, donde se observa que el valor máximo es de 356 mg/Nm^3 que se presentó la cual se presentó en el día 5, evidenciando que los datos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles adicionalmente se demuestra que gran parte de los datos se encuentran fluctuando en el promedio de la media de los datos que es $44,6 \text{ mg/Nm}^3$ y su valor mínimo $0,0 \text{ mg/Nm}^3$.

Conclusiones.

- Los monitoreos se llevaron acorde a lo establecido en la normativa ambiental vigente TULSMA LIBRO VI ANEXO 3 TABLA 2 y su aplicación de metodologías para la obtención de los datos de concentración de los gases contaminantes en fuentes fijas de combustión.
- El Hospital General de Latacunga posee un caldero de vapor que trabaja desde el 2013 su funcionamiento es de lunes a domingo el cual es utilizado para áreas de esterilización y distribución de agua caliente a toda la planta durante 12 horas diarias depende la producción; presenta condiciones estructurales inadecuadas como: puertos de muestreo, escaleras, plataformas de trabajo para poder realizar una correcta medición.
- La Empresa Cereales La Pradera posee dos calderos que funciona desde el 2011 su funcionamiento es de lunes a sábado el cual es utilizado básicamente para calentar agua o generar vapor utilizado en la esterilización y distribución de agua caliente a toda la planta durante 6 horas diarias; presenta condiciones estructurales adecuadas como: puertos de muestreo, escaleras, plataformas de trabajo donde se realizó una correcta medición.
- Los resultados del monitoreo en el Hospital General de Latacunga fueron: $89,325 \text{ mg/Nm}^3 \text{ NO}_x$ y $12,002 \text{ mg/Nm}^3 \text{ SO}_2$. Los mismos que fueron comparados con los valores: 670 mg/Nm^3 de NO_x y 2004 mg/Nm^3 de SO_2 de los gases respectivamente expuestos en TABLA 2 LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA CALDERAS. De tal manera queda demostrado que los valores de las concentraciones de los gases NO_x y SO_2 , se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.
- Los resultados la Empresa de Cereales la Pradera fueron: $121,636 \text{ mg/Nm}^3 \text{ NO}_x$, $13,442 \text{ mg/Nm}^3 \text{ SO}_2$, $120,957 \text{ mg/Nm}^3 \text{ NO}_x$ y $44,563 \text{ mg/Nm}^3 \text{ SO}_2$ de la chimenea uno y dos respectivamente. Los mismos que fue comparados con los valores: 670 mg/Nm^3 de NO_x y 2004 mg/Nm^3 de SO_2 expuestos en TABLA 2 LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA CALDERAS. De tal manera queda

demostrado que los valores de las concentraciones de los gases NO_x y SO₂, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles

Referencias bibliográficas.

- Acuario, B. (2012). VYC Industrial: Caldera de vapor en la industria alimenticia . Obtenido de VYC Industrial: Caldera de vapor en la industria alimenticia : <http://vycindustrial.com/caldera-vapor-industria-alimenticia/>
- Alexis Yassi & Tomas Kjellstrom. (2012). Riesgos Ambientales Para la Salud. España: INSHT(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).
- Almeida, A. A. (2010). INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE FUENTES FIJAS, MÓVILES Y DE ÁREA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA. Obtenido de INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE FUENTES FIJAS, MÓVILES Y DE ÁREA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/235/1/T-UCE-0012-37.PDF>
- Bahamondes, P. A. (03 de 04 de 2015). ACHS. Obtenido de <http://www.achs.cl/qapub/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/descripcion-de-caldera-y-generadores-de-vapor.pdf>
- Bonilla, Arranza, y Beltheton, A. (2009). Termodinámica de Equipos Industriales. Eficacia Energética de una Caldera., 18-34.
- Bravo, H. Sosa, R. (12 de Abril de 2009). Características de los Contaminantes Atmosféricos. Obtenido de Características de los Contaminantes Atmosféricos: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/036993-I/036993-1.1.pdf>
- Cazares Lusiana. (2012). Física y Química. Madrid: Editex, S.A.
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, C. (199). Técnicas para calcular emisiones de categorías de fuentes únicas en su género en Mexicali. Mexicali: US EPA3. Obtenido de Técnicas para calcular emisiones de categorías de fuentes únicas en su género en MEXICALI.
- Centro de Investigacion de Medio Ambiente . (21 de Febrero de 2012). Calidad del aire de Cantabria Consejería de Medio Ambiente Ordenacion del territorio y urbanismo Gobierno de Cantabria. Obtenido de Calidad del aire de Cantabria Consejería de Medio Ambiente Ordenacion del territorio y urbanismo Gobierno de Cantabria: <https://www.airecantabria.com/CIAcontaminantes.php>
- Chile, C. N. (2009). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE FUENTES FIJAS. Santiago de Chile: Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA.

- Córdova, P. (17 de 01 de 2013). Lección de Ciencia Naturales. Recuperado el 13 de 05 de 2017, de <https://sites.google.com/site/lecciondecienanaturales/el-calentamiento-global/contaminacion-en-las-regiones-de-ecuador>
- Dinesen, C. (2010). Efectos del dióxido de carbono en la contaminación del aire. Recuperado el 04 de 05 de 2017, de http://www.ehowenespanol.com/efectos-del-dioxido-carbono-contaminacion-del-aire-lista_444306
- Domínguez, J. (2008). Riesgos Laborales Relacionados con el Medio Ambiente. Recuperado el 15 de 05 de 2017, de <http://www.inpahu.edu.co/biblioteca/imagenes/libros/Riesgos.pdf>
- Eduardo Mantilla, Crisanto Vergel & Jose López. (2005). Medición de la Sostenibilidad Ambiental. Medellín: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Enciclopedia de Características. (2017). 10 Características de la Contaminación Atmosférica. Recuperado el 01 de 07 de 2017, de <https://www.caracteristicas.co/contaminacion-atmosferica/>
- Eulalia, R. T. (2013). “DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DE FUENTES FIJAS DEL HOSPITAL GENERAL LATACUNGA Y EL HOSPITAL DE SEGURO SOCIAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2013”. Obtenido de “DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DE FUENTES FIJAS DEL HOSPITAL GENERAL LATACUNGA Y EL HOSPITAL DE SEGURO SOCIAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2013”:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2754/1/T-UTC-00291.pdf>
- Fabiani, N. et al. (1999). Evolution of air pollution and impact of control programs in three Megacities of Latin America. En N. M.-G. Fabiani, Evolution of air pollution and impact of control programs in three Megacities of Latin America. (págs. 203-215). Mexico.
- Gallego, A. et al., . (2012). Contaminación Atmosférica: De la Universidad Nacional de Educacion a Distancia Madrid 2012. Madrid: Edición digital. Obtenido de Gallego, A., Gonzales I., Sanchez, B., Fernandez, P.,Garcinuño, R., Bravo,J., Pradana., J. (2004) Contaminación Atmosférica: Edición digital: noviembre de 2012 de la Universidad Nacional de Educacion a Distancia Madrid 2012.
- Gallego, et al. (2012). contaminación atmosférica. Madrid: Edicion Digital.
- Geographic, N. (5 de Diciembre de 2013). La contaminación del aire -medio - ambiente. Obtenido de La contaminación del aire -medio - ambiente:
<http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/la-contaminacion-del-aire>
- Guerrero, D. d., Ibarra, A., & Fausto, I. (2004). Ciencia. España: Complutensa.

- Hernández, M. (21 de Abril de 2010). Plan Nacional de la Calidad del Aire . Obtenido de Plan Nacional de la Calidad del Aire : <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Keller, E., Blodgett, R. (2007). Riesgos Naturales: Procesos de la Tierra como Riesgos, desastres y catástrofes. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- MAE. (18 de Enero de 2012). Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional Exploración Inicial. Obtenido de Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional Exploración Inicial: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242984/6.+Cuenta+de+Emisiones+al+Aire.pdf/9ffc6202-2c7d-4bef-b3be-8133da96dd78;jsessionid=RZBfIKdnP5F0Sq5dm7t9yOS3?version=1.0>
- MAE. (5 de Junio de 2014). Preocupante situación ambiental en el Ecuador. Obtenido de Preocupante situación ambiental en el Ecuador: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Planes-y-Programas-de-ejecucion-2012_Agosto.pdf
- Mantilla, E., Vergal, C., & López, J. (2005). Medición de la Sostenibilidad Ambiental. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia (Educc).
- Manual del Testo 350. (2008). Global Instrumental. Recuperado el 2017, de https://www.testo.com.ar/resources/media/global_media/produkte/testo_350/Testo_350_-_Manual.pdf
- Manual Testo 350. (2015). Obtenido de Empresa líder en la distribución de equipos de climatización. Obtenido de Obtenido de Empresa líder en la distribución de equipos de climatización: <http://www.anwo.cl/testo-350---completo-analizador-de-gases-para-la-gran-industria/ficha.html?p=17000&c=2024&u=3>
- María Nieves Gonzalez Delgado, C. O. (2011). Contaminación ambiental: una visión desde la química. Epaña: Ediciones Paraninfo S.A.
- Martínez, E., & Díaz de Mera, M. (2004). Contaminación Atmosférica. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla- La Mancha.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2007). SOX (ÓXIDOS DE AZUFRE). Obtenido de <http://www.prtr-es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html>
- Ministerio del Ambiente . (2010). Plan Nacional de Calidad del Aire. Recuperado el 14 de 05 de 2017, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Ministerio del Ambiente . (2010). Plan Nacional de Calidad del Aire. Recuperado el 14 de 05 de 2017, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (13 de Febrero de 2014). Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro. Obtenido de Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>
- Moreira, A. (11 de 03 de 2015). Ecured Conocimiento con todos y para todos . Obtenido de Ecured Conocimiento con todos y para todos : https://www.ecured.cu/Contaminantes_antropog%C3%A9nicos
- Muerza Belmonte, R. (27 de 10 de 2010). Obtenido de <http://mayores.uji.es/blogs/antropvinaros/2012/03/16/chimeneas-industriales-de-ladrillo/>
- Muerza, A. (2010). Aerosoles atmosféricos, como afectan al clima y a la salud. Recuperado el 2017, de http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2010/10/21/196641.php
- National Geographic. (2000). Medición y Análisis de Contaminantes del Aire. Recuperado el 2017, de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/geologia/gestion_calidad/Cap08.pdf
- OMS, P. d. (24 de Mayo de 2004). Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Obtenido de Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17578/K1600805%20Doc%206%20S.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Organización Mundial de la Salud. (2014). La calidad del aire se está deteriorando en muchas de las ciudades del mundo. Obtenido de http://www.paho.org/arg%20%20/index.php?option=com_content&view=article&id=1314:la-calidad-del-aire-se-esta-deteriorando-en-muchas-de-las-ciudades-del-mundo&catid=334:arg04-salud-ambiental-y-desarrollo-sustentable&Itemid=228
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Calidad del aire ambiental (exterior) y salud. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/es/>
- Orozco. (2003). Contaminación ambiental: Una visión desde la química. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
- Pérez, A. (2010). Ingeniería del Medio Ambiente. San Vicente: Club Univestario.

- Pérez, S. (2014). *Introducción a la Química y el Ambiente*. México: Grupo Editorial Patria.
- Pérez, S. (2014). *Introducción a la Química y el Ambiente*. México: Grupo Editorial Patria.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. (20 de Enero de 2016). DIAGNOSTICO DEL PLAN DE DESARROLLO DEL CANTÓN LATACUNGA 2016-2019. Obtenido de DIAGNOSTICO DEL PLAN DE DESARROLLO DEL CANTÓN LATACUNGA 2016-2019: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000380001_PDyOT%20LATACUNGA%201_20-04-2015_16-06-55.pdf
- Ramírez, V. (2014). *Química 2: Serie integral por competencias*. México: Grupo Editorial Patria.
- Red Ambiental de Asturias. (12 de Abril de 2013). Portal Medioambiental de Asturias: Conceptos generales de contaminación atmosférica. Obtenido de Portal Medioambiental de Asturias: Conceptos generales de contaminación atmosférica.: <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=c92ad84189f32>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. (2007). CO (MONÓXIDO DE CARBONO). Recuperado el 11 de 04 de 2017, de <http://www.prtr-es.es/CO-Monoxido-de-carbono,15589,11,2007.html>
- Ricaute, J. (06 de 2013). <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/particulas.aspx>. Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/particulas.aspx>: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/particulas.aspx>
- Rico, F., López, R., & Figueroa, E. (2001). *Daños a la salud por Contaminación Ambiental*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Rocha, L. (05 de 06 de 2014). Medio Ambiente: una ciudad con buenos aires, pero no tanto. La OMS coloca a la Capital entre las mejores de América latina. Recuperado el 01 de 06 de 2017, de <http://www.estrucplan.com.ar/noticias/imprimirss.asp?IDNoticia=10720>
- Target Asesores S.A. (2016). *Expertos en Gestión Medioambiental*. España: IC Editorial.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. (2017). Características de la Contaminación Atmosférica. Recuperado el 01 de 07 de 2017, de Características de la Contaminación Atmosférica: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-50-NCA.pdf>

- TULSMA. (2003). Norma De Emisiones Al Aire Desde Fuentes Fijas De Combustión. Libro VI, Anexo 3 Ecuador. Obtenido de Norma De Emisiones Al Aire Desde Fuentes Fijas De Combustión. Libro VI, Anexo 3 Ecuador: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiGo9fzsKPNAhVMHR4KHdygAhQQFggv>
- TULSMA, M. d. (2015). Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas. Ecuador. Libro VI TULSMA Anexo III.



Para citar el artículo indexado.

Daza O., Clavijo M., Lozano C., Mantilla C. . (2018). Determinación de los gases contaminantes O₂, CO₂, CO, NOX y SO₂ en fuentes fijas en la provincia de Cotopaxi. *Revista electrónica Ciencia Digital* 2(4.2), 5-30. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/199/176>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Determinación de los contaminantes mediante la opacidad, producto de la combustión por fuentes móviles a diésel en el cantón la Maná, provincia de Cotopaxi.



Determination of contaminants through the opacity, product of combustion by mobile sources of diesel in the canton the Mana, province of Cotopaxi.

Cristian Javier Lozano Hernández⁶, Oscar Rene Daza Guerra⁷, Manuel Patricio Clavijo Cevallos⁸. & Carlos Mantilla Parra⁹.

Recibido: 10-07-2017 / Revisado: 12-09-2018 Aceptado:20-10-2018/ Publicado: 28-11-2018

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..200>

The investigation was carried out to determine the pollutants by the opacity generated by the combustion of the vehicles with diesel engine in the Canton La Mana, Province of Cotopaxi, located at a height of 212 masl, establishing a vehicle diagnosis with information provided by the National Transit Agency (ANT) in order to obtain the total number of vehicles registered in the province of Cotopaxi, which was a benchmark for determining the total of the sample for the investigation, having a result of 103 vehicles that were evaluated the emission of the opacity of gases in the public company of Mobility Transit and transport of the Commonwealth of Cotopaxi, headquarters the Mana, using AVL ditest Gas 1000 with accessory opacimeter Dismoke 480, by means of the technique of three measurements of free acceleration static test as stipulated in the Ecuadorian technical standard INEN 2202, then an analysis of the percentage of opacity and the maximum permissible standards established by the technical standard was carried out. Ecuadorian INEN 2207, obtaining a result of 67% of vehicles meet and 33% of cars do not comply. A simulation of the dispersion of the pollutant of opacity was carried out, applying the software Rstudio, Openair and the graphic (polar plot) with the data obtained from

⁶ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, cristian.lozano@utc.edu.ec

⁷ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, oscar.daza@utc.edu.ec

⁸ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, manuel.clavijo@utc.edu.ec

⁹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, carlos.mantilla@utc.edu.ec

the percentage of opacity and meteorological factors such as: wind velocity, wind direction and temperature, acquired from the Online Meteorological Archive (Meteoblue) showing the concentration and dispersion of the Contaminante (Opacity) in multiple geographic directions.

Keywords: Air Pollution, Contaminants, Mobile Sources, Opacity, Rstudio Software.

Resumen.

La investigación se realizó para determinar los contaminantes mediante la opacidad generada por la combustión de los vehículos con motor diésel en el Cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi, ubicada a una altura de 212 msnm, estableciendo un diagnóstico vehicular con información proporcionada por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) con el fin obtener el total de vehículos matriculados en la provincia de Cotopaxi, que fue un referente para determinar el total de la muestra para la investigación, teniendo un resultado de 103 vehículos que fueron evaluados la emisión de la Opacidad de gases en la Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte de la Mancomunidad de Cotopaxi, sede la Maná, utilizando el equipo AVL DITEST Gas 1000 con accesorio opacímetro DISMOKE 480, mediante la técnica de tres mediciones de aceleración libre prueba estática como lo estipula la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2202, posteriormente se realizó un análisis del porcentaje de Opacidad y los estándares máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2207, obteniendo un resultado del 67% de vehículos cumplen y el 33% de vehículos no cumplen. Se realizó una simulación de la dispersión del contaminante de Opacidad, aplicando el software Rstudio, openair y la gráfica (polar plot) con los datos obtenidos del porcentaje de opacidad y los factores meteorológicos como: velocidad del viento, dirección del viento y temperatura, adquiridos del archivo meteorológico en línea (meteoblue) evidenciando la concentración y dispersión del contaminante (opacidad) en varias direcciones geográficas.

Palabras Claves: Contaminación Atmosférica, Contaminantes, Fuentes Móviles, Opacidad, Software Rstudio.

Introducción.

Introducción al problema (Título de Segundo Nivel).

La polución atmosférica reviste una trascendencia relevante en virtud de que para poder vivir, el hombre necesita aire limpio. Pero para saber si respiramos aire limpio debemos conocer las características del aire y que contaminantes están presentes, y sobre todo en qué cantidades se encuentran. Se tienen dos fuentes de contaminación del aire: las fijas y las móviles, éstas últimas son debido a los vehículos y son las que más contaminan. Razón por la cual se tuvo como objetivo general el de “estimar la concentración de los contaminantes

del aire en el Cantón La Mana generado por las fuentes móviles para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” y los objetivos son que involucran a los vehículos con motores a diesel.

El marco teórico, donde se desarrolló los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y conceptuales sobre la contaminación atmosférica, los principales contaminantes y los efectos de la contaminación del aire. También se toca teoría sobre los modelos de concentración de los contaminantes del aire y el procedimiento, que se utilizó, de evaluación rápida para estimar las emisiones en tubos de escape.

La metodología, comprende el tipo, nivel, método y diseño de la investigación, determinación de la población y el tamaño de la muestra; así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos y de procesamiento de datos. La denominada concentración de contaminantes del aire por fuentes móviles, se presenta el análisis y resultados de las fuentes móviles de vehículos clasificados y el tipo de combustible a diésel que transitan en el Cantón La Mana, también se presenta la estimación de la concentración de los contaminantes en especial de la Opacidad que emite el parque automotor. Con estos datos se realizó la prueba de hipótesis, y los aportes de la investigación, comprende los aportes teóricos por cada tipo de contaminantes, los vehículos con motores a diésel y finalmente se presenta el aporte metodológico.

Importancia del problema.

La Organización Mundial de la Salud OMS (2013). Manifiesta que las emanaciones de los motores a diésel genera diversas enfermedades en el ser humano; cáncer de pulmón, enfermedades respiratorias, aumenta el riesgo de derrame cerebral y cardiopatía, estima un alrededor de 2 millones de muertes prematuras al año en todo el mundo; la causa es; el elevado incremento de los vehículos en la actualidad a nivel mundial, emanando gases contaminantes como la Opacidad que generan que la calidad del aire se encuentre contaminada y en deterioro.

En Ecuador Según estimaciones de la Secretaría de Movilidad y Obras Públicas (2012), al año se consumen 80 millones de galones de diésel automotor que el 40% es el causante de la contaminación del aire. Este combustible, es utilizado para los vehículos (fuentes móviles) de contaminación, que emanan a la atmósfera contaminantes tóxicos como el monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, y Material Particulado (PM), conocido como la opacidad.

El (INEC) Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2013). Manifiesta de forma general que los vehículos que circulan por carreteras ecuatorianas son aquellos como: los automóviles, los camiones y autobuses del total de vehículos que circulan en el país, se determina que el 95 % son automotores de uso particular, los de alquiler representan el 3,3% los que pertenecen al Estado el 2% y los de uso Municipal, el 0.4%, algunos de estos cuentan con métodos obsoletos que ocasionan la combustión incompleta, lo que desencadena en una

excesiva emisión de gases contaminantes, que afectan de forma directa en la salud de las personas principalmente a los niños y personas de la tercera edad.

Metodología.

Descripción del Área de Estudio.

El área de estudio se encuentra ubicado en el Cantón la Maná, en la sede de matriculación vehicular tránsito y transporte de la mancomunidad de movilidad de la Provincia de Cotopaxi, que está localizado en la región occidental de las estribaciones externas de la cordillera de Los Andes.

Tabla 1: Coordenadas UTM.

PUNTOS	UTM
X	695777
Y	9895948
Altitud	212 msnm

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 1: Ubicación Geográfica del Área de Estudio



Autor: Grupo de Investigación.

Tipos de Investigación.

Bibliográfica.

Se recopiló información relacionada con las emisiones de opacidad generada por los vehículos con motor diésel, el uso y funcionamiento del software R aplicado a la calidad del aire con el fin de que la información sea auténtica.

Campo.

Se realizó directamente en la mancomunidad de movilidad tránsito y transporte de la Provincia de Cotopaxi, sede del cantón la Maná, donde se ejecutó la medición del porcentaje de opacidad en los vehículos con motor diésel.

Métodos.

Método Científico.

Se analizó el porcentaje de opacidad utilizando el método de ensayo INEN 2202 y el protocolo establecido por el equipo de medición de gases AVL DITEST 1000 con accesorio opacímetro.

Método Inductivo

El problema de la investigación se realizó mediante el análisis de datos de opacidad en forma individual, es decir de unidad en unidad, se obtuvo porcentajes que posteriormente se comparó de acuerdo al año de fabricación la cantidad de vehículos que cumplen y no cumplen conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2207: Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones producidas por Fuentes Móviles Terrestres de diésel.

Método analítico.

Este método ayudó a realizar un análisis y simulación de la dispersión del contaminante basados en los datos opacidad de los vehículos con motor diésel, combinando los factores meteorológicos: dirección, velocidad del viento y temperatura, para lo cual se aplicó el software Rstudio, conjuntamente con el paquete Openair.

Protocolo para mediciones de gases.

- ✓ Registrar los datos generales del vehículo (tipo de vehículo, marca, placa y kilometraje) en el equipo AVL DITEST 1000, esperar un lapso de 5 minutos donde los datos queden grabados en el equipo, procediendo a la fase de estabilización.

a. Procedimiento para la toma de datos.

Para la toma de datos se cumplió con la metodología y procedimientos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2202: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS

AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIÉSEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE; el mismo que establece:

Antes de la Prueba.

- ✓ Verificar que el sistema de escape del vehículo se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento.
- ✓ Verificar que el nivel de aceite en el cárter del motor del vehículo esté entre el mínimo y el máximo recomendado por el fabricante del vehículo.
- ✓ Verificar que el motor del vehículo se encuentre en la temperatura normal de operación.
- ✓ Verificar que la transmisión del vehículo se encuentre en neutro (transmisión manual) o en parqueo (transmisión automática).
- ✓ Verificar que se haya realizado el proceso de autocalibración en el equipo.
- ✓ Verificar que el opacímetro marque cero en la lectura. Medición
- ✓ Verificar que no exista ningún impedimento físico para el libre movimiento del acelerador.
- ✓ Con el motor funcionando en "ralenti", realizar por lo menos tres aceleraciones consecutivas, desde la posición de "ralenti" hasta la posición de máximas revoluciones, con el fin de limpiar el tubo de escape.
- ✓ Conectar la sonda de prueba a la salida del sistema de escape del vehículo.
- ✓ Aplicar aceleración libre al vehículo y permitir que el motor regrese a condición de "ralenti". (repetición por lo menos 6 veces, consecutivamente).
- ✓ En cada ciclo, registrar el valor del porcentaje de opacidad máximo obtenido, considerar como mínimo tres lecturas.
- ✓ Procedimiento de encendido del equipo.
- ✓ Conectar los cables principales a las conexiones principales / Aplicar el interruptor de encendido / Aparece el menú principal/ Verificar conexiones de dispositivos, a través del menú principal.
- ✓ A través del menú principal ingresar los datos del propietario y de la unidad a muestrear.
- ✓ Verificar los campos de temperatura, de revoluciones por minuto (RPM), opacímetro y proceder con la medición.
- ✓ Se utilizó el sensor magnético para medir la velocidad dada por las aceleraciones, se debe colocar en cualquier parte metálica del motor (donde capte las oscilaciones), las aceleraciones deben ser hasta que el indicador del sensor este de color verde.

Técnicas De Investigación.

Población.

Mediante un diagnóstico con investigaciones bibliográficas y como fuente de sustentabilidad (ANT) Agencia Nacional de Tránsito, anexo (4.2), en la provincia de Cotopaxi se matriculan 30. 278 vehículos a gasolina, 6.201 vehículos a diésel, híbridos 25 y gas licuado de petróleo 7 al año.

Tabla 2: Número de vehículos matriculados por tipo de combustible año 2016, Provincia de Cotopaxi.

TIPO DE COMBUSTIBLE	NÚMERO DE VEHÍCULOS	PORCENTAJE
DIÉSEL	6.201	17%
GASOLINA	30.278	82%
HÍBRIDO	25	0.068%
GAS LICUADO DE PETRÓLEO	7	0.019%
TOTAL DE VEHÍCULOS	36.511	100%

Autor: Grupo de Investigación.

Muestra.

Para obtener la muestra se realizó una relación entre los datos publicados por la (ANT) y los datos establecido por El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ecuador posee un indicador de 124 vehículos matriculados por cada 1.000 habitantes, por año calendario. Por lo tanto, con la información de los vehículos matriculados en el año 2016 en la provincia de Cotopaxi relacionado con la proyección poblacional para el 2017 se estimó un número aproximado de 1,111 vehículos que circulan en el cantón la Maná.

Tabla 3: Proyección de población de vehículos para el cantón la Maná año 2017.

TIPO DE COMBUSTIBLE	CANTIDAD	PORCENTAJE
DIÉSEL	1,111	17%

GASOLINA	5,361	83%
TOTAL	6,472	100%

Autor: Grupo de Investigación.

Cálculo del Tamaño de la muestra, conociendo el tamaño de la Población.

Se aplicó la fórmula establecida por Fisher y Navarro (Autores de Estadística Inferencial y Descriptiva) para calcular el tamaño de la muestra cuando la población es conocida es la siguiente:

$$n = \frac{NZ^2 \times pq}{NE^2 + Z^2 \times pq}$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la Población, (1,111)

Z= valor correspondiente a la distribución de gauss = 1.96 por el nivel de confianza que es 95%.

p= prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (p =5%/100= 0.05)

q= 1 – p (p= 1- 0.05: 0.95)

E= error que se prevé cometer. (4%/100= 0.04)

Comúnmente se acepta como porcentaje de error el 5 %. Pero para obtener más precisión en esta investigación se trabajará con un error del 4%/100%= 0,04.

Por lo tanto, el número de vehículos a diésel a realizar las respectivas mediciones de opacidad en el cantón la Maná sería:

$$n = \frac{(1,111 \times 1.96^2) \times (0.05 \times 0.95)}{1,111 \times (0.04)^2 + 1.96^2 \times (0.05 \times 0.95)}$$

$$n = \frac{202,73}{1.96}$$

n=103 vehículos

Equipos e Instrumentos.

Equipo.

- ✓ AVL DITEST Gas 1000 con accesorio a diésel (Opacímetro DISMOKE 480).-
- ✓ Equipo requerido para determinar el porcentaje de opacidad, puede comunicarse de forma inalámbrica con el AVL DITEST CDS.
- ✓ Cámara de medición de opacidad, compacta, ligera y poco mantenimiento sin apertura.
- ✓ Integración de la señal inalámbrica por Bluetooth
- ✓ Prueba de linealidad patentada, comprobación automática de la calibración para el uso sin prueba de filtros.

Figura 1: AVL Ditest Gas 1000



Autor: Grupo de Investigación.

Opacímetro Dismoke 480.

Según (Schimpl & Schult, 2016). El opacímetro está equipado con una bomba de vacío, que arrastra los gases de escape a través de una manguera de muestra insertada en el tubo de escape del vehículo y de ahí al opacímetro, donde una muestra de gas de escape pasa al interior del analizador; una emisión de luz infrarroja es proyectada a través de la muestra de gas de escape.

Figura N° 2. AVL Dismoke 480 bt Opacimetro



Autor: Grupo de Investigación.

Resultados.

Clasificación de los vehículos con motor diésel por su año de fabricación.

Se clasificó los vehículos con motor diésel de acuerdo a su año de fabricación como lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207: Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones producidas por Fuentes Móviles Terrestres a diésel.

Tabla 4: **Muestra total de vehículos medidos la emisión de gases por año de fabricación.**

Año modelo	Total de vehículos	Total de vehículos en porcentaje (%)
2000 y posteriores	83	80.5
1999 y anteriores	20	19.5
Total	103	100

Autor: Grupo de Investigación.

Análisis:

En la tabla 4 se encuentra la muestra de 103 vehículos con motor diésel, los cuales se evaluaron el nivel de emisión opacidad expulsados por el tubo de escape, clasificados por su año de fabricación, dando como resultado el 80.5 % correspondiente a 83 vehículos con año de fabricación del 2000 y posteriores, y el 19.5% correspondiente a 20 vehículos con año de fabricación 1999 y anteriores, como lo estipula la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207.

Promedio total de opacidad con tres mediciones.

Tabla 5: Límites permisibles de opacidad para año modelo 2000 y posteriores y 1999 y anteriores.

Año modelo	Límite máximo NTE INEN 2207 opacidad (%)			Total vehículos
2000 y posteriores	50 (%)	59 Cumplen	24 No cumplen	83
1999 y anteriores	60 (%)	10 Cumplen	10 No cumplen	20

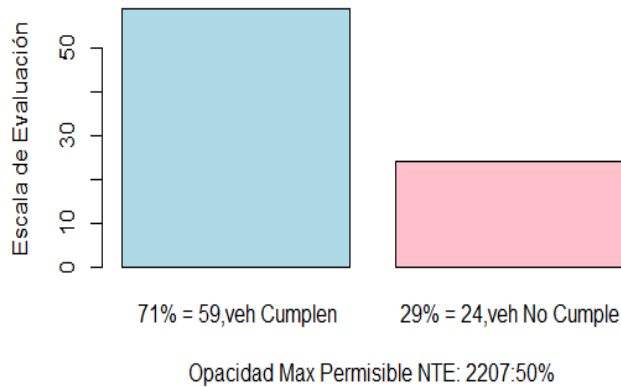
Autor: Grupo de Investigación.

Análisis:

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202: método de ensayo establece realizar tres mediciones de aceleración libre y el promedio total, y compararlo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207: Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones producidas por Fuentes Móviles Terrestres a diésel. Estableciendo el límite máximo de opacidad del 50% para vehículos con motor diésel del año 2000 y posteriores, y el 60% para vehículos del año 1999 y anteriores.

Análisis de opacidad de los vehículos con año de fabricación 2000 y posteriores

Figura 3: Análisis de opacidad con año de fabricación 2000 y posteriores



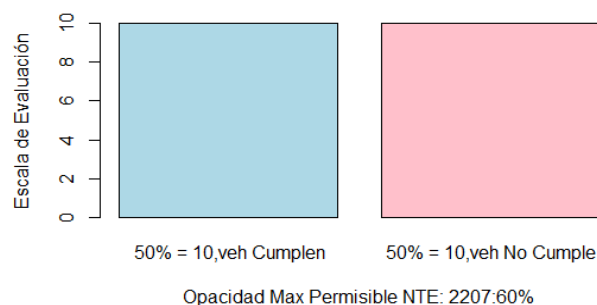
Autor: Grupo de Investigación.

Análisis:

De los 83 vehículos realizados el análisis de gases con año de fabricación 2000 y posteriores, el 71% correspondiente a 59 vehículos no superan los límites de opacidad para fuentes móviles con motor a diésel es decir que CUMPLEN con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, mientras que el 29% que corresponde a 24 vehículos NO CUMPLEN con la norma establecida.

Análisis de opacidad de los vehículos con año de fabricación 1999 y anteriores.

Figura 4: Análisis de opacidad con año de fabricación del 1999 y anteriores



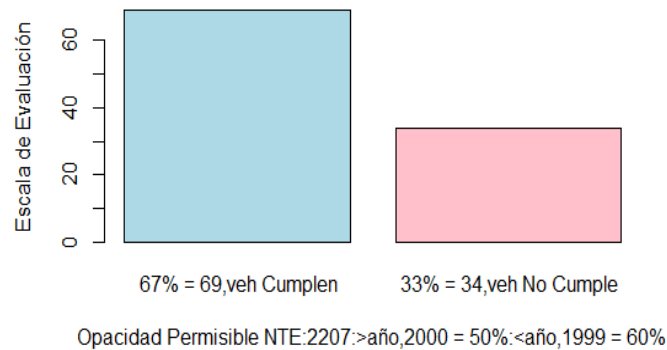
Autor: Grupo de Investigación.

