

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIAS, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**QUEMA DE CAÑA DE AZUCAR Y SU INCIDENCIA EN LA
CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA LOCALIDAD DE
ANDAHUASI – SAYAN – 2020**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

JHONNY EDDY MALIMBA FLORES

ASESOR: HUMBERTO GUILLERMOVILLARREAL RODRIGUEZ

HUACHO – PERÚ

2020

QUEMA DE CAÑA DE AZUCAR Y SU INCIDENCIA EN LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA LOCALIDAD DE ANDAHUASI – SAYAN – 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	www.weyslab.com Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	1%
5	www.inifap.gob.mx Fuente de Internet	1%
6	revistagobiernoygestionpublica.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	< 1%
8	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	< 1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIAS, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**QUEMA DE CAÑA DE AZUCAR Y SU INCIDENCIA EN LA
CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA LOCALIDAD DE
ANDAHUASI – SAYAN – 2020**

Sustentado y aprobado por el jurado evaluador

DIONICIO BELISARIO

LUIS OLIVAS

Presidente

MARCO TULIO

SANCHEZ CALLE

Secretario

**CRISTINA KARINA
ANDRADE ALVARADO**

Vocal

**HUMBERTO GUILLERMO
VILLARREAL RODRIGUEZ**

Asesor

HUACHO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis queridos padres Zenaida Flores y Samuel Malimba, que me dieron el ser y me formaron con valores, gracias a ellos soy lo que soy, un hombre de bien al servicio de mi país.

A mi querido tío Walther Malimba, por su apoyo invaluable e incondicional, por sus consejos por convertirme en la persona que hoy soy.

A mi querida esposa e hijo, mi razón de ser y mi sueño por ser siempre el ejemplo para ellos, que hoy constituyen el paradigma de mi existir

Jhonny Eddy Malimba Flores

AGRADECIMIENTO

Al asesor que hizo posible la realización de esta tesis que hoy culmina con este galardón profesional.

A mis jurados evaluadores, por su aporte en la culminación de la investigación.

Jhonny Eddy Malimba Flores.

INDIGE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Descripción de la Realidad Problemática	13
1.2	Formulación del Problema.....	14
1.2.1	Problema General	14
1.2.2	Problemas Específicos.....	14
1.3	Objetivos de la Investigación	15
1.3.1	Objetivo General	15
1.3.2	Objetivos específicos.....	15
1.4	Justificación de la investigación	15
1.5	Delimitaciones del estudio.....	16
1.5.1	Delimitaciones temáticas.....	16
1.5.2	Delimitaciones poblacionales.....	16
1.5.3	Delimitaciones temporales.	16
1.5.4	Delimitación teórica.	16

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	17
2.1.1	Antecedentes Internacionales	17
2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	19
2.2	Bases teóricas	22
2.2.1	Origen de la caña de azúcar.....	22
2.2.2	Quema de caña de azúcar	23
2.2.3	Consecuencias del quemado de la caña de azúcar	23
2.2.4	Quema de caña de azúcar tradicional	26

2.2.5	Cosecha de la caña de azúcar mecánicamente	27
2.2.6	Contaminación atmosférica y la calidad del aire	29
2.2.7	Contaminación de la calidad del aire por la quema de la caña de azúcar	30
2.2.8	Material particulado atmosférico	33
2.2.9	Efectos contaminantes en la salud.....	33
2.2.10	Estándares de la Calidad del Aire.....	34
2.2.11	Índice de la Calidad del Aire Nacional (INCA)	35
2.2.12	Air Quality Index (AQI).....	37
2.3	Definición de términos básicos.....	38
2.4	Formulación de la hipótesis.....	43
2.4.1	Hipótesis General	43
2.4.2	Hipótesis específicas	43

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1	Diseño metodológico	44
3.1.1	Ubicación	44
3.1.2	Materiales e Insumos.....	44
3.1.3	Diseño Experimental.....	45
3.1.4	Análisis de varianza	46
3.1.5	Tratamientos.....	46
3.1.6	Características del área experimental.....	46
3.1.7	Variables para evaluar.....	47
3.1.8	Conducción del experimento.....	47
3.2	Población y Muestra.....	48
3.2.1	Población.....	48
3.2.2	Muestra.....	48
3.3	Técnicas de recolección de datos.....	48
3.3.1	Técnicas para emplear.....	48
3.3.2	Descripción de los Instrumentos	48
3.4	Técnicas para el Procesamiento de la Información.....	48

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1	Análisis de los resultados.....	50
4.1.1	Información y diagnóstico de la zona de estudio	50

4.2	Análisis de las concentraciones de PM2.5, PM10. CO Y SO2.....	52
4.2.1	Material particulado menor a 10 micras (PM10).....	52
4.2.2	Material particulado menor a 2,5 micras (PM2,5).	55
4.2.3	Concentración de Dióxido de Azufre (SO2).....	57
4.2.4	Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	60
4.2.5	Cálculo de índices de calidad de aire AQI, INCA	63
4.3	Contrastación de las hipótesis	67
4.3.1	Hipótesis general.	67
4.3.2	Hipótesis específica 1.....	68
4.3.3	Hipótesis específica 2.....	69
 CAPITULO V. DISCUSIONES		
 CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
7.1	Conclusiones	72
7.2	Recomendaciones	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		74

Índice de Tablas

TABLA 1 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE	34
TABLA 2 INTERVALOS, CONCENTRACIONES Y ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL INCA	36
TABLA 3 VALORES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE	37
TABLA 4 RANGOS DEL AQI E INTERVALOS DE CONCENTRACIONES	38
TABLA 5 QUEMA DE CAÑA DE AZÚCAR DURANTE EL PERIODO DE MONITOREO	51
TABLA 6. RESULTADOS DIARIOS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA SO ₂	65
TABLA 7 HIPÓTESIS GENERAL.....	67
TABLA 8 HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	68
TABLA 9 HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	69

Índice de Figuras

Figura 1. Análisis de concentraciones de PM10 del Centro poblado de Andahuasi	52
Figura 2 Análisis de concentraciones de PM 10 del Centro poblado de Chambara.....	53
Figura 3. Análisis de concentración de PM 10 del Centro poblado de Manco Capac.	54
Figura 4 Concentración de Material particulado menor a 2,5 micras (PM2,5) en Andahuasi.	55
. Figura 5. Concentraciones de Material particulado menor a 2,5 micras (PM2,5) en Chambara....	56
Figura 6. Material particulado menor a 2,5 micras (PM2,5) en Manco Capac.	57
Figura 7. Concentraciones de SO2 en el Centro Poblado de Andahuasi.....	58
Figura 8 Concentraciones de SO2 en el Centro Poblado de Chambara.	59
Figura 9. Concentraciones de CO en el Centro Poblado de Andahuasi	60
Figura 10Concentraciones de CO en el Centro Poblado de Chambara.....	61
Figura 11. Temperatura y humedad relativa en los puntos monitoreados.....	62
Figura 12 Variación temporal de la temperatura del aire en lugares monitoreados.	63

RESUMEN

Objetivo: evaluar el impacto de la quema de caña de azúcar en la contaminación atmosférica y en la alteración de la calidad del aire. **Metodología:** la investigación se llevó a cabo en los campos ubicados a los alrededores del ingenio azucarero de Andahuasi y en sus centros poblados anexos. El diseño metodológico de la investigación es no experimental, transeccional descriptivo. Se trabajó con resultados de PM₁₀, PM_{2,5}, CO y SO₂ correspondientes al trabajo de campo. **Resultados:** los resultados obtenidos mostraron que, si bien las concentraciones para material particulado y gases no sobrepasaron el ECA nacional, si se obtuvo una superación de los valores guía establecidos por la OMS, tanto para PM₁₀ como para PM_{2,5} y SO₂. **Conclusión:** Se concluye que la quema de la caña de azúcar representa una importante fuente de contaminación en el poblado de Andahuasi y sus alrededores, siendo los más afectados los habitantes, comercios, colegios y otras dependencias.

Palabras claves: Gases Contaminantes, AQI, INCA, ECAs, Material Particulado

ABSTRACT

Objective: to evaluate the impact of burning sugarcane on air pollution and the alteration of air quality. **Methodology:** the research was carried out in the fields located around the Andahuasi sugar mill and in its attached populated centers. The methodological design of the research is non-experimental, transeccional descriptive. We worked with results of PM₁₀, PM_{2.5}, CO and SO₂ corresponding to the field work. **Results:** the results obtained showed that, although the concentrations for particulate matter and gases did not exceed the national ECA, they did exceed the guide values established by the WHO, both for PM₁₀ and PM_{2.5} and SO₂. **Conclusion:** It is concluded that the burning of sugar cane represents an important source of contamination in the town of Andahuasi and its surroundings, with the inhabitants, shops, schools and other dependencies being the most affected.

Keywords: Polluting Gases, AQI, INCA, ECAs, Particulate Material

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo general el evaluar la alteración de la calidad de la atmosfera (PM10, PM2,5, CO y SO2) en las poblaciones ubicadas a los alrededores de los campos de cultivo y a la empresa azucarera Andahuasi, por efecto de las actividades de quema de caña de azúcar, esto a su vez desencadena cinco objetivos específicos, los cuales son: recopilar información y presentar un diagnóstico situacional con respecto a la actividad agroindustrial de la zona; analizar las concentraciones de PM10, PM2,5, CO y SO2 obtenidos y comparar con los Estándares Nacionales de Calidad de Aire y valores guía de la Organización Mundial de la Salud; determinar la influencia de la dirección y velocidad del viento, humedad relativa y temperatura sobre el material particulado y gases analizados; calcular el Índice de Calidad de la atmósfera de los contaminantes evaluados; y por último, proponer alternativas de solución para reducir los impactos identificados generados por la quema de la caña de azúcar.

El quemado de la caña de azúcar antes y después del corte en la cosecha, es una práctica muy extendida en la eliminación de la cobertura vegetal y control de la maleza que facilitan la preparación y replantación de los suelos con reducción de los costos en la cosecha; a la vez ocasionan la afectación del medio ambiente, la destrucción de materia orgánica y la pérdida de la estructura del suelo con mayor desecamiento y erosión (Aguilar *et al.*, 2016, p.3).

La quema de la caña de azúcar produce contaminación en la atmósfera, el hecho de no quemarse por completo la caña de azúcar genera monóxido de carbono (CO), gas sumamente tóxico que va deteriorando la capa de ozono y permitiendo la entrada directa de los rayos ultravioletas, por ende, dicha práctica atenta con la calidad del aire. Además, nos menciona que “La emisión de partículas en el ambiente generadas por quema de caña de azúcar es un factor coadyuvante al aumento de enfermedades respiratorias principalmente las de tipo asmática y bronquial” (Larios, 2010).

Para el presente estudio nos enfocaremos en la emisión de contaminantes atmosféricos por la quema del cultivo previo al corte, como uno de los principales impactos

ambientales generados en este proceso (Dancé y Sáenz, 2016). Dicha quema agrícola libera en la atmósfera monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), metano (CH₄), hidrocarburos no metánicos (NMHC), partículas menores a 10 micras (PM₁₀) y a 2,5 micras (PM_{2,5}) (Montoya, 2011).

Diferentes estudios muestran que existe relación entre los altos niveles de partículas atmosféricas y el desarrollo de efectos adversos sobre la salud humana (Gowers et al., 2012). (Alfaro, 2020)

La inhalación de estas partículas puede interferir principalmente el funcionamiento pulmonar, agravando la bronquitis crónica, la enfermedad obstructiva ventilatoria crónica, el enfisema pulmonar y el asma bronquial. Así mismo, existen problemas con las personas que cortan la caña, ya que por estar expuestas a altas temperaturas sufren además de quemaduras y deshidratación, lo que podría provocar infecciones urinarias (Morales, 2011).

Las normas y guías que establecen los umbrales para contaminantes criterio son elaborados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el caso de Perú, estos son elaborados por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El quemado de la caña de azúcar antes y después del corte en la cosecha, es una práctica muy extendida en la eliminación de la cobertura vegetal y control de la maleza que facilitan la preparación y replantación de los suelos con reducción de los costos en la cosecha; a la vez ocasionan la afectación del medio ambiente, la destrucción de materia orgánica y la pérdida de la estructura del suelo con mayor desecamiento y erosión (Aguilar *et al.*, 2016, p.3).

La quema de la caña de azúcar produce contaminación en la atmósfera, el hecho de no quemarse por completo la caña de azúcar genera monóxido de carbono (CO), gas sumamente tóxico que va deteriorando la capa de ozono y permitiendo la entrada directa de los rayos ultravioletas, por ende, dicha práctica atenta con la calidad del aire. Además, nos menciona que “La emisión de partículas en el ambiente generadas por quema de caña de azúcar es un factor coadyuvante al aumento de enfermedades respiratorias principalmente las de tipo asmática y bronquial” (Larios, 2010).

Diferentes estudios muestran que existe relación entre los altos niveles de partículas atmosféricas y el desarrollo de efectos adversos sobre la salud humana (Larios, 2010)

La inhalación de estas partículas puede interferir principalmente el funcionamiento pulmonar, agravando la bronquitis crónica, la enfermedad obstructiva ventilatoria crónica, el enfisema pulmonar y el asma bronquial. Así mismo, existen problemas con las personas que cortan la caña, ya que por estar expuestas a altas temperaturas sufren además de quemaduras y deshidratación, lo que podría provocar infecciones urinarias (Morales, 2011).

Las normas y guías que establecen los umbrales para contaminantes criterio son elaborados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el caso de Perú, estos son elaborados por el Ministerio del Ambiente (MINAM). En virtud de los efectos nocivos contra la calidad de vida y el medio ambiente ocasionados por la quema de la caña de azúcar previo a su cosecha, existen diversos análisis, experiencias e investigaciones que se vienen realizando en los principales países productores de este importante cultivo, teniendo como prospectiva a mediano y largo plazo optar por un cambio de la cosecha tradicional aún imperante, hacia

una cosecha en verde que mitigue la contaminación, sin dejar de considerar los impactos económicos y sociales, en favor de un desarrollo sostenible.

Siendo la quema de la caña de azúcar en la mayoría de los países productores, una práctica generalizada y hasta considerada necesaria, sin embargo, es innegable la serie de conflictos de intereses entre productores, ambientalistas y por supuesto la población en general no resulta extraña que los últimos dos, soliciten a las autoridades competentes que se regule o se elimine de una vez por todas dicha práctica que tanto daño causa al ambiente.

En la provincia de Huaura existen dos ingenios azucareros, uno ubicado en el distrito de Huaura conocido como “El Ingenio” y el otro como “Empresa Azucarera Andahuasi” en el distrito de Sayán. Ambas empresas generan fuentes de trabajo e ingresos económicos no sólo a sus socios o trabajadores, sino que además genera ingresos al Estado por conceptos de impuestos y otros; sin embargo, con su quema de caña de azúcar azota al planeta derivando incidencias y problemas de factores ambientales. La práctica de la quema de caña de azúcar que se realiza desde tiempos de su fundación, a la vez esto genera la contaminación de la capa de ozono, rompiéndola y generando cambios climáticos en cuanto a variaciones de temperatura y factores meteorológicos.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿De qué manera la quema de la caña de azúcar incide en la contaminación atmosférica en la localidad de Andahuasi – Sayán - 2020?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo son los efectos ambientales producidos por la quema de caña de azúcar en la población de Andahuasi y sus alrededores – Sayán -2020?
- ¿Cuáles son las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos producidos por la quema de la caña de azúcar en la población de Andahuasi y sus alrededores – Sayán - 2020?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Identificar la influencia de la quema de la caña de azúcar en la contaminación atmosférica en la localidad de Andahuasi y sus alrededores – Sayán - 2020.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los efectos ambientales que produce la quema de la caña de azúcar en la localidad de Andahuasi y sus alrededores – Sayán - 2020.
- Determinar cuáles son las principales concentraciones contaminantes atmosférico producidos por la quema de la caña de azúcar en la población de Andahuasi y sus alrededores – Sayán – 2020.

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación busca incentivar a la población y exigir a las autoridades competentes a diseñar estrategias de prevención enfocándose a preservar nuestra atmósfera y el cuidado del medio ambiente, así mismo, a evaluar los potenciales riesgos y daños a la salud de la población, para reducir los altos índices de contaminación que genera la quema de la caña de azúcar en la jurisdicción del distrito de Sayán y sus alrededores.

Esta investigación otorgará herramientas para incentivar a una articulación de las diferentes instancias gubernamentales (municipio provincial, local, región , MINSA, Ministerio del Ambiente), para diseñar estrategias de prevención enfocándose a la población vulnerable, que dichas estrategias sean costo-efectivas y reducir el impacto en la salud ambiental, incluir en temas de calidad del aire, de programas de verificación vehicular debido a fuentes móviles, sino también incluir fuentes fijas de procesos industriales, tal es el caso de la producción agrícola en el Valle Huaura- Sayán región, verificando el cumplimiento de tecnologías necesarias en el ingenio azucarero de Andahuasi y poder garantizar el equilibrio ambiental, mediante una participación integral cuyo objetivo a compartir sea la protección de la salud poblacional ante problemas de producción agrícola en la zona. Por ello, en este estudio se propone evaluar los potenciales riesgos y daños a la salud de la población de Andahuasi y sus alrededores por las emisiones de MP10 y MP2.5. Justificación epistemológica.

Asimismo, se considera un aspecto relevante el de justificar el estudio de evaluar como la quema de la caña de azúcar tiene incidencia en la contaminación atmosférica y de qué manera esta contaminación pone en peligro no solo a la población que comprende el estudio, sino al medio ambiente que afecta a toda la humanidad y el planeta.

1.5 Delimitaciones del estudio

El presente trabajo de investigación se plantea las siguientes limitaciones:

1.5.1 Delimitaciones temáticas.

El trabajo de investigación se delimita a los materiales de estudio que la fundamenta.

1.5.2 Delimitaciones poblacionales.

Esta considerado dentro de la jurisdicción del distrito de Sayán, comprendida en la localidad de Andahuasi y sus alrededores a los habitantes de la ribera del río Huaura fundamentalmente los distritos de Huaura, Huacho y Carquín.

1.5.3 Delimitaciones temporales.

La presente investigación se realizó en los primeros meses del año 2020.