Análisis:

De los 20 vehículos con año de fabricación 1999 y anteriores, el 50 % que corresponde a 10 unidades se encuentran superando los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a diésel, es decir NO CUMPLEN con lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2207, mientras que el otro 50% SI CUMPLEN con los estándares permisibles.

Análisis General

Figura 5: Análisis general, límites permisibles de opacidad.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis:

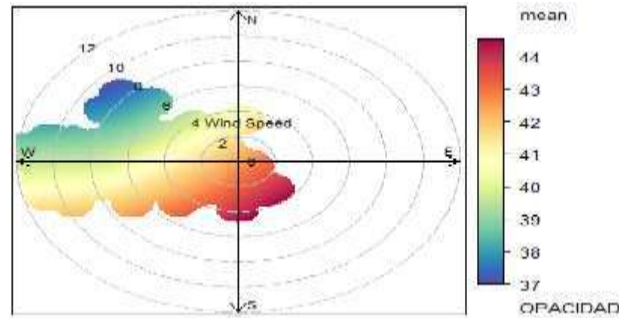
De los 103 vehículos medidos la emisión de gases (opacidad) en el Cantón La Maná se realizó un corrido de datos en el software R y se obtuvo que el 33%, supera los estándares permisibles, establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207: límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diésel. Mientras que el 67% cumplen los límites máximos permisibles.

Minería de datos (data mining), para la simulación de la dispersión del nivel de opacidad en Rstudio y openair.

Para el análisis y simulación en el software Rstudio y el paquete Openair se realizó una base de datos conocida como (data minig) , relacionando el promedio total del contaminante (opacidad) con los factores meteorológicos: dirección , velocidad del viento y temperatura, el porcentaje de opacidad se obtuvo del promedio de las tres mediciones, mientras que los datos de los factores meteorológicos fueron tomados del archivo meteorológico en línea (meteoblue) para el Cantón la Maná a 212 msnm, estableciendo: 0° = Norte, 90° = Este, 180° = Sur, y 270°= Oeste.

Representación gráfica de la simulación.

Figura 6: Distribución geográfica del nivel de opacidad.

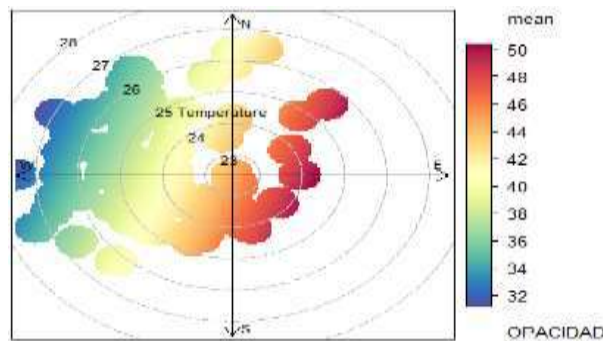


Autor: Grupo de Investigación.

Análisis:

Las dispersiones del contaminante (OPACIDAD) se distribuye geográficamente en la dirección Sur Este (SE), con concentraciones de vientos oscilatorios entre los 2 a 4.5 m/s; mientras tanto en la dirección Sur Oeste (SW) el contaminante se dispersa con vientos predominantes desde los 2 a 7 m/s. Por lo tanto, se puede manifestar que la opacidad generada por los vehículos con motor a diésel se dispersa en grandes cantidades en el espacio geográfico, Este-Oeste (EW) en dirección Sur (S).

Figura 7: nivel de opacidad relacionado con la temperatura



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis:

En la relación de la opacidad y temperatura asociada con la dirección del viento se puede observar cómo la temperatura varía de 23 a 26 °C, presentando una generación difusa del contaminante y generando varios focos calientes que representa la mayor concentración del

nivel opacidad en el espacio geográfico Sur-Este (SE) y en la dirección Norte-Este (NE) con una concentración media del 50 %.

Discusión.

Tabla 4: Muestra total de vehículos medidos la emisión de gases por año de fabricación.

Año modelo	Total de vehículos	Total de vehículos en porcentaje (%)
2000 y posteriores	83	80.5
1999 y anteriores	20	19.5
Total	103	100

Autor: Grupo de Investigación.

Discusión.

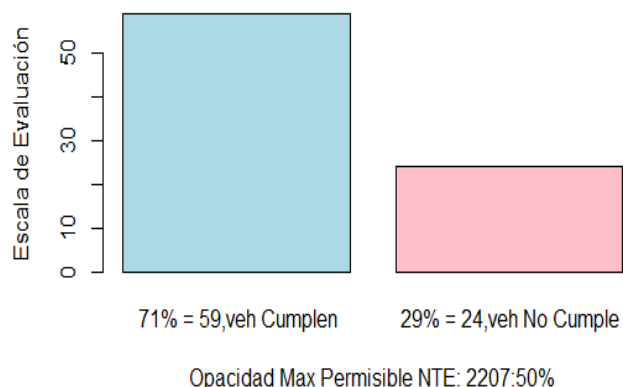
Se identificó en el cantón la Maná una actualización constante de las unidades de transporte que utilizan combustible diésel, siendo así que el parque automotor es superior a modelos con años de fabricación 2000 y posteriores, existiendo un beneficio para el medio ambiente y la sociedad.

Tabla 5: Límites permisibles de opacidad para año modelo 2000 y posteriores y 1999 y anteriores.

Año modelo	Límite máximo NTE INEN 2207 opacidad (%)			Total vehículos
2000 y posteriores	50 (%)	59 Cumplen	24 No cumplen	83
1999 y anteriores	60 (%)	10 Cumplen	10 No cumplen	20

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 8: Análisis de opacidad con año de fabricación 2000 y posteriores

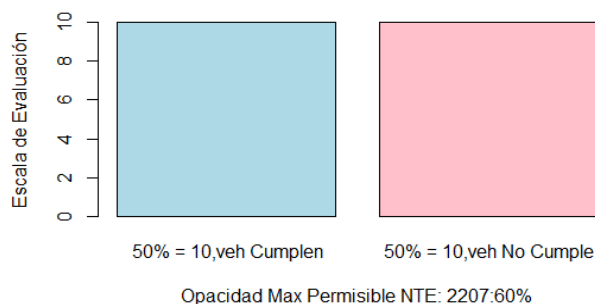


Autor: Grupo de Investigación.

Discusión.

Los vehículos con año de fabricación del 2000 y posteriores se encuentran en una evolución automotriz, buscando una relación amigable con el medio ambiente y la sociedad, renovando día a día sus sistemas integrales de funcionamiento y relacionado de mejor manera sus partes mecánicas y electrónicas como: cámara de combustión y tubo de escape, con el fin de buscar reducir al mínimo las emisiones de gases contaminantes generadas. Por lo tanto, los vehículos con estas características producen una mínima contaminación que no afecta de manera agravante la calidad del aire.

Figura 9: Análisis de opacidad con año de fabricación del 1999 y anteriores



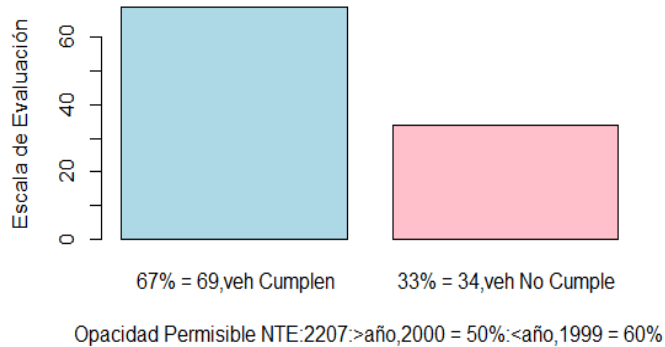
Autor: Grupo de Investigación.

Discusión:

Se identificó que 10 vehículos superan los estándares permisibles, las causas son; que sus partes mecánicas se encuentran desgastadas, que impiden una correcta combustión en el

carburante, es por la falta de mantenimiento preventivo o correctivo. Del total de la muestra tan solo fueron evaluados 20 vehículos con año de fabricación de 1999 y anteriores, por lo tanto se puede estimar que los vehículos con estas características están llegando al final de su vida útil.

Figura 10: **Análisis general, límites permisibles de opacidad.**

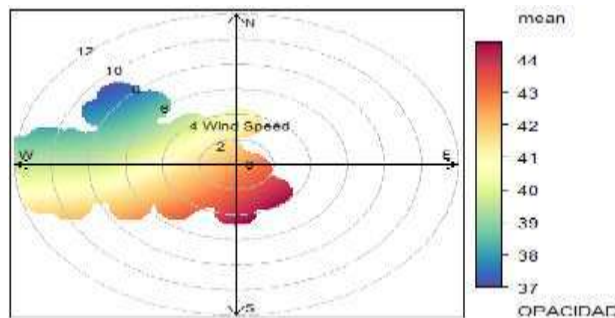


Autor: Grupo de Investigación.

Discusión.

La evaluación del porcentaje de opacidad se realizó a vehículos que circulan a una altitud de 212 (msnm) obteniendo como resultado un gran porcentaje de vehículos que se encuentran dentro del rango permisible, se establece que a menor altura (msnm) existe menor emisión de contaminación de gases producto de la combustión del vehículo, estableciendo una mejor relación entre el combustible y oxígeno lo que provoca una mejor eficiencia en los motores diésel. De la misma manera corroboran los autores Cantos & Toledo, (2015): a mayor altura sobre el nivel del mar la concentración de contaminantes en los gases de escape aumenta debido a que el volumen de oxígeno es menor y por lo tanto habrá un aumento en el consumo de combustible en comparación con la altitud del nivel del mar.

Figura 11: **Distribución geográfica del nivel de opacidad.**

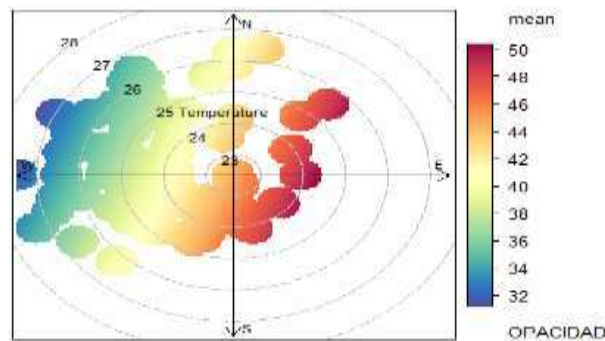


Autor: Grupo de Investigación.

Discusión.

La trayectoria que sigue el nivel de opacidad en el aire y el grado de dispersión dependen de la dirección y la velocidad del viento, estimando que la concentración del contaminante en el foco de emisión es directamente proporcional, es decir, si aumenta el porcentaje de opacidad, aumentara la concentración del contaminante en el foco de emisión, si disminuye el nivel de emisión, disminuye la concentración del contaminante.

Figura 12: Nivel de opacidad relacionado con la temperatura



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión.

El incremento de la temperatura provoca que el nivel de opacidad sea más denso que el aire, haciendo que descienda e impidiendo su flotabilidad provocando altas concentraciones de contaminación, por lo tanto, se establece que entre la temperatura y opacidad existe una relación inversamente proporcional, manifestando que la temperatura es un factor meteorológico muy agravante que impide que la contaminación se disperse con mayor fluidez del foco de emisión, razón por la cual se puede estimar que a mayor ($^{\circ}$ T) temperatura existe mayor concentración del contaminante.

Conclusiones.

- Se realizó las mediciones de opacidad a 103 vehículos del cantón la Maná en la Empresa Pública de Movilidad tránsito y transporte de la Mancomunidad de Cotopaxi, sede la Mamá, donde se indicó los porcentajes de opacidad aplicando la metodología y el procedimiento en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202. Los vehículos con motor a diésel dentro del cantón, el 67% no superan los límites máximos permisibles es decir CUMPLEN con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207.

- Aplicando la herramienta polar plot (gráficos polares) se evidencio la concentración y dispersión del contaminante (opacidad) en varias direcciones geográficas, siendo la más predominante es Este- Oeste (EW), con dirección Sur (S), los gráficos polares demostraron la dispersión del contaminante en varias direcciones. Por lo tanto, se puede manifestar que el software Rstudio y openair demostraron ser de gran interés al contribuir con grandiosas ventajas y funcionalidades en el análisis de datos de los contaminantes comunes del aire, por la variedad de salidas que puede generar.

Agradecimiento.

A Dios y al universo por haber conspirado para mantenerme firme y no decaer a pesar las adversidades presentadas durante este gran esfuerzo y dedicación a la investigación.

A los profesores Ing. Oscar Daza, MsC. Patricio Clavijo, Dr. Carlos Mantilla, por estar involucradas en la guía durante el desarrollo de este proceso de investigación.

A los compañeros y co-trabajadores de la Investigación en las áreas adyacentes del estudio, por la ayuda prestada durante el desenvolvimiento de este trabajo en la etapa de campo: Ing. María Viteri, Ing. José Andrade, Dr. Polivio Moreno.

A mis amigos que colaboraron conmigo en diferentes oportunidades: Ing. Mercy Ilbay, Ing. Kalina Fonseca, Lic. Jaime Lema, Ing. Vinicio Mogro.

Al Proyecto de Calidad del Aire, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por el apoyo financiero de la Investigación.

Referencias bibliográficas.

Agudelo, J. (2009) Motores Diésel Turboalimentados, Universidad Antioquia, Colombia.

Avilés, P. (2006). Metodología de la Investigación Científica” Ediciones.

Calle, C. (2014). Departamento de Ingeniería Energética Grupo de Máquinas y Motores Térmicos: Sistemas de Inyección en Motores Diesel. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>

Campus, M. & Marcos, F. (2010) Biodiesel Handling and Use Guidelines NREL Los Bio-combustible.

Cantos, J, & Toledo, J. (2015). Análisis del impacto económico generado por los niveles de servicio de las viabilidades en el centro histórico de la ciudad de Cuenca

Carslaw, D., & Ropkins, K. (2015). Openair: Open-source tools for the analysis of air pollution data. R package version 1.6. Obtenido de <http://CRAN.Rproject.org/package=openair>

- Contreras Vigil, A. M., García Santiago, G., Icaza Hernández, B., & Montiel Yáñez, S. G. (2013). Calidad del aire: una práctica de vida. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>
- Environmental Research Group. (2015). The openair project. Obtenido de <http://www.openair-project.org/>.
- Follos, F. 2012. Lenguaje R aplicado al análisis de datos de calidad del aire. [EN LINEA]: (<http://www.openair-project.org.pdf>.)
- García, P. 2013. Implementación del software estadístico OpenAir para el procesamiento y análisis de la información de la base de datos de la red de calidad de aire de Bogotá. <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/fulltext/ecuador/ecuador.pdf>
- INEC. (2010). Ecuador en cifras. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda>.
- NTE INEN 2 202, (2000) Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre. Quito 2000., Ecuador.
- NTE INEN 2 207, (2002) Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel. Quito 2002., Ecuador.
- OMS. (2012). Las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire.
- Pico, Alejandrina. Gonzales, Ignacio. y Sánchez, Benjamín. (2012). “Contaminación Atmosférica” 1ª. Edición, Editorial: Perú: Lima. 219 p. ISBN: 978-84-362-6523-1
- Porto, J. & Merino, M. (2012). Definición de opacidad. Obtenido de definición de: <http://definicion.de/opacidad/>
- Ramos, H, Bautista, R, (2007). Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de Chiapa. México. [En línea] ([http:// correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas.](http://correlación%20entre%20contaminantes%20atmosf%C3%A9ricos%20y%20variables%20meteorol%C3%B3gicas))
- RStudio. (2015). RStudio: Integrated development environment for R. Boston. Obtenido de <http://www.rstudio.com/>
- Sánchez, A. (2014). Bioestadística Aplicada con R y RKTeaching. CEU San Pablo.
- Sanchez, S. (2009). Motores. Mantenimiento de vehículos autopropulsados. Editex.
- Schimpl, T., & Schult, K. (2016). Description: Opacimetro AVL-Emissiones Diesel. Obtenido de <https://www.scribd.com/presentation/296665137/Opacimetro-AVL>

Para citar el artículo indexado.

Lozano C., Daza O., Clavijo M. & Mantilla C. . (2018). Determinación de los contaminantes mediante la opacidad, producto de la combustión por fuentes móviles a diésel en El Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi. *Revista electrónica Ciencia Digital* 2(4.2), 31-51. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/200/177>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Cambios en las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento de carica papaya utilizando tres recubrimientos comestibles.



Changes in the physico-chemical properties during storage of carica papaya using three edible coatings.

Sandra Gabriela Barrazueta Rojas.¹⁰, Cristina Elizabeth Chacha Curillo.¹¹ Guillermo Xavier Mendoza Zurita.¹² & Jesús Alberto Rodríguez Flores.¹³

Recibido: 05-07-2017 / Revisado: 17-09-2018 Aceptado: 15-10-2018/ Publicado: 28-11-2018

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..201>

The papaya is one of the most economically important fruits in the Ecuadorian Amazon and coast. Diseases are the main causes of post-harvest losses, causing damage to color, firmness and fruit quality. The main objective of this work was to evaluate the effect of three edible coatings based on gelatin, aloe vera and cassava starch against a control in the physicochemical properties of papaya. There were no differences ($P < 0.05$) in the variables: weight loss, texture and soluble solids content between treatments; however, there are numerical differences, the gelatin treatment showed less weight loss (12.00%), greater firmness (92.85 N) and a soluble solids content of (8.48 °Bx); Regarding the variable acidity and pH, the treatment with aloe gel presented lower pH (5.81) and higher acidity (0.17%). The lowest maturity index was achieved with the gelatin (59.00) and aloe vera gel (54.62) coatings. The results obtained show the efficacy of edible coatings in prolonging the useful life of papaya while maintaining its physicochemical properties.

Keywords: Coating, Gelatin, Cassava Starch, Aloe Gel, Papaya.

Resumen.

¹⁰ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, gabybarrazueta@yahoo.es

¹¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, cristinalizza@gmail.com

¹² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, guillomendoza01@yahoo.com

¹³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, jesus.rodriguez.flores.2009@gmail.com

La papaya es una de las frutas económicamente más importantes en la Amazonía y costa ecuatoriana. Las enfermedades son las principales causas de pérdidas postcosecha, generando daños en el color, la firmeza y calidad del fruto. El presente trabajo ha tenido como objetivo principal la evaluación del efecto de tres recubrimientos comestibles a base de gelatina, aloe vera y almidón de yuca frente a un testigo en las propiedades fisicoquímicas de la papaya. No hubo diferencias ($P < 0,05$) en las variables: pérdida de peso, textura y contenido de sólidos solubles entre los tratamientos; sin embargo, existen diferencias numéricas, el tratamiento de gelatina mostró menor pérdida de peso (12,00 %), mayor firmeza (92,85 N) y un contenido de sólidos solubles de (8,48 °Bx); en cuanto a la variable acidez y pH el tratamiento con gel de sábila presentó menor pH (5,81) y mayor acidez (0,17 %). El menor índice de madurez se logró con los recubrimientos de gelatina (59,00) y gel de sábila (54,62). Los resultados obtenidos demuestran la eficacia que presentan los recubrimientos comestibles en la prolongación de vida útil de la papaya manteniendo sus propiedades fisicoquímicas.

Palabras Claves: Recubrimiento, Gelatina, Almidón de Yuca, Gel de Sábila, Papaya.

Introducción.

Las pérdidas postcosecha de frutas a nivel mundial varían mucho, de un 10 a un 80 %, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, mismas que se producen a lo largo de la cadena productiva, desde el momento de la recolección hasta su consumo (FAO, 2005; Park *et al.*, 2014).

En los últimos años, varios tratamientos tales como: atmósferas modificadas o controladas, agua caliente, embalaje e irradiación gamma, se han empleado para superar los problemas de postcosecha de frutas (Martins y Resende, 2013; Özkaya *et al.*, 2016). Otra técnica que está ganando popularidad es la aplicación de recubrimientos comestibles (Hamzah *et al.*, 2013); pudiendo considerarse como una alternativa rentable para la postcosecha, beneficiando al sector frutícola; según (Narsaiah *et al.*, 2015), actúan como barreras frente a la contaminación microbiana e inhiben efectos desfavorables en la fruta entera o mínimamente procesada (Pontigo *et al.*, 2015).

Los recubrimientos son capas delgadas que, aplicados en la superficie de un producto alimenticio, extienden su vida útil puesto que controlan el intercambio de los gases (oxígeno, dióxido de carbono y etileno) involucrados en la respiración (Hamzah *et al.*, 2013); así como también reducen la migración de soluto, la respiración y las velocidades de reacción de oxidación; también, mediante la reducción o incluso la supresión de desórdenes fisiológicos (Cortez *et al.*, 2014; Pavón y Valencia, 2016).

Brasil *et al.* (2012) indican que ayudan a prevenir el daño físico, mejorar el aspecto y reducir la flora microbiana, entre otros; lográndose un mayor tiempo de conservación, sin efectos

nocivos para la salud humana (Han, 2014). Generalmente, estos recubrimientos llevan un ingrediente funcional (sabores, antioxidantes, antimicrobianos). Los aceites esenciales se usan como antimicrobianos naturales, dado que tienen menos toxicidad y mejor biodegradabilidad.

Importancia del problema.

La papaya al ser una fruta tropical climatérica tiene una vida postcosecha corta; lo que implica un alto porcentaje de pérdida de peso, rápido ablandamiento de la pulpa y crecimiento microbiano una vez cosechado el fruto. Bajo condiciones ambientales normales completa su madurez en aproximadamente una semana; su conservación se hace bastante difícil, por tanto, es de suma importancia tener un conocimiento acertado del manejo postcosecha de esta fruta (Albertini *et al.*, 2015; Dambros *et al.*, 2017).

Es importante señalar que los recubrimientos considerados para el desarrollo de esta línea de investigación son orgánicos, tienen valor alimenticio, inocuos y no contribuyen a la contaminación del medio ambiente, debido a su naturaleza biodegradable en comparación con los polímeros sintéticos (Narsaiah *et al.*, 2015).

La presente investigación tiene como objetivo contribuir a la mejora del manejo postcosecha de la papaya, mediante el empleo de recubrimientos comestibles, a fin de reducir las pérdidas en la producción.

Metodología.

Material Vegetal.

Las frutas utilizadas en el presente estudio son las papayas (*Carica Papaya L.*), de la variedad Maradol, procedentes de los cultivos de las comunidades de la parroquia de Sevilla Don Bosco (Morona Santiago - Ecuador). La selección se realizó de acuerdo con (Barquero, 2007), teniendo en cuenta el grado de maduración, tamaño, uniformidad y salud de las frutas, sin contener ningún tipo de suciedad o materia extraña.

Productos químicos y reactivos.

Aceite esencial de naranja con una pureza de 95% en relación (w/w), suministrado por Isabru botanik Ambato – Ecuador, Agua destilada de 99% (w/w) de pureza, de la casa comercial Gabisa, San Antonio – Ecuador, Almidón de yuca (99,9% w/w), gelatina Gel'hada (99,9% w/w), carboximetil celulosa (99,5% w/w) y glicerina con el (99% w/w), suministrados por Cimpa ® s.a.s Bogotá – Colombia.

Elaboración de los recubrimientos comestibles.

Durante el desarrollo de la investigación fueron preparados tres tipos de recubrimientos comestibles, cuyas formulaciones son similares; variando únicamente el componente principal y el agua destilada, en base a las formulaciones del Cuadro 1.

Una vez obtenidas las frutas, fueron clasificadas, procediéndose a un lavado con agua potable; la desinfección se llevó a cabo utilizando agua ozonificada durante 15 min; luego, se colocaron en una mesa de acero inoxidable para eliminar el exceso de agua; con la ayuda de toallas absorbentes se retiró el agua restante.

El proceso de elaboración de los recubrimientos contó de dos etapas: primero se calentó el agua entre 65 y 70 °C, y con agitación constante se adicionó el componente principal, compuesto de: gelatina, gel de sábila, almidón de yuca hidratado, seguido de la glicerina y la carboximetil-celulosa y se agitó hasta su gelatinización; luego, y como segunda etapa, se descendió la temperatura a 25 °C aproximadamente y se agregó el aceite esencial de naranja.

Los frutos obtenidos fueron divididos al azar en cuatro grupos, con 11 papayas cada uno; a continuación, se aplicó a cada una los recubrimientos por aspersión, debido a que la fruta no se pudo colgar, se recubrió por partes.

El almacenamiento se realizó en bandejas de plástico, a una temperatura ambiente de 13 °C, con una humedad relativa del 66,30% (FRN - ESPOCH, 2016).

Análisis físico – químicos.

La pérdida de peso se determinó por el método gravimétrico (Restrepo y Aristizabal, 2010) utilizando una balanza de precisión marca OHAUS, modelo: PA3102.

La textura se realizó de acuerdo con la norma INEN 1909 (2015); usando un penetrómetro marca Qa-supplies modelo: FT 327 con un émbolo de 5 mm. Las mediciones se realizaron en tres puntos de la parte superior (punta), central (zona ecuatorial) y baja (péndulo) de la fruta.

En la medición del pH se utilizó un potenciómetro Testr 30 a prueba de agua, marca: Oakton previamente calibrado con solución buffer de pH 4,0, como se describe en la norma INEN 389 (1986).

La medición del contenido de sólidos solubles se llevó a cabo mediante una lectura directa en el refractómetro digital, marca Atago poket, a $20 \pm 0,5$ °C, Las muestras se obtuvieron de la parte superior, ecuatorial y baja de la fruta (INEN-ISO 2173, 2013a).

El % de acidez titulable se midió según lo establecido en la norma INEN-ISO 750 (2013b), utilizando un valorador de ácido: bureta Dornic Marca BRIXCO.

El cálculo del índice de madurez (IM) se obtuvo mediante el método detallado en INEN (2015).

La determinación de la vida útil de los frutos se realizó en base a los resultados del factor pérdida de peso, aplicando la ecuación de cinética de primer orden (Alvarado, 1996).

Discusión .

Pérdida de peso.

Un porcentaje superior al 5% de pérdida de peso es suficiente para el deterioro de la calidad de las papayas (Almeida *et al.*, 2011); en el Cuadro 2, se puede ver que el tratamiento con gelatina mantuvo este valor hasta el día nueve, mientras que los demás tratamientos presentan valores superiores a partir del día siete.

A los veintiún días de estudio no se mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos; sin embargo, se observaron diferencias numéricas, como se aprecia en el Cuadro 2; siendo menor en las papayas con recubrimientos (Corra y Umaña, 2015), puesto que la papaya es una fruta climatérica: puede seguir madurando, independientemente de que ya no esté en la planta, aumenta su tasa de respiración y la producción de etileno (Gil, 2010), ocasionando la pérdida de peso como materia seca debido a la eliminación de dióxido de carbono; disminuyendo su peso fresco por la eliminación de agua, la cual se pierde principalmente en estado de vapor (y no en estado líquido), a través de rutas primarias tales como: heridas, estomas y cutícula (Carmona, 2001); sin embargo, se ha logrado reducir un 38,68% la deshidratación de la fruta, debido a que el recubrimiento forma una fina capa sobre el alimento y actúa como una barrera semipermeable a gases, tales como: oxígeno, dióxido de carbono y al vapor de agua, reduciendo la velocidad de respiración, transpiración y la deshidratación de los productos recubiertos; y, de esta manera, se retrasa el deterioro de la fruta (Gómez, 2011); demostrando claramente la eficacia de los recubrimientos en la disminución de deshidratación de la fruta, por lo que se considera una buena alternativa para la reducción de pérdidas postcosecha (López *et al.*, 2016; Meneses *et al.*, 2017).

El recubrimiento a base de gelatina presenta las mejores características en este parámetro, puesto que desarrollan muy buenas propiedades de barrera al oxígeno, lo que ayuda a controlar el intercambio de gases entre el fruto y el medio ambiente, retrasando la maduración y senescencia de la fruta (Guerrero y Vázquez, 2013).

Textura (firmeza).

La firmeza influye sobre la percepción de calidad y se relaciona con la hidrólisis de componentes de la pared celular, pérdida de azúcares, degradación del almidón y pérdida de turgencia, ya que a medida que avanza el proceso de maduración y senescencia, se produce un debilitamiento de las paredes celulares y posteriormente el ablandamiento (Barco *et al.*, 2011).

Según Bogantes y Mora (2013), para transportar a destinos alejados (exportación) se requiere de una resistencia a la penetración (firmeza) mínima de 80 N; las frutas con recubrimiento de la presente investigación mantienen este parámetro hasta el día veintiuno mientras que las del tratamiento control quedan fuera a partir del día siete, como se indica en la **Cuadro 2**.

Los resultados obtenidos a partir del día nueve, presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre el tratamiento control y con recubrimientos, este comportamiento observado está relacionado con la protección que brindan los recubrimientos

comestibles en la fruta, ocasionando modificaciones de la composición gaseosa interna, disminuyendo la tasa de respiración y la degradación de los compuestos de la pared celular, confiriéndole una mejor resistencia a los daños mecánicos durante el manejo (Achipiz *et al.*, 2013; Castro *et al.*, 2017).

A los veintiuno días de estudio se puede notar una reducción de pérdida de firmeza en un 30,95%, comprobando que los recubrimientos comestibles retardan el proceso de maduración, el mismo que está directamente relacionado con este parámetro, ya que medida que este progresa, la firmeza disminuye (Zambrano *et al.*, 2017), la acción de enzimas como las hidrolasas, inducidas por el etileno, que degradan los hidratos de carbono poliméricos, debilitan las paredes celulares y las fuerzas que mantienen unidas las células unas con otras, considerando que los recubrimientos comestibles no detienen los procesos fisiológicos solamente los retrasan (Umaña *et al.*, 2011). El tratamiento de gelatina es el que mostró los mejores resultados debido a sus buenas propiedades mecánicas y estructurales, garantizando una mejor resistencia de la fruta a los daños mecánicos y, en consecuencia, una mayor durabilidad (Quintero *et al.*, 2010).

Contenido de sólidos solubles.

La concentración mínima requerida por las normas INEN de sólidos solubles en la pulpa de papaya es de 8 °Bx, la misma que se cumple a partir del día cinco, con una ligera variación en todos los tratamientos (INEN, 2008). En el último día de la experimentación el análisis de varianza no reveló diferencias significativas ($P < 0,05$) como se aprecia en la Cuadro 3; sin embargo, se identificó una diferencia del 9,58% entre los resultados de las papayas con recubrimiento y los del tratamiento control, pudiendo estar relacionado con el retraso del proceso de maduración, dado que los recubrimientos crean una atmósfera modificada en el interior de éstas (Guerrero y Vázquez, 2013; Castro *et al.*, 2017)

La diferencia encontrada en los distintos tratamientos se debe principalmente a que la calidad de la papaya está directamente relacionada con los factores ambientales, tipo de cuidado en el cultivo, forma de cosecha, exposición solar, entre otros, ocasionando una variación entre los frutos incluso dentro de una misma planta, afectando también a otras variables como pH, acidez titulable e índice de madurez (Franco, 2015).

pH

(Moreno, 2011), manifiesta que la porción comestible de la papaya tiene un pH que va entre 4,5 y 6,0. En la presente investigación este valor permanece hasta el día trece con la aplicación del recubrimiento a base de gelatina, en las papayas recubiertas con gel de sábila y almidón de yuca se mantiene hasta el día nueve; en cambio las que no están recubiertas se conservan hasta el día siete, como se ilustra en el Cuadro 3.

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos con gel de sábila y control solamente en el último día de evaluación como se

observa en el Cuadro 3. En el transcurso de los días se apreció un ligero incremento, alcanzando un máximo de 6,43 en el tratamiento control, con aproximadamente 5,86% más que en las frutas con recubrimiento, pues al incrementarse el estado de madurez, los ácidos orgánicos son transformados a azúcares produciendo un aumento de pH y una disminución de la acidez (Torres *et al.*, 2013). Demostrándose que la aplicación de recubrimientos comestibles ayuda a mantener la calidad de las frutas, retrasando las principales causas de alteración a través de diferentes mecanismos (Sánchez *et al.*, 2008).

Acidez titulable.

La acidez determina la concentración de ácidos contenidos en un alimento, hortaliza o fruto, los resultados se suelen expresar dependiendo del mayor contenido de ácido cítrico, málico y/o tartárico en las diferentes frutas y hortalizas, en la presente investigación el ácido cítrico se tomó como referencia, pues es el ácido predominante en la papaya (Domene y Segura, 2014).

Según Alonso (2008), la acidez de la papaya es baja, los valores de ácido cítrico varía de 0,12 a 0,15%. Por otro lado Domene y Segura (2014), manifiestan que la acidez de la papaya puede alcanzar valores de 0,2%; todas las frutas evaluadas en el presente trabajo, registraron valores similares hasta el día veintiuno, como se observa en la Cuadro 4.

El análisis de varianza en el día veintiuno mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el tratamiento sin recubrimiento y el tratamiento con gel de sábila, al comparar los resultados del control frente a los demás tratamientos se puede apreciar una diferencia de 36,36%, puesto que la concentración de ácidos disminuye a medida que los frutos adquieren su madurez de consumo. Aclarando que los recubrimientos retardan el proceso de maduración y senescencia (Acosta *et al.*, 2001; Fernández *et al.*, 2017).

Asimismo, hay que considerar que la papaya no tiene reservas de almidón, los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos de la respiración para la síntesis de nuevos componentes durante el proceso de maduración, causando una disminución de la acidez (Almeida *et al.*, 2011).

Índice de madurez.

Es un parámetro establecido a partir de la cuantificación del contenido total de sólidos solubles y la acidez valorable (Domene y Segura, 2014).

De acuerdo al análisis de varianza hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) en el día veintiuno entre las frutas con recubrimiento de gel sábila, gelatina y el tratamiento testigo, como se aprecia en la Cuadro 6, observándose que el índice de madurez de las frutas del tratamiento control tienen un 28,45% más de madurez en relación a las recubiertas, esto se debe a que el tratamiento control no tiene protección por lo que su avance de madurez es más rápido, aseverando que los recubrimientos comestibles, prolongan la vida postcosecha,

ya que ralentizan el proceso de maduración y senescencia (Guerrero y Vázquez, 2013; Fernández *et al.*, 2017).

Vida de anaquel.

Los aspectos externos como la apariencia, uniformidad, frescura, son factores de la calidad externa que más demandan los consumidores, los cuales se ven afectados por la deshidratación de la fruta como consecuencia de su transpiración lo que significa una disminución de la calidad y aceptabilidad, por ello se ha tomado como referencia este parámetro (López, 2003).

En función de los resultados reportados en la Cuadro 5 a partir de la variable pérdida de peso, se observa que las papayas con recubrimientos de gelatina mantienen sus características físicas aceptables hasta el día quince en comparación a los tratamientos con almidón de yuca, gel de sábila y tratamiento testigo, que presentan doce, once y seis días de tiempo de vida útil.

Conclusiones.

Los recubrimientos comestibles con adición de aceite esencial de naranja evaluados en la presente investigación constituyen Una opción promisoría para mejorar las propiedades fisicoquímicas en el manejo postcosecha de la papaya, puesto que ralentizan los procesos metabólicos de la maduración y mejoran las características sensoriales de la fruta.

Por medio de la presente investigación se ha establecido que los recubrimientos resultan apropiados para alargar el tiempo de vida de anaquel, debido a que independientemente del tratamiento aplicado todos los frutos que fueron recubiertos presentan mejores características fisicoquímicas en relación al tratamiento testigo, destacándose el recubrimiento de gelatina el mismo que logró conservar mejor los parámetros analizados.

Cuadros.

Cuadro 1. Formulaciones de los recubrimientos.

Tratamiento	Componente [%]	Glicerina [%]	CMC [%]	Aceite esencial de naranja [%]	de Agua destilada [%]
Sin recubrimiento	0	0	0	0	0
Almidón de yuca	3	0,75	0,75	1	94,5
Gel de sábila	30	0,75	0,75	1	67,5
Gelatina	3	0,75	0,75	1	94,5

Autor: Grupo de Investigación.

Cuadro 2. Efecto de los recubrimientos en la pérdida de peso [%] y textura (N) de las papayas evaluadas durante 21 días a temperatura ambiente.

Pérdida de Peso [%]	Textura [N]
---------------------	-------------

	3		13		21		3		13		21	
Sin recubrimiento	1,52	a	10,25	A	20,46	a	126,13	a	63,48	b	46,60	B
Gelatina	1,10	a	7,00	A	12,00	a	132,41	a	98,98	a	92,85	A
Gel de sábila	1,23	a	7,30	A	12,65	a	133,35	a	94,73	a	90,34	A
Almidón de yuca	1,17	a	7,92	A	14,29	a	132,59	a	104,57	a	88,89	A
E,E,	0,07		0,19		0,10		5,73		5,21		5,73	
Prob,	0,35		0,23		0,40		0,80		0,00		0,00	

Autor: Grupo de Investigación.

N: Newton; E.E.: error estándar; Prob.: probabilidad; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

Cuadro 3. Efecto de los recubrimientos en contenido de sólidos solubles (°Brix) y pH de las papayas, evaluadas durante 21 días a temperatura ambiente.

	Sólidos Solubles [°Bx]						Ph					
	3		13		21		3		13		21	
Sin recubrimiento	8,58	A	9,28	a	9,57	a	5,88	a	9,28	A	9,57	a
Gelatina	7,86	Ab	8,41	ab	8,48	a	5,80	a	8,41	ab	8,48	a
Gel de sábila	8,58	A	7,56	b	8,98	a	5,82	a	7,56	B	8,98	a
Almidón de yuca	7,25	B	8,06	ab	8,50	a	5,87	a	8,06	ab	8,50	a
E,E,	0,31		0,30		0,48		0,05		0,30		0,48	
Prob,	0,04		0,02		0,38		0,71		0,02		0,38	

Autor: Grupo de Investigación.

E,E,: Error estándar; Prob.: probabilidad; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

Cuadro 4. Efecto de los recubrimientos en acidez titulable (ácido cítrico, %) y el índice de madurez de las papayas evaluadas durante 21 días a temperatura ambiente.

	Acidez titulable [%]			Índice de madurez		
	3	13	21	3	13	21

Sin recubrimiento	0,15	a	0,13	a	0,11	b	59,18	a	74,44	A	84,84	a
Gelatina	0,15	a	0,16	a	0,15	ab	51,18	a	51,70	A	59,00	b
Gel de sábila	0,15	a	0,15	a	0,17	a	58,65	a	52,19	A	54,62	b
Almidón de yuca	0,15	a	0,14	a	0,13	ab	49,55	a	60,54	A	68,50	ab
E,E,	0,02		0,03		0,01		0,33		0,60		4,88	
Prob,	0,97		0,72		0,04		0,43		0,36		0,01	

Autor: Grupo de Investigación.

E,E,: error estándar; Prob.: probabilidad; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

Cuadro 5. Cálculos de la vida útil en base a la pérdida de peso de las papayas evaluadas durante 21 días.

Días	Tiempo [s]	Logaritmo natural [ln]			
		(Sin recubrimiento)	(Gelatina)	(Gel de sábila)	(Almidón de yuca)
3	259 200	0,42	0,10	0,21	0,16
5	432 000	1,09	0,79	0,93	0,88
7	604 800	1,55	1,22	1,35	1,32
9	777 600	1,87	1,51	1,65	1,62
11	950 400	2,13	1,78	1,89	1,87
13	1 123 200	2,33	1,95	1,99	2,07
15	1 296 000	2,50	2,11	2,13	2,26
17	1 468 800	2,67	2,19	2,23	2,42
19	1 641 600	2,86	2,31	2,38	2,47
21	1 814 400	3,02	2,48	2,54	2,66
LnCo		0,46	0,23	0,38	0,27
lnC		1,55	1,51	1,35	1,32
K		2×10^6	1×10^6	1×10^6	1×10^6
lnC – lnCo		1,09	1,28	0,97	1,05
t (s)		544 250,00	1 281 700,00	970 500,00	1 046 600,00
t (días)		6	15	11	12

Autor: Grupo de Investigación.

ln: logaritmo natural de cada variable; lnCo: valor inicial; lnC: valor límite; lnC – lnCo: Diferencia entre valor límite y valor inicial; k: Constante; t: tiempo de vida útil.

Referencias bibliográficas.

- Achipiz, S., A. Castillo, S. Mosquera, J. Hoyos y D. Navia. (2013). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Rev. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*. 2(2):92-101.
- Acosta, M., D. Nieto, J. Domínguez y F. Delgadillo. (2001). Calidad y tolerancia en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) a la inoculación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., en postcosecha. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 7(1):119-124.
- Albertini, S., A. Lai, J. Moreno, G. Sarriés y M. Fillet. (2015). Effects of chemical treatments on fresh-cut papaya. *Rev. Food Chemistry*. 190:1182-1189.
- Almeida, A., J. Reis, D. Santos, T. Vieira y M. Costa. (2011). Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Rev. Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2(1):49-60.
- Alonso, M. (2008). Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo solo, introducidos en Cuba. *Rev. Agronomía Costarricense*. 32(2):169-175.
- Alvarado, J. (1996). Principios de ingeniería aplicados en alimentos. Primera Edición. Ecuador. 530p.
- Barquero, J. (2007). Agrocadena de Fresa. La Cera de Abeja. *Botanical-online*. Disponible en: <http://www.botanical-online.com/ceradeabeja.htm>. Fecha de consulta: abril 2017.
- Barco, P., A. Burbano, S. Mosquera, H. Villada y D. Navia. (2011). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración del tomate. *Rev. Lasallista de Investigación*. 8(2):96-103.
- Bogantes, A. y E. Mora. (2013). Incidencia y severidad de la antracnosis en líneas e híbridos de papaya (*Carica papaya*). *Rev. Agronomía Mesoamericana*. 24(2): 411-417.
- Brasil, I., C. Gomes, A. Puerta, M. Castell y R. Moreira. (2012). Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *Rev. LWT - Food Science and Technology*. 47(1):39-45.
- Carmona, G. (2001). Rol de la temperatura en el almacenamiento de productos frescos. Consejo Nacional de Producción. Disponible en: http://www.cnp.go.cr/biblioteca/poscosecha/guias_tecnicas/3431-5.pdf. Fecha de consulta: abril 2017.
- Castro, M., M. Mantuano, J. Coloma y S. Santacruz. (2017). Utilización de Películas

Comestibles de Almidón de Yuca y Ácido Salicílico en la Conservación de Papaya (Carica papaya L.). Rev. Politécnica. 39(1): 7-12.

Corra, G. y G. Umaña. (2015). Efecto de ceras como complemento a la inmersión hidrotérmica sobre la calidad en la fruta de papaya (Carica papaya L. híbrido Pococí). Rev. Agronomía Costarricense. 39(1):91-105.

Castro, M., V. Espinoza, Y. García, M. López, R. Molina y E. Lavayen. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (Pyrus communis L. cv. "Bosc"). Rev. La Técnica: revista de las agrocencias. 40(2):42-53.

Cortez, W., S. Pizato, J. Andreghetto y C. Prentice. (2014). Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut «Formosa» papaya. Rev. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 22:197-202.

Dambros, D., A. Rocha, E. Da Silva, S. Rodrigues y S. Alves. (2017). Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in papaya. Rev. Caatinga. 30(3):786-793.

Domene, M. y M. Segura. (2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. Cajamar (Ficha de transferencia: 005). Disponible en: <https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/fichas-de-transferencia/parametros-de-calidad-interna-de-hortalizas-y-frutas-en-la-industria-agroalimentaria/>. Fecha de consulta: marzo 2017.

Facultad de Recursos Naturales de la Escuela superior Politécnica de Chimborazo (FRN – ESPOCH). (2016). Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.

Franco, A. (2015). Prácticas de precosecha y cosecha que influyen en la poscosecha. Bogotá. pp. 3-19.

Fernández, N., D. Echeverría, S. Mosquera y S. Paz. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Rev. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 15(2):134-141.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2005). Pérdidas en la manipulación después de la cosecha. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/009/j5778s.html>. Fecha de consulta: Abril 2017.

Gil, A. (2010). Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Segunda Edición. Médica

Panamerica, Madrid. pp. 66-69.

Gómez, E. (2011). Recubrimientos para frutas y hortalizas. V curso internacional tecnología poscosecha y procesamiento mínimo. Cartagena. pp. 1-15.

Guerrero, M. y J. Vázquez. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. Rev. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 7(7):5-14.

Hamzah, H., A. Osman, C.Tan y F. Ghazali. (2013). Carrageenan as an alternative coating for papaya (Carica papaya L. cv. Eksotika). Rev. Postharvest Biology and Technology. 75:142-146.

Han, J. (2014). Innovations in Food Packaging. Second Edition. Academic Press, TX, USA. 624p.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). NTE INEN 389. (1986). Conservas Vegetales - Determinación de la Concentración de ión Hidrógeno (pH). Norma Técnica Ecuatoriana. Requisitos, Pub. L. No. NTE INEN 389. Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). NTE INEN 2337. (2008). Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Norma Técnica Ecuatoriana. Requisitos, Pub. L. No. NTE INEN 2337. Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). NTE INEN 1909. (2015). Frutas frescas. Tomate de árbol. Norma Técnica Ecuatoriana. Requisitos, Pub. L. No. NTE INEN 1909. Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). NTE INEN-ISO 2173. (2013a). Productos vegetales y frutas - determinación de sólidos solubles - método refractométrico (IDT). Norma Técnica Ecuatoriana. Pub. L. No. NTE INEN-ISO 2173. Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). NTE INEN-ISO 750. (2013b). Productos vegetales y de frutas - determinación de la acidez titulable (IDT). Norma Técnica Ecuatoriana. Pub. L. No. NTE INEN-ISO 750. Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). NTE INEN 1755. (2015). Frutas frescas. Aguacate. Norma Técnica Ecuatoriana. Requisitos, Pub. L. No. NTE INEN 1755. Ecuador.

López, A. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/Y4893S00.HTM>. Fecha de consulta: Abril 2017

López, E., D. Fernando, C. Ruano, L. Yurani, J. Andrade y O. Mora. (2016). Evaluación de

un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Acta Agronómica*. Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia. 65(4):326-333.

Martins, D. y E. Resende. (2013). Quality of Golden papaya stored under controlled atmosphere conditions. *Rev. Food Science and Technology International*. 19(5):473-481.

Meneses, K., S. Santacruz y J. Coloma. (2017). Conservación de yuca (*Manihot esculenta*) con recubrimiento a base de harina de cáscara de plátano. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. 40(2):105-112.

Moreno, E. (2011). Papaya – Carica Papaya. *Boletín Bioextracto* No. 70. Disponible en : <http://www.todonatural.net/?p=67>. Fecha de consulta: enero 2016.

Narsaiah, K., R. Wilson, K. Gokul, H. Mandge, S. Jha, S. Bhadwal, K. Rahul, R. Malik y S. Vijb. (2015). Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf-life of minimally processed papaya (*Carica papaya* L.). *Rev. Postharvest Biology and Technology*. 100:212-218.

Özkaya, O., D. Yildirim, Ö. Dündar y S. Tükel. (2016). Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and modified atmosphere packaging on postharvest storage quality of nectarine fruit. *Rev. Scientia Horticulturae*. 198:454-461.

Park, H., Byun, Y., Kim, Y., Whiteside, W., & Bae, H. (2014). Processes and Applications for Edible Coating and Film Materials from Agropolymers. En J. Han (Ed.), *Innovations in Food Packaging (Second Edition)*, pp. 257–275). Plano, TX, Estados Unidos: Elsevier.

Pavón, D. y S. Valencia. (2016). Efecto de recubrimientos comestibles compuestos a base de goma tara en la calidad poscosecha de frutilla (*fragaria ananassa*). *Rev. Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 17(1):65-70.

Pontigo, A., M. Trejo y A. Lira. (2015). Desarrollo de un recubrimiento con efecto antifúngico y antibacterial a base de aceite esencial de orégano para conservación de papaya ‘Maradol’. *Rev. Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 16(1):58-63.

Quintero, J., V. Falguera y A. Muñoz. (2010). Films and edible coatings : importance , and recent trends in fruit. *Rev. TUMBAGA*. 5(1):93-118.

Restrepo, J. y I. Aristizabal. (2010). Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. *Rev. Redalyc*. 17(3):252-263.

- Sánchez, L., M. Vargas, C. González, M. Cháfer y A. Chiralt. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. VIII Congreso SEAE Bullas 2008. Disponible en: https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/5%20P.%20CALIDAD/calidad3.pdf. Fecha de consulta: marzo 2017.
- Torres, R., E. Montes, O. Pérez y R. Andrade. (2013). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Rev. Información tecnológica*. 24(3):51-56.
- Umaña, G., C. Loría y J. Gómez. (2011). Efecto del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características físicoquímicas de la papaya Híbrido Pococí. *Rev. Agronomía Costarricense*. 35(2):61-73.
- Zambrano, J., A. Valera, M. Maffei, W. Materano, I. Quintero y K. Graterol. (2017). Efecto de un recubrimiento comestible formulado con mucílago del cactus (*Opuntia elatior* Mill.) sobre la calidad de frutos de piña mínimamente procesados. *Rev. Bioagro*. 29(2): 129-136.

Para citar el artículo indexado.

Barrazueta S., Chacha C., Mendoza G. & Rodríguez J. . (2018). Cambios en las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento de *Carica Papaya L* utilizando tres recubrimientos comestibles. *Revista electrónica Ciencia Digital* 2(4.2), 52-67. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/201/178>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del vino usando distintos niveles de bentonita.



Improvement of the physico-chemical properties of wine by using different levels of bentonite.

Cinthia Vanessa Carrión Gutiérrez.¹⁴, Sandra Gabriela Barrazueta Rojas.¹⁵ Guillermo Xavier Mendoza Zurita.¹⁶ & Mercedes Leticia Lara Freire¹⁷.

Recibido: 08-07-2017 / Revisado: 19-09-2018 Aceptado: 11-10-2018/ Publicado: 28-11-2018

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2.202>

The research was carried out in the food processing laboratory from Animal Sciences Faculty at ESPOCH, in order to assess three levels of bentonite adding (0,03;0,04 and 0,05%) for clarification of wine, with four experimental units of a liter of wine before fermentation; used four replicates per treatment distributed under a completely randomized design. It establishes that the physical and chemical characteristics are higher applying 0,05% of bentonite (T3), registering wines with lower turbidity of 0,34 Nephelometric Turbidity Unit (NTU), a value of optimum pH (3,54), and colorimetry indices of (63,68%) and transmittance with (0,37 Y). The features color was favored without affecting the appearance, smell and taste. Thus economic analysis determined that when bentonite is not used, the cost per liter of wine is \$ 4,07, which value decreases with increasing addition of bentonite, T1 (0,03%), T2 (0,04%) and T3 (0,05%) with 3,76; 3,62 and \$ 3,55 respectively, the higher benefit/cost relation was recorded in wine T3 treatment with 1,13 or 13% of return. So it is recommended to use the treatment with 0.05% of bentonite because the physical, chemical and sensory characteristics are favored.

Keywords: Bentonite, Turbidity, Physical And Chemical, Colorimetry

¹⁴ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, cinthiacarito@hotmail.com

¹⁵ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, gabybarrazueta@yahoo.es

¹⁶ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, guillomendoza01@yahoo.com

¹⁷ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, letylarafreire@gmail.com

Resumen.

La investigación se realizó en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, se evaluó la adición de tres niveles de bentonita (0,03; 0,04 y 0,05%) para la clarificación de vino, con cuatro unidades experimentales de un litro de vino antes de fermentar, empleándose cuatro repeticiones por tratamiento distribuidos bajo un diseño completamente al azar. Estableciéndose que las características físico químicas son superiores al aplicar 0,05% de bentonita (T3), registrándose vinos con la menor turbiedad (0,34 NTU), un valor de pH más óptimo (3,54), índices de colorimetría de (63,68%) y transmitancia de (0,37 Y). Se favoreció las características de color, sin afectar la apariencia, olor y sabor. El análisis económico determinó que cuando no se utiliza bentonita, el costo por litro de vino es de 4,07 dólares, valor que va disminuyendo a mayor adición de bentonita, T1 (0,03%), T2 (0,04%) y T3 (0,05%) con 3,76; 3,62 y 3,55 dólares respectivamente, la relación beneficio/costo más alta, fue registrada en el vino del tratamiento T3 que fue de 1,13 o 13% de rentabilidad. Por lo que se recomienda utilizar el tratamiento de 0,05% de bentonita, ya que las características físico químicas y sensoriales son favorecidas.

Palabras Claves: Bentonita, Turbiedad, Físico Químicas, Colorimetría.

Introducción.

Uva, composición bioquímica y su aporte al vino

El vino es una bebida milenaria proveniente de la uva. Los diferentes suelos y climas junto a la variedad vinífera, tienen una incidencia directa sobre el sabor, color y aroma del vino, estos tres factores, unidos a la forma de elaboración, son los que determinan la singularidad del producto final.

La Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, reporta que de acuerdo a estudios realizados por Conde, C. (2007), los diferentes tejidos que forman la uva, contribuyen a la composición final del mosto y del vino. La pulpa aporta el agua que constituye entre un 80-90 % del volumen del vino, componentes como la glucosa y fructosa, los ácidos orgánicos, fundamentalmente los ácidos málico y tartárico. Deribere, A. (1952), indica que los ácidos málico y tartárico constituyen más del 90% de los ácidos orgánicos del fruto y su concentración determina la acidez total de la uva; el ácido málico se acumula a niveles muy elevados en las uvas verdes y su contenido se reduce drásticamente durante la maduración, por el contrario, los niveles de ácido tartárico permanecen bastante constantes y elevados en las uvas maduras.

Para la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular SEBBM (2014), el hollejo contribuye con un gran número de compuestos del metabolismo secundario que en su conjunto aportan al vino características varietales. Entre los compuestos fenólicos solubles se distinguen tanto flavonoides como no flavonoides, existiendo dentro de los flavonoides los antocianos, que son los pigmentos responsables del color de la uva, del vino tinto y

rosado. Otros flavonoides relevantes son los flavanoles o catequinas en sus formas libres o polimerizadas que confieren sabor amargo y astringencia al vino y por lo tanto contribuyen de manera importante a la percepción de su estructura en la boca. <http://www.sebbm.com>. (2014)

Doval, M. (2010), informa que los flavonoides se encuentran tanto en los hollejos como en las semillas y son particularmente importantes en los vinos tintos debido a su proceso de elaboración, el hollejo y la pulpa contribuyen con el aroma, finalmente el exocarpo de la piel y en menor medida el endocarpo acumulan proteínas que sirven como fuente de nitrógeno para el proceso de fermentación y que persisten en el vino afectando a su sabor, claridad y estabilidad.

Clarificación.

Ruíz, M. (2002), indica que la clarificación de los vinos es una práctica realizada en enología, los fines que se persiguen con la clarificación es que se acelere la eliminación de materias que enturbian el vino por un procedimiento más rápido que el de sedimentación y trasiego. Las pectinas son hidratos de carbono, químicamente polímeros de ácido galacturónico y forman parte del grupo de los hidrocoloides, sustancias capaces de unirse a cantidades importantes de agua formando coloides, la capacidad de la unión de las pectinas y el agua es la que causa el problema de turbidez.

Ruíz, M. (2002), reporta que la filtración es un proceso en el que se acelera el aclarado y brillantez de los vinos, se puede conseguir un vino limpio con mayor rapidez, pero no siempre se puede alcanzar un vino totalmente claro, por lo que se recurre a la acción de un tratamiento diferente, con la ayuda de clarificantes.

El clarificante actúa sobre la parte físico química del vino, no solo aclara el vino, sino que también mejora sus características de finura y disposición para la crianza y su añejamiento, la clarificación evita que a futuro existan posibles enturbiamientos, aún no presentes, que podrían haber sido originados por sustancias existentes en el vino, ya que al utilizarlo se puede acortar la acción del oxígeno durante la crianza de ciertos tipos de vinos, limitando a una primera fase su conservación en vasija de madera, y siendo conveniente un embotellado para terminar su añejamiento.

Causas del enturbiamiento.

Feduchy, E. (1955), manifiesta que las causas del enturbiamiento son muy diversas y a su vez complejas, estas pueden ser de origen biológico, químico físico, químico o varios de ellos conjuntamente. La estabilización contra enturbiamientos de origen biológico, se da de la siguiente manera, si el vino está sano o tiene elevado grado alcohólico, se consigue fácilmente por procedimientos naturales, pero si el vino no es sano y desde un principio presenta problemas de enfermedades microbianas, o tiene residuos azucarados y con poco

grado alcohólico, se recurre a procesos como la pasteurización o filtración esterilizantes para conseguir aquella, los enturbiamientos que pertenecen al grupo de enturbiamientos no microbianos en su mayoría son eficazmente combatidos, tanto preventiva como curativamente, por la acción de un clarificante.

Principales clarificantes vínicos.

De acuerdo a Feduchy, E. (1955), el vino apenas descubado se presenta turbio, esto se debe a partículas en suspensión, fragmentos de tejido vegetal, levaduras, cristales de bitartrato de potasio mantenidos en el líquido debido al movimiento generado por el desprendimiento del CO₂, la naturaleza y composición de los clarificantes.

Al terminar la fermentación se van sedimentando las partículas más gruesas y luego las de dimensiones más pequeñas y así el vino se va auto-clarificando, esta sedimentación de las partículas responde por una parte a su tamaño y peso, y por otra, a la resistencia que ofrece la viscosidad del vino a la caída de ellas.

Clarificantes minerales, se considera que su acción es generalmente mecánica o física, aunque también hay muchos casos en los que al ser disgregados en agua, dan lugar a dispersiones coloidales, son conocidos como minerales terrosos, y tenemos tierras clarificantes, bentonitas y tierras activas. Sánchez, A (2013).

Clarificantes orgánicos, todos los clarificantes orgánicos actúan por floculación, clasificándose en dos grandes grupos, entre los que tenemos a las albuminas, caseinas y otro grupo de gelatinas y colas. (Doval, M. 2010).

Bentonita.

Mendoza, J. (2010), menciona que la bentonita es una arcilla compuesta esencialmente por minerales del grupo de las esmectitas, con independencia de su génesis y modo de aparición. Las esmectitas le confieren sus características, y estas a su vez están compuestas principalmente por montmorillonita y beidelita, las bentonitas también se componen en menor cantidad por minerales como cuarzo, feldespato, mica, illita y caolín.

El primer yacimiento de bentonita fue encontrado en Europa, ubicado en Montmorillon, al sur de Francia, de ahí la denominación montmorillonita.

Garcés, I. (2008) En ocasiones las bentonitas se someten a procesos físicos y químicos, que tienen por objeto potenciar algunas de sus propiedades para determinadas aplicaciones, desde el punto de vista industrial, son muy importantes los procesos destinados a modificar las propiedades de superficie del mineral, mediante tratamientos de distinta naturaleza (tratamiento ácido, térmico, o de polarización), o bien orientados a modificar el quimismo del espacio interlamina.

Se utiliza en la manufactura de adhesivo, cementos y filtros de cerámica, también en procesos de clarificado de agua, vino, en aprestos y preparaciones para la construcción, en tratamiento

de aguas residuales, útil en las industrias del papel, cerámica, plásticos y del caucho, otras aplicaciones incluyen alimentación animal, materiales dentales y cosméticos.

Clasificación de la bentonita.

Kendall, T. (2008), menciona que los criterios utilizados por la industria se basan en su comportamiento y propiedades físico químicas así la clasificación más aceptable, se la realizó en función a su capacidad de hinchamiento en agua, según este criterio distinguen tres tipos principales: bentonitas altamente hinchables o sódicas, bentonitas poco hinchables o cálcicas y bentonitas moderadamente hinchables o intermedias

Características de la esmectita (bentonita)

Hebia, R. (2008), menciona que el término bentonita es aplicado para un material arcilloso que posee una gran plasticidad, altamente coloidal, están formadas por capas trilaminares unidas entre sí, mediante ligaduras que son liberadas por simple hidratación, dejando más superficie reactiva libre y produciendo un hinchamiento del mineral. En forma natural, la bentonita es una roca blanda y untuosa, de color beige claro a oscuro, amarillo verdoso y excepcionalmente blanco cremoso o verdoso.

Hebia, R. (2008), reporta que las características físico químicas se derivan del tamaño de sus partículas, las cuales son extremadamente pequeñas, de sus capas trilaminares que permiten su hinchamiento en presencia de líquido y de su potencial eléctrico. Entre sus propiedades físico-químicas tenemos: superficie específica, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de absorción, hidratación e hinchamiento, plasticidad.

De lo expuesto anteriormente se plantea analizar la calidad físico-química del vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonite (0,03%; 0,04%; 0,05%) identificando la dosis óptima de bentonita que resulta más eficiente y aceptable frente a un análisis organoléptico (color, olor, sabor y apariencia).

Materiales y métodos.

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el Km 1 ½ de la panamericana Sur en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, con una duración de 120 días en los cuales se evaluó los diferentes niveles de bentonita (0.03%, 0.04% y 0.05%), utilizando en este caso 4 tratamientos con 4 repeticiones con un tamaño experimental de 4 Lt, teniendo un total de 16 unidades experimentales. Bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), el esquema del ADEVA se presenta en el cuadro 1. Mientras que los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

Análisis de varianza (ADEVA) para las diferencias en las variables del análisis físico químico.

Pruebas no paramétricas para la valoración de las características organolépticas en función de Prueba Rating Test (Witting 1981).

Separación de medias mediante Duncan al nivel de Significancia $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$.

Material vegetal.

La uva (*vitis vinífera*) utilizada en la presente investigación pertenece a la variedad Cabernet Sauvignon, proceden del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba (Ecuador).

Productos químicos y reactivos.

El metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) utilizado tiene una pureza de 98% en relación (w/w) y fue suministrado por la casa de los químicos de la ciudad de Quito (Ecuador).

La levadura utilizada fue la cepa *Saccharomyces cerevisiae* en estado de liofilización.

Fosfato de amonio.

Bentonita.

Proceso.

- Recepción y selección: La materia prima principal es la uva, estas deben encontrarse en buen estado, para lo cual se desechan aquellas que no se encuentren en buenas condiciones organolépticas y físico químicas.
- Lavado y pesado: Se realiza el lavado de las frutas con agua limpia, para eliminar impurezas que pudieran estar adheridas, posteriormente pesamos la fruta para poder formular y pesar los ingredientes posteriores.
- Trituración: Se desprende el grano de uva del raspón a la vez que se exprimió para romper el hollejo, liberar la pulpa y parte del mosto, facilitando la fermentación de éste y la extracción del color.
- Encubado: La pasta procedente de la trituración se deposita inmediatamente en el recipiente donde se realizó la fermentación y se dejó en reposo por un día.
- Corrección del mosto: Se realiza la medición de grados brix del mosto, se lo enriquece con la adición de jugo concentrado de la fruta o adición de azúcar hasta que llegue a 23 °Brix.
- Sulfitado: Se adiciona metabisulfito de sodio, de 100-150ppm, evitando que ocurra oxidación y que haya cambios de color indeseables, además ayuda a controlar la presencia de microorganismos no deseados.
- Reposo: Se deja reposar el mosto por aproximadamente 24 horas, así el mosto estará listo para recibir nutrientes, mismos que servirán de alimentos a las levaduras.
- Adición de nutrientes: Se añade fosfato de amonio (150 ppm), como activador de la fermentación.
- Inoculación: Adicionamos 0.5 g de levadura seca por litro de mosto.

- Fermentación alcohólica: Se deja reposar el contenido, así las levaduras se alimentan de los azúcares y los transforman en alcohol.
- Trasego: Se realiza después de 12 a 18 días, consiste en trasegar el vino del depósito donde se encuentra a otro, donde terminará la fermentación.
- Clarificación: El vino es bastante turbio y contiene muchas materias sólidas en suspensión por lo que comienza la fase de operaciones que lo conducen a conseguir estabilidad y limpieza mediante la utilización de bentonita.
- Envasado: El producto obtenido fue envasado en botellas de vidrio previamente esterilizadas.

Prueba organoléptica.

Prueba Rating Test (Witting 19981).

Color, 5 puntos.

Olor, 5 puntos.

Sabor, 5 puntos.

Apariencia, 5 puntos.

Pruebas físico químicas.

Colorimetría (Glories 1984. Características cromáticas de los vinos tintos).

Turbidez (Test de estabilidad por calor).

Absorbancia (Método de las coordenadas seleccionadas de Hardy).

pH (Método potenciométrico).

Resultados.

Evaluación de los análisis físico químicos aplicados a los vinos clarificados con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Turbidez

Al realizar el análisis estadístico de la turbidez, se registraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), entre los tratamientos, estableciéndose que esta, decreció a medida que en el proceso de clarificación se utilizó un mayor nivel de bentonita. Es por ello que la menor turbiedad se registró en el tratamiento T3 con 0,34 NTU; en tanto que los tratamientos T0, T1 y T2 presentaron valores de 8,61; 4,2 y 1,62 NTU en su orden.

Existe un enturbiamiento microbiológico provocado por la proliferación de bacterias y levaduras y un enturbiamiento físico químico debido a la presencia de los sólidos en suspensión, la bentonita por intercambio iónico forma una suspensión coloidal negativa, que neutraliza la carga positiva de las proteínas, produciéndose la sedimentación.

Los resultados obtenidos en la presente investigación guardan relación con lo reportado por Elena Recio, E. (2002), quien indica que al termino de 48 horas de la etapa de la clarificación

en los vinos tratados con bentonita obtuvo una turbiedad igual a 10,6 NTU; en tanto que en el tratamiento testigo (sin clarificante) obtuvo en la misma etapa una turbiedad igual a 17 NTU, lo cual indica que la clarificación con bentonita puede ser reproducida en diferentes medios de producción obteniéndose resultados funcionales similares.