1.5.4 Delimitación teórica.

El marco teórico de la investigación se relaciona a los fundamentos que sustentan los principales factores que ocasiona la contaminación atmosférica ocasionado por la quema de la caña de azúcar, buscando parámetros que permiten la evaluación y cuidado del aire en la jurisdicción de estudio.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Larios (2010) realizó la tesis titulada “La quema de la caña de azúcar en Guanacaste, impacto ambiental. deber del estado de disminuir sus efectos”, en su estudio planteo los siguientes objetivos: Determinar qué efectos produce la quema de la caña de azúcar en el ambiente, particularmente en la atmósfera y en el contenido del suelo e Identificar la incidencia que produce la quema de la caña de azúcar sobre enfermedades respiratorias. Llegando a la conclusión de que La quema de la caña de azúcar produce contaminación en la atmósfera, el hecho de no quemarse por completo la caña de azúcar genera monóxido de carbono (CO), gas sumamente tóxico que va deteriorando la capa de ozono y permitiendo la entrada directa de los rayos ultravioletas, por ende, dicha práctica atenta con la calidad del aire, además que. La emisión de partículas en el ambiente generadas por la quema de caña de azúcar es un factor coadyuvante al aumento de enfermedades respiratorias principalmente las de tipo asmática y bronquial.

Múgica (2012) en su informe final “Emisiones de carbono negro en partículas atmosféricas provenientes de la quema de la caña de azúcar”, en su estudio nos habla de las emisiones de carbono (CO₂ y CO) y la influencia que tiene hacia el ambiente, y la contribución que tiene sobre el efecto invernadero, en dicho estudio el tesista se plantea el siguiente objetivo, Determinar los factores de emisión de carbono negro generado por la quema de caña de azúcar en la zona de Córdoba, Veracruz, y discutir las acciones de mitigación que podrían llevarse a cabo tomando en cuenta las implicaciones socioeconómicas de dichas acciones. La metodología que emplea en dicho trabajo lo realizo en tres etapas; estudio de campo, estudio en laboratorio y estudio socioeconómico. Obteniendo los siguientes resultados: El análisis de los datos de masa de partículas PM₁₀ y PM_{2.5} en la zona de cañaverales en la época de cosecha y quema de la caña de azúcar muestra una importante diferencia en cuanto a la cantidad de partículas suspendidas. los resultados de este sitio de muestreo cercano a las quemas donde se puede apreciar que las concentraciones de partículas aumentan más del 30% en la temporada de la cosecha de la caña como consecuencia de las emisiones de las quemas y el ingenio. Las partículas suspendidas determinadas en la Ciudad de Córdoba en

la temporada de cosecha y quema de la caña y en la de no cosecha. Se aprecia claramente que los niveles de contaminación por partículas en la zona habitada son mayores durante la época de quema de la caña con un promedio de 85 y 64 μgm^{-3} para PM10 y PM2.5 respectivamente, la norma se excede 1 vez para PM10 y 3 veces para PM2.5. En comparación con la época de no quema las concentraciones presentaron valores de 64 y 20 μgm^{-3} para PM10 y PM2.5 respectivamente tan bien menciona que la concentración promedio de carbono negro en la temporada de quema de caña fue de 18.7 ± 6 y 16.9 ± 6 μgm^{-3} para PM10 y PM2.5 respectivamente. El carbono negro representa aproximadamente el 21 ± 0.04 y $35\pm 0.09\%$ de la masa total para los tamaños de partícula mencionados. El carbono orgánico no se reporta debido a que con este equipo solamente puede medirse a una longitud de onda la cual no incluye una parte importante de este tipo de compuestos; el tesisista concluye en dicho estudio que Las concentraciones de partículas, principalmente de PM2.5 exceden en forma frecuente las normas de calidad del aire durante la época de quema de la caña en la zona de cañaverales, pero no en la Ciudad de Córdoba. Se encontró diferencia significativa en la concentración de partículas y de carbono negro entre la zona de cañaverales y la Ciudad de Córdoba y durante las épocas de quema y no quema, lo que muestra el impacto negativo en cuanto a niveles de contaminación por la práctica de la quema.

Dávalos (2007) en su estudio de “La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad?”, en su estudio realizado el investigador recolecta datos de tres tipos de fuente de las cuales nos interesa solo dos que son: Los datos ambientales fueron suministrados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Éstos incluyen información de una estación de monitoreo de aire, la cual mide dirección y velocidad del viento, calidad del aire, humedad relativa y temperatura. Por consiguiente, sólo se empleó la información que se limita a 119 días, entre el 2 de febrero y el 6 de junio y un solo contaminante (PM10), puesto el equipo muestreador presentó fallas, la otra fuente de información de morbilidad empleada en esta investigación, que consiste en las consultas diarias por IRA en 2004. Esta información fue suministrada por el Hospital San Vicente de Paúl de Palmira (HSVPP), el cual era para el año 2004 el único hospital público del municipio y se estimaba que atendía cerca del ochenta por ciento de la población; en sus resultados obtiene que El promedio diario de caña de azúcar quemada es de 55 hectáreas, alcanzando en algunas ocasiones 133 hectáreas diarias, pero con una dispersión considerable y son, precisamente, los picos de quemados que inducen la exacerbación de los síntomas respiratorios; ello significa que el

metabolismo humano tiene un rango de tolerancia ante la contaminación, pero cuando es expuesto a altas concentraciones, la tolerancia disminuye y se presenta la irritación en las mucosas oculares y nasales, la rinitis alérgica y el asma, entre otros. En este caso, la concentración de PM10 máximo diario sobrepasó el máximo diario permitido por la EPA ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) en diez ocasiones a lo largo de 119 días, alcanzando niveles de $235,62\mu\text{g}/\text{m}^3$, además que las variables ambientales se incluye temperatura promedio diaria, mínima diaria, máxima diaria y variaciones en la temperatura, En este caso se observa que la dispersión es baja, con una temperatura promedio diaria de $24\text{ }^\circ\text{C}$. No existen entonces grandes cambios en la temperatura que puedan inducir la propagación de resfriados y otro tipo de afecciones respiratorias, por tanto, es posible que ésta no sea una de las principales causas de morbilidad. En cuanto a la velocidad del viento, la dispersión es baja, reflejando una velocidad diaria constante, la cual no necesariamente generaría una limpieza en la concentración de PM10 en el aire, obteniendo dichos resultados el investigador concluye que la población de Palmira se está viendo afectada por la contaminación del aire. Ello se refleja en las numerosas consultas médicas efectuadas por IRA y los resultados empíricos de la investigación que corroboran una relación positiva y significativa entre el PM10 y la morbilidad por esta misma causa. Los grupos de la población más afectados son los niños y los adultos mayores de sesenta años. En otras palabras, los niños de Palmira se enferman de IRA debido a la quema de la caña de azúcar. Así mismo, la principal fuente de contaminación atmosférica es la quema de la caña de azúcar, que emite el 50% del total de la contaminación por PM10; relación que se corrobora a través de la estimación de la función lineal, hallando una estrecha relación entre la quema de la caña de azúcar y la concentración de PM10 en la atmósfera. De modo indirecto, la quema de la caña de azúcar está causando un efecto nocivo en la población, pues la quema de la caña genera PM10 y éste genera IRA (Dávalos, 2007).

2.1.2 Antecedentes Nacionales

(Alfaro Goycochea, 2020), en su investigación de tesis titulada “Alteración De La Calidad Del Aire Por Quema De Caña De Azúcar (*Saccharum Officinarum* L) En Casa Grande, La Libertad”, realizado en la ciudad de Trujillo – Casa Grande. En este estudio se planteó el siguiente objetivo: Evaluar La Alteración De La Calidad Del Aire (PM10, PM2,5, CO Y SO2) En Las Poblaciones Ubicadas A Los Alrededores De Los Campos De Cultivo Y A La Empresa Azucarera Casa Grande S.A., Por Efecto De Las Actividades De Quema De Caña

De Azúcar, en este estudio se utilizó una metodología no experimental ya que no se manipulo las variables solo se limitó a realizar observaciones y a tomar datos de concentraciones de CO, SO₂, PM₁₀ Y PM_{2.5}. en esta investigación se obtuvo los siguientes resultados de PM₁₀, PM_{2,5}, CO y SO₂ correspondientes a un monitoreo de 15 días, del 8 al 22 de noviembre de 2018 en tres puntos de monitoreo ubicados estratégicamente, utilizando muestreadores de partículas de alto volumen y muestreadores activos de bajo volumen. Los resultados obtenidos mostraron que, si bien las concentraciones para material particulado y gases no sobrepasaron el ECA nacional, si se obtuvo una superación de los valores guía establecidos por la OMS, tanto para PM₁₀ como para PM_{2,5} y SO₂. Además, analizando el comportamiento local de las variables meteorológicas, se identificó que la velocidad del viento y temperatura tiene influencia significativa sobre concentración y distribución de los contaminantes. El investigador concluye Las concentraciones obtenidas de PM₁₀ no sobrepasaron el ECA nacional (100 µg/m³) en ningún punto de monitoreo, sin embargo, sí se existió una superación del valor guía de la OMS (50 µg/m³), siendo la mayor concentración de 71 µg/m³ para el punto CA-3, 53 µg/m³ en el punto CA-13 y 77 µg/m³ para el punto CA-17. Las concentraciones obtenidas de PM_{2,5} no superaron el ECA nacional (50 µg/m³) en ninguno de los puntos de monitoreo, pero si se obtuvo una superación del valor guía de la OMS (25 µg/m³) en el punto CA-3 en tres días del total monitoreado, con concentraciones de 28 µg/m³, 30 µg/m³ y 32 µg/m³. Por otro lado, el CO obtenido cumplió con la normativa nacional para valores horarios y media aritmética de 8 horas móviles en todos los días de monitoreo para los puntos de monitoreo CA-13 y CA-17. Por último, no existió una superación del ECA nacional para el SO₂ (250 µg/m³) medido en los puntos CA-13 y CA-17. Con respecto al valor guía de la OMS (20 µg/m³), este se vio superado en el punto CA-17, en el cual se excedió también el objetivo intermedio de la OMS (50 µg/m³) en todos los días de monitoreo, siendo 101,5 µg/m³ el máximo valor obtenido.