Colorimetría.

Al realizar el análisis estadístico de colorimetría se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), por efecto de los diferentes niveles de bentonita estableciéndose que en el tratamiento T3, se obtuvieron las respuestas más altas con 63,68%, en tanto que para los tratamientos T2 y T3, se obtuvieron respuestas menores con valores para cada tratamiento de 62,97% y 62,44% en su orden, finalmente en el tratamiento donde no se aplicó bentonita T0 se presentaron las respuestas más bajas correspondientes a la medición del índice colorimétrico, cuyo valor promedio fue igual a 61,22%.

La bentonita, absorbe polifenolasas, que son enzimas que degradan a los polifenoles, los mismos que son responsables del color de las uvas y por lo tanto del vino, las respuestas obtenidas en la presente investigación se encuentran justificadas por lo indicado en el Instituto Nacional de Vitivinicultura, donde se señala que el índice colorimétrico se ve influenciado por la presencia de las especies colorantes propias del vino, las cuales disminuyen si en este se encuentran sustancias ajenas a la composición deseada del producto en particular.

Transmitancia.

Al realizar el análisis estadístico de la transmitancia se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), por efecto de los diferentes niveles de bentonita entre las medias de las repuestas de la coordenada cromática Y, obteniendo un valor para el tratamiento T3 (0,05%) y T2 (0,04%), de 0,17 y 0,18 respectivamente, finalmente en los tratamientos T1 y T0, se presentaron las respuestas más alta, cuyo valor promedio fue igual a 0,19 para ambos casos, el análisis de la transmitancia para la coordenada cromática X, no reporta diferencias significativas entre los diferentes niveles de bentonita utilizados, obteniendo un valor promedio de 0,37 ya que esta coordenada indica el color del vino, mientras que la coordenada Y indica su tonalidad.

Mediante la absorción de polifenolasas, la bentonita elimina la fracción coloidal de la materia colorante para que esta no pueda volver a precipitar, si la materia colorante indeseada disminuye su concentración, el color del producto se modificará a nivel de ser imperceptible por el ojo humano, ya que dichas partículas solo pueden verse a nivel microscópico, esta respuesta se basa en lo expuesto por Ribéreau, P. (1998), que indica que la clarificación mineral del vino en este caso con bentonita, conlleva a la eliminación de la materia colorante coloidal inestable, ya que su acción se centra principalmente en las antocianinas polimerizadas

y sobre los taninos poliméricos, teniendo como resultado vinos sin pérdida irrelevante de color y con menos astringencia.

pH

Al realizar el análisis estadístico del pH se evidencia que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0,001$), al aplicar 0,05% de bentonita, se obtiene el valor de pH de 3,32, siendo este el valor más bajo, mientras que en el tratamiento T0 (0.00%), se obtuvieron vinos de menor acidez, es decir de mayor pH, cuyo valor promedio fue de 3,74. Por ende en los restantes tratamientos (T1; 3% de bentonita y T2; 0,04% de bentonita) se obtuvieron resultados de pH intermedios, cuyos valores medios fueron de 3,58 y 3,43 en su orden.

Mediante intercambio iónico, las especies básicas del vino que entran en contacto con la bentonita quedan retenidas en los espacios intercristalinos propios de la estructura molecular de la misma, por lo que al utilizar mayor cantidad de bentonita, la concentración de estas especies decrece, lo que genera que el pH del vino disminuya.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo descrito en <http://www.acofarma.com>, donde se indica que la bentonita es una arcilla natural que contiene una porción elevada de silicato de aluminio coloidal hidratado de origen natural, en el que algunos átomos de aluminio y silicio pueden haber sido sustituidos por otros átomos, como el magnesio, el calcio y el hierro, cuya composición principal es $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$, en los espacios intercristalinos de su superficie y en el interior del cristal, quedan retenidos iones por intercambio iónico, inoes de una solución al entrar en contacto con las moléculas de bentonita, es posible que dichos iones queden retenidos en la molécula separándose de la solución.

Evaluación de los análisis organolépticos aplicados a los vinos clarificados con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%)

Color.

Los valores de intensidad colorante obtenidos con las diferentes dosis de bentonita presentan valores muy similares por lo que no reportan diferencias estadísticas ($P < 0,24$) entre tratamientos, estableciéndose las calificaciones más altas en el tratamiento T2 (0,04%), con medias de 3,63 puntos, en tanto que en los restantes tratamientos T0 (0.00 %); T1 (0,03%) y T3 (0,05%), se registraron respuestas inferiores, cuyos valores fueron de 3,50; 3,13 y 3,25 puntos respectivamente.

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Rating test.

La bentonita absorbe enzimas causantes de la degradación del color en los vinos, tal como se indica en los resultados obtenidos mediante los análisis espectrofotométricos y

colorimétricos, estas enzimas solo pueden ser vistas mediante microscopio, por lo que al aplicar los diferentes niveles de bentonita, cambia la tonalidad del producto, siendo este cambio imperceptible al ojo humano, razón por la cual el panel de analistas no logró percibir diferencias entre el color de las diferentes muestras.

Lo que es corroborado con las apreciaciones de Sánchez, A. (2013), quien reporta que el color que presentan los vinos es debido a la pigmentación global del mismo. Al respecto Víctor, M. (2006), indica que los clarificantes aportan brillantes y resaltan los colores del vino y que la disminución de los fenoles en el vino son imperceptibles a la vista.

Olor.

En la valoración del olor no se registraron diferencias estadísticas por efecto de los diferentes niveles de clarificador bentonita ($P > 0,53$), ya que las pérdidas de compuestos volátiles durante la clarificación son limitadas y poco perceptibles, estas puede provocar una disminución pequeña de la intensidad aromática, pero puede favorecer la fineza del aroma en vinos tintos.

Podemos observar que el tratamiento T0 (0,00%) tiene una valoración de 3,38 puntos, tratamiento T1 (0,03%) las repuestas de mayor valor con 4,12 puntos, y que desciende en los tratamientos T2 y T3 (0,04 y 0,05%) a calificaciones de 3,75 y 3,63 puntos respectivamente.

La razón por la cual no se registraron diferencias en cuanto al olor de los vinos es debido a lo indicado por Conde, (2007), quien reporta que el olor de los vinos se debe a los componentes característicos del mismos, sobre todo de los fenoles volátiles que tienen aromas muy fuertes frente a los componentes que se encuentran ajenas a la composición regular del producto, como la presencia de elementos contaminantes que enmascaran el aroma fuerte de los componentes regulares, por lo cual resulta difícil poder identificar diferencias en la composición del vino únicamente con un análisis de olor.

Sabor.

En el análisis estadístico del sabor de los vinos clarificados con bentonita no se registraron diferencias estadísticas ($P > 0,88$), con respecto al nivel de bentonita. En el tratamiento T2, se establecieron las mayores calificaciones, con 3,63 puntos, en tanto que para los restantes tratamientos T0 T1; y T3; se registró una calificación media de 3,50 puntos, para todos los casos.

Con la aplicación de bentonita en la clarificación de vino, se logra la remoción de los excesos de sólidos en suspensión, los cuales principalmente son de carácter orgánico y con la maduración sufren deterioro químico y biológico generando la presencia de sustancias amargas y desagradables al gusto. En todos los tratamientos donde se aplicó bentonita la calificación del sabor de los vinos se encuentra dentro del rango de aceptable para la percepción de los consumidores.

Las respuestas obtenidas en la valoración del sabor de los vinos guardan relación con lo indicado por (Usseglio-Tomasset, 1998), quien reporta que el sabor de los vinos es caracterizado principalmente por la presencia de los fenoles, compuesto que por su polaridad no presentan afinidad electrostática con los iones de la bentonita, por lo que su concentración no se verá afectada producto de la clarificación.

Apariencia.

Al analizar los resultados correspondientes a las calificaciones de la apariencia de los vinos clarificados con diferentes niveles de bentonita no se registraron diferencias estadísticas ($P < 0,33$) entre las medias estableciéndose en el tratamiento T3 (0,05% de bentonita), las calificaciones más altas correspondientes a la apariencia, cuyo valor promedio fue igual a 4,12 puntos, en tanto que en los restantes tratamientos T0 (0% de bentonita); T1 (0,03% de bentonita) y T2 (0,04% de bentonita) se registraron calificaciones medias iguales a 3,50; 3,25 y 3,88 en su orden.

La bentonita, elimina el enturbiamiento físico químico y microbiológico, la limpidez del vino dependerá de la cantidad de bentonita y del tiempo de contacto, lo cual indica que por la tonalidad de los vinos resulta difícil apreciar cambios en su apariencia usando los sentidos, ya que al final del proceso quedan residuos de un enturbiamiento microbiológico imperceptible a la vista, pero con la utilización de equipos instrumentales se establece de manera precisa y exacta la influencia del clarificante analizado sobre la calidad del producto final.

Con la minimización de los sólidos suspendidos por medio de la clarificación con bentonita se logra la estabilidad de la apariencia, en vista a que dichos sólidos con el tiempo van a incrementar su densidad por la aglomeración de los mismos. Si se disminuye la concentración de los sólidos suspendidos se evita el proceso de deterioro explicado, mejorando la calidad del vino y brindando un mayor valor comercial. Luis, B. (2014)

Conclusiones.

- Mediante la utilización de bentonita en la elaboración de vino tinto se pudo observar que se mejoraron ciertos defectos propios de los vinos jóvenes, ya que se obtuvieron vinos con mayor brillantez y menor turbidez y pH, mejorando la calidad físico química del producto, palpándose una considerable reducción del tiempo de proceso, presentando índices colorimétricos propios de vinos sin maduración y la disminución de pH evitando la proliferación de microorganismos que pueden afectar la calidad del producto.
- Identificamos que la dosis óptima de bentonita más eficiente en el proceso de clarificación es de 0,05%, ya que mediante los diferentes análisis físico químicos del presente estudio se pudo apreciar que estas muestras presentaron menor turbiedad

(0.34 NTU) en menos tiempo, índice colorimétrico propio de un vino sin maduración (63.68%), transmitancia de 0.37 X y 0.17 en Y, mostrándose una disminución de la intensidad colorante y pH de 3.32, sin perder sus características organolépticas y reduciendo costos de producción.

- Fialmente de acuerdo al análisis organoléptico se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, pero existen diferencias numéricas, así la mayor puntuación de color y sabor es de 3.63 puntos para el tratamiento 0.04% de bentonita, olor y apariencia 4.13 puntos en los tratamientos 0.03% y 0.05% respectivamente, siendo estos los tratamientos con mayor aceptación por parte de los panelistas en las diferentes características evaluadas.

Cuadros

Cuadro 1. Análisis físico químicos de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	Niveles de bentonita				Prob.	Sig.
	0,00%t0	0,03% t1	0,04% t2	0,05% t3		
Turbiedad	8,61 d	4,2 c	1,62 b	0,34 a	<0.0001	**

Fuente: carrión vanessa (2018)

Cuadro 2. Análisis físico químicos de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	NIVELES DE BENTONITA				Prob.	Sig.
	0,00%T0	0,03% T1	0,04% T2	0,05% T3		
Colorimetría	61,22% a	62,44% b	62,97% c	63,68% d	<0.0001	**

Fuente: Carrión Vanessa (2018)

Cuadro 3. Análisis físico químicos de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	Coor.	Niveles de bentonita				Prob.	Sig.
		0,00%t0	0,03% t1	0,04% t2	0,05% t3		

Transmitancia	X	0,37a	0,37a	0,37a	0,37a	<0.0001	**
	Y	0,19a	0,19b	0,18c	0,17d	<0.0001	**

Fuente: carrión vanessa (2018)

Cuadro 4. Análisis físico químicos de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	NIVELES DE BENTONITA				Prob.	Sig.
	0,00% T0	0,03% T1	0,04% T2	0,05% T3		
pH	3,74 d	3,58 c	3,43 b	3,32 a	<0.0001	**

Fuente: Carrión Vanessa (2018)

Cuadro 5. Niveles de aceptación de los vinos en base a las respuestas de los análisis organolépticos.

Calificación organoléptica	Nivel de aceptación
5	Excelente
5>C>4	Muy buena
4>C>3	Aceptable
3>C>2	Regular
2>C>1	Mala
1>C	No aceptable

Fuente: Witting, E. (1981).

Cuadro 6. Análisis organoleptico de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	Niveles de bentonita				Prob.	Sig.
	0,0% t0	0,03% t1	0,04% t2	0,05% t3		
Color	3,5a	3,13a	3,63a	3,25a	0.24	Ns

Prob. >0,05: no existen diferencias estadísticas.

Prob. <0,05: existen diferencias estadísticas.

Prob. < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

Fuente: carrión vanessa (2018)

Cuadro 7. Análisis organoleptico de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	Niveles de bentonita				Prob.	Sig.
	0,0% t0	0,03% t1	0,04% t2	0,05% t3		
Olor	3,38a	4,13a	3,75a	3,63a	0.53	Ns

Fuente: carrión vanessa (2018)

Cuadro 8. Análisis organoléptico de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	Niveles de bentonita				Prob.	Sig.
	0,0% t0	0,03% t1	0,04% t2	0,05% t3		
Sabor	3,5a	3,5a	3,63a	3,5a	0.88	Ns

Fuente: carrión vanessa (2018)

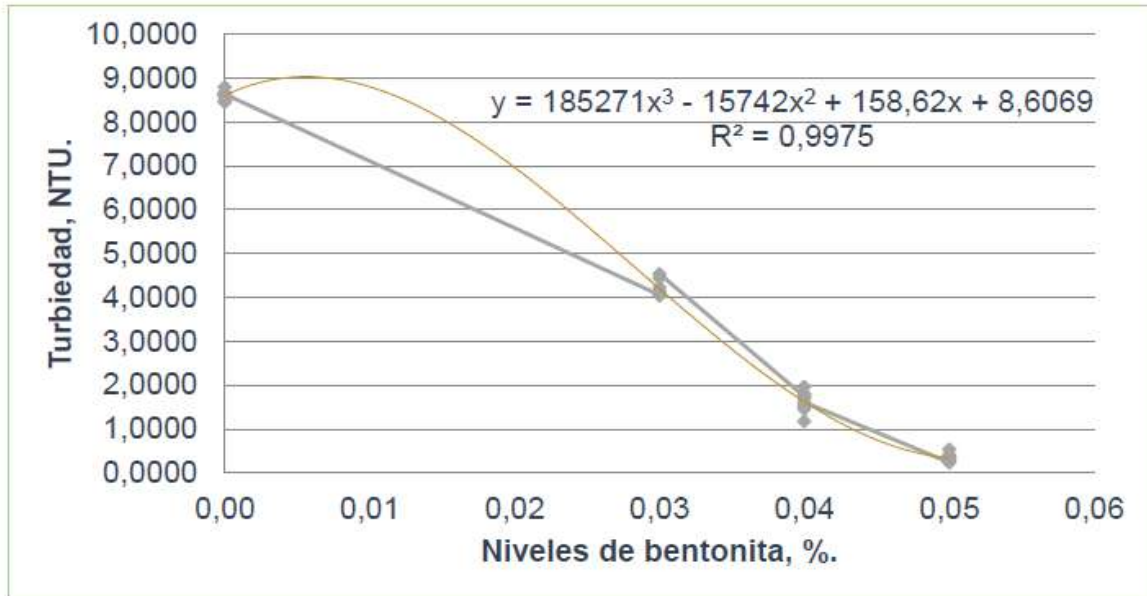
Cuadro 9. Análisis organoléptico de vino de uva clarificado con diferentes niveles de bentonita (0.03, 0.04 y 0.05%).

Variable	Niveles de bentonita				Prob.	Sig.
	0,0% t0	0,03% t1	0,04% t2	0,05% t3		
Apariencia	3,5a	3,25a	3,88a	4,13a	0.33	Ns

Fuente: carrión vanessa (2018)

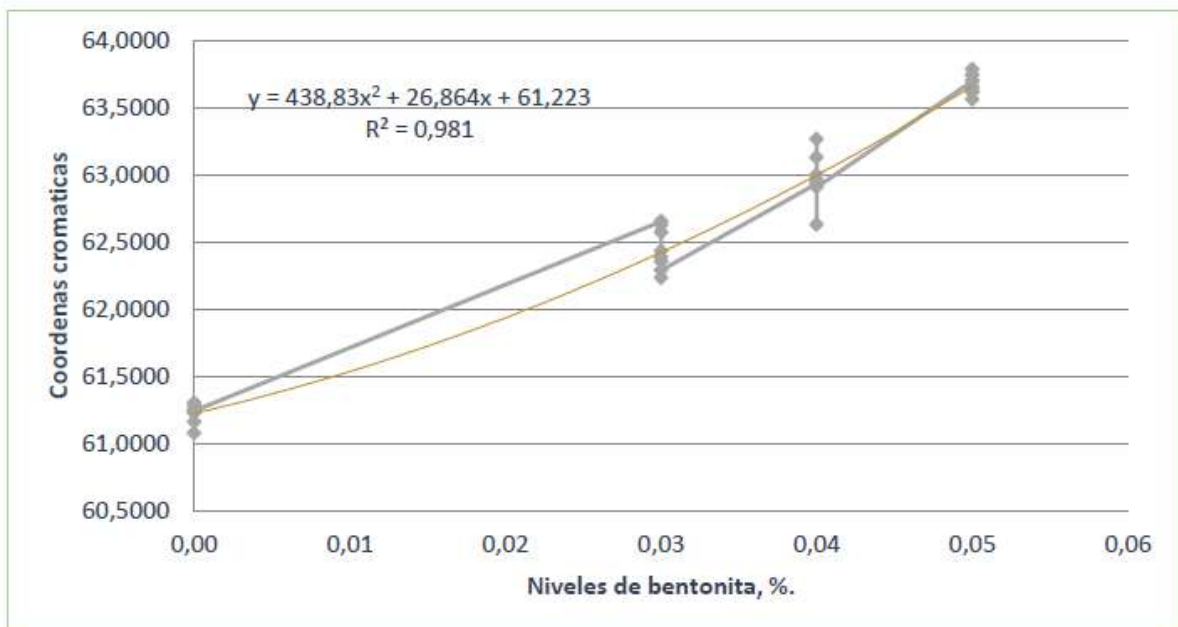
Gráficos

Gráfico 1. Regresión determinada entre los valores de turbiedad de las muestras de vino y los niveles de bentonita



Fuente: Carrión Vanessa (2018)

Gráfica 2. Regresión determinada entre los valores finales de coordenada cromática y de las muestras de vino y los niveles de bentonita.



Fuente: Carrión Vanessa (2018)

Gráfico 3. Valor de las coordenadas cromáticas X de las muestras de vino clarificadas con diferentes niveles de bentonite



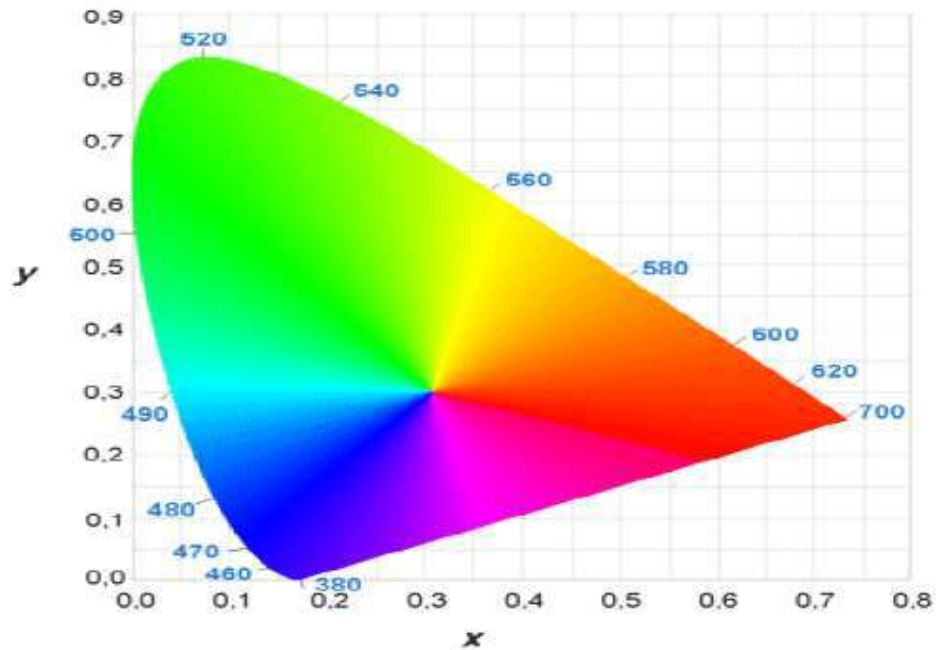
Fuente: Carrión Vanessa (2018)

Gráfico 4. Valor de las coordenadas cromáticas Y de las muestras de vino clarificadas con diferentes niveles de bentonita.



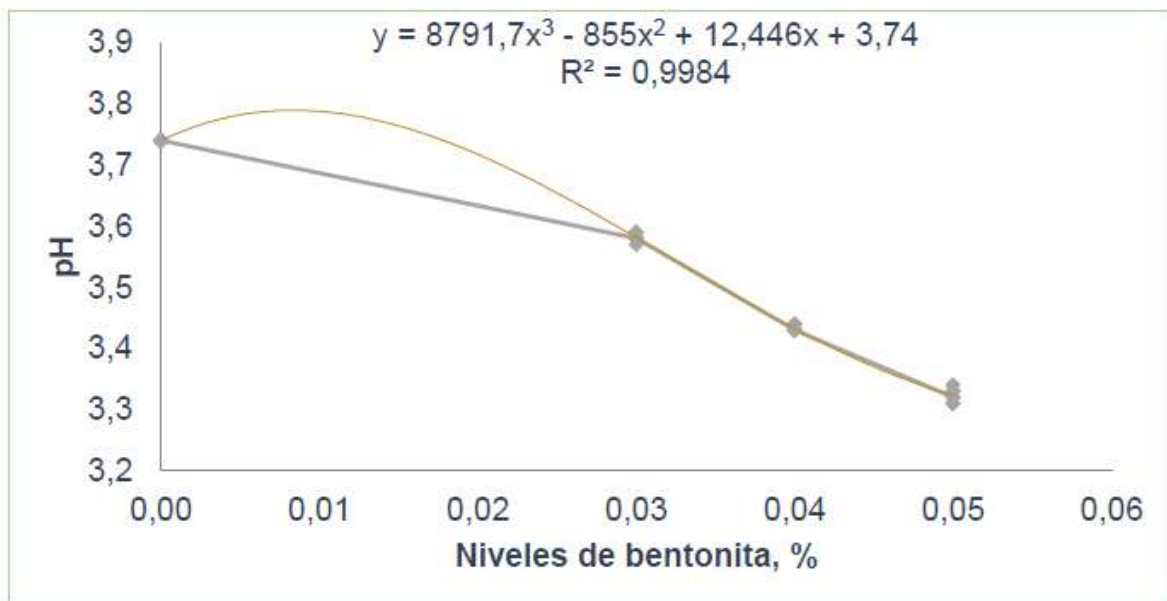
Fuente: Carrión Vanessa (2018)

Gráfico 5. Diagrama cromático CIE X Y Z



Fuente: Comisión Internacional de l'Eclairage (CIE).

Gráfico 6. Regresión determinada entre los valores finales del pH de las muestras de vino y los niveles de bentonite.



Fuente: Carrión Vanessa (2018)

Referencias bibliográficas.

- DERIBERE, M. 1952. La bentonita: arcillas coloidales y sus usos. Madrid, España. Editorial Aguilar S.A. pp. 2-6.
- CONDE, M. 2010. Bentonita, recursos minerales de España. 1ª edición Madrid, España. pp. 45-69.
- FEDUCHY, E. 1955. Clarificación de vinos. 2ª edición Madrid, España. pp 45-58.
- GARCÉS, I. 2008. Minerales industriales, bentonita. 1ª edición. Antofagasta, Chile. Editorial Acribia. pp. 23-26.
- HEVIA, R. 2008. Bentonita, propiedades y usos industriales. Buenos Aires, Argentina. pp. 49-51.
- http://www.az3oeno.com/noticias/pdf/30_protocolo_total.pdf. 2015. OENOFRANCE. Método para determinar la turbidez en vinos.
- http://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo06.pdf. 2012 Universidad de la Rioja. Método de ordenadas seleccionadas de Hardy. Método oficial para la determinación del color. Universidad De La Rioja.
- <http://www.sebbm.com/revista/articulo.asp?id=4822&catgrupo=262&tipocom=24>. 2014. SEBBM (Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular). Estructura y composición de la uva.
- KENDALL, T. 2008. Arcillas, bentonita y motmorillonitas. 2ª edición. Madrid, España. Editorial Acribia. pp. 25-37.
- MENDOZA, J. 2010. Bentonita. Uso de la tecnología de membranas en la clarificación de vinos. Igualada, España. pp. 33.
- RIBÉREAU P. et al. 1998. Tratado de Enología. 2ª edición. Química del Vino. Estabilización y Tratamientos. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 47-65-72-95.
- SÁNCHEZ, A. 2013. Fermentación de *autumn bliss* para la elaboración de vino. Tesis de Química. Universidad Autónoma Del Estado De México.
- USSEGLIO-TOMASSET. 1998. Química enológica. 2ª edición. Madrid, España. Editorial Mundiprensa. pp. 16-44.
- LUIS, B. 2014. La cata de vinos. Barcelona, España. Edit. CIPRO. pp. 52-70.

Para citar el artículo indexado.

Carrión C., Barrazueta S., Mendoza G. & Lara M. . (2018). Mejoramiento de las propiedades físicoquímicas del vino usando distintos niveles de bentonita. *Revista electrónica Ciencia Digital* 2(4.2), 68-87. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/202/179>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Elaboración de un bioactivador a partir de un consorcio microbiano de los géneros: pseudomonas spp., paecilomyces spp. y trichoderma spp. como posible reactivador de suelos erosionados.



Development of a bioactivator from a microbial consortium of genres: pseudomonas spp., paecilomyces spp. and trichoderma spp. as a possible reactivador of eroded soils.

Cristina Calderón.¹⁸ & Soledad Núñez.¹⁹

Recibido: 05-07-2017 / Revisado: 17-09-2018 Aceptado: 20-10-2018/ Publicado: 28-11-2018

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..203>

A descriptive, correlational and experimental investigation was carried out in the Cacha Parish, Province of Chimborazo; with the aim of developing a bioactivator formed by a microbial consortium with the genera *Pseudomonas* spp, *Paecilomyces* spp, *Trichoderma* spp, to reactivate eroded soils. To do this, the physical, chemical and microbiological characteristics of the eroded soil of the area under study were determined. The interaction between strains of *Pseudomonas* spp, *Paecilomyces* spp and *Trichoderma* spp was finally isolated and evaluated for the elaboration of a bioformula. The study population consisted of the nine communities most affected by the erosion problems that are mainly dedicated to agricultural production, selecting a sample of 1 kg of soil from each of the most affected communities. It was concluded that the soil of the Cacha Parish, Province of Chimborazo does not have the optimum physicochemical conditions for the proliferation of microorganisms in the soil, so it can be considered essentially arid. In this sense, the application of the bioactivator elaborated from a microbial consortium of 37.5% of *Trichoderma* spp., 37.5% of *Paecilomyces* spp. and 25% of *Pseudomonas* spp. had raised the indicators of fertility in the area under study.

Keywords: Bioactivator, Erosion, Microorganisms, Fertility, Soil.

¹⁸ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, cristy.gct@gmail.com

¹⁹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, solenu0408@gmail.com

Resumen.

Se realizó una investigación descriptiva, correlacional y experimental en la Parroquia Cacha, Provincia de Chimborazo; con el objetivo de elaborar un bioactivador formado por un consorcio microbiano con los géneros *Pseudomonas spp*, *Paecilomyces spp*, *Trichoderma spp*, para reactivar suelos erosionados. Para ello se determinaron las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo erosionado de la zona objeto de estudio. Se aislaron y evaluaron la interacción entre las cepas de *Pseudomonas spp*, *Paecilomyces spp* y *Trichoderma spp* para finalmente la elaboración de un bioformulado. La población de estudio estuvo constituida por las nueve comunidades más afectadas por los problemas de erosión que son dedicadas principalmente a la producción agrícola, seleccionando una muestra de 1 Kg de suelo de cada una de las comunidades más afectadas. Se concluyó que el suelo de la Parroquia Cacha, Provincia de Chimborazo no cuenta con las condiciones fisicoquímicas óptimas para la proliferación de microorganismos en el suelo, por lo que se puede considerar fundamentalmente árido. En este sentido, la aplicación del bioactivador elaborado a partir de un **consorcio microbiano** de 37,5% de *Trichoderma spp.*, 37,5% de *Paecilomyces spp.* y 25% de *Pseudomonas spp.* tuvo elevó los indicadores de fertilidad en el área objeto de estudio.

Palabras Claves: Bioactivador, Erosión, Microorganismos, Fertilidad, Suelo.

Introducción.

La Parroquia Cacha perteneciente a la provincia de Chimborazo, está conformada por 23 comunidades que se dedican principalmente a la producción agrícola. Es una de las nacionalidades indígenas del Ecuador, pueblo milenario de la nacionalidad Puruhá, tierra y cuna de los reyes Duchicelas que gobernaron la nación Puruhá desde antes de la llegada de los Caras–Shyris. (GAD Cacha, s.f.)

Esta región tiene una zona rural con gran cantidad de áreas enfocadas para el cultivo. Según el INEC (2000), existen 740 000 *ha* de superficie dedicadas a la producción agropecuaria, donde la mayor parte está ocupada por cultivos; encabezando la lista está la papa con una cobertura del 58% de la superficie de cultivo a nivel zonal, seguida por el tomate de árbol (39%), el maíz suave en choclo (35%), maíz suave seco (25%), caña de azúcar (19%), arveja (18%), fréjol seco (12%), plátano (11%), café (6%), cacao (3%) y maíz duro seco (1%). A estos productos se agregan aquellos que corresponden al sector agroexportador, como son las flores, el brócoli y la alcachofa.

Hace décadas, el suelo era productivo y rico en nutrientes y se podía sembrar cebada, papas, maíz, etc. Sin embargo, en la actualidad solo crecen árboles de eucalipto y pino. Se cree que

por esta pérdida de nutrientes en el suelo las actividades agrícolas han disminuido e incluso se observa el abandono de estos terrenos.

Por otra parte, debido a la práctica del monocultivo en ciertas áreas de Chimborazo se cree que con el tiempo podría causar la erosión del suelo. Por tanto, en aras de estimular una agricultura sostenible, es importante elaborar estrategias que permitan, en la medida en que se hace uso de las bondades que ofrece la tierra, mantener los niveles de nutrientes en un estado óptimo.

Existen múltiples estrategias en la actualidad que posibilitan el mantenimiento de los nutrientes en áreas de cultivos. En la agricultura moderna se aplican altos niveles de fertilizantes minerales y otros agroquímicos. Aunque el uso de estos insumos presenta ventajas inmediatas en el rendimiento de los cultivos, se conoce que el uso de estos en cantidades excesivas puede afectar negativamente la calidad y productividad de los suelos agrícolas. Debido a esta situación, el uso de microorganismos benéficos ha cobrado importancia como alternativa a la fertilización química. (Velázquez & Ramos, 2015).

Las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPB) favorecen el crecimiento de las mismas a través de diferentes mecanismos, el más importante: la fijación biológica de nitrógeno. (Caballero-Mellado, 2006, pp. 154-161)

Los microorganismos fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo y potasio se encuentran ampliamente distribuidos en gran diversidad de suelos y cultivos agrícolas, sólo que algunos muestran mayor actividad que otros y sólo algunas especies pueden ser empleados en la formulación de biofertilizantes con aplicación agrícola. (Velázquez & Ramos, 2015, pp. 495-499)

Una fuente favorable de material microbiano para inoculación son las PGPB para uso agrícola (tales como *Azospirillum sp*, *Pseudomonas sp*, y *Bacillus sp*) y hongos MA (micorrizas arbusculares). Muchas plantas nativas responden positivamente a la inoculación mejorando su crecimiento. Sin embargo, aquellos microorganismos nativos que crezcan y sobrevivan en suelos con alta dureza son mejores candidatos para inocular las plantas nativas. (Caballero-Mellado, 2006, pp. 154-161)

Las especies del género *Trichoderma* son los antagonistas más utilizados para el control de enfermedades de plantas producidas por hongos, debido a su ubicuidad, a su facilidad para ser aisladas y cultivadas, a su crecimiento rápido en un gran número de sustratos y a que no atacan a plantas superiores.

En el presente estudio se evalúa la posibilidad de elaborar un bioactivador formado por un consorcio microbiano de *Pseudomonas spp*, *Paecilomyces spp* y *Trichoderma spp* con el cual mejorará la calidad del suelo erosionado de la Parroquia Cacha, provincia de Chimborazo.

Se realizará una caracterización física, química y microbiológica del suelo, así como una evaluación de las interacciones entre el consorcio microbiano que permita su correcta disposición para el preparado del bioactivador.

Importancia del problema.

De acuerdo con observaciones en el área estudiada, se evidenció como el suelo mostró aridez visiblemente, además de escasas especies vegetales, en varias comunidades incluso se observó evidencias de movimientos de tierra, lo que provoca inestabilidad en terrenos, apareamiento de grietas, así como el cuarteamiento de algunas viviendas, posiblemente por el mencionado movimiento de tierras.

Las comunidades que se encuentran a mayor altura tienen mayor cantidad de problemas ya que no cuentan con un sistema de riego, solo están a expensas de las aguas de lluvia.

Los estudios realizados en la última década han mostrado la existencia de la práctica del monocultivo, en el área objeto de estudio, lo cual ha provocado una erosión calamitosa de este suelo. Surge la necesidad de que esta zona sea recuperada para mejorar la producción agrícola que impulsa económicamente al sector, si es que se concluye que el bioactivador recupera los suelos erosionados.

Además, existen varios estudios donde se ha utilizado microorganismos benéficos y ha cobrado importancia como alternativa a la fertilización química, como las cepas de bacterias (*Pseudomonas fluorescens*) y hongos capaces de solubilizar fósforo (*Paecilomyces lilacinus*) y movilizar potasio (*Trichoderma harzianum*) que han aportado significativamente a la recuperación del suelo. Al consumarse la relación planta-microorganismo se puede reducir la degradación de los suelos y optimizar el retorno de energía a los sistemas de producción (Velázquez & Ramos, 2015, p. 497). Es decir que los consorcios microbianos aplicados en suelos erosionados pueden aportar en la recuperación de los mismos.

La presente investigación pretende aumentar la producción en la parroquia mediante la aplicación del bioactivador, incluso esta técnica se podría incluir en el plan nacional del buen vivir, para que se refuerce el sector productivo y se mejore la seguridad alimentaria del país.

Metodología.

Se realiza una investigación descriptiva, correlacional y experimental en el área determinada de suelo erosionado de la Parroquia Cacha: un área de 1091,53 hectáreas. Para ello se agrupa a 9 comunidades que se dedican principalmente a la producción agrícola, y han sido las más afectadas por los problemas de erosión. Donde se selecciona 1 Kg de muestra de suelo de cada una de estas regiones Para el tamaño total de la misma se toman en cuenta solamente 9 comunidades de las más afectadas por la erosión y una no afectada para tener un nivel de comparación en la Tabla 1 se puede evidenciar la superficie en Ha de cada comunidad seleccionada y el total de Ha en agrupación.

El tipo de variables se describen en la Tabla 2

La Parroquia Cacha se encuentra en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, está ubicada a 11 km al este de la ciudad de Riobamba. Latitud: -1,7000, Longitud: -78.6667. Se identificó la localización y los puntos de muestreo en el suelo, según la susceptibilidad a movimientos de masa, informe presentado por el GAD de la Parroquia Cacha, 2015.

Se toman 38 muestras compuestas por las 1091,53 ha del área identificada. Se realiza muestreo compuesto al azar en las nueve comunidades, 4 muestras por las 8 comunidades afectadas y 6 por la comunidad no afectada. Cada muestra conteniendo de 300 a 500 g y tomadas a una profundidad de 20 a 30 cm, ya que en esta profundidad se encuentra la mayor abundancia y actividad microbiana (UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, 2015). Se debe tomar aproximadamente 15 submuestras por hectárea en forma de zigzag y al final realizar la mezcla y obtener una muestra compuesta de 500 g.

Las muestras fueron conservadas a 4°C hasta su procesamiento.

Se realizan los análisis físico-químicos de las muestras tomadas in situ. Los análisis fueron realizados con una sonda la cual mide pH, Temperatura y Humedad. Estos parámetros fueron caracterizados en las 38 muestras.

En cinco días se organizó a los presidentes de cada comunidad para dividir los días de muestreo. Dos comunidades por día y una el quinto día.

Además, se analiza en el Laboratorio de Servicios Ambiental de la Universidad Nacional de Chimborazo los nutrientes de las muestras tomadas: Carbono, Nitrógeno Fósforo y Potasio iniciales. Con estos parámetros se calculó las relaciones Carbono/Nitrógeno, NPK y porcentaje de Materia Orgánica.

Para la dilución de la muestra se pesa 10 g de la muestra de suelo homogenizada, en un Erlenmeyer de 250 mL estéril se colocó 10 g de suelo, se diluyó con 90 mL de agua estéril, con esto se logró una dilución 10^{-1} .

Se prepara 5 tubos de ensayo estériles con un volumen mínimo de 15mL, con 9 mL de agua estéril, rotulados desde 10^{-2} hasta 10^{-6} . Con puntas estériles y una micropipeta de volumen 1000 μ L, se lleva 1mL de la solución 10^{-1} al tubo de ensayo 10^{-2} , se desecha esta punta y con una nueva se tomó 1 mL del tubo 10^{-2} y se lleva al tubo 10^{-3} , este proceso se repite hasta el tubo 10^{-6} .

En cajas petri con agar nutritivo se coloca 0,1 mL de las diluciones 10^{-2} hasta 10^{-6} y se realiza siembra en superficie, extendiendo todo el volumen colocado en el agar cuidadosamente con la ayuda de una varilla de vidrio doblada en "L" previamente esterilizada a la flama del mechero y enfriada. (Aquiahuatl R. & Pérez C., 2004, pp. 68-70).

Para el recuento de heterótrofos se realizan diluciones seriadas con la muestra tomada en cada punto, en caja por superficie por repetición. Se realizan diluciones seriadas hasta la concentración 10^{-5} . Se siembra la dilución 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , y tres repeticiones de cada uno. Se incuban a 35°C se hizo la lectura a las 48 horas: Se cuentan las colonias que se observaron en cada placa y se calculó el número de unidades formadoras de colonias presentes en 1 g de muestra. (Passalacqua, et al., 2014, pp. 13-14).

Para las pruebas de antagonismo se utilizan los hongos *Trichoderma spp.* y *Paecilomyces spp.* previamente cultivados en medio PDA y cultivados durante siete días a 28°C . Los aislados bacterianos de *Pseudomonas* se siembran cada uno en caldo nutritivo durante 24 horas, en condiciones de agitación a 150 rpm y temperatura de 30°C como describe Tejera, et al. (2012). La concentración celular se ajustó a 10^8 cel./mL, tomando como referencia un tubo de referencia a la escala McFarland (Becton, Dickinson and Company, 2005)

Se siembra con la técnica de cultivo dual como describe en su metodología Macedo C., et al. (2012) en el un extremo un bocado de los hongos previamente cultivados con un diámetro de 0,5 cm y en el otro extremo se inoculo 10uL^{-1} de las bacterias ajustadas a la escala de McFarland. Fueron sembradas en medio PDA, incubadas a 28°C durante 7 días, haciendo un control del diámetro de crecimiento cada 24 horas.

El porcentaje de inhibición se calcula con la Ecuación 2-2, como indica en su metodología Ortíz M., et al. (2013):

$$I = \frac{R1-R2}{R1} * 100$$

Ecuación: 2. Cálculo del porcentaje de inhibición.

Donde I = Porcentaje de inhibición en el crecimiento del micelio.

R1 = Crecimiento radial del patógeno sobre el lado opuesto, evaluado en la caja Petri

R2 = Crecimiento radial del patógeno en enfrentamiento

Se midió el grado de inhibición, utilizando la escala que se ha empleado en estudios de micoparasitismo de *Trichoderma* contra fitopatógenos como indica la escala de Ezziyyani *et al.*, (2004) (Véase Tabla 7-2). Mediante observaciones macroscópicas de las placas con los cultivos duales:

Se realiza un conteo de esporas que hay en el área de cada caja Petri de *Trichoderma* y *Paecilomyces*, para esto se utiliza la metodología descrita por Cañedo (2004, p. 41):

Se prepara una suspensión de conidias en agua destilada y con Tween 80 al 0,1%. En este caso se rasparon las cajas con un asa y se agrega 10mL de la solución Tween, la suspensión se filtró a través de una malla o gasa para eliminar grasa o el agar o restos de micelio (Peña S. & Páez M., 2014), se llevó esta dilución a un volumen conocido. Con una pipeta Pasteur se llena la Cámara de Neubauer con la suspensión de conidias y se las cubre con el cubreobjeto. Se observa al microscopio utilizando el aumento 40xs se cuentan las conidias presentes en los cuadrados elegidos.

Para el conteo de esporas se utiliza la formula y la forma de conteo de la cámara utilizada en este caso la Cámara de Neubauer. Gilchrist *et al* (2005), citado en (Peña S. & Páez M., 2014), se las observó con un microscopio óptico con el objetivo de 40x''.

Para conocer el número de levaduras/mL se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{X \text{ levaduras}}{Y \text{ cuadros}} \times \frac{\# \text{cuadros cámara}}{\text{Volúmen cámara}} \times \frac{1000 \text{mm}^3}{1 \text{cm}^3 (\text{o } 1 \text{mL})} = \frac{x \text{ millones de levaduras}}{\text{mL}}$$

Ecuación: 3. Cálculo para conocer el número de levaduras.

La suma de levaduras de los Grupos 1 al 5 nos resulta el valor de X levaduras. La cámara de Neubauer contiene 16 cuadros este número viene a ser el valor de Y cuadros. El # de cuadros de la cámara de Neubauer es de 400 cuadros útiles y tiene un volumen útil de 0,1 mm³

El inóculo de *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp* se prepara en un cultivo en agar PDA con el número de esporas previamente contabilizado. Se adiciona una solución de tween 80 a 0,5% (v/v) en la caja para el desprendimiento de los conidios.

La suspensión resultante se utiliza para realizar el recuento de conidios en cámara de Neubauer y por con siguiente en un Erlenmeyer de 1000 mL, se inocula el 10% (v/v) de esta suspensión con concentración de conidios en 200 mL de caldo nutritivo. Cultivado durante 3 días a una temperatura de 25°C. (Chávez-García, et al., 2013, pp. 245-251)

Se prepara los aislados bacterianos de *Pseudomonas spp.* en caldo nutritivo durante 24 horas, en condiciones de agitación a 150 rpm y temperatura de 30°C como describe Tejera, et al. (2012). La concentración celular se ajusta a 10⁸ cel./mL, tomando como patrón un tubo de referencia a la escala McFarland (Becton, Dickinson and Company, 2005)

Para el sustrato se utiliza arroz, melaza y agua destilada gracias al estudio de Chávez-García, et al. (2013), siendo este uno de los mejores tratamientos para la producción de hongos biocontroladores. En los tratamientos que se emplea la melaza mencionan que es un medio

rico en nutrientes y por lo tanto, facilita el crecimiento de diferentes microorganismos, lo que en este estudio favorece a la microflora del suelo.

En fundas de propileno se coloca 53% (p/p) de arroz, 10%(p/p) de melaza y 37% (p/p) de agua destilada. Todo esto en 1 Kg de mezcla. Posteriormente se sella parcialmente, se autoclava a 115°C, 1 bar de presión y durante 15 minutos.

Se inocula 20 mL de cepa. Las soluciones de *Trichoderma*, *Paecilomyces* y *Pseudomonas* se ajustaron a 75% de hongos y 25% de bacterias. Es decir: 37,5% de *Trichoderma spp.*, 37,5% de *Paecilomyces spp.* y 25% de *Pseudomonas spp.* Se sellaron las fundas herméticamente y se incubaron en una cámara adaptada con lámparas fluorescentes como se muestra en la Figura 7-2 en períodos alternos luz-oscuridad a 35°C, durante 10 días.

Los preparados realizados anteriormente se inocularon directamente en el suelo. Se prepararon macetas para las pruebas como muestra la Figura 8-2, con 1 kg entre las muestras de suelo y el bioactivador, con concentración de 90% (p/p) de muestra y 10% (p/p) de bioactivador. Se homogeniza toda la mezcla y se coloca en un lugar que se adapte a condiciones naturales. Diariamente se controla pH, Humedad y Temperatura. Se realiza un control de descomposición de la materia orgánica a los quince días por observación.

El suelo es una mezcla de diferentes tamaños de partículas de roca y ocasionalmente puede tener materia orgánica, con esto se sabe la cantidad de arena, cieno y arcilla. Con estas cantidades se pudo saber la cantidad de agregados que hay en el suelo lo que influye en los microorganismos. Coyne (2000, p. 138) menciona que “los microorganismos suelen ser más numerosos en los horizontes del suelo ricos en cieno y arcilla, que en capas arenosas intermedias”.

Para esto se siguió la metodología de Duque Escobar & Escobar P., (2016, pp. 48-70): Se seca el suelo al aire y se hizo pasar por una serie de tamices, de aperturas diferentes, decrecientes y conocidos, de arriba hacia abajo. Empieza el tamizado en el tamiz de mayor apertura y termina en una base al final de igual tamaño que los demás tamices y recibe el material más fino. Además se tapa todo el juego de tamices para evitar la pérdida de finos. Con un agitador mecánico se sacude el juego de tamices y se pesa por separado el suelo retenido en cada malla, para sacar el porcentaje de los diferentes diámetros y se compara con la clasificación europea del tamaño de partículas.

Para conocer el índice de germinación se sigue el procedimiento de Gavilanes Terán (2014): se pesa 10g de muestra y se le añade 15 mL de agua destilada, a esta solución se deja 30 minutos en reposo. Pasado el tiempo se le añade 67,5 mL de agua y se agita. Se filtra al vacío en matraces buckner con un papel filtro de 0,45 micras. Se toma 5mL de muestra que se coloca sobre una caja petri con papel filtro y 8 semillas de rábano. Por cada muestra se realiza 10 repeticiones. Se tapan las cajas con papel aluminio para evitar que se sequen y se incuban a 28°C. Después de 48 horas se sacaron las cajas de la estufa y se añade 1 mL de alcohol al

50% para inhibir el crecimiento. Se conta las semillas que germinaron y se mide la longitud de la raíz con el pie de rey (véase Figura 10-2). Este procedimiento se realiza para las muestras sin bioactivador y con bioactivador, es decir 18 muestras y el porcentaje de crecimiento de la raíz %L y el índice de germinación (IG), que se obtiene con la siguiente formula: $IG = (\%G \times \%L) / 100$

Se envia las muestras aplicado el bioactivador después de 15 días de tratamiento para el análisis del porcentaje de Carbono y Nitrógeno como factores principales de control de efectividad en el Laboratorio de Servicios Ambientales de a UNACH.

Para el análisis biológico se repite el proceso de recuento de heterótrofos (refiérase al apartado 2.6 de este capítulo) de las muestras 15 días después de aplicadas el bioactivador.

Resultados.

Se realizaron análisis Físico – Químicos in situ. En la tabla 3 se muestran los resultados de los análisis antes de aplicar el bioactivador.

Es complejo contabilizar la población total de las bacterias en el suelo, puesto que no hay un medio de cultivo único adecuado para todos los grupos, una situación normal en el suelo presenta un crecimiento de 10^8 a 10^{10} (Coyne, 2000, p. 108) La Gráfica 1 indica una población microbiana por debajo de la normal, lo que supone una baja actividad microbiana.

De acuerdo a la escala propuesta por (Bell, et al., 1982) el ensayo no muestra antagonismo entre los hongos *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp*, lo que supone se puede considerar de clase 3 ya que ninguno parece dominar al otro. Después de 7 días de incubación a 28°C y control diario, mediante observación podríamos afirmar que hay una relación benéfica entre los hongos.

La interacción entre *Trichoderma spp.*, y *Paecilomyces spp.*, es benéfica, ninguno causa efectos perjudiciales hacia el otro, y conviven en un medio asociante. Se realiza cinco repeticiones del ensayo, en todos muestra que *Trichoderma spp.*, crecía a una mayor velocidad que *Paecilomyces spp.*, y esto se puede corroborar con el ensayo “control”, lo que ayuda a entender el crecimiento rápido de *Trichoderma spp.*, cuando las dos cepas se estabilizaron al sexto día se pudo notar el crecimiento de *Paecilomyces spp*. Los dos hongos crecieron uno sobre el otro, no presentaron un halo de inhibición, lo que hace suponer que ninguno de los dos inhibe el crecimiento del otro y pueden actuar conjuntamente para un beneficio mutuo.

La presencia de *Paecilomyces* fue verificada mas tarde que las otras especies, esto se presume que se debe al crecimiento lento que presenta *Paecilomyces* obtenido en los ensayos de control, ya que *Trichoderma* coloniza toda la caja mientras *Paecilomyces* no logra ocupar todo el medio a los 7 días de incubación. Por la interacción benéfica entre estos dos géneros se decide elaborar el bioactivador con dichos hongos.

Bacteria – Hongo

Se realizan 6 interacciones para las pruebas de antagonismo entre bacteria y hongo. Cada una con dos repeticiones. Los resultados fueron: antagonismo entre *P. aeruginosa* vs *Trichoderma spp*, la bacteria inhibe el crecimiento normal del hongo. Relación benéfica entre *R. palustris* vs *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp* y el mismo resultado para *Pseudomonas spp* vs *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp*

La interacción entre *P. aeruginosa* con los hongos *Trichoderma* y *Paecilomyces* es negativa, ya que presenta un halo de inhibición, lo que se busca es que la bacteria permita el normal crecimiento al hongo como se puede observar en las interacciones de *Pseudomonas spp.* y *Rhodopseudomonas palustris*, en la interacción con este último el resultado con *Paecilomyces spp* no fue tan favorable como con *Trichoderma spp* el cual logro ocupar el total del medio, mientras que *Paecilomyces spp* logra interacción mas no asociación. Estas interacciones se las puede considerar como grado de inhibición clase 4 por invasión total de la superficie de la bacteria y esporulación sobre ella, pero ninguno parece dominar al otro. La interacción de los hongos con *P. aeruginosa* muestra grado de inhibición 0 ya que presenta ninguna invasión de la superficie de la colonia de la bacteria.

De acuerdo a estudios por Olusola A., et al. (2017) *P. aeruginosa* es antagonista ante patógenos, en este estudio realizan tratamiento con doble inoculación con el hongo *Trichoderma harzianum* menciona que *P. aeruginosa* funcionó en el tratamiento mejor por sí solo que en combinacion de ambos organismos, este resultado podría suponer es debido a la inhibición que esta bacteria tiene con *Trichoderma spp*; *Paecilomyces spp.* es un hongo con características similares en cuanto a funcion y requerimientos energéticos por lo que también presenta inhibición en el crecimiento, con un halo promedio de las tres repeticiones de 0,50 cm con *Trichoderma spp.* y de 0,72 cm con *Paecilomyces spp.*

Debido a estos resultados se elige la cepa de *Pseudomonas spp.* para actuar en conjunto con *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp.* en el bioactivador como controlador de patógenos, además que aporta en el crecimiento de las plantas al colonizar los órganos subterráneos de las mismas, como menciona Cazorla (2000).

Para la inoculación del bioactivador se evalúa el número de esporas por caja dando como resultado $7,28 \times 10^8$ esporas/ml de *Trichoderma spp* y $5,71 \times 10^8$ esporas/ml de *Paecilomyces spp* promedios de las tres repeticiones que se realiza, se muestra detalladamente en la Tabla 4.

Se obtuvo el bioactivador con las proporciones mencionadas en metodología, el número de esporas obtenidas por caja y siete días de incubación intercaladas entre luz y oscuridad, la

Figura 18-3 muestra el crecimiento evidente de la especie *Trichoderma spp* por las pigmentaciones verdes y por las pigmentaciones rosadas el crecimiento de *Paecilomyces spp*.

El suelo muestra grandes cantidades de agregados que según (Coyne, 2000) se adhieren entre sí la arena, el cieno y la arcilla para formarlos, esto podría explicar porque la cantidad de arcilla y limo son casi nulas. El suelo presentó una alta cantidad de humedad, otro posible suceso de la baja cantidad de arcilla y limo. Este hecho, puede repercutir en el tiempo de secado con una extensión de 30 minutos. Al hacer las pruebas texturales de campo se pudo obtener que el suelo presentaba características arcillosas o arcillo limoso, ya que se hizo una bola con el suelo en la mano y al rotarla en la misma mantuvo su forma, y entre otras pruebas similares que los caracterizaban como posibles suelos arcillosos y limosos.

Los resultados a simple vista son favorables en el suelo después de aplicado el bioactivador.

Las barras azules en la Gráfica 2 muestra el índice que alcanzaron, donde se puede apreciar que llegan con corta diferencia al 80% de germinación. Para comprobar estadísticamente que hay diferencias significativas entre los dos tratamientos se asume con normalidad cuando los datos pasan de 50 muestras. Se compara las medias con la Prueba T para muestras independientes en el programa IBM SPSS versión 22.

Por otra parte no existen diferencias significativas en el pH por efecto de los tratamientos aplicados. Las mediciones iniciales en cuanto al pH estaban dentro de las zonas adecuadas. El gráfico 3 muestra la variación del pH antes y después del tratamiento.

En relación a la humedad, las mediciones iniciales en cuanto al porcentaje de Humedad eran visiblemente bajos, este parámetro es uno de los cruciales cuando hablamos de suelos erosionados, la capacidad baja de retención de humedad que tienen estos suelos no les permite mantener este parámetro en buen estado, pero después de aplicado el bioactivador se puede notar que la humedad ha subido significativamente, y esto se demuestra estadísticamente ya que si hay diferencias entre las muestras iniciales sin bioactivador y las muestras finales que presentaron altos porcentajes de humedad, algunos por encima de la ideal como se puede observar en la Gráfica 4.

Existen diferencias significativas en el porcentaje de Carbono por efecto de los tratamientos aplicados. En cuanto a los porcentajes de Carbono iniciales solo la muestra número 5 perteneciente a la comunidad Cauñag se presentaba por debajo de los límites, es decir, se caracterizaba como %C muy pobre y tuvo una notable mejora de 0,95% a 4,73%, como se puede observar en la Gráfica 5, mientras que los otros parámetros se encontraban al borde de lo ideal antes de aplicado el bioactivador, y como se puede observar la mejora es notable.

El porcentaje de Nitrógeno difiere significativamente de la muestra inicial por efecto de los tratamientos aplicados. El porcentaje de nitrógeno aumenta en un 40,14% como muestra la Gráfica 6, comparando las medias, observando independientemente por muestra en la Gráfica

se puede observar que en la M1 y M2 se obtuvo el mismo y por debajo del suelo sin bioactivador.

No existen diferencias significativas en la relación Carbono/Nitrógeno por efecto de los tratamientos aplicados. Las medidas antes del tratamiento muestran un buen rendimiento, mientras se encuentren en el rango de BAJA indica que la materia orgánica da un buen suministro de N, K y S al suelo. La muestra M4 y M6 como se observa en la Gráfica 7 se encontraban en una relación C/N ALTA lo que indica que el suministro de nitrógeno, fósforo y azufre es más lento pero gracias al tratamiento con el bioactivador desarrollado, se puede apreciar que todas las muestras se encuentran en una relación baja lo que es favorable con el suelo en cuanto a los nutrientes.

El aporte materia orgánica en el suelo beneficia la interacción de los microorganismos y los nutrientes disponibles para estos y las plantas. Se evidencian una mejoras comparando las medias de los tratamientos sin bioactivador y con bioactivador. Además, se puede apreciar en el Gráfico 8 que la muestra M5 tuvo una mejora notable en cuanto a este parámetro, ya que sin el tratamiento se encuentra en la zona de materia orgánica muy pobre. Con la aplicación del bioactivador todas las muestras se encuentran en la zona de porcentaje de materia orgánica rico.

El aporte de los nutrientes al suelo por la melaza y el arroz pudieron ser factores que aumentaron la población bacteriana, además de la adición directa del consorcio en el bioactivador. Algunos de los requerimientos esenciales de los microorganismos para crecer son fuentes de carbono, ambientes favorables, pH y temperatura adecuadas, agua, minerales entre otros factores de crecimiento que al aumentar la población se puede deducir que estos parámetros son favorables para la vida microbiana y por ende para la productividad del suelo.

Además, como análisis extra se verifica la presencia de protozoos, un organismo que según (Coyne, 2000) crece cuando hay condiciones ambientales favorables como las que aportan en el crecimiento bacteriano, como el abono, una buena fuente de materia orgánica, nutrientes disponibles, condiciones física-químicas apropiadas, temperatura adecuada y un buen suministro de agua, además que este microorganismo aporta en la presencia de materia orgánica ya que es un depredador y ayuda en la sobrepoblación de la masa microbiana, por lo que se obtiene un buen equilibrio. Se encontró presencia de estos organismos así que se puede decir que el suelo aplicado el bioactivador es favorable para la vida microbiana y adecuado para la producción agrícola.

Discusión.

En la caracterización física-química del suelo se obtuvo un pH en las muestras entre neutro y básico por lo que se puede considerar suelo árido. La humedad se encontró muy por debajo

del límite, todas las muestras tenían escasa humedad oscilando entre 20% y 35%, lo que es considerado por la FAO una humedad no apropiada para la proliferación de microorganismos en el suelo. Los nutrientes como el Carbono se determinó que la mayor parte de las muestras se encuentra en buenas condiciones, la muestra M5 de la comunidad Cauñag presentó un %C muy pobre de 0,95%, Las demás muestras sobrepasaban el 2% de Carbono. El porcentaje de Nitrógeno ayudó a calcular la relación Carbono/Nitrógeno, las muestras de Pucará Quinche M4 y San Antonio de Bashug M6 presentaron una relación C/N alta lo que quiere decir que el suministro de nitrógeno, fósforo y azufre es más lento. Mientras que en la muestra de Verdepamba M7 la relación es media que indica existe un suministro normal de nutrientes por la descomposición de la materia orgánica, las demás muestras presentaron una relación baja y esto quiere decir que el aporte de nitrógeno, potasio y azufre al suelo es bueno. En cuanto a la materia orgánica todas las muestras excepto la M5 se encontraban en los valores ricos de cantidad de materia orgánica presente en el suelo, la M5 de Cauñag se encontraba con un porcentaje de materia orgánica muy pobre.

En la realización de pruebas de antagonismo entre las cepas de *Paecilomyces spp* y *Trichoderma spp*, no se encontraron antagonismos entre los hongos, lo que supone se puede considerar de clase 3 según la escala propuesta por Bell, et al. (1982) ya que ninguno parece dominar al otro, una interacción benéfica, es decir que ninguno de los dos hongos causa efectos perjudiciales hacia el otro, conviven en un medio asociante. En los ensayos Bacteria-Hongo se realizó seis interacciones resultando antagonismo entre *P. aeruginosa* vs *Trichoderma spp*, la bacteria inhibe el crecimiento normal del hongo; relación benéfica entre *R. palustris* vs *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp* y el mismo resultado para *Pseudomonas spp* vs *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp*. La interacción más favorable fue con la cepa *Pseudomonas spp*. la cual se eligió para actuar en conjunto con *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp* en consorcio en el bioactivador.

Se elaboró el bioactivador con un consorcio microbiano contenido por 37,5% de *Trichoderma spp.*, 37,5% de *Paecilomyces spp.* y 25% de *Pseudomonas spp.* en un sustrato de 53% (p/p) de arroz, 10%(p/p) de melaza y 37% (p/p) de agua destilada. En un 1 Kg de preparado. Se determinó que el número de esporas utilizado para la inoculación de este bioactivador es de $7,38 \times 10^8$ esporas/mL de *Trichoderma spp.* y de $5,70 \times 10^8$ esporas/mL de *Paecilomyces spp.* En cuanto a *Pseudomonas spp* se inocula 1×10^8 células/mL.

A partir del análisis para el control de efectividad del bioactivador, se realizó el índice de germinación para las muestras sin bioactivador (SB) y con bioactivador (CB) en el que se obtuvo una media de 25,10% en el tratamiento SB, y 74.90% en el tratamiento CB. En cuanto a análisis físico-químicos se obtuvo que en pH se logró el equilibrio de las muestras, hallando que no existen diferencias significativas por efecto de los tratamientos aplicados.

Respecto al porcentaje de humedad se determinó que la acción del bioactivador fue beneficiosa en cuanto a humedad ya que se obtuvo una mejora de 53,68% y las muestras

aplicadas el tratamiento se ubicaron en el rango de humedad adecuada. En cuanto al porcentaje de Carbono las diferencias fueron significativas y obtuvo una mejora en cuanto a este parámetro, las muestras con el bioactivador se encuentran en lo normal de un suelo fértil. Respecto al porcentaje de Nitrógeno mostró diferencias significativas entre las muestras con un aumento de 40,14%. En cuanto a la relación Carbono/Nitrógeno todas las muestras se ajustaron en el rango de relación C/N BAJA que quiere decir que la materia orgánica da un buen suministro de N, K y S al suelo. En cuanto al porcentaje de Materia Orgánica se evidenció una mejora de 24,32% comparando las medias de los dos tratamientos sin bioactivador y con bioactivador, todas las muestras ajustadas al rango de porcentaje de materia orgánica rico.

En el análisis biológico se determinó una mejora notable ya que antes de la aplicación del bioactivador se encontraban por debajo de la situación normal de UFC/g que debía ser 1×10^8 UFC/g, después del tratamiento se obtuvo: M1 presentó $1,27 \times 10^8$ UFC/g; M2 $1,22 \times 10^8$ UFC/g; M3 $1,20 \times 10^8$ UFC/g; M4 $1,13 \times 10^8$ UFC/g; M5 $1,26 \times 10^8$ UFC/g; M6 $1,34 \times 10^8$ UFC/g; M7 $1,19 \times 10^8$ UFC/g; M8 $1,25 \times 10^8$ UFC/g; M9 $1,16 \times 10^8$ UFC/g. En este parámetro se obtuvo una diferencia del 70,56% en comparación de los tratamientos. Además, se halló protozoos en las muestras de suelo con bioactivador, microorganismo que indica existe una buena fuente de materia orgánica, nutrientes disponibles, condiciones física-químicas apropiadas, temperatura adecuada y un buen suministro de agua, además que este microorganismo aporta en la presencia de materia orgánica en el suelo.

Conclusiones.

- Se pudo determinar que el suelo de la Parroquia Cacha, Provincia de Chimborazo no cuenta con las condiciones fisicoquímicas óptimas para la proliferación de microorganismos en el suelo, por lo que se puede considerar fundamentalmente árido. Esto se pudo constatar en indicadores como el pH y la humedad que resultaron estar en valores desfavorables para la disponibilidad fértil del suelo. Por otra parte, a pesar de que otros indicadores como la materia orgánica, el carbono y el nitrógeno no mostraron valores desfavorables, para que el suelo sea naturalmente fértil es preciso de la interacción de todas las variables en parámetros adecuados. Se confirma de esta manera de acuerdo al análisis fisicoquímico del suelo, la poca fertilidad del mismo.
- Se comprobó que no existe antagonismos entre las cepas de *Paecilomyces spp* y *Trichoderma spp*, por lo que establecen una interacción benéfica, es decir que ninguno de los dos hongos causa efectos perjudiciales hacia el otro, conviven en un medio asociante. Lo que no sucedió en la interacción de Bacteria-Hongo que existió cierta tendencia a la inhibición del crecimiento normal del hongo por parte de las bacterias, resultando la relación más favorable con la cepa *Pseudomonas spp*.
- Se pudo constatar la efectividad del bioactivador, obteniéndose una media de 25,10% en el tratamiento SB, y 74.90% en el tratamiento CB. Se logró el equilibrio del pH de

las muestras, hallando que no existen diferencias significativas por efecto de los tratamientos aplicados. Se obtuvo una mejora de 53,68% de humedad, ubicando a las muestras aplicadas en el rango de humedad adecuada. Las muestras de carbono con el bioactivador se encuentran en lo normal de un suelo fértil. El porcentaje de Nitrógeno mostró diferencias significativas entre las muestras con un aumento de 40,14%. En cuanto a la relación Carbono/Nitrógeno todas las muestras se ajustaron en el rango de relación C/N BAJA que quiere decir que la materia orgánica da un buen suministro de N, K y S al suelo. En cuanto al porcentaje de Materia Orgánica se evidenció una mejora de 24,32% comparando las medias de los dos tratamientos sin bioactivador y con bioactivador, todas las muestras ajustadas al rango de porcentaje de materia orgánica rico. Hubo una mejora general de los indicadores biológicos del suelo que lo predisponen positivamente para la germinación des pues de la aplicación del Bioactivador.

- La elaboración el bioactivador estuvo compuesta por un consorcio microbiano contenido por 37,5% de *Trichoderma spp.*, 37,5% de *Paecilomyces spp.* y 25% de *Pseudomonas spp.* en un sustrato de 53% (p/p) de arroz, 10%(p/p) de melaza y 37% (p/p) de agua destilada, en un 1 Kg de preparado.

Anexos.



Figura 13 Características de un suelo erosionado. Parroquia Cacha, Provincia de Chimborazo

Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Tabla 1 Selección de sectores estratégicos para el estudio

No.	Superficie(Ha)	Nombre de la comunidad	
3	311,63	Chuyuc (Panadero)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Comunidades afectadas por la erosión ■ Comunidades no afectadas representativamente
6	103,02	Cacha Obraje	
4	84,04	San Pedro	
2	43,76	Pucara Quinche	
1	47,95	Cauñag	
7	92,41	San Antonio de Bashug	
9	90,54	VERDEPAMBA	
8	128,16	Machangara	
5	190,02	Cachaton(Pucaratambo)	
Total	1091,53	Ha	

Fuente: (Quishpi, et al., 2015)

Tabla 2 Identificación de variables.