Francisco y Tejada (2020) en su artículo “Una propuesta de regulación estratégica para el problema de la quema de caña de azúcar en el distrito de La Huaca, Piura, 2015 -2018.” Que tiene por objetivo determinar relación entre la regulación ambiental y la quema de caña de azúcar del distrito de la Huaca, Piura, siendo una investigación de tipo no experimental y correlacional y está enmarcada en el enfoque mixto. Que se centra en la determinación de la correlación que existe entre la regulación ambiental y la quema de caña de azúcar y su incidencia en la problemática socioambiental en el distrito de La Huaca.

En los resultados obtenidos de dicha investigación tenemos que los resultados cuantitativos obtenidos en esta investigación condujeron en términos generales a establecer que no existe correlación significativa entre la regulación ambiental y la quema de caña de azúcar del distrito de la Huaca, Piura, período 2015 -2018. Un 39 % (130 personas) está de acuerdo que exista una regulación ambiental en relación con el quemado de caña de azúcar. En tanto, un 83.2% (277 personas), indican que el quemado de caña de azúcar afecta la salud de las personas causando enfermedades respiratorias como el asma bronquial. Asimismo, contamina el suelo. Concluyendo así el investigador que, en la actualidad, la quema de caña de azúcar es una actividad riesgosa, que genera externalidades negativas y que se encuentra desregulada; ello de conformidad con los resultados obtenidos en la investigación: Se necesita mayor regulación ambiental para que la quema de caña de azúcar disminuya. Además, que la investigación arroja que es necesaria una regulación estratégica para la reducción de la quema de caña de azúcar en el distrito de La Huaca. Se debe dar preferencia a una regulación consistente con el fomento para la instalación de una planta de valorización de residuos sólidos, en la cual se reutilice de manera eficiente la broza de caña, cuya disposición constituye un problema de las empresas cañeras y la principal razón por la cual se ejecutan quemas en el distrito de La Huaca.

Villalobos (2017) en su investigación de tesis “Influencia de la quema de biomasa de caña de azúcar en la concentración de pm2.5 en el aire de la zona urbana de Laredo”, que tiene por objetivo general; Determinar la influencia de la quema de la biomasa de caña de azúcar en la concentración de PM2.5 del aire en el área urbana del distrito de Laredo., este estudio se basa en el análisis mediante el método de la NTP 900.030-2003, en donde se utiliza un equipo de muestreo de alto volumen aspira aire del ambiente a través de un orificio de forma especial donde el material particulado es separado de forma inercial en fracciones que incluyen el PM10 y el PM2.5. En sus resultados obtenidos se deduce que la cantidad de biomasa quemada influye de manera directa en la cantidad de material particulado PM 2.5 presente en el ambiente coincidiendo con Morales (2011) quien concluye que las prácticas de quema están teniendo graves consecuencias ambientales y la concentración de los contaminantes del aire principalmente Material Particulado de 10 micrones y menores a 2.5 además de los gases CO, SOX y NOX era mayor en zonas donde la cantidad biomasa quemada era abundante. Esto se corrobora con los resultados de los análisis estadísticos que indican que existe una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la cantidad de biomasa (Ton.) quemada; el valor p obtenido es 0.00 y

menor que p, concluyendo así en su investigación que la cantidad de biomasa quemada correspondiente a las 38.31 hectáreas de sembríos de caña de azúcar en los alrededores del distrito de Laredo, se estima en 1,379.85 toneladas, las cuales son responsables del aumento de PM2.5.

Escuela de Post- Grado de la Universidad Nacional de Trujillo, 2002 (como se citó en Carrera y Loyola, 2010) se realizó el estudio “Evaluación de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Laredo, emitidos por la empresa Agroindustrial Laredo el año 2001”. En este estudio se monitoreó la calidad del aire utilizando cuatro estaciones ubicadas en las zonas de mayor sensibilidad según una evaluación previa de los aspectos meteorológicos. Se midieron parámetros de concentraciones de PM10, SO2, CO, NOx. En dicho estudio, se determinó que los parámetros de PM10 se encontraban por encima de los valores permitidos, de la misma manera las concentraciones de los otros parámetros medidos aumentaban en las cercanías de la fábrica en momentos de condiciones climáticas no favorables a la dispersión. Cabe resaltar que este estudio se realizó antes de la implementación del PAMA.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen de la caña de azúcar

Se dice que la caña de azúcar tiene su origen en Nueva Guinea e islas vecinas, y que luego se introdujo en otros lugares como en Nueva Caledonia, Islas Fiji, Filipinas, Borneo, Sumatra, Malasia, India, China, etc. Pero otros afirman que es de origen hindú, de la zona de Bengala, al sur de la cadena del Himalaya y al norte del golfo de Bengala en la desembocadura del Ganges.

De acuerdo con las investigaciones, el cultivo de la caña de azúcar es muy antiguo ya que se lo realiza desde hace 3000 años; Pero si su cultivo lo comparamos con los 9000 años de antigüedad que tiene la agricultura, entonces no parece ser tan antigua.

La azúcar cruda se desarrolló 400 años a.C., pero el cultivo de la caña de azúcar se fue expandiendo de forma muy lenta. Llegó a Persia por el año 500 d.C. Luego los árabes construyeron plantaciones y moladoras de piedra. Fue introducida en Egipto luego de la derrota con los árabes por el año 710 d.C. Como los egipcios fueron especialistas en agricultura y química, desarrollaron la clarificación, cristalización y

refinación. Luego, la caña de azúcar se expandió hacia el este a lo largo del Norte de Africa y Marruecos y a lo largo del Mediterráneo hacia Rodas (Egipto), Sur de España (año 755 d.C.), y Sicilia (año 950 d.C.) (Cueva, 2001).

2.2.2 Quema de caña de azúcar

El material particulado resultado de la quema de caña de azúcar se ha asociado a efectos adversos del sistema respiratorio y cardiovascular, así como la muerte prematura. La población vulnerable a estos padecimientos son niños y adultos mayores, y personas que padecen de enfermedades cardiovasculares, asma o influenza pueden desarrollar cuadros más graves.

Estima que el humo derivado de la quema de combustibles sólidos (biomasa) forma parte de los 10 principales factores de riesgo a nivel mundial, contribuyendo aproximadamente a 2 millones de muertes al año (Dávalos, 2007).

2.2.3 Consecuencias del quemado de la caña de azúcar

- a) **Afecta la Biodiversidad y el Ecosistema:** Pese a que las condiciones de quema son en el caso particular de las plantaciones comerciales de caña de azúcar predeterminadas, controladas y reguladas, resulta obvio que en el interior de la plantación muchas de las especies animales (mamíferos, aves, roedores, insectos, etc.) que puedan estar presentes podrían verse eventualmente afectadas por el fuego caso no puedan abandonar el lugar a tiempo, lo que afecta la biodiversidad, el ecosistema y el equilibrio biológico. Es por ello necesario, prudente y estratégico dejar suficientes espacios en los “frentes de quema” para que los seres vivos allí presentes puedan salir sin perjuicio de la Biodiversidad y el Ecosistema (Chaves y Bermúdez, 2006, p.5).
- b) **Genera Gases con Efecto Invernadero:** La quema e incineración del material vegetal induce la formación de CO₂ que es liberado a la atmósfera, favoreciendo con ello el denominado efecto invernadero y contribuyendo al Calentamiento Global del Planeta lo que resulta cierto (Chaves y Bermúdez, 2006, p.6).
- c) **Disminuye la Fertilidad Natural del Suelo:** Al quemarse buena parte (no todo) del material vegetal residual de la cosecha presente, mucha de la Materia Orgánica (M.O) que normalmente se deposita en el suelo cuando la plantación no se quema desaparece, eliminando con ello la posibilidad de que su posterior Mineralización y Humificación

contribuya a retornar y restituir parte de los nutrimentos extraídos por las plantas del suelo durante su crecimiento (Chaves y Bermúdez, 2006, p.6).

- d) **Destruye la Actividad Microbiológica del Suelo:** El calor generado por las quemas afecta los agentes y la actividad biológica y microbiológica que existe naturalmente en el suelo (Chaves y Bermúdez, 2006, p.6).
- e) **Ocasiona Trastornos a la Salud:** Además del humo, la gran cantidad de cenizas producidas por la quema resultan molestas para los habitantes de localidades próximas y no muy próximas a las plantaciones cañeras donde se practica la quema, principalmente por inducir afecciones respiratorias por causa de los particulados de tamaño pequeño, visuales y depositarse sobre la vestimenta. Se asegura que el humo y las cenizas liberadas por las quemas de los cañales afectan severamente las personas que padecen problemas respiratorios de salud, como acontece con niños y personas de edad mayor (Chaves y Bermúdez, 2006, p.6).
- f) **Práctica Peligrosa y de Alto Riesgo:** El fuego por su acción y naturaleza resulta peligroso, potencialmente incontrolable y muy riesgoso para la integridad y seguridad de las personas, animales, instalaciones, plantaciones, etc. (Chaves y Bermúdez, 2006, p.6).
- g) **Favorece la Erosión del Suelo:** Eliminar la cobertura vegetal (hojas verdes y secas, cogollos, restos de tallos, raíces, malezas, tallos no movibles e industrializables) resultantes de la cosecha, deja prácticamente sin protección física al suelo, el cual queda por ello, sujeto a los efectos erosivos provocados por el agua, especialmente en terrenos de relieve irregular y alta pendiente, topografía pesada (arcillosa), o en regímenes de alta precipitación (Chaves y Bermúdez, 2006, p.6).
- h) **Favorece la Presencia de Plagas Problemáticas:** Si bien la quema ocasiona la eliminación de plagas destructivas para la agricultura, también induce la de sus controladores biológicos naturales, creando con ello un peligroso desequilibrio que la experiencia ha demostrado favorece más a la plaga, por formar esta parte de un sistema vegetal distorsionado y desequilibrado (monocultivo), lo que resulta una verdad técnicamente comprobada. Hay plagas como es el caso del Taladrador Menor del Tallo, cuya presencia se ve muy favorecida y promovida con la quema (presuntamente por el humo) de los cañaverales (Chaves y Bermúdez, 2006, p.7).
- i) **Favorece el Crecimiento de Malezas:** Un suelo desprotegido y sin presencia de cobertura vegetal permite y favorece un mayor crecimiento de malezas indeseables, lo que afecta el retoñamiento y el ahijamiento de la plantación, incrementando además

los costos implicados en su control (Chaves y Bermúdez, 2006, p.7).

- j) Puede Afectar Otras Actividades Productivas:** Actividades productivas como la Apicultura han reportado alguna afección de sus intereses comerciales, al indicar que luego de realizar la quema, las abejas visitan las plantaciones de caña atraídas por el material azucarado expuesto, momento en el cual las cenizas se adhieren a sus patas y cuerpo, con lo cual contaminan posteriormente las colmenas afectando la calidad de la miel producida. Otras actividades empresariales indican también afección por causa del humo y las cenizas producidas (Chaves y Bermúdez, 2006, p.7).
- k) Favorece la Pérdida de Humedad en el Suelo:** Al dejar (se aduce) limpia y sin cobertura vegetal la superficie del suelo se favorece e incrementa la pérdida de humedad por evapotranspiración, lo que resulta negativo para el suelo y la agricultura sostenible y competitiva, sobre todo por ocurrir en la época del año más seca cuando precisamente se realiza la cosecha de la caña de azúcar en el país. Esta limitante resulta importante en localidades muy secas donde no se cuenta con riego o los niveles de precipitación son bajos e insuficientes (< 1.300 mm) para atender las necesidades básicas del cultivo, lo que induce afección del retoñamiento y el ahijamiento de las plantaciones, limitando con ello la productividad agroindustrial del cultivo (Chaves y Bermúdez, 2006, p.7).
- l) Aumenta el Deterioro de la Materia Prima:** La quema por otra parte favorece, activa, dinamiza e induce un proceso microbiológico de deterioro e inversión de los azúcares (no reductores a reductores) contenidos en los tallos más rápido, que el existente en una plantación no quemada. Por este motivo, las plantaciones con caña quemada reciben por lo general un tratamiento administrativo de manejo diferente y operativamente más ágil y expedito respecto a las no quemadas, que procura reducir al máximo el periodo transcurrido entre: quema-corta-transporte-molienda y procesamiento de la materia prima (Chaves y Bermúdez, 2006, p.7).
- m) Introduce Impurezas al Ingenio:** La quema genera gran cantidad de cenizas que se adhieren a la materia prima que ingresa al Ingenio para su procesamiento, muchas de las cuales por su tamaño y propiedades coloidales logran superar las fases de lavado, sedimentación, filtrado y captura establecidas dentro del proceso fabril, provocando serios problemas en la fabricación del azúcar (Chaves y Bermúdez, 2006, p.8).
- n) Afecta la Calidad Industrial de la Materia Prima:** Los indicadores industriales de calidad pueden verse severamente afectados y deteriorados con la quema de la materia prima, no sólo por causa del deterioro e inversión de los azúcares, sino también por la

presencia de contaminantes bacteriales en el medio (Chaves y Bermúdez, 2006, p.8).

- o) Aumenta los Costos de Procesamiento Industrial:** Desde que la caña se quema hasta que se industrializa en el Ingenio, sufre un acelerado y sistemático proceso de inversión de azúcares inducido por bacterias como el *Leuconostoc mesenteroides* que da formación a las Dextranas. Esta situación además de que puede provocar pérdidas importantes de azúcar si no se controla, obliga a incrementar el control microbiológico en el Ingenio en el caso de la caña quemada, lo que repercute de manera determinante en los costos relacionados (Chaves y Bermúdez, 2006, p.8).
- p) Induce la Pérdida de Nutrientos Esenciales:** Algunos nutrientes minerales esenciales y muy importantes para la actividad metabólica y fisiológica de la caña de azúcar se gasifican, volatilizan y pierden con la quema; el Nitrógeno (N) y el Azufre (S) son en lo particular muy afectados por esta causa, como lo asevera Chaves y Bermúdez (2006), quien recomienda fortalecer por ello la fertilización con esos dos nutrientes en el caso de plantaciones de caña quemadas.
- q) Afecta el Turismo y el Paisaje:** Resulta innegable que las quemadas provocan un efecto visual muy negativo para los pobladores y principalmente contraproducente para el turismo. La quema de un cañaveral resulta realmente impactante cuando se le observa de cerca y aún de lejos, sobre todo si el área quemada es amplia, pues la intensidad del calor generado, el ruido crujiente provocado por la quema e incineración del material vegetal y la cantidad de humo liberada son impresionantes para muchas personas (Chaves y Bermúdez, 2006, p.8).
- r) Limita y Pone en Peligro el Tránsito en las Carreteras:** Se asevera que el humo provocado por las quemadas que se realizan principalmente en la orilla o puntos próximos de las carreteras y caminos, limitan la visibilidad, distorsionan la concentración de los conductores e incrementan consecuentemente el riesgo vial y el potencial de accidentabilidad (Chaves y Bermúdez, 2006, p.8).

2.2.4 Quema de caña de azúcar tradicional

En un ambiente social y político de escasas restricciones ambientales, previo al corte manual de la caña, se incendia el cañaveral para eliminar la mayor parte de follaje seco y así facilitar el acceso de los cortadores. La cosecha consiste en cortar el tallo con machete, desde su parte más baja, se separa el follaje que no es eliminado por la quema (hojas verdes y punta) y se forman pilas con los tallos, usualmente orientados perpendicularmente al sentido de los

surcos siguiendo el frente de corte, lo que facilita su levante por un cargador mecánico que los deposita en una unidad de transporte para su traslado al ingenio (Eggleston, Legendre y Richard, 2001).

Todo el follaje remanente es dejado sobre el terreno en una orientación similar a la de los tallos, por 2 a 6 días, para su secado, el que depende del orden de trabajo de la cuadrilla de cortadores, para eliminarlos finalmente en una segunda quema. Aún son pocos los casos en que, ese residuo remanente es acomodado manualmente o con equipo mecánico para su hilerado a lo largo de los surcos que eventualmente contribuya a mejorar las condiciones de estructura y contenido de materia orgánica, a través de su descomposición y una lenta incorporación al (Graham y Haynes, 2006).

Los defensores de la quema no vacilan en comentar que ésta elimina alrededor del 30 al 50% de material vegetal indeseable (hojas secas y verdes), lo cual constituye aproximadamente 10% del peso total del tallo; que ésta también mata abejas, víboras, escorpiones y arañas; se disminuyen los accidentes con los machetes y en general todo lo anterior incrementa la capacidad de cosecha.

Regularmente, ha habido intentos de introducir paulatinamente el método de corte manual de caña cruda. Sin embargo; estos previos esfuerzos se han enfrentado a la resistencia de los cortadores, a pesar de que se ha incrementado los beneficios económicos para realizar esta tarea en compensación por la disminución natural de su productividad en el corte. Tradicionalmente, se tienen detectados dos métodos de pago por el corte manual de la caña de azúcar; por un lado, se paga por tonelaje de caña cortada en la jornada de trabajo y su costo varía de ingenio, zona y estado.

2.2.5 Cosecha de la caña de azúcar mecánicamente

A través de consulta directa con operadores de maquinaria de cosecha, cortadores, productores y personal técnico de campo que tiene bajo su responsabilidad las áreas de producción y participa en la programación de los lotes de corte, es posible concentrar los siguientes factores como ventajas de este método de y el desglose de sus descripciones:

I. Entrega de caña más fresca al ingenio

- a. En caña sin quemar se reduce el tiempo entre el corte y el traslado de esta al ingenio.
- b. Se minimizan las pérdidas de sacarosa ya que la caña no se degrada tan rápidamente.