Tipo	Variables	Indicador
Dependientes	Eficiencia del bioactivador	Índice de germinación en el suelo
		Textura del suelo
		UFC/g del suelo
Independientes	pH	Potencial de hidrógeno
	Humedad	% humedad
	Relación C/N	C: N
	NPK	N: P: K
	Crecimiento microbiano	Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

	Materia Orgánica	%MO
--	------------------	-----

Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

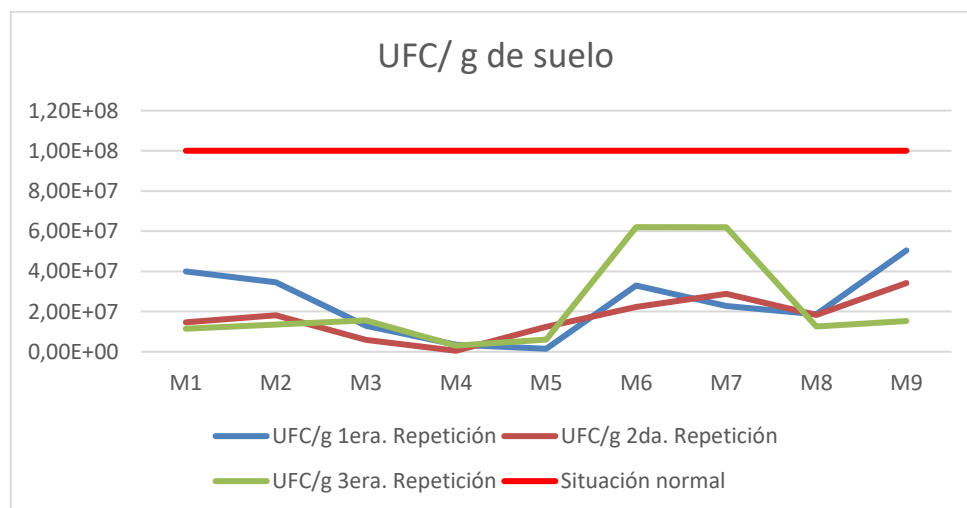
Tabla 3 Caracterización Física - Química del Suelo Parroquia Cacha, Provincia de Chimborazo

PARÁMETROS	MUESTRAS								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
pH	7,60	7,73	6,88	7,00	6,50	6,38	6,63	7,13	6,88
Temperatura (°C)	7,65	12,08	9,98	16,58	16,25	15,50	15,25	15,25	15,75
Humedad (%)	30,13	20,13	22,50	35,00	21,25	21,25	26,25	35,00	17,50
Carbono (%)	3,57	2,11	2,03	4,87	0,42	3,02	3,34	3,29	2,22
Nitrógeno (%)	0,56	1,03	0,42	0,14	0,28	0,24	0,28	0,42	0,70
Fósforo (mg/kg)	2,46	2,44	2,10	2,58	2,76	2,73	2,82	2,40	2,10
Potasio (mg/kg)	2,18	2,51	2,81	2,34	2,94	3,08	3,16	2,20	2,56
C/N *	6,38	2,05	4,83	34,79	1,50	12,58	11,93	7,83	3,17
NPK**	7,65	4,14	5,90	2,69	3,28	4,92	2,76	8,37	14,29
MO*** (%)	6,15	3,38	3,40	8,40	0,72	5,21	5,76	5,67	3,63

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

*C/N (relación Carbono:Nitrógeno), **NPK (Relación Nitrógeno:Fósforo:Potasio), ***MO (Porcentaje de Materia Orgánica)

Gráfica 1 Bacterias por gramo de suelo



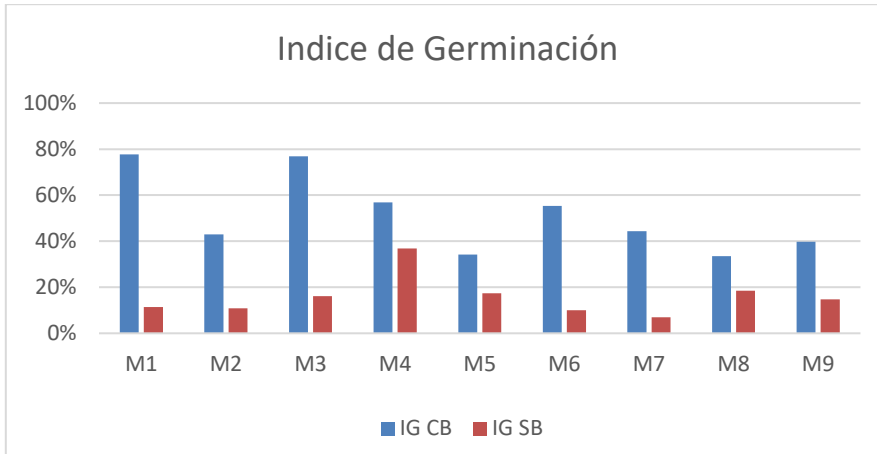
Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Tabla 4 Millones de esporas/ml de los hongos *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp*

Hongos	<i>Trichoderma</i> 1	<i>Trichoderma</i> 2	<i>Trichoderma</i> 3	<i>Paecilomyces</i> 1	<i>Paecilomyces</i> 2	<i>Paecilomyces</i> 3
G1	679	676	650	531	434	520
G2	597	566	550	449	553	500
G3	541	480	569	394	481	380
G4	532	535	520	445	390	399
G5	590	653	598	395	514	450
SUMA	2939	2910	2887	2214	2372	2249
x millones de esporas/mL	734750000	727500000	721750000	553500000	593000000	562250000
	734,75 x10 ⁶ esporas /mL	727,5x10 ⁶ esporas /mL	721,75x10 ⁶ esporas /mL	553,5 x10 ⁶ esporas /mL	593x10 ⁶ esporas /mL	562,25x10 ⁶ esporas /mL

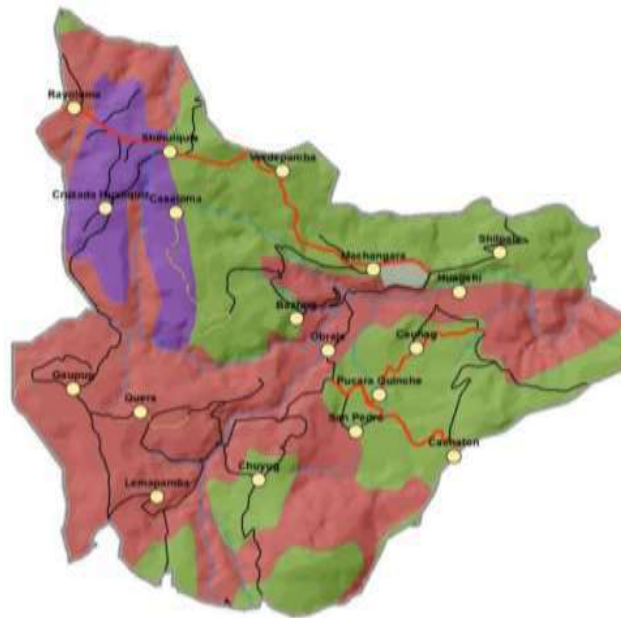
Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Gráfica 2 Índice de germinación con semillas de rábano



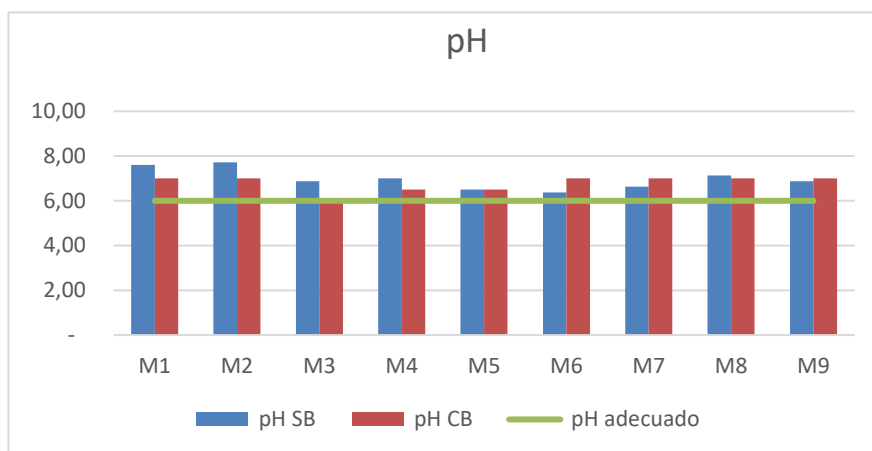
Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Figura 2 Mapa geológico de la Parroquia Cacha



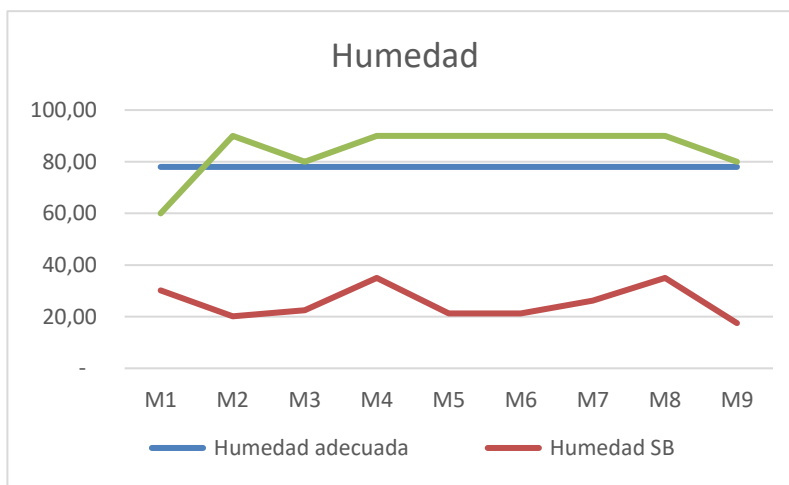
Fuente: (Quishpi, et al., 2015)

Gráfica 3 pH de los tratamientos Con Bioactivador y Sin Bioactivador



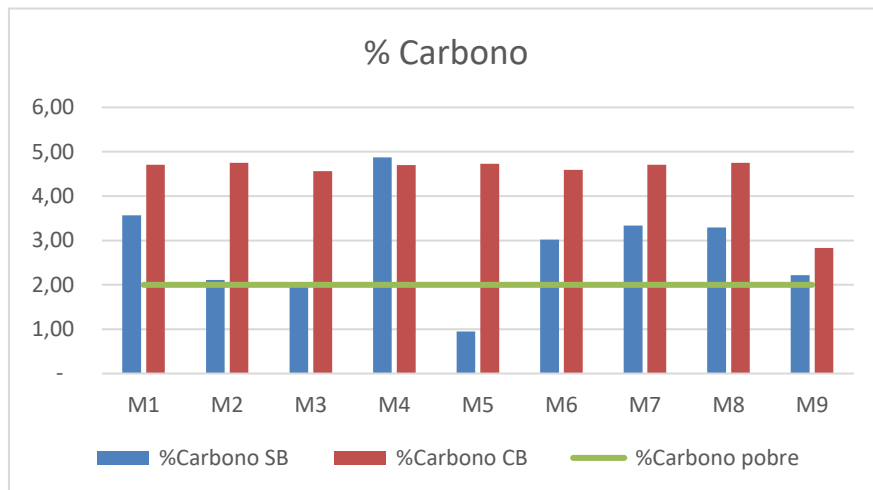
Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Gráfica 4 Porcentaje de Humedad de las muestras con bioactivador y sin bioactivador



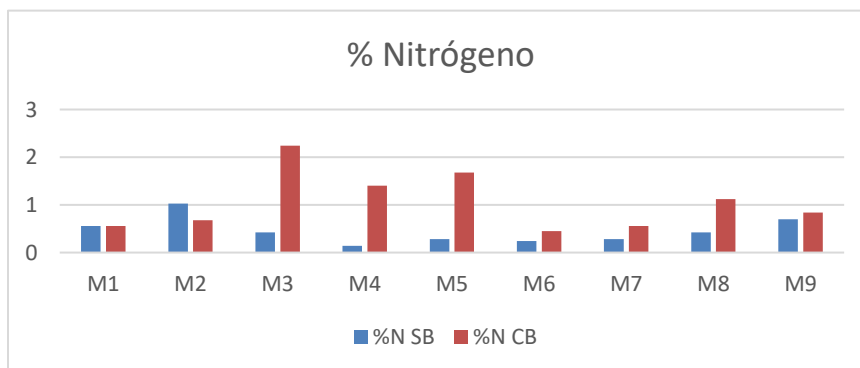
Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Gráfica 5 Porcentaje de Carbono en las muestras sin bioactivador y con bioactivador



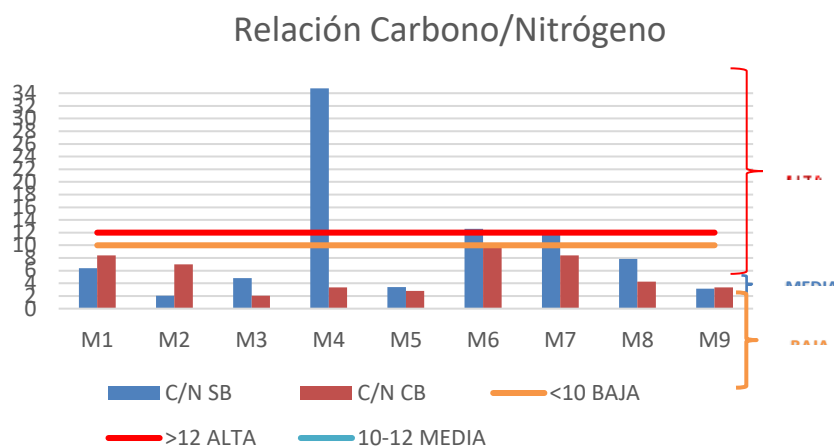
Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Gráfica 6 Porcentaje de Nitrógeno con bioactivador y sin bioactivador



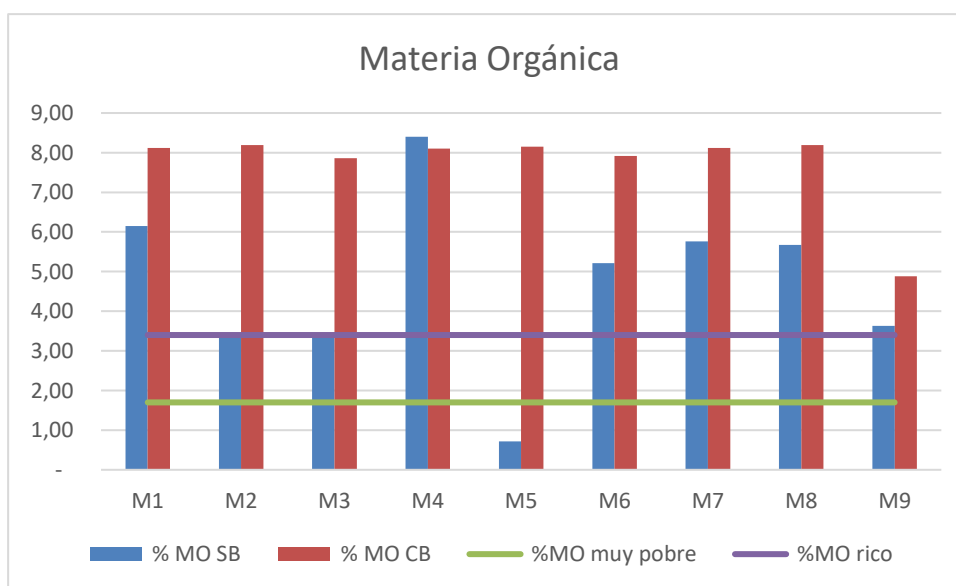
Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Gráfica 7 Relación Carbono/Nitrógeno tratamientos sin bioactivador y con bioactivador



Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Gráfica 8 Materia Orgánica en suelos sin bioactivador y con bioactivador



Fuente: Calderón y Núñez, Ecuador, 2018

Referencias bibliográficas.

Agrios, G., 2008. FITOPATOLOGÍA = Plant pathology. Segunda ed. México: Limusa.

- Almorox A., J., López B., F. & Rafaelli, S., 2010. La degradación de los suelos por erosión hídrica. Primera ed. Murcia: Universidad de Murcia.
- Aquihuatl R., M. d. I. A. & Pérez C., M. d. L., 2004. Manual de prácticas del laboratorio de Microbiología General. Primera ed. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- Ardila, Y., 2013. Patogenicidad de hongos entomopatógenos sobre *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae), plaga de Mora (*Rubus glaucus* Benth.), Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Becton, Dickinson and Company, 2005. Patrón de turbidez BBL preparado Mc Farland Turbidity Standard No. 0.5, Maryland: BENEX Limited.
- Bell, D. K., Wells, H. D. & C., M. C. R., 1982. In Vitro Antagonism of *Trichoderma* species Against six Fungal Plant Pathogens. *Phytopathology*, April, 72(1), pp. 379-382.
- Caballero-Mellado, J., 2006. Microbiología agrícola e interacciones microbianas. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, Abril - Junio, 48(2), pp. 154-161.
- Cano, M. A., 2011. Interacción de microorganismos benéficos plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 2(14), pp. 15-35.
- Casanova Olivo, E. F., 2005. Introducción a la ciencia del suelo. Segunda ed. Caracas: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- Casas Flores, R., 2011. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. Primera ed. España: Paraninfo S.A..
- Cepeda-Siller, M. & Gallegos-Morales, G., 2004. Evaluación de la efectividad biológica, de biostat *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samsom, para el control de nemátodos en papa (*Solanum tuberosum* L.) en Navidad, Galeana, Nuevo León, México.. *Revista Agraria*, 1(3), pp. 349-359.
- Chávez-García, M. y otros, 2013. Efeito de substrato e exposição à luz na produção de uma cepa de *Trichoderma* sp.. *Universitas Scientiarum*, 13(3), pp. 245-251.
- Clayton, S. F., Sandhills, R. R. & Hampton, J. W., 2013. The carbon cycle - Advanced (El ciclo del carbono - avanzado). Primera ed. Houston: Rice University.
- Coyne, M., 2000. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Primera ed. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Cruz-Velasco, L., 2007. Tipos de suelos desde el punto de vista de la mecánica de suelos. Popayán, Universidad del Cauca, pp. 19-20.
- Fernández Barbosa, R. J. & Suárez Meza, C. L., 2009. ANTAGONISMO IN VITRO DE *Trichoderma harzianum* Rifai SOBRE *Fusarium oxysporum* Schiecht f. sp *passiflorae* EN MARACUYÁ (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa*) DEL MUNICIPIO ZONA

BANANERA COLOMBIANA. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 62(1), pp. 4743 - 4748.

Fernández, O., 2015. Tecnologías para la Producción de Biopesticidas a base de hongos entomopatógenos y su control de Calidad. Habana: Laboratorio de Hongos Entomopatógenos INISAV.

GAB Sistemas Analíticos S.L., s.f. CÁMARA THOMAY NEUBAUER IMPROVED PARA EL RECUENTO DE LEVADURAS (TIRAJE). [En línea] Available at: http://shop.gabsystem.com/data/descargas/Camara%20Thoma%20Neubauer_SP.pdf [Último acceso: 24 Febrero 2018].

GAD Cacha, s.f.. G.A.D PARROQUIAL CACHA. [En línea] Available at: <http://www.cacha.gob.ec/>

Gliessman, S. R., s.f. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. s.l., s.n.

Harman, G., 2010. Descripción general de los mecanismos y usos de Trichoderma sp. Fiitopatología. Estados Unidos: s.n.

Hernández J., A. y otros, 2006. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Primera ed. Tepic: D. R. Universidad Autónoma de Nayarit.

Hernández J., A. y otros, 2010. Fundamento de la estructura de suelos tropicales. Primera ed. Tepic(Nayarit): Universidad Autónoma de Nayarit.

Hernández, A. y otros, 2008. EL SUELO: FUNDAMENTOS SOBRE SU FORMACIÓN, LOS CAMBIOS GLOBALES Y SU MANEJO. Primera ed. Tepic: Universidad Autónoma de Nayarit.

Ibáñez, J. J., 2008. Degradación del Suelo y Pérdida de Recursos Edáficos: Una Introducción. Madrid: Fundación para el conocimiento.

Kas, D. C. L., 1996. Fertilidad de Suelos. Pirmera ed. San José: EUNED.

L. do Prado, W. & Veiga, M. d., 1994. Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Chile, FAO.

López, T., Dominguez, L. & Garcia, J., 2007. Arreglo estructural de un consorcio microbiano de interés alimentario en la producción de vinagre. Revista Scielo Colombia, Issue 6, pp. 12-16.

Martín Sánchez, I., s.f.. Diversidad Microbiana. [En línea] Available at: http://diversidadmicrobiana.com/index.php?option=com_content&view=article&id=690&Itemid=771 [Último acceso: 21 Febrero 2018].

- Martinez, B., Infante, D. & Reyes, Y., 2013. Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Rev. Protección Vegetal, Ene-Abr. Volumen 28.
- Matta C., R., 2007. UDEC. [En línea] Available at: www2.udec.cl/~rmatta/Suelos/index.html
- Morales Gallego, M. L., 2009. LOS HONGOS, Sevilla: CSIF.
- Moreira, F. M. S., Pfenning, L. H. & Magalhaes de Abreu, L., 2012. Hongos del suelo saprófitos y patógenos de plantas. Primera ed. México: (c) Instituto Nacional de Ecología.
- Narvaez R, W. V., 1986. PERDIDA DE NUTRIENTES DEL SUELO POR EFECTO DE LA EROSION HIDRICA, BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE SIEMBREA EN EL CULTIVO DE AVENA: DPPF-96R-HKWU. Quito: INIAP Archivo Histórico.
- Ochoa Carreño, D. C., 2010. Una metáfora biológica aplicada ala asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias. Revista Facultad de Ciencias Económicas, 29 Noviembre, XVIII(2), pp. 55-74.
- Ortíz M., J. y otros, 2013. In vitro inhibition from native isolates of Trichoderma against commercial strain T22. Revista Colombiana de Biotecnología, 15(1), pp. 126-136.
- Passalacqua, N., Cabrera & RENALOA, 2014. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. Buenos Aires: INAL - ANMAT.
- Peña S., R. R. & Páez M., J. E., 2014. Fitopatología General. Guía para el cálculo de la concentración de inóculo. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Q.F.B. de Fes-Cuautitlan-UNAM Mexico, 2015. microbitos blog. [En línea] Available at: <http://microbitosblog.com/2015/04/28/pseudomonas-aeruginosa-putida-p-fluorescens-morfologia-medios-de-cultivo-enfermedades-y-mas/> [Último acceso: 21 Febrero 2018].
- Quishpi, L. y otros, 2015. ACTUALIZACION PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL GAD-CACHA 2015. Riobamba: Consejo Parroquial de Cacha.
- Rittman, B. E. & McCarty, P. L., 2001. Biotecnología del Medio Ambiente. Principios y Aplicaciones. Primera ed. Madrid: McGraw-Hill.
- Romero Villagra, D. C., 2004. Efectos de la aplicación de Paecilomyces lilacinus en el control de Meloidogyne spp. en pepino. San Antonio de Oriente: Universidad Zamorano.
- Ruda de Schenquer, E. E., Mongiello, A. & Acosta, A., 2004. Contaminación y salud del suelo. Primera ed. Santa Fé: Ediciones UNL.
- Saz Achuelo, M., 2010. Microorganismos del suelo y biofertilización, Madrid: Asociación Vida Sana.

- Stille, D. R., 2005. Erosion. How Land Forms How It Changes. 1° ed. Minneapolis: Compass Point Books.
- Tortora, G. J., Funke, B. R. & Case, C. L., 2007. MICROBIOLOGY: an introduction 9th ed.. Novena ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A..
- Toy, T. J., Foster, G. R. & Renard, K. G., 2002. Soil Erosion: Process, Prediction, Measurement, and Control. First ed. New York: John Wiley & Sons.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, 2015. GUIA DE ACTIVIDADES PRACTICAS. MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. F.C.A..
- Velasco Trejo, J. A., 2002. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Primera ed. Mexico D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
- Velázquez-Gurrola, A. & Ramos-Alegría, M., 2015. Beneficios de microorganismos solubilizadores de P y K en la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas. LIMA, PERU, Perú ProHass, pp. 495-499.
- Villalobos J., F., Mateos, L., Orgaz, F. & Fereres, E., 2009. FITOTECNIA: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Segunda ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Villegas, M., 2010. OriusBiotecnologia. [En línea] Available at: <http://www.oriusbiotecnologia.com/tecnica/128-trichoderma-pers-caracteristicas-y-su-potencial-biologico-en-la-agricultura-sostenible>

Para citar el artículo indexado.

Calderón C. & Núñez S. . (2018). Elaboración de un Bioactivador a partir de un consorcio microbiano de los géneros: Pseudomonas spp., Paecilomyces spp. y Trichoderma spp. Como posible reactivador de suelos erosionados de la parroquia cachea, provincia de Chimborazo. *Revista electrónica Ciencia Digital* 2(4.2), 88-114. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/203/180>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Determinación de los gases contaminantes CO y HC, en fuentes móviles a gasolina en el cantón la Mana, provincia de Cotopaxi.



Determination of the gaseous pollutants CO and HC, in mobile sources to gasoline in the canton the Mana, province of Cotopaxi.

Manuel Patricio Clavijo Cevallos²⁰., Oscar Rene Daza Guerra²¹., Cristian Javier Lozano Hernández²². & Carlos Mantilla Parra²³.

Recibido: 17-07-2017 / Revisado: 01--09-2018 Aceptado: 19-10-2018/ Publicado: 28-11-2018

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..204>

The investigation was carried out to determine the percentage of carbon monoxide (CO), and of the unburned hydrocarbons (HC) generated by the internal combustion of the petrol-powered vehicles circulating in the Canton La Mana, establishing a diagnosis Vehicle with information acquired from the National Agency of Transit (ANT) in order to obtain the total number of vehicles registered in the province of Cotopaxi, which was a benchmark to determine the sample giving as a result 196 petrol vehicles, which were subsequently evaluated in the public transit and Transport Company of the Commonwealth of Cotopaxi, headquarters the mana, by means of the use of the AVL ditest Gas 1000 The respective measurements were carried out, by means The technique of free acceleration static test as stipulated by the Ecuadorian Technical standard INEN 2203, consecutively, an analysis of the data was executed with the Ecuadorian technical standard INEN 2204 determining the compliance or not of the respective pollutants such as CO and HC evidenced in the software Rstudio, where 82.65% of vehicles comply with the parameter CO, and 17.35% of vehicles do not meet; While for the HC parameter the 72.44% meet and 27.56% do not comply. A simulation of the dispersion of the pollutants was carried out using the software Rstudio, Openair and the graph (polar plot) with data of the percentage of the CO, and

²⁰ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, manuel.clavijo@utc.edu.ec

²¹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, oscar.daza@utc.edu.ec

²² Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, cristian.lozano@utc.edu.ec

²³ Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, carlos.mantilla@utc.edu.ec

the concentration in ppm of the HC, and the meteorological factors like: velocity of the wind, direction of the Wind and temperature, downloaded as CSV format of the Meteoblue meteorological platform; evidence of the concentration and dispersion of the parameters under study in various geographical directions.

Keywords: AVL Ditest, Atmospheric Contaminants, Mobile Fonts, Rstudio Software.

Resumen.

La investigación se realizó para determinar el porcentaje de monóxido de carbono (CO), y de los hidrocarburos no quemados (HC) generados por la combustión interna de los vehículos con motor a gasolina que circulan en el Cantón la Maná, estableciendo un diagnóstico vehicular con información adquirida de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) con el fin de obtener el total de vehículos matriculados en la Provincia de Cotopaxi, el cual fue un referente para determinar la muestra dando como resultado 196 vehículos a gasolina, que posteriormente fueron evaluados en la Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte de la Mancomunidad de Cotopaxi, sede La Maná, mediante la utilización del equipo AVL DITEST Gas 1000 se realizaron las respectivas mediciones, mediante la técnica de aceleración libre prueba estática como lo estipula la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2203, consecutivamente se ejecutó un análisis de los datos con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204 determinando el cumplimiento o no de los respectivos contaminantes como son el CO y HC evidenciados en el software Rstudio, donde el 82,65% de vehículos cumplen con el parámetro CO, y el 17,35% de Vehículos no cumplen; mientras que para el parámetro HC el 72,44% cumplen y el 27,56% no cumplen. Se realizó una simulación de la dispersión de los contaminantes aplicando el software Rstudio, openair y la gráfica (polar plot) con datos del porcentaje del CO, y la concentración en ppm de los HC, y los factores meteorológicos como: velocidad del viento, dirección del viento y temperatura, descargados como formato CSV de la plataforma meteorológica Meteoblue; evidenciando la concentración y dispersión de los parámetros en estudio en varias direcciones geográficas.

Palabras Claves: Avl Ditest, Contaminantes Atmosféricos, Fuentes Móviles, Software Rstudio.

Introducción.

Introducción al problema (Título de Segundo Nivel) .

El incremento del parque automotor de los vehículos a gasolina en el Cantón La Mana, Provincia de Cotopaxi, constituye una forma de contaminación ambiental, que se genera por el producto de la combustión incompleta en la parte mecánica al interior de los vehículos, emanando gases contaminantes a la atmosfera mismo que repercute en alterar los ecosistemas del medio ambiente, generando un deterioro de la calidad del aire.

Por esta razón, la presente investigación se realizó con el objetivo de determinar los tipos de contaminantes producto de la combustión del parque automotor a gasolina en el cantón la Maná Provincia de Cotopaxi, a través de mediciones técnicas de monóxido de carbono (CO) e Hidrocarburos no quemados (HC). Mismo que se ejecutó en la sede de la mancomunidad de matriculación vehicular de este Cantón.

En el presente estudio se estimaron las descargas de los diferentes tipos de vehículos con motor a gasolina del Cantón La Mana. La contaminación del aire urbano se muestra como una amenaza significativa para la salud humana, el ambiente y la calidad de vida de personas en el Cantón y la Provincia de Cotopaxi. La descarga antropogénica de gases a la atmósfera, cambia ciertas propiedades naturales del aire. La sinergia entre contaminantes y meteorología genera contaminantes tradicionales y modernos. La calidad del aire y los riesgos generados a la población, por las emisiones es un factor a investigar en el Cantón La Mana. Esta investigación, busca determinar ese comportamiento, con el fin de que las autoridades competentes en el área ambiental, propongan políticas en Salud Pública y Gestión Ambiental. Para ello se adelantan investigaciones que involucran emisiones de fuentes móviles que ayuden a la estimación del inventario de emisiones del Cantón La Mana, y de la Provincia de Cotopaxi en general.

Importancia del problema.

La contaminación atmosférica constituye en la actualidad uno de los principales problemas ambientales por la aglomeración de vehículos, quienes producen gases contaminantes como son monóxido de carbono e Hidrocarburos no quemados los cuales aportan al deterioro ambiental y a su vez ocasionan riesgos a la salud en la población: niños, ancianos, personas con discapacidad; además la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014), manifiestan que las emanaciones de monóxido de carbono provocaron la muerte de 7 millones de personas.

En el Ecuador el parque automotor ha crecido de manera inmensurable provocando una congestión vehicular la cual es una de las principales y grandes fuentes de contaminación atmosférica. Se estima que el 35% de los vehículos que circulan por las calles del país son altamente contaminantes por el motivo de que estos son antiguos y que a través de su proceso

de combustión incompleta emanan al aire gases como: el monóxido de carbono, los óxidos de azufre, los hidrocarburos no quemados provocando en la población; la irritación de ojos, el incremento de mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares e incluso cáncer de pulmón.

El (INEC) Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2013). Manifiesta de forma general que los vehículos que circulan por carreteras ecuatorianas son aquellos como: los automóviles, los camiones y autobuses del total de vehículos que circulan en el país, se determina que el 95 % son vehículos de uso particular, los de alquiler representan el 3,3% los que pertenecen al Estado el 2% y los de uso Municipal, el 0.4% algunos de estos cuentan con métodos obsoletos que ocasionan la combustión incompleta, lo que desencadena en una excesiva emisión de gases contaminantes, que afectan de forma directa en la salud de las personas principalmente a los niños y personas de la tercera edad.

Metodología.

✓ **Descripción del área de estudio.**

El área de estudio se encuentra ubicado en el Cantón La Maná, en la sede de matriculación vehicular de la Mancomunidad de Movilidad de la Provincia de Cotopaxi, que está *localizado* en la región occidental de las estribaciones externas de la cordillera de Los Andes.

Tabla 1: Coordenadas geográficas UTM del área de estudio.

COORDENADAS UTM.	
PUNTOS	UTM
X	695777
Y	9895948
Altitud	212 msnm

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 14: Ubicación geográfica de la sede de matriculación vehicular del Cantón La Maná.



Autor: Grupo de Investigación.

- **Tipos de investigación.**

Bibliográfica

Se recopiló información relacionada con las emisiones de gases generados por los vehículos a gasolina, el uso y funcionamiento de: el Software R, la consola Rstudio y el paquete Openair aplicado a la calidad del aire con el fin de que la información sea auténtica.

Campo

Se realizó directamente en la mancomunidad de movilidad de tránsito y transporte de la Provincia de Cotopaxi, sede del cantón la Maná, donde se ejecutó las mediciones de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados emitidos por el escape de los vehículos a gasolina.

- **Métodos**

Método Científico .

Se analizó el porcentaje de monóxido de carbono y las partes por millón de hidrocarburos no quemados utilizando: el método de ensayo INEN 2203 y el protocolo establecido por el equipo de medición de gases AVL DITEST 1000.

Método Inductivo .

El problema de investigación se ejecutó mediante el análisis de datos del monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados en forma individual, es decir de vehículo en vehículo obteniendo datos que posteriormente se comparó de acuerdo con el año de fabricación y la altura del lugar de estudio de la cantidad de vehículos que cumplen y no cumplen con la Normativa Técnica Ecuatoriana vigente NTE INEN 2204.

Método analítico.

Este método ayudó a realizar análisis y simulaciones de la dispersión de los contaminantes basados en los datos de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados de los vehículos a gasolina, combinando con los factores meteorológicos: Temperatura, velocidad y dirección del viento, para lo cual se aplicó el software Rstudio conjuntamente con el paquete Openair.

- **Técnicas de investigación.**

Población.

Mediante un diagnóstico con investigaciones bibliográficas y como fuente de sustentabilidad ANT (Agencia Nacional de Tránsito, anexo 15.2), en la Provincia de Cotopaxi se matriculan 30.278 vehículos a gasolina, 6.201 vehículos a diésel, 25 vehículos híbridos, y 7 vehículos a gas licuado de petróleo al año.

Tabla 2: Número de vehículos matriculados por tipo de combustible año 2016, Provincia de Cotopaxi.

TIPO DE COMBUSTIBLE	NÚMERO DE VEHÍCULOS	PORCENTAJE
DIÉSEL	6.201	17%
GASOLINA	30.278	82%
HÍBRIDO	25	0.068%
GAS LICUADO DE PETRÓLEO	7	0.019%
TOTAL DE VEHÍCULOS	36.511	100%

Autor: Grupo de Investigación.

Muestra .

Para obtener la muestra se realizó una relación entre los datos publicados por la (ANT) y los datos establecidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ecuador posee un indicador de 124 vehículos matriculados por cada 1.000 habitantes, por año calendario. Por lo tanto, con la información de los vehículos matriculados en año 2016 en la provincia de Cotopaxi relacionado con la proyección poblacional para el 2017 se estimó un número aproximado de 5,361 vehículos a gasolina existentes en el Cantón La Maná.

Tabla 3: Proyección de población de vehículos para el cantón la Maná año 2017.

TIPO DE COMBUSTIBLE	CANTIDAD	PORCENTAJE
---------------------	----------	------------

DIÉSEL	1,111	17,17%
GASOLINA	5,361	82,83%
TOTAL	6,472	100%

Autor: Grupo de Investigación.

Cálculo del tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población.

Se aplicó la fórmula establecida por Fisher y Navarro (Autores de Estadística Inferencial y Descriptiva) para calcular el tamaño de la muestra cuando la población es conocida es la siguiente:

$$n = \frac{NZ^2 \times pq}{NE^2 + Z^2 \times pq}$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la Población, (5,361)

Z= valor correspondiente a la distribución de gauss = 1.96 por el nivel de confianza que es 95%.

p= prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (p =5%/100= 0.05)
q= 1 – p (p= 1- 0.05: 0.95)

E= error que se prevé cometer. (3%/100= 0.03). Comúnmente se acepta como porcentaje de error el 5 %. Pero para obtener más precisión en esta investigación se trabajará con un error del 3%/100%= 0,03.

Por lo tanto, el número de vehículos a gasolina a realizar las respectivas mediciones de Monóxido de carbono e Hidrocarburos no quemados en el cantón la Maná sería:

$$n = \frac{NZ^2 \times pq}{NE^2 + Z^2 \times pq}$$

$$n = \frac{(5,361 \times 1.96^2) \times (0.05 \times 0.95)}{5,361 \times (0.03)^2 + 1.96^2 \times (0.05 \times 0.95)}$$

$$n = \frac{978.25}{5.00}$$

n =196 vehículos a gasolina

Resultados.

Clasificación de los vehículos por año de fabricación.

Se clasificó los vehículos con motor a gasolina de acuerdo a su año de fabricación como lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana vigente NTE INEN 2204. Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres que Emplean Gasolina.

Tabla 4: Clasificación de vehículos por año de fabricación.

CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS POR AÑO DE FABRICACIÓN	
AÑO MODELO	NÚMERO DE VEHÍCULOS
2000 y posteriores	158 Vehículos
1990 – 1999	23 Vehículos
1989 y anteriores	15 Vehículos
TOTAL	196 Vehículos

Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: La Tabla 4 muestra la clasificación de los vehículos de acuerdo al año de fabricación. Por lo tanto, se menciona que a partir del año 2000 y posteriores se registraron 158 vehículos, mientras del año 1990 a 1999 se obtuvieron 23 vehículos, del año 1989 y anteriores se registra 15 vehículos. Todo esto refleja el total de 196 vehículos que representa la muestra del estudio de investigación.

Comparación de las emisiones vehiculares de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC) con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204 evidenciado el software R.

Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono (CO) por año de fabricación 2000 y posteriores con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204 evidenciado en el software R.

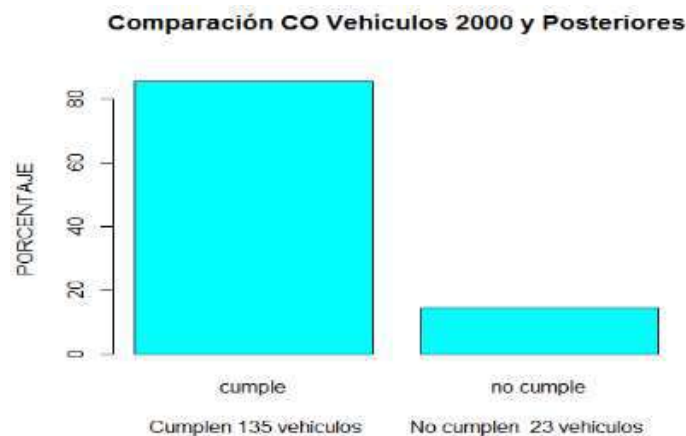
Los 158 vehículos comprendidos en esta categoría no deben superar el 1.0% de CO según la NTE INEN 2204, caso contrario no cumplirán con la normativa.

Tabla 5: Comparación de las emisiones vehiculares de CO por año de fabricación 2000 y posteriores

VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES MONÓXIDO DE CARBONO (CO)			
NTE 2204	Media Mediciones CO	Cumplen	No Cumplen
1,0 % CO	0,31 % CO	135 vehículos	-----
	3.61 % CO	-----	23 vehículos
TOTAL	158 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 2: Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono por año de fabricación 2000 y posteriores con la NTE INEN 2204.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación realizada en el Software R se identifica de los 158 vehículos con año de fabricación 2000 y posteriores; 135 vehículos

con un volumen menor al 1,0 % de CO cumplen con la normativa ambiental vigente representando el 85,44%, mientras que 23 vehículos mayores al 1,0 % de CO corresponden el 14,56% que no cumplen con los límites permisibles como lo establece la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204.

Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados (HC) por año de fabricación 2000 y posteriores con la NTE INEN 2204 evidenciado en el software R.

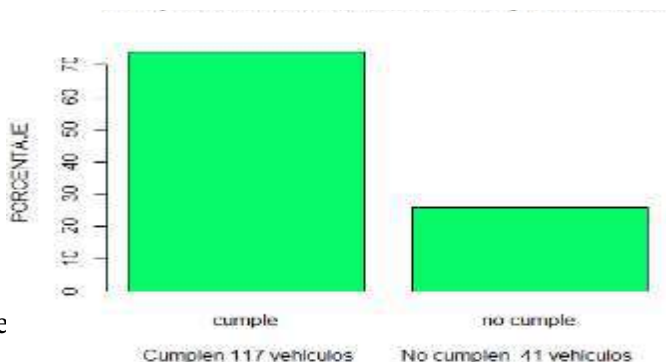
Todos los 158 vehículos comprendidos en esta categoría no deben superar las 200 partes por millón (ppm) de HC, caso contrario no cumplirán la normativa.

Tabla 6: Comparación de las emisiones vehiculares de HC por año de fabricación 2000 y posteriores

VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC)			
NTE 2204	Media Mediciones HC	Cumplen	No cumplen
200 ppm HC	90,11 ppm HC	117 vehículos	-----
	674,17 ppm HC	-----	41 vehículos
TOTAL	158 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 3: Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados por año de fabricación 2000 y posteriores con la NTE INEN 2204.



Autor: Grupo de Inve

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación realizada en el Software R se identifica de los 158 vehículos con año de fabricación 2000 y posteriores, 117 vehículos

con un volumen menor a 200 ppm de HC cumplen con los límites permisibles representando el 74,05%, mientras que 42 vehículos mayores a 200 ppm de HC simbolizan el 25,95 % que no cumplen con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204.

Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono (CO) por año de fabricación 1990 – 1999 con la NTE INEN 2204 evidenciado en el software R.

Todos los 23 vehículos comprendidos en esta categoría no deben superar el 3,5% de CO, caso contrario no cumplirán la normativa respectivamente.

Tabla 7: Comparación de las emisiones vehiculares de CO por año de fabricación 1990 – 1999

VEHÍCULOS DEL AÑO 1990 – 1999 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)			
NTE 2204	Media Mediciones CO	Cumplen	No cumplen
3,5 % CO	1,21 % CO	17 vehículos	-----
	5,26 % CO	-----	6 vehículos
TOTAL	23 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 4: Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono por año de fabricación 1990 – 1999 con la NTE INEN 2204.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación realizada en el Software R se determina de los 23 vehículos con año de fabricación 1990 a 1999; 17 vehículos con un

volumen menor a 3,5% de CO simbolizan el 73,91% cumpliendo con la normativa vigente, considerando que 6 vehículos mayores a 3,5% de CO corresponden el 26,09 % sobrepasando el valor y no cumplen con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204.

Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados (HC) por año de fabricación 1990 – 1999 con la NTE INEN 2204 evidenciado en el software R.

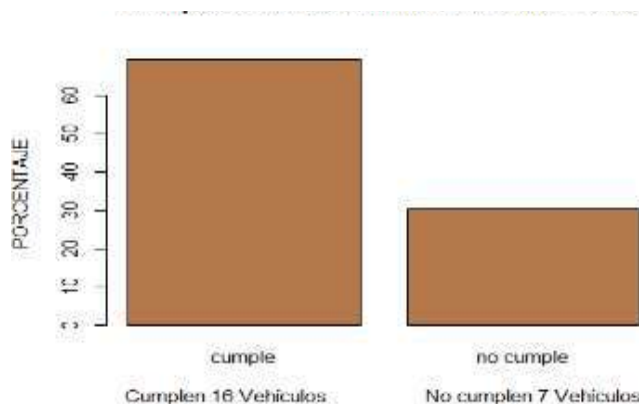
Todos los 23 vehículos comprendidos en esta categoría no deben superar los 650 partes por millón (ppm) de HC, caso contrario no cumplirán la normativa respectivamente.

Tabla 8: Comparación de las emisiones vehiculares de HC vehículos por año de fabricación 1990 – 1999.

VEHÍCULOS DEL AÑO 1990 – 1999 HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC)			
NTE 2204	Media mediciones HC	Cumplen	No cumplen
650 ppm HC	268,81 ppm HC	16 vehículos	-----
	2106 ppm HC	-----	7 vehículos
TOTAL	23 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 5: Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados por año de fabricación 1990 – 1999 con la NTE INEN 2204.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación realizada en el Software R se identifica de los 23 vehículos con año de fabricación 1990 a 1999, 16 vehículos con un

volumen menor de 650 ppm de HC representan un 69,57% cumpliendo con la normativa, por ende, los 7 vehículos restantes son mayores a 650 ppm de HC simbolizando el 30,43% incumpliendo con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204.

Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono (CO) por año de fabricación 1989 y anteriores con la NTE INEN 2204 evidenciado en el software R.

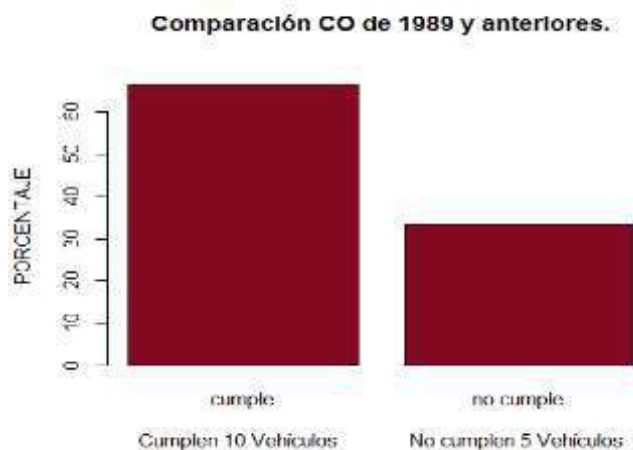
Todos los 15 vehículos comprendidos en esta categoría no deben superar el 5,5% de CO, caso contrario no cumplirán la normativa respectivamente.

Tabla 9: Comparación de las emisiones vehiculares de HC por año de fabricación 1989 y anteriores

VEHÍCULOS DEL 1989 Y ANTERIORES COMPARACIÓN MONÓXIDO DE CARBONO (CO)			
NTE 2204	Media mediciones CO	Cumplen	No cumplen
5,5 % CO	2,52 % CO	10 vehículos	-----
	6,61 % CO	-----	5 vehículos
TOTAL	15 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 6: Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono por año de fabricación 1989 y anteriores con la NTE INEN 2204.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación realizada en el Software R de los 15 vehículos con año de fabricación 1989 y anteriores, 10 vehículos con un volumen menor a 5,5% de CO interpretan el 66,66% cumpliendo con la normativa en estudio, mientras que 5 vehículos mayores al 5,5% de CO simbolizan el 33,34% excediendo el valor y no cumplen con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204.

Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados (HC) por año de fabricación 1989 y anteriores con la NTE INEN 2204 evidenciado en el software R.

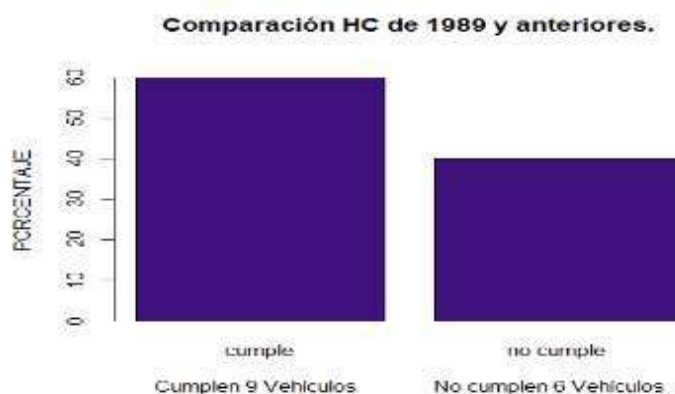
Todos los 15 vehículos comprendidos en esta categoría no deben superar 1000 partes por millón (ppm) de HC, caso contrario no cumplirán la normativa respectivamente.

Tabla 10: Comparación de las emisiones vehiculares de HC por año de fabricación 1989 y anteriores

VEHÍCULOS DEL AÑO 1989 Y ANTERIORES HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC)			
NTE 2204	Media Mediciones HC	Cumplen	No cumplen
1000 ppm HC	524, 22 ppm HC	9	-----
	2367,83 ppm HC	-----	6 vehículos
TOTAL	15 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 7: Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados por año de fabricación 1989 y anteriores con la NTE INEN 2204.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación realizada en el Software R de los 15 vehículos con año de fabricación 1989 y anteriores, 9 vehículos con un volumen menor de 1000 ppm de HC cumplen con la normativa representan el 60%, mientras que los 7 vehículos restantes son mayores a 1000 ppm de HC incumpliendo con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204 reflejando un valor del 40 %.

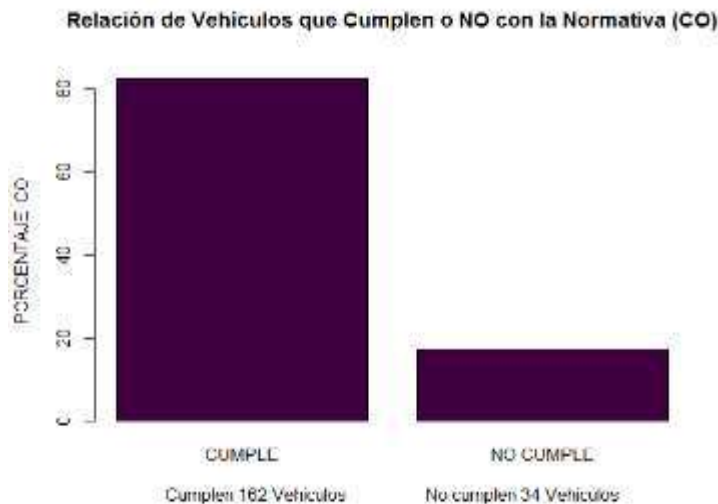
Análisis general de las comparaciones realizadas de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono (CO) con la NTE INEN 2204.

Tabla 11: Análisis general de vehículos que Cumplen la Normativa – No Cumplen la Normativa parámetro CO.

	CUMPLEN	NO CUMPLEN
VEHÍCULOS	162	34
TOTAL	196 Vehículos	

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 8: Relación general de vehículos que Cumplen con la Normativa – No Cumplen con la Normativa parámetro CO.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos del total de la clasificación de vehículos por años de fabricación se ejecutó una gráfica con la ayuda del paquete Rcomander, donde se puede apreciar de los 196 vehículos que fueron evaluados; 162 vehículos simbolizan el 82,65% cumpliendo con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204, mientras que 34 vehículos representan el 17,35% constatando que sobrepasan los límites máximos permisibles.

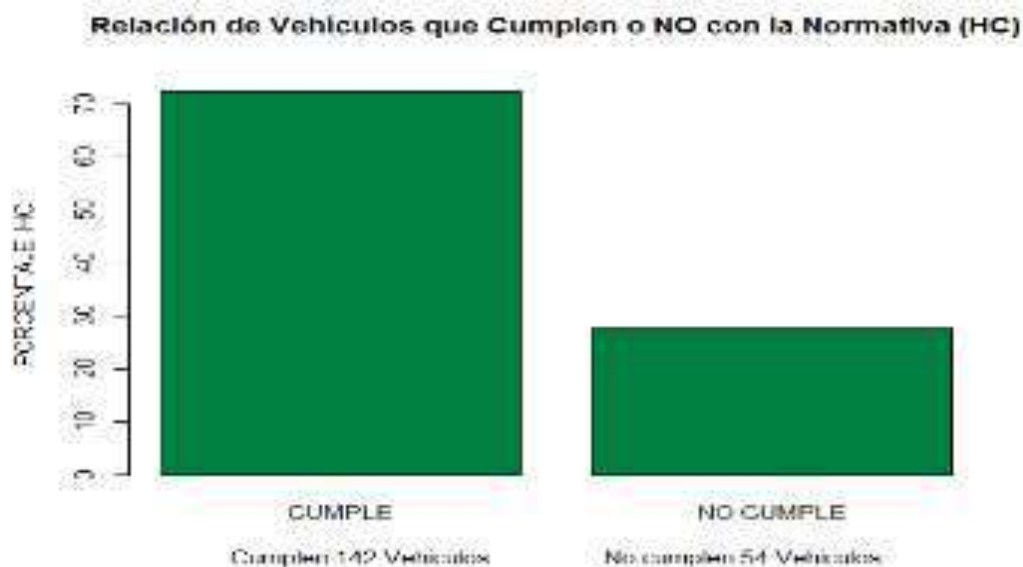
Análisis general de las comparaciones realizadas de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados con la NTE INEN 2204.

Tabla 12: Relación general de vehículos que Cumplen la Normativa – No Cumplen la Normativa parámetro HC.

	CUMPLE	NO CUMPLE
VEHÍCULOS	142	54
TOTAL	196 Vehículos	

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 9: Relación general de vehículos que Cumplen la Normativa – No Cumplen la Normativa parámetro HC.



Autor: Grupo de Investigación.

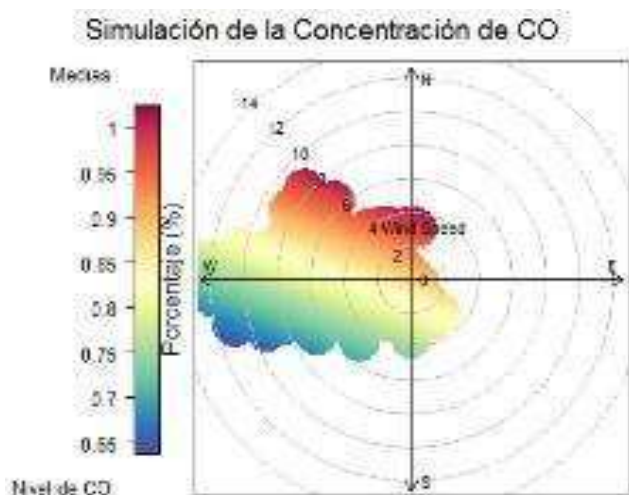
Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos del total de la clasificación de vehículos por años de fabricación se ejecutó un gráfica con la ayuda del paquete rcomander; en esta se puede apreciar de los 196 vehículos que fueron evaluados; 142 vehículos equivalen un 72,44% cumpliendo con la normativa para Hidrocarburos no quemados estipulados en la normativa NTE INEN 2 204, mientras que los 54 vehículos restantes equivalentes al 27,55% con la normativa sobrepasando los valores permitidos.

Representación gráfica (polar plot) de la simulación en R con la consola Rstudio en conjunto con el paquete estadístico openair del contaminante Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos no quemados (HC)

Minería de datos (data mining), para la simulación estadística en Rstudio y openair.

Para el análisis y simulación en el software Rstudio y el paquete openair se realizó una base de datos conocida como (data minig) ver anexo 15.7, relacionando los resultados de las mediaciones de los contaminantes con los factores meteorológicos: dirección del viento, velocidad del viento y temperatura. El porcentaje de monóxido de carbono y las partes por millón de los hidrocarburos no quemados se obtuvieron de las mediciones realizadas a los automotores, mientras que los datos de los factores meteorológicos fueron tomados del archivo meteorológico en línea (Meteoblue) para el Cantón la Maná a 212 msnm, estableciendo: 0° = Norte, 90° = Este, 180° = Sur Y 270°= Oeste.

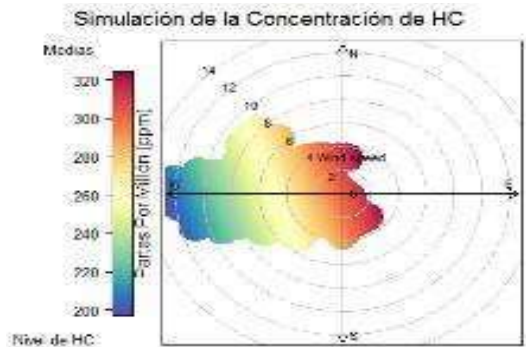
Figura 10: Distribución geográfica del contaminante CO en base a la velocidad y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: El contaminante monóxido tiene una concentración predominante en los puntos geográficos Nor-Este (NE) distribuyéndose geográficamente en el Nor-Oeste (NW) a una velocidad del viento inicial de 2m/s hasta los 10m/s concentrándose en un foco con mayor intensidad. Por lo tanto se manifiesta que el contaminante generado por las emisiones vehiculares a gasolina por los tubos de escape son dominadas desde las medias máximas de 0.9% hasta el 1% de CO.

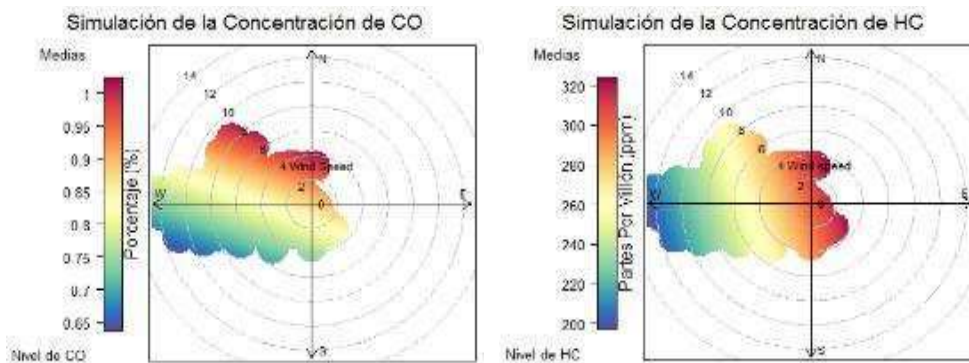
Figura 11: Distribución geográfica del contaminante en base a la velocidad y dirección del viento



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: Mediante la gráfica polar plot se determina que los hidrocarburos no quemados tienen una concentración geográficamente distribuyéndose en el Nor-Oeste (NO), Sur-Oeste (SO), Nor-Este (NE) y Sur-Este (S-E), de esta manera generando un foco de aglomeración de color rojo, estas concentraciones son dominadas por las emisiones al aire que van desde los 280 ppm, hasta las 320 ppm de hidrocarburos no quemados.

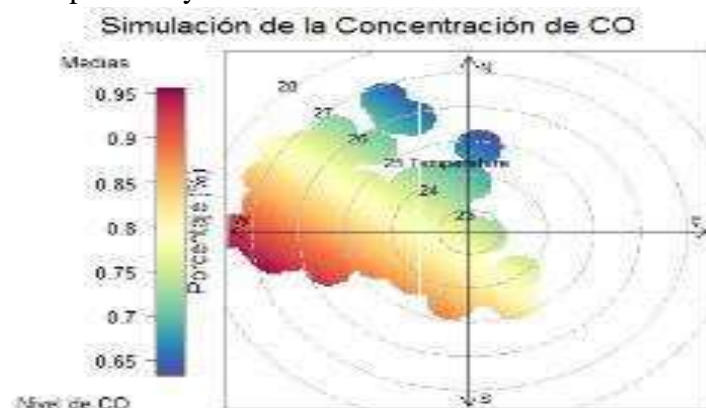
Figura 12: Análisis de los contaminantes con mayor concentración: Monóxido de Carbono e Hidrocarburos no quemados en base a la velocidad del viento y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: En la Figura 12 muestra la variación de la concentración de monóxido de carbono CO e hidrocarburos no quemados HC generados por el parque automotor a gasolina, determinando la aglomeración de los contaminantes en función a diferentes velocidades del viento identificando el valor de la concentración máxima del 1% para el parámetro CO mientras que para el parámetro HC su valor de concentración máxima es de 320 ppm.

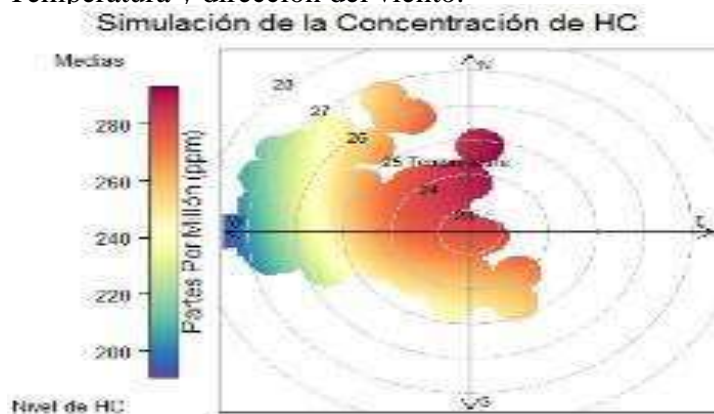
Figura 13: Distribución geográfica del contaminante en base a la Temperatura y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

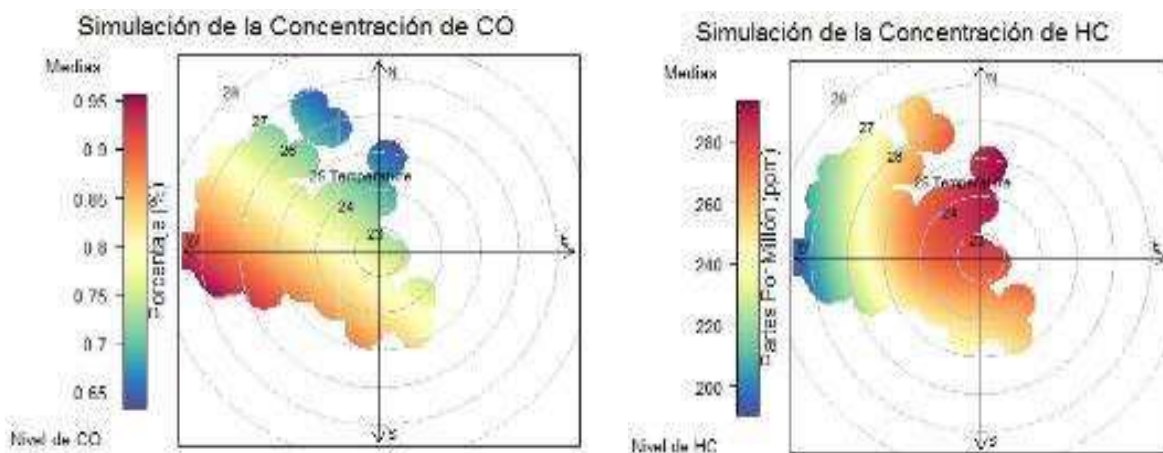
Análisis: La distribución geográfica del contaminante monóxido de carbono en relación de la temperatura con la dirección del viento tiene una concentración máxima de 0,9% hasta los 0,95% en los puntos geográficos Sur Oeste (SW) y Nor-Oeste (NO) aglomerándose a temperaturas de 26 grados centígrados (°C), hasta los 28 grados centígrados (°C) generando un foco de calor color rojo.

Figura 14: Distribución geográfica del contaminante HC en base a la Temperatura y dirección del viento.



Análisis: El contaminante hidrocarburos no quemados tiene una concentración predominante a temperaturas que van desde los 23°C hasta los 26°C distribuyéndose en los puntos cardinales Sur-Este (S-E) y Nor-Este (NE) de igual manera se puede apreciar en los puntos cardinales Sur-Oeste (SO) y Nor-Oeste (NO). Por lo tanto, se observa que los HC generados por las emisiones vehiculares por el tubo de escape a gasolina son dominados por los valores máximos de concentración iniciando de los 260 ppm hasta los 280 ppm.

Figura 15: Análisis de los contaminantes con mayor concentración: Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos no quemados (HC) en base a la temperatura y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

Análisis: De la muestra total de 196 vehículos a los cuales se realizó la medición de Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos no quemados (HC) relacionados con el uso de gasolina como combustible en vehículos se determina los niveles máximos de concentraciones y el parámetro que está asociado a una alta concentración; se comprueba que el CO tiene un grado de concentración ínfimo ya que su punto de mayor concentración es a una temperatura de 26°C y 27°C exponiendo un foco de aglomeración de porcentajes del 0.85% a 0,95% , mientras que el parámetro HC tiene una concentración inmensa a temperaturas bajas de los 23°C hasta los 25 °C ocasionado una aglomeración difusa en los puntos cardinales S-W, N-W,N-E y S-E.

Discusión.

Tabla 4: Clasificación de vehículos por año de fabricación.

CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS POR AÑO DE FABRICACIÓN	
AÑO MODELO	NÚMERO DE VEHÍCULOS
2000 y posteriores	158 Vehículos
1990 – 1999	23 Vehículos
1989 y anteriores	15 Vehículos
TOTAL	196 Vehículos

Autor: Grupo de Investigación.