- c. En caña quemada se reduce también el tiempo entre la quema y el traslado de la caña al ingenio, ya que la productividad de las máquinas se incrementa.
- d. En el corte manual es necesario esperar a que termine el corte del campo asignado de la caña para iniciar la carga y transporte de esta.
- e. La cosecha mecanizada permite cosechar las 24 h del día.

II. Menor costo por tonelada cosechada

- a. En algunos ingenios se ha reducido el costo por tonelada cosechada mecánicamente hasta 20% respecto al costo por tonelada cosechada de forma manual.
- b. Se reduce el costo de administración de personal, ya que dos operadores y un encargado de la cosechadora hacen el trabajo equivalente de 80 a 100 cortadores de caña.
- c. Eliminación del destronque (quitar el tronco de la caña que usualmente deja el cortador).
- d. Se eliminan todos los gastos relacionados con el manejo de 80 a 100 cortadores.

III. Simplicidad y control de la operación de cosecha

Se programa adecuadamente la cosecha ya que depende de solo dos operadores y un encargado de mantenimiento, quienes cosecharán el equivalente de 80 a 100 cortadores diariamente.

IV. Seguridad en la cosecha y entrega de caña

- a. No se presentan problemas de entrega de caña los fines de semana y días feriados.
- b. Se mantiene un suministro continuo de caña durante toda la zafra.

V. Mejora en el transporte de caña

La caña cosechada mecánicamente en trozos es más densa que la caña entera, especialmente cuando ésta última no es recta. En muchos de los casos, las unidades de transporte de caña verde trasladan un mayor tonelaje de caña.

VI. Facilita el proceso de extracción de azúcar del Ingenio

- a. La caña cosechada mecánicamente llega trozada al ingenio lo que reduce el consumo de potencia en las cuchillas del conductor principal.
- b. La caña trozada fluye más fácilmente en la mesa de alimentación y a través del

conductor principal.

- c. Se utiliza una menor cantidad de agua para lavar la caña trozada.
- d. Se elimina la posibilidad de que lleguen piedras, troncos u otros objetos indeseables al ingenio, muchos de estos son levantados por las cargadoras.

VII. Protege el medio ambiente

- a. La cosecha de caña en verde evita la quema de esta con los siguientes beneficios ambientales. Evita el daño de la flora y la fauna.
- b. Reduce el calentamiento global.
- c. Permite la incorporación de materia orgánica (residuo vegetal) al suelo.
- d. Evita la erosión al dejar los residuos sobre el suelo.
- e. En el corto plazo se reducen los gastos de la fertilización.
- f. Mejora la textura del suelo.
- g. Conserva la humedad del suelo.
- h. Se evitan los incendios accidentales en los campos de cultivos adyacentes.

La cosecha mecanizada de caña de azúcar cruda representa una gran oportunidad de reducir costos, de hacer más eficiente la operación de cosecha y entrega óptima de caña al ingenio, hacer más rentable la operación de transporte y minimizar los impactos negativos al medio ambiente contribuyendo con la productividad de los ingenios y conservando el patrimonio de las familias cañeras (Larios, 2010).

Una vez generalizado y perfeccionado este proceso en las áreas donde pueda ser posible su introducción, será posible elaborar estrategias operativas, desarrollar nuevas tecnologías para el cultivo de la caña de azúcar y generar metodologías de manejo integrales en función del destino final del cultivo o sus subproductos.

2.2.6 Contaminación atmosférica y la calidad del aire

La atmósfera está constituida por varias capas de aire, las de mayor importancia para la presente investigación son la tropósfera y estratósfera. La tropósfera es la capa delgada de aire relativamente denso más cercana a la superficie de la tierra, esta contiene el aire que todos los seres vivos necesitan para respirar. La estratósfera es la capa protectora que ayuda a absorber y dispersar la energía solar (Vallero, 2014).

El aire que respiramos está formado por muchos componentes químicos. Los componentes primarios del aire son el nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂) y vapor de agua (H₂O). También se encuentran pequeñas cantidades de muchas otras sustancias, incluidas el dióxido de carbono, argón, neón, helio, hidrógeno y metano (Vallero, 2014).

La degradación de la calidad del aire ha sido un problema de salud pública desde el descubrimiento del fuego, sin embargo, este se acentuó con el nacimiento de la revolución industrial en Inglaterra durante el siglo XVIII, en donde las fábricas para producir requerían energía mediante la quema de combustibles fósiles, tales como el carbón y el petróleo (Carrera y Loyola, 2010).

Querol (2008) define la alteración de la calidad del aire como la presencia de partículas y/o agentes contaminantes que pueden modificar las condiciones en la calidad de aire de manera negativa pudiendo resultar perjudiciales para la atmósfera. La contaminación puede darse por fuentes naturales (volcanes, zonas erosionadas, etc.) o antropogénicas.

Las fuentes antropogénicas de alteración y/o contaminación del aire pueden ser de dos tipos

Estáticas: como la producción agrícola, minas, zonas industriales, fábricas de productos químicos, minerales, centrales de generación de energía y fuentes municipales como la calefacción de viviendas y edificios, incineradoras de residuos municipales, plantas de depuración, etc.

Móviles: vehículos con motor de combustión (vehículos ligeros con motor de gasolina, vehículos pesados y ligeros con motor diese, motocicletas y aviones).

2.2.7 Contaminación de la calidad del aire por la quema de la caña de azúcar

Cannavam, Francisco, y Cunalí (2000) indican que, al quemar la caña de azúcar como actividad previa a la cosecha, se presentan una serie de problemas ambientales como lo son: el incremento de la contaminación del aire, incremento en los niveles de ozono en la baja atmósfera y del monóxido de carbono provocando efecto invernadero.

En lo que respecta a la contaminación atmosférica, Molina, 1998 (como se citó en Larios, 2010) menciona que las quemas agrícolas, entre ellas la quema de la caña de azúcar antes y después de la cosecha, se encuentra junto a otros factores como causa del deterioro de la

calidad del aire. La adopción de la quema antes de la cosecha y la requema de los residuos general un impacto ambiental negativo sobre todo en las poblaciones asentadas alrededor de las áreas de cultivo de caña.

Igualmente, en un estudio realizado en el Valle del Cauca, por la Universidad de la Salle y citado por Molina, 1998 (como se citó en Larios, 2010) con el fin de evaluar la contaminación atmosférica generada por la quema de caña de azúcar y su proceso agroindustrial, se obtuvieron cifras en cuanto a la emisión de partículas, monóxido de carbono, hidrocarburos y dióxido de azufre. En los reportes mensuales hay coincidencias entre los valores más altos de partículas en suspensión y la época de la quema de caña de azúcar en algunas de las zonas estudiadas.

Madriñan (2002) establece que la quema de caña es un proceso que desprende gran cantidad de calor, incrementando los niveles de evaporación del agua contenida en la materia vegetal y el suelo. El aire húmedo es sobrecalentado y eleva los vapores, así como las partículas (cenizas) que operan como núcleos higroscópicos en el momento en que la masa de aire alcanza la temperatura de condensación provocando la formación de nubes. Al aumentar la frecuencia de este tipo de prácticas, parámetros como la temperatura, humedad, evapotranspiración y lluvias, están sufriendo alteraciones que inciden en los valores medios que identifican el microclima de la zona afectada. Las partículas en suspensión y los humos procedentes de las quemas reducen la visibilidad y entran a formar parte del fenómeno denominado efecto de invernadero.

De acuerdo con Mejía, 2004 (como se citó en Alfaro, 2020) en El Salvador la quema de caña genera un impacto negativo sobre la atmósfera debido a la liberación de dióxido de carbono y partículas totales suspendidas debido a la falta de prácticas adecuadas en el sector agrícola. Así mismo, menciona que, en Honduras, las emisiones de material particulado y monóxido de carbono producto de la cosecha por quema de caña, así como olores característicos que persisten durante el tiempo debido a las fumigaciones con productos químicos en el cultivo. Finalmente, indica que, en Nicaragua el impacto en la calidad del aire está directamente afectado por las actividades agroindustriales, quemas no controladas y quemas agrícolas, siendo una práctica muy común y popular en las zonas cañeras debido a la liberación de partículas totales suspendidas y gases con alta toxicidad.

Godoi *et al.*, 2004; Oppenheimer *et al.*, 2004 y Lara *et al.*, 2005 (como se citó en Alfaro,

2020) En la ciudad de Piracicaba, Brasil, concluyeron que las prácticas de cosecha mediante quema para la caña de azúcar son las principales fuentes de material particulado PM_{2,5}, PM₁₀ y NO₂, afectando también la composición química del agua de lluvia.

Dávalos (2007) indica que la quema de caña de azúcar es la principal fuente de alteración y del aire ya que, emite el 50% del total de contaminación por PM₁₀; relación que se corrobora a través de la estimación lineal, hallando una estrecha relación entre la quema de la caña de azúcar y la concentración de PM₁₀, el cual sobrepasa los límites diarios máximos permitidos por la EPA.

Carrera y Loyola (2010) en un estudio hecho en Laredo, Trujillo - Perú, llega a la conclusión que el principal impacto previsible identificado fue el golpe sobre la calidad del aire por la presencia de material particulado, ocasionado al momento de la quema de caña de azúcar, mediante la evaluación de PM₁₀, CO, SO_x y NO_x.

Según Larios (2010) la quema de caña de azúcar en Guanacaste en Costa Rica produce contaminación en la atmósfera, el hecho de no quemarse por completo la caña de azúcar genera el monóxido de carbono (CO), gas tóxico que deteriora la capa de ozono y permitiendo la entrada directa de los rayos ultravioletas, por ende, dicha práctica atenta con la calidad del aire.

Hernández y Morales, 2019 (como se citó en Alfaro, 2020) con ayuda de la Universidad Nacional de Colombia (U.N) analizaron las mediciones de material particulado (PM) y ozono Arauca y Yopal, ciudades con poca actividad industrial y de tráfico vehicular, y exploraron su relación con incendios en las sabanas venezolanas del Orinoco. A partir de ese estudio, los resultados de concentraciones de PM₁₀ y ozono fueron sorprendentemente altas, encontrándose muy por encima del estándar colombiano de calidad del aire para PM₁₀ (75 µg/m³ en un tiempo de exposición de 24 horas), con valores de hasta 112 µg/m³. La quema de biomasa en los llanos colombo-venezolanos consume anualmente cerca de 3 millones de hectáreas, un área equivalente al 50 por ciento de la zona sembrada en Colombia, y produce alrededor de 140.000 toneladas de material particulado, al menos 4 veces la emisión anual en Bogotá.

2.2.8 Material particulado atmosférico

Según Alfaro (2020), Término genérico aplicado a una amplia gama de sustancias química, física y biológicamente diversas que existen en el aire como partículas discretas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera en un amplio rango de tamaños (Mészáros, 1999). Es necesario considerar que el término material particulado atmosférico es un concepto amplio que abarca tanto las partículas en suspensión como las partículas sedimentables (diámetro > 20 µm), caracterizadas por un corto tiempo de residencia en la atmósfera (Morales, R., 2006).

Las partículas atmosféricas pueden ser emitidas por una gran variedad de fuentes de origen natural o antrópico. Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser emitidas como tales a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (partículas secundarias). Los niveles de material particulado atmosférico se suelen expresar en forma de concentración de masa por unidad de volumen de aire en microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Warneck, 1999).

2.2.9 Efectos contaminantes en la salud

Efectos agudos y crónicos a la salud han sido positivamente asociados con la exposición al material particulado. Cuánto más pequeña es la partícula más probable será que penetre más profundamente en los pulmones, llegando, a veces, a alterar los procesos celulares. La exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón (OMS, 2018).

El tamaño y la composición asociada de partículas determinan su comportamiento en el sistema respiratorio, incluyendo cómo las partículas pueden penetrar, donde se depositan, y la eficacia de los mecanismos de defensa del cuerpo para expulsarlas. Además, el tamaño del material particulado es uno de los parámetros más importantes al determinar el tiempo de residencia y la distribución espacial de las partículas en el medio ambiente. El tamaño del material particulado es también un factor importante de la debilitación de la visibilidad (Sandoval y Olaya, 2005, p. 26).

Efectos sobre la salud de Dióxido de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO)

El dióxido de azufre (SO₂) puede afectar al sistema respiratorio y las funciones pulmonares, y causa irritación ocular. La inflamación que se produce en el sistema respiratorio puede provocar tos, secreción mucosa y agravamiento del asma y bronquitis crónica, asimismo, aumenta el riesgo de que las personas contraigan infecciones del sistema respiratorio. Por otro lado, la combinación con el agua, el SO₂ se convierten en ácido sulfúrico, que es el principal componente de la lluvia ácida que causa la deforestación (OMS, 2018).

La exposición al monóxido de carbono puede provocar dolores de cabeza, síntomas de gripe, mareos, cansancio, falta de memoria, entre otros. Este gas es capaz de entrar al torrente sanguíneo e impedir que el oxígeno entre al organismo, lo cual puede causar daños en los tejidos y producir la muerte (EPA, 2018).

2.2.10 Estándares de la Calidad del Aire

Valores establecidos para Perú de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana (DS. 003-2017-MINAM). Este DS establece los estándares primarios de calidad del aire y los niveles de concentraciones máximas para los contaminantes criterio mostrados en la Tabla 2.

Tabla 1
Guías de Calidad del Aire

Parámetros	Periodo	Valor Guía (µg/m ³)
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	Media de 24 horas	25
	Media Anual	10
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Media de 24 horas	50
	Media Anual	20
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	10000
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Media de 24 horas	20
	Media de 10 minutos	500

FUENTE: Guía de calidad del aire de la OMS (2006).

Tabla 2
Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterios de evaluación	Método de Análisis
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta

FUENTE: Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

2.2.11 Índice de la Calidad del Aire Nacional (INCA)

Mediante Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM, se estableció el Índice de Calidad del Aire - INCA, el cual tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire.

Para un mejor entendimiento, el INCA se divide en cuatro categorías o calificaciones de la calidad del aire, los cuales se muestran en la Tabla 5. Los valores del INCA van de 0 a 50 cuando la calidad del aire es buena, de 51 a 100 cuando es una calidad moderada, entre 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) cuando la calidad del aire es mala, finalmente cuando la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud.

Tabla 3
Intervalos, concentraciones y ecuación para el cálculo del INCA

Material particulado (PM10) Promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación*
0-50	0-75	$I(\text{PM}_{10}) = [\text{PM}_{10}] * 100 / 100$
51-100	76-150	
101-167	151-250	
>167	>250	
Material Particulado (PM2,5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación*
0-50	0-12.5	$I(\text{PM}_{2,5}) = [\text{PM}_{2,5}] * 100 / 50$
51-100	2.6-25	
101-500	25.1-125	
>500	>125	
Dióxido de azufre (SO2) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación*
0-50	0-10	$I(\text{SO}_2) = [\text{SO}_2] * 100 / 250$
51-100	11-20	
101-626	21-500	
>625	>500	
Monóxido de carbono (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación*
0-50	0-5049	$I(\text{CO}) = [\text{CO}] * 100 / 10000$
51-100	5050-10049	
101-150	10050-15049	
>150	>15050	

FUENTE: valores de los Estándares de Calidad del Aire usados en las ecuaciones, pertenecen al Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, actualmente vigente.

Tabla 4
Valores del Índice de Calidad del Aire

Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC	Anaranjado
VUEC*	>VUEC	Rojo

Fuente: VUEC: Valor umbral de estado de cuidado

2.2.12 Air Quality Index (AQI).

Utilizando el documento de la EPA (Environment Protection Agency): Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality - The Air Quality Index (AQI), aprobado en febrero de 2009, el indicador se calcula a partir de las mediciones de concentración de los contaminantes monitoreados, y los intervalos de concentraciones prestablecidos para cada uno de los contaminantes, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$AQIPjt = \frac{IHi - ILo}{BPHi - BPLo} (CPjt - BPLo) + ILo$$

Donde:

- AQIPjt: Es el índice de calidad del aire para el contaminante P de una estación de monitoreo de la calidad del aire j durante el período de tiempo t, el cual corresponde al período de monitoreo de acuerdo con el contaminante que se esté evaluando.
- CPjt: Es la concentración del contaminante P medida en el punto de monitoreo de calidad del aire j durante el período de tiempo t, el cual corresponde al período de monitoreo de acuerdo con el contaminante que se esté evaluando.
- BPHi: Es el valor máximo del intervalo en el que se encuentra la concentración del contaminante P medida. Este valor se obtiene de la Tabla 5.

- BPLo: Es el valor mínimo del intervalo en el que se encuentra la concentración del contaminante P medida. Este valor se obtiene de la Tabla 5.

- IHi: Es el valor máximo del rango del AQI asociado al BPHi. Este valor se obtiene de la primera columna de la Tabla 5.

- ILo: Es el valor mínimo de rango del AQI asociado al BPLo. Este valor se obtiene de la primera columna de la Tabla 5.