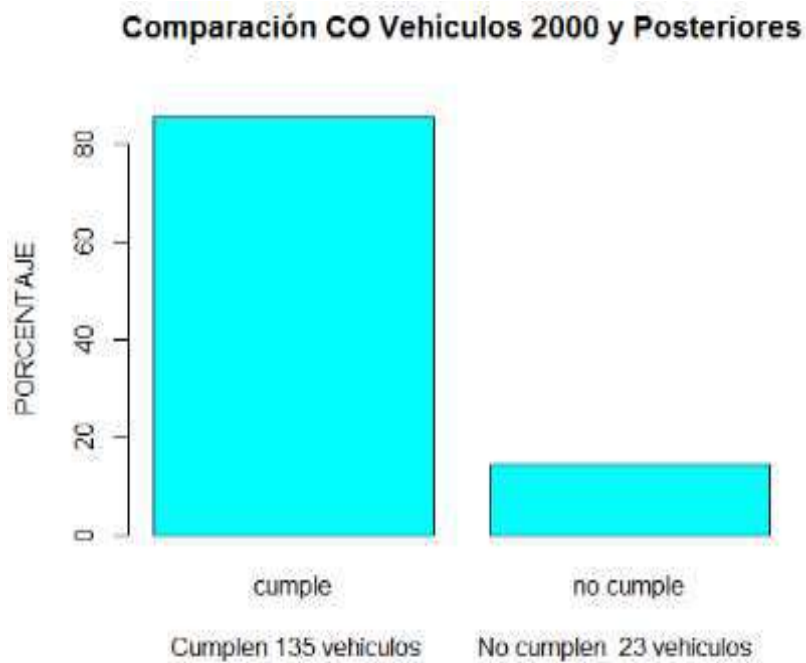
Discusión: El número de vehículos con año de fabricación posteriores al año 2000 supera al resto, determinando que el parque automotor del cantón La Maná está siendo renovando constantemente, existiendo un beneficio para el medio ambiente y a la sociedad, mismos que generan una mínima contaminación que no afecta de manera agravante la calidad del aire.

Tabla 5: Comparación de las emisiones vehiculares de CO por año de fabricación 2000 y posteriores

VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES MONÓXIDO DE CARBONO (CO)			
NTE 2204	Media Mediciones CO	Cumplen	No Cumplen
1,0 % CO	0,31 % CO	135 vehículos	-----
	3.61 % CO	-----	23 vehículos
TOTAL	158 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 2: Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono por año de fabricación 2000 y posteriores con la NTE INEN 2204.



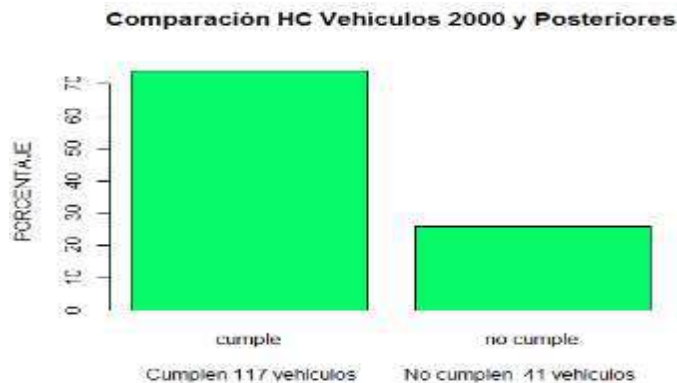
Autor: Grupo de Investigación.

Tabla 6: Comparación de las emisiones vehiculares de HC por año de fabricación 2000 y posteriores.

VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC)			
NTE 2204	Media Mediciones HC	Cumplen	No cumplen
200 ppm HC	90,11 ppm HC	117 vehículos	-----
	674,17 ppm HC	-----	41 vehículos
TOTAL	158 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 3: Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados por año de fabricación 2000 y posteriores con la NTE INEN 2204.



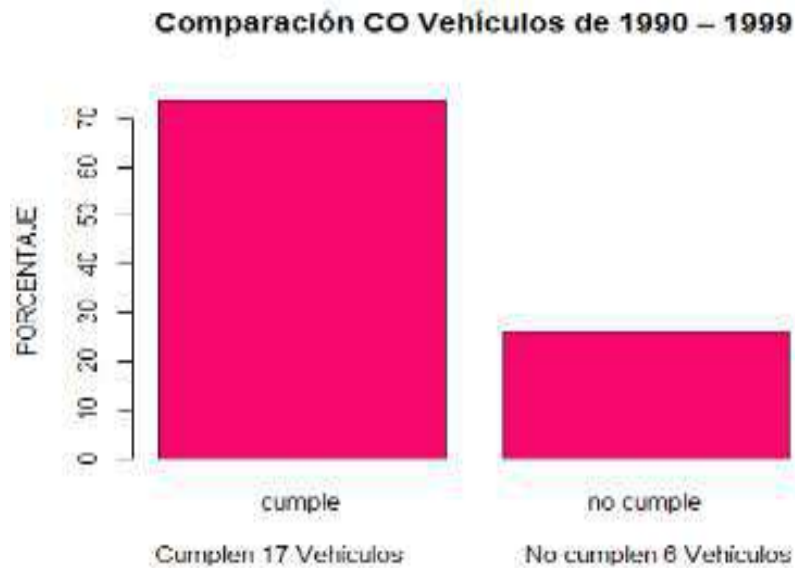
Autor: Grupo de Investigación.

Tabla 7: Comparación de las emisiones vehiculares de CO por año de fabricación 1990 – 1999

VEHÍCULOS DEL AÑO 1990 – 1999 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)			
NTE 2204	Media Mediciones CO	Cumplen	No cumplen
3,5 % CO	1,21 % CO	17 vehículos	-----
	5,26 % CO	-----	6 vehículos
TOTAL	23 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 4: Comparación de las emisiones vehiculares de Monóxido de Carbono por año de fabricación 1990 – 1999 con la NTE INEN 2204.



Autor: Grupo de Investigación.

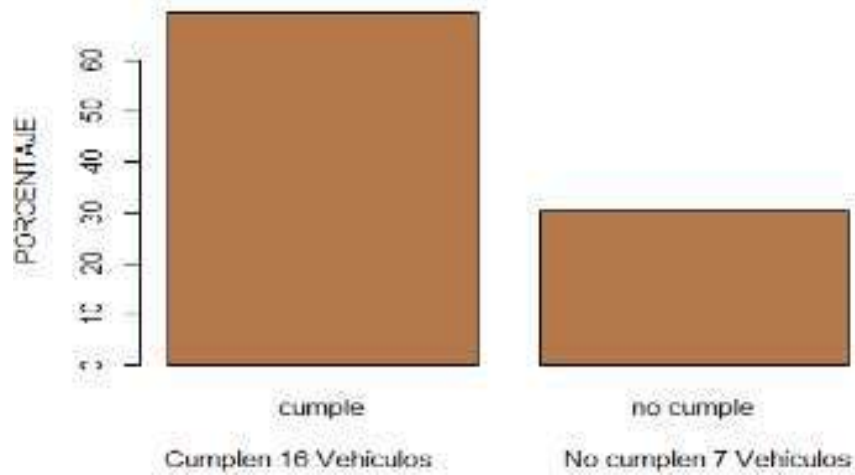
Tabla 8: Comparación de las emisiones vehiculares de HC vehículos por año de fabricación 1990 – 1999.

VEHÍCULOS DEL AÑO 1990 – 1999 HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC)			
NTE 2204	Media mediciones HC	Cumplen	No cumplen
650 ppm HC	268,81 ppm HC	16 vehículos	-----
	2106 ppm HC	-----	7 vehículos
TOTAL	23 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 5: Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados por año de fabricación 1990 – 1999 con la NTE INEN 2204.

Comparación HC Vehículos de 1990 – 1999



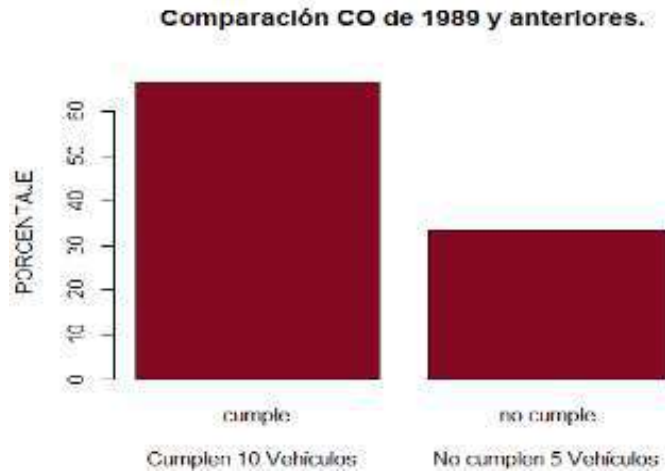
Autor: Grupo de Investigación.

Tabla 9: Comparación de las emisiones vehiculares de HC por año de fabricación 1989 y anteriores

VEHÍCULOS DEL 1989 Y ANTERIORES COMPARACIÓN MONÓXIDO DE CARBONO (CO)			
NTE 2204	Media mediciones CO	Cumplen	No cumplen
5,5 % CO	2,52 % CO	10 vehículos	-----
	6,61 % CO	-----	5 vehículos
TOTAL	15 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 6: Comparación de las emisiones vehicules de Monóxido de Carbono por año de fabricación 1989 y anteriores con la NTE INEN 2204.



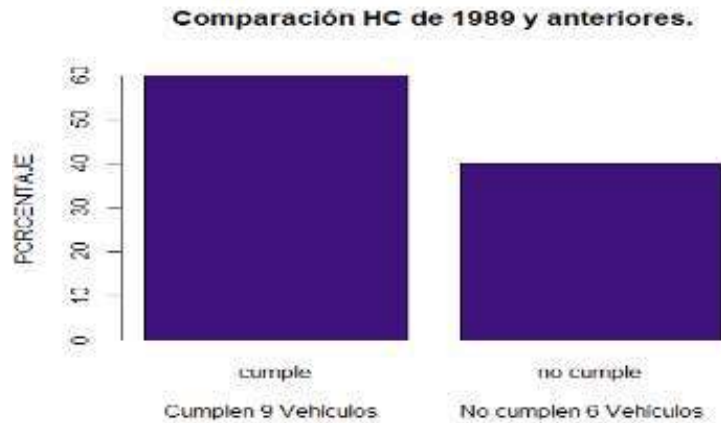
Autor: Grupo de Investigación.

Tabla 10: Comparación de las emisiones vehiculares de HC por año de fabricación 1989 y anteriores

VEHÍCULOS DEL AÑO 1989 Y ANTERIORES HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC)			
NTE 2204	Media Mediciones HC	Cumplen	No cumplen
1000 ppm HC	524, 22 ppm HC	9	-----
	2367,83 ppm HC	-----	6 vehículos
TOTAL	15 vehículos		

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 7: Comparación de las emisiones vehiculares de Hidrocarburos no quemados por año de fabricación 1989 y anteriores con la NTE INEN 2204.



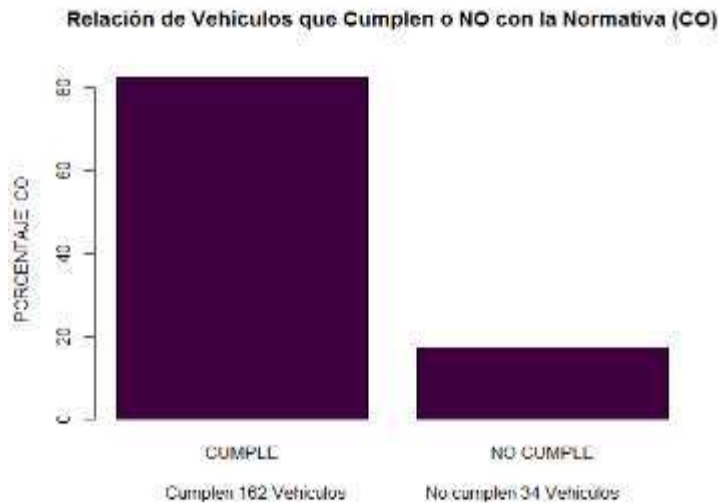
Autor: Grupo de Investigación.

Tabla 11: Análisis general de vehículos que Cumplen la Normativa – No Cumplen la Normativa parámetro CO.

	CUMPLEN	NO CUMPLEN
VEHÍCULOS	162	34
TOTAL	196 Vehículos	

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 8: Relación general de vehículos que Cumplen con la Normativa – No Cumplen con la Normativa parámetro CO.



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: La evaluación del porcentaje de monóxido de carbono de la muestra total de 196 vehículos que circulan a una altitud de 212 (msnm) se obtuvo como resultado un gran porcentaje de vehículos que se encuentran dentro de la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204, determinando que para vehículos con año de fabricación 2000 y posteriores se encuentran en una evolución automotriz, buscando una relación amigable con el medio ambiente y la sociedad, relacionado de mejor manera sus partes mecánicas y electrónicas, motivo por el cual generan una buena combustión interna de aire-combustible evitando el exceso de emisión de monóxido de carbono; los vehículos que no cumplen con la normativa son por fallas mecánicas como: sensor de oxígeno en malas condiciones, filtros de aire en mal estado, sistema de inyección de combustible mal calibrados. Mientras que para los vehículos por año de fabricación de 1990 a 1999 dan a conocer que tienen un buen mantenimiento correctivo y preventivo del motor por parte de los propietarios; los vehículos que incumplen con la normativa son por causas como: sus partes mecánicas se encuentran desgastadas por el transcurso de los años e impiden una correcta combustión, falta de mantenimiento del motor por parte de los propietarios. Los vehículos por año de fabricación de 1989 y anteriores que cumplen con la normativa en estudio se encuentran en perfectas condiciones, evidenciando que llevan un mantenimiento preventivo y correctivo y de esta manera permitiendo que el motor tenga una buena combustión. Por ende, los vehículos que no cumplen con la normativa por que han llegado a su vida útil, presentan fallas mecánicas por el transcurso de los años de funcionamiento.

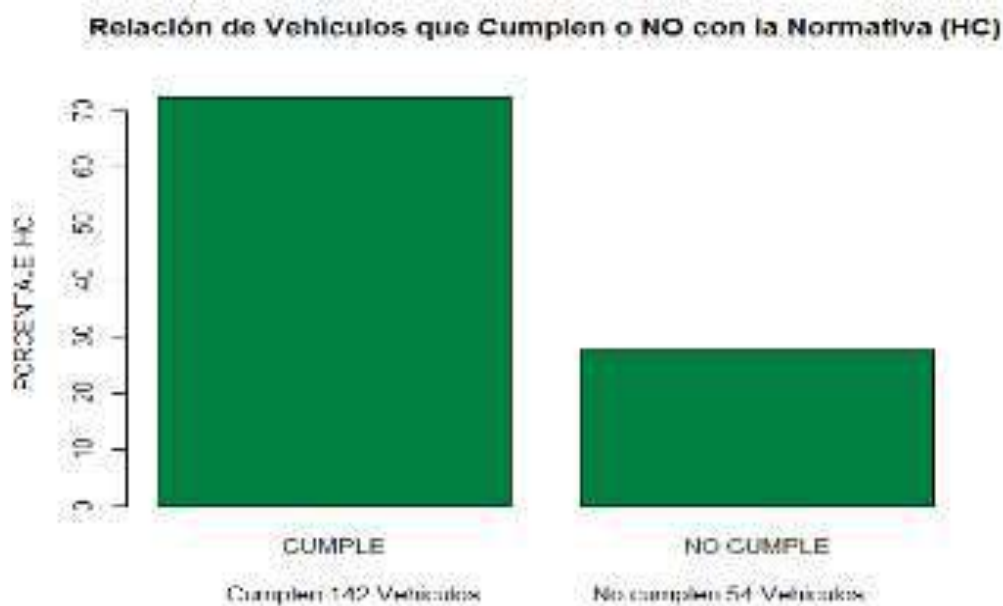
Cabe recalcar que la altura en la que circulan los vehículos permite una correcta combustión aire- gasolina lo que provoca una excelente eficiencia en los motores a gasolina, reduciendo la emisión del parámetro en estudio por el tubo de escape; ya que se establece que a menor altura (msnm) existe menor contaminación por monóxido de carbono. De la misma manera corroboran los autores Cantos Rojas & Toledo Garzón. (2015): A mayor altura sobre el nivel del mar la concentración de contaminantes en los gases de escape aumenta debido a que el volumen de oxígeno es menor y por lo tanto habrá un aumento en el consumo de combustible en comparación con la altitud del nivel del mar.

Tabla 12: Relación general de vehículos que Cumplen la Normativa – No Cumplen la Normativa parámetro HC.

	CUMPLE	NO CUMPLE
VEHÍCULOS	142	54
TOTAL	196 Vehículos	

Autor: Grupo de Investigación.

Figura 9: Relación general de vehículos que Cumplen la Normativa – No Cumplen la Normativa parámetro HC.



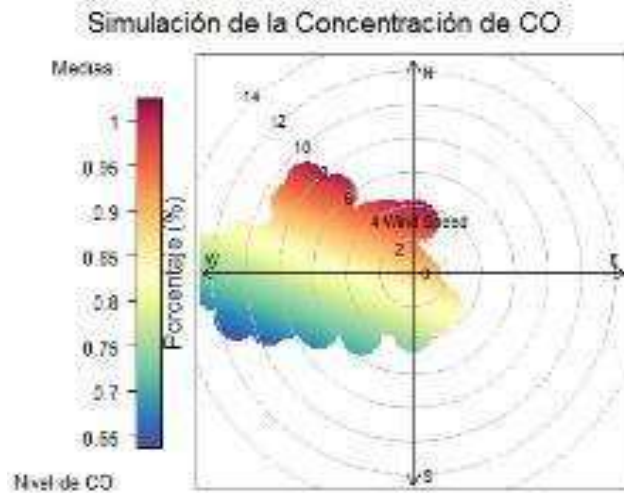
Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: La evaluación del porcentaje de hidrocarburos no quemados (HC) se realizó a vehículos que circulan a una altitud de 212 (msnm) obteniendo como resultado un gran porcentaje de vehículos que se encuentran dentro de la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204, determinando que para vehículos con año de fabricación 2000 y posteriores se encuentran en una evolución automotriz, buscando una relación amigable con el medio ambiente y la sociedad, renovando día a día sus sistemas integrales de funcionamiento y relacionado de mejor manera sus partes mecánicas y electrónicas, motivo por el cual generan una buena combustión interna de aire-combustible evitando el exceso de emisión de hidrocarburos no quemados; los vehículos que no cumplen con la normativa por sobrepasar el kilometraje del cambio de aceite. Mientras que para los vehículos por año de fabricación de 1990 a 1999 dan a conocer que tienen un buen mantenimiento preventivo y correctivo del automotor por parte de los propietarios; los vehículos que no cumplen con la normativa al no tener un mantenimiento adecuado ocasionado sus partes mecánicas se encuentren desgastadas e impiden una correcta combustión. Para los vehículos por año de fabricación de 1989 y anteriores se determina que los automotores conllevan una buena combustión por los mantenimientos adecuados que estos reciben por sus propietarios, al contrario de los vehículos que no cumplen con la normativa por fallas mecánicas que vienen presentando en el transcurso del tiempo siendo esto un factor negativo permitiendo que los vehículos emitan el contaminante HC por el tubo de escape en grandes proporciones.

Minería de datos (data mining), para la simulación estadística en Rstudio y openair.

Para el análisis y simulación en el software Rstudio y el paquete openair se realizó una base de datos conocida como (data minig) ver anexo 15.7, relacionando los resultados de las mediciones de los contaminantes con los factores meteorológicos: dirección del viento, velocidad del viento y temperatura. El porcentaje de monóxido de carbono y las partes por millón de los hidrocarburos no quemados se obtuvieron de las mediciones realizadas a los automotores, mientras que los datos de los factores meteorológicos fueron tomados del archivo meteorológico en línea (Meteoblue) para el Cantón la Maná a 212 msnm, estableciendo: 0° = Norte, 90° = Este, 180° = Sur Y 270° = Oeste.

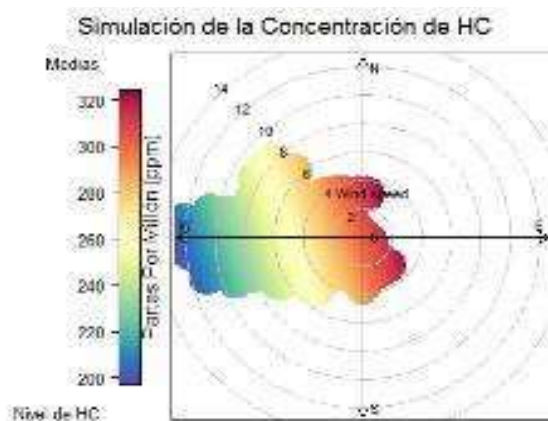
Figura 10: Distribución geográfica del contaminante CO en base a la velocidad y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: En la Figura 10 se puede determinar que las escasas corrientes de viento producen una dispersión del monóxido de carbono de manera muy ineficaz provocando un foco de concentración, por esta razón se manifiesta que las bajas velocidad del viento es un factor meteorológico agravante permitiendo que el parámetro en estudio se aglomere en altas cantidades. Por ende, cabe recalcar que a altas velocidades del viento el contaminante tiende a dispersarse con mayor facilidad siendo esto un factor beneficioso.

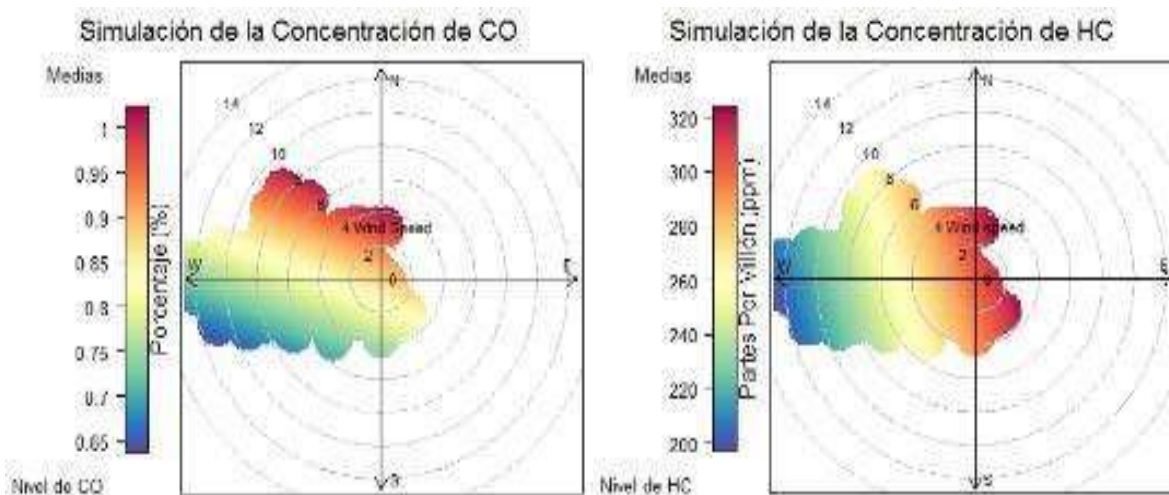
Figura 11: Distribución geográfica del contaminante en base a la velocidad y dirección del viento



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: De la Figura analizada se determina que las escasas corrientes de viento generan concentraciones de hidrocarburos no quemados, por esta razón se muestra que las bajas velocidades del viento es un factor meteorológico agravante que permite que el parámetro en estudio se aglomere en altas cantidades. Es decir que a bajas velocidades del viento el contaminante tiende a concentrarse con mayor facilidad siendo esto un factor negativo, mientras que a altas velocidades el HC tiende a dispersarse.

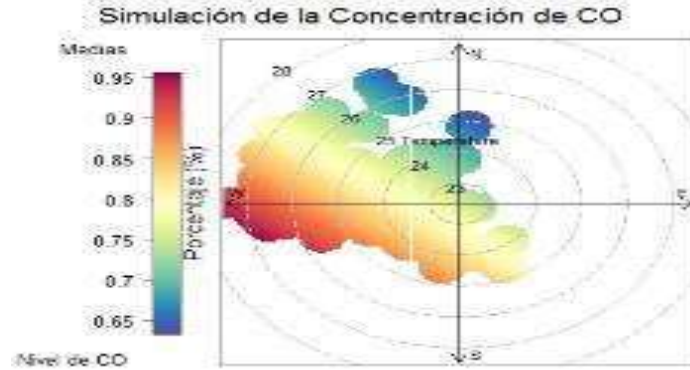
Figura 12: Análisis de los contaminantes con mayor concentración: Monóxido de Carbono e Hidrocarburos no quemados en base a la velocidad del viento y **dirección del viento**.



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: Mediante las gráficas del polar plot de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados se puede evidenciar que se dispersan y distribuyen de una manera ineficaz a bajas velocidades del viento, de esta manera determinado que el desarrollo de este tipo de gráficos permite diferenciar que parámetro en estudio tiene un mayor nivel de concentración, siendo así que los HC se aglomeran drásticamente a comparación del CO. Por ende, se dice que el CO y HC se concentran a distintas velocidades de viento y en puntos geográficos diferentes.

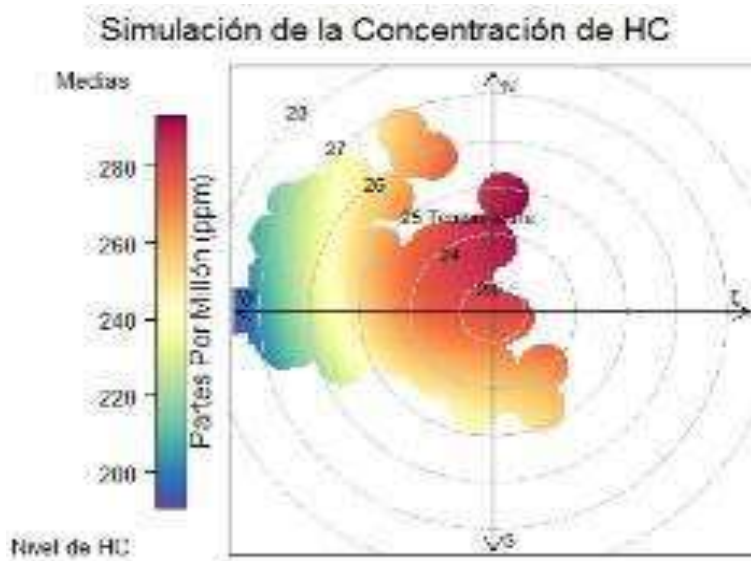
Figura 13: Distribución geográfica del contaminante en base a la Temperatura y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: En la Figura 13 se puede apreciar las concentraciones de monóxido de carbono incrementándose mientras sube la temperatura, determinado que a mayores temperaturas el CO desciende impidiendo su dispersión y disipación, por ende, cabe recalcar que el contaminante tiene dificultad de esparcirse a temperaturas altas afectando al medio ambiente, razón por la cual se estima que a mayores temperaturas menor facilidad de dispersarse y disiparse.

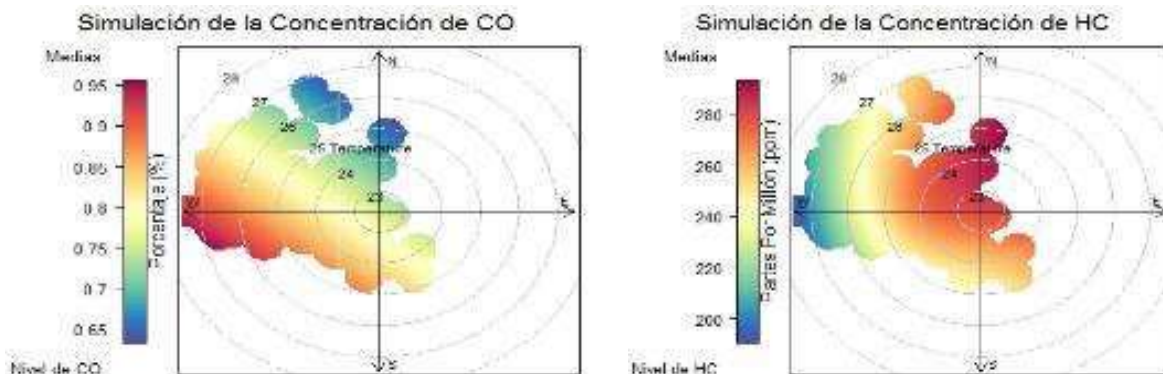
Figura 14: Distribución geográfica del contaminante HC en base a la Temperatura y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: En la Figura 14 del polar plot se determina que las concentraciones de hidrocarburos no quemados se generan a bajas temperaturas, ocasionando un problema agravante al momento de dispersarse y de esta manera produciendo un foco de inmisión, razón por la cual se estima que a menor temperatura mayor concentración. Por ende, cabe recalcar que el contaminante tiene facilidad de esparcirse a temperaturas altas siendo esto un factor beneficioso para la dispersión del HC.

Figura 15: Análisis de los contaminantes con mayor concentración: Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos no quemados (HC) en base a la temperatura y dirección del viento.



Autor: Grupo de Investigación.

Discusión: Las concentraciones de los gases contaminantes de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC) son generadas por la combustión incompleta de los vehículos a gasolina del Cantón La Maná, los dos parámetros tienden a concentrarse al contacto con la temperatura, destacándose el HC por sus elevadas aglomeraciones a temperaturas bajas a comparación del CO que tiende a concentrarse a temperaturas altas. Por ende, se dice que cada contaminante se concentra a distintas temperaturas y en puntos cardinales diferentes.

Conclusiones.

- Del total de la muestra de 196 vehículos, se identificó que 142 vehículos cumplen con los parámetros sujetos en la normativa para hidrocarburos no quemados (HC), valor que representa el 72,44 %; los 54 vehículos restantes representan el 27,56 % incumplieron con los valores establecidos en la normativa vigente. Mientras que para el parámetro monóxido de carbono (CO) se identificó que 162 vehículos equivalen al 82,65% cumpliendo con la normativa, y 34 vehículos equivalentes al 17,35% incumplieron con los valores establecidos en la normativa vigente INEN 2 204.
- En la simulación realizada en software R con la consola Rstudio mediante el uso del paquete Openair se generó graficas polares en base a la velocidad del viento y dirección del viento proporcionó valores máximos de concentración en partes por millón (ppm) para hidrocarburos no quemados (HC) dando a conocer que el contaminante se concentra a velocidades del viento de 2 m/s hasta los 6 m/s; en la simulación realizada con la temperatura se determina que el contaminante tiene

dificultades de disiparse a temperaturas de 23°C hasta los 26°C. Mientras que la dispersión del monóxido de carbono (CO) en base a la velocidad del viento y dirección del viento proporciona valores máximos de concentraciones en porcentajes del 1%; por otra parte la gráfica Polar Plot generada con la temperatura refleja la dificultad de dispersarse en el aire a temperaturas de 23°C hasta los 25 °C.

Agradecimiento.

A Dios y al universo por haber conspirado para mantenerme firme y no decaer a pesar las adversidades presentadas durante este gran esfuerzo y dedicación a la investigación.

A los profesores Ing. Oscar Daza, MsC. Patricio Clavijo, Dr. Carlos Mantilla, por estar involucradas en la guía durante el desarrollo de este proceso de investigación.

A los compañeros y co-trabajadores de la Investigación en las áreas adyacentes del estudio, por la ayuda prestada durante el desenvolvimiento de este trabajo en la etapa de campo: Ing. María Viteri, Ing. José Andrade, Dr. Polivio Moreno.

A mis amigos que colaboraron conmigo en diferentes oportunidades: Ing. Mercy Ilbay, Ing. Kalina Fonseca, Lic. Jaime Lema, Ing. Vinicio Mogro.

Al Proyecto de Calidad del Aire, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por el apoyo financiero de la Investigación.

.

Referencias bibliográficas.

Blancarte, J. (2011). Autocosmos.com. Obtenido de: <http://noticias.ve.autocosmos.com/2011/01/03/cuales-son-los-gases-contaminantes-mas-comunes-que-emiten-los-autos>.

Cantos, J., & Toledo, J. (2015). Análisis del impacto económico generado por los niveles de servicio de las vialidades en el centro histórico de la ciudad de Cuenca. Cuenca.

Carlaw, D., (2015), the openair manual-open-source tools for analysing air pollution data. Manual for versión 1.1-4. King's Collage London.

Contreras, M., García, G., Icaza, B., & Montiel, G. (2013). Calidad del Aire: Una práctica de vida. México: Semarnat.

Crouse, William. (2013). Mecánica del automóvil. 3ª. Edición, Editorial: España. 162 p.

Herrera, J. (2012). Análisis de la reducción en la emisión de contaminantes del aire como resultado del plan de chatarrización "renova" en el distrito metropolitano de Quito. (Tesis de maestría) Escuela Politécnica Del Ejército. Sangolquí.

- INEC. (2010). Ecuadir en cifras. Obtenido de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda>.
- Ihaka, R., & Gentleman, R. (2018). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computation and Graphical Statistics* (5), 299-314.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204. (2017). Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:2000. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralenti”. Prueba estática.
- Rivero, E. (2016). Unocero estos son los efectos de la contaminación del aire sobre la salud. Obtenido de <https://www.unocero.com/noticias/ciencia/estos-son-los-efectos-de-la-contaminacion-del-aire-sobre-la-salud/>
- RStudio. (2015). RStudio: Integrated development environment for R. Boston. Obtenido de <http://www.rstudio.com/>
- Sánchez, A. (2014). *Bioestadística Aplicada con R y RKTeaching*. CEU San Pablo.
- Schifter, I., & López, E. (2003). *Usos y abusos de las gasolinas*. 2ª edición, editorial: México. 31 p.

Para citar el artículo indexado.

Clavijo M., Daza O., Lozano C., Mantilla C. . (2018). Determinación de los gases contaminantes CO y HC, en fuentes móviles a gasolina en el cantón la mana, provincia de Cotopaxi. *Revista electrónica Ciencia Digital* 2(4.2),115-151. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/204/181>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