Tabla 5
Rangos del AQI e intervalos de concentraciones

Rangos AQI	CLASIFICACION	PM10 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO 8h (ppm)	SO2 24h (ppm)
$0 \leq \text{AQI} \leq 50$	VERDE	0 - 54	0,0 - 12,0	0,0 - 4,4	0,000 - 0,035
$51 \leq \text{AQI} \leq 100$	AMARILLO	55 - 154	12,1 - 35,4	4,5 - 9,4	0,036 - 0,075
$101 \leq \text{AQI} \leq 150$	NARANJA	155 - 254	35,5 - 55,4	9,5 - 12,4	0,076 - 0,185
$151 \leq \text{AQI} \leq 200$	ROJO	255 - 354	55,5 - 150,4	12,5 - 15,4	0,186 - 0,304
$201 \leq \text{AQI} \leq 300$	MORADO	355 - 424	150,5 - 250,4	15,5 - 30,4	0,305 - 0,604
$301 \leq \text{AQI} \leq 500$	GRANATE	425 - 604	250,5 - 500,4	30,5 - 50,4	0,605 - 1,004

FUENTE: Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (MAVDT, 2010)

2.3 Definición de términos básicos

Acumulación: Cuando el efecto se incrementa progresivamente (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Alzador: Es el que alza la caña que el cartero ha amontonado y la pasa a un tráiler o vehículo transportador utilizando la alzadora mecánica (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Atmósfera: Capa de aire que rodea a la tierra. Consiste casi en su totalidad de nitrógeno (78.1%) y oxígeno (20.9% además de otros gases como el argón, el helio y vapor de agua; éstos a su vez combinados con gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono y el ozono. La atmosfera también contiene nubes y aerosoles (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Biocombustibles: Se entiende por biocombustibles, al Biodiesel, bioetanol y biogás que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos. Los biocombustibles usan la biomasa vegetal sirviendo de fuente de energía renovable para los motores empleados (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Biomasa: Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. Se entiende por materia orgánica no fósil y biodegradable, originada de plantas, animales y micro- organismos. También incluye productos, subproductos, residuos y desechos agrícolas, forestales y de industrias relacionadas, de igual forma fracciones no fósiles y biodegradables de los desechos industriales y municipales. (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Caña de azúcar: Es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 ó 6 cm. de diámetro. El sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo; El tallo acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis con hojas que llegan a alcanzar de dos a cuatro metros de longitud. En su parte superior encontramos la panocha, que mide unos 30 cm. de largo (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Compensar: Neutralizar el efecto de una cosa con la opuesta. Dar un beneficio a cambio de un daño o perjuicio causado (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Control: Es la inspección que se lleva a cabo en torno a una cosa o el dominio que se ostenta sobre una cosa o persona (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Cortero: Es la persona que corta la caña y utiliza como herramienta el machete (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Demanda: Determina la cantidad de un bien que los compradores desean comprar para cada nivel de precio (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Desagüe: Labor cultural que se realiza para evacuar el agua estancada en una suerte después del riego o una fuerte precipitación, y de esta forma facilitar el normal desarrollo del cultivo (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Duración: Evalúa el período de existencia activa del impacto y sus consecuencias. Se expresa en función del tiempo que permanece el impacto (fugaz, temporal o permanente) (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Efecto: Se refiere a la forma (directa o indirecta) de manifestación del efecto sobre el bien de protección (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Emisiones: Se refiere a la liberación de gases de efecto invernadero, sus precursores y aerosoles hacia la atmosfera en un área específica por un periodo de tiempo (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Encalle: Labor que consiste en agrupar los residuos de cosecha en un entresurco (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Erosión: El proceso de remover y trasportar tierra y rocas causado por el clima o agente externo Francisco y Tejada (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Extensión: Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Ramal (porcentaje del área respecto al entorno en que se manifiesta el impacto) (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Evaluación de impacto ambiental: El conjunto de estudios y análisis técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto puede causar sobre el medio ambiente (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Gramínea: Familia de plantas angiospermas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco, hojas sentadas, largas y estrechas e insertas al nivel de los nudos, flores dispuestas en espiguillas reunidas en espigas, racimos o panículas y semillas ricas en albumen (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Impacto ambiental: Es la repercusión de las modificaciones en los factores del Medio Ambiente, sobre la salud y bienestar humanos. Y es respecto al bienestar donde se evalúa la calidad de vida, bienes y patrimonio cultural, y concepciones estéticas, como elementos de

valoración del impacto (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Ingenio: Se conoce como ingenio, la hacienda o finca con las instalaciones necesarias para procesar caña de azúcar y obtener azúcar, ron y otros productos (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Intensidad: Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad o proceso operativo (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Machete: Herramienta que sirve para cortar la caña (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Macollamiento: La producción de tallos laterales (macollas, "hijos") por el cultivo durante el crecimiento manipulación (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Mecanización: Se entiende habitualmente como cualquier operación realizada sobre una masa de material para darle forma, mediante acciones mecánicas, o sea: arrancar, estirar, doblar, encoger, curvar, marcar, quemar, etc. Y habitualmente para cada una de estas, existe una tecnología, máquinas, procesos, software y oficios diferentes (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Mitigación: Implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de ejecución de un proyecto (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Naturaleza: Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del Ramal a Oriente del Gasoducto Sebastopol - Medellín. Puede ser positivo (P, +) o negativo (N, -), en función de si mejora o degrada el ambiente actual o futuro (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Nivel freático: Define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie. (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Periodicidad: Se refiere a la regularidad con que se manifiesta el efecto (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Posibilidad de ocurrencia: Como no se tiene certeza absoluta de que todos los impactos se presenten, la posibilidad de ocurrencia califica y se expresa como la probabilidad de que el impacto pueda darse (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Prevenir: Es la adopción de medidas encaminadas a impedir que se produzcan deficiencias físicas, mentales y sensoriales (prevención primaria) o a impedir que las deficiencias, cuando se han producido, tengan consecuencias físicas, psicológicas y sociales negativas (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Quema de caña de azúcar: Es el acto de incinerar las hojas de la caña en un área de la plantación previamente determinada y que se encuentre en edad y estado de maduración apta para corte, molienda y la producción de azúcar (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Recuperabilidad: Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras) (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Reversibilidad: Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el Ramal a Oriente del Gasoducto Sebastopol - Medellín, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Sinergia: Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más impactos simples. La componente total de la manifestación de dos impactos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de impactos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Suelo: Sistema natural desarrollado o desarrollándose a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos, bajo la influencia del clima y del medio biológico, es un sistema de tres fases (sólida, líquida y gaseosa), que se diferencia en horizontes y sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Tallos: Se define como todo órgano aéreo o subterráneo, verde o incoloro, derecho, rastrero o trepador, portador de hojas (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Trapiches: Es un molino utilizado para extraer el jugo de determinados frutos de la tierra, como la aceituna o la caña de azúcar (Mejía y Saldarriaga, 2013).

Zafra: Periodo que dura la cosecha e industrialización de la caña de azúcar. La zafra inicia a finales del año calendario (generalmente en noviembre y diciembre), y termina a mediados del año siguiente (mayo a junio), según la Entidad Federativa Cañera (Mejía y Saldarriaga, 2013).

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

La quema de la caña de azúcar incide en la contaminación atmosférica en la localidad de Andahuasi y sus alrededores – Sayán 2020.

2.4.2 Hipótesis específicas

- Los efectos ambientales producidos por la quema de la caña de azúcar son aptos para la población de Andahuasi y sus alrededores – Sayán 2020.
- Las consecuencias de concentraciones contaminantes atmosféricos producidos por la quema de la caña de azúcar son los adecuados contemplados dentro de la normatividad vigente en la población de Andahuasi y sus alrededores -Sayán – 2020

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

La investigación fue de tipo No experimental, de corte longitudinal. El diseño que se empleó fue de carácter no experimental, porque no se manipuló las variables y se observó situaciones ya existentes. Longitudinal, porque la recolección de datos se dio de acuerdo con el avance de la investigación.

3.1.1 Ubicación

La investigación se desarrollará en el Centro Poblado de Andahuasi, jurisdicción del distrito de Sayán, provincia de Huaura durante el presente año 2020.

3.1.2 Materiales e Insumos

Para la presente investigación se utilizará una serie de materiales que nos permita recoger y procesar la información, las encuestas, fichas de observación, así como los instrumentos para medir el grado de contaminación del aire y el medio ambiente.

Para los monitoreos de la contaminación atmosférica se utilizó:

- Equipo Muestreador de alto volumen o Hi-Vol para material particulado mayor a 10 micras: este equipo de flujo constante presenta una aspiración de aire en el rango de 1.02 a 1.24 m³/min a condiciones actuales o reales. Un caudal de 1.13 m³/min garantiza la separación de partículas menores a 10 micrómetros. La cantidad medible de aire es succionada hacia una caja de muestreo a través de un filtro durante un periodo de tiempo conocido, generalmente 24 horas y en forma continua. El filtro es pesado antes y después de determinar el peso neto ganado. El volumen total de aire muestreado se determina a partir de la velocidad promedio de flujo y el tiempo de muestro.
- Equipo Muestreador de bajo volumen o Low-Vol para material particulado menor a 2,5 micras: muestreador que aspira aire del ambiente a flujo constante de 16.7 L/min a través de un orificio, colectando el material en un filtro de 47 mm durante un periodo

máximo de 24 horas y de forma continua, donde separa inercialmente el material particulado en fracciones de uno o más tamaños dentro del rango determinado (PM10 o PM2,5). Cada filtro es pesado antes y después del muestreo para determinar el peso neto de la muestra. El volumen del aire muestreado se encuentra a condiciones de 25°C y 1 atm.

- Analizador automático de gases para el análisis de SO₂ y CO: cuenta con un sistema electrónico el cual contiene el software de operación, controla el funcionamiento del equipo y realiza automáticamente los cálculos de las concentraciones. Así mismo, presenta un sistema neumático que consta principalmente de la bomba de succión, conexiones y tuberías por donde circula la muestra de gas. Por último, tiene un sistema óptico en donde se aplica el método de medición del analizador, mediante procesos físicos y/o químicos, dependiendo del gas a analizar (EPA, 2018).

3.1.3 Diseño Experimental.

El diseño de la investigación es No experimental, transeccional, descriptivo. Para determinar las incidencias contaminantes de la atmosfera que tiene la mecanización y las posibles consecuencias que traerá para la población y para el ambiente, se hizo una evaluación de impactos ambientales y un análisis de los impactos negativos significativos, para culminar con el plan de manejo ambiental que sirve como soporte documental para investigaciones futuras.

Es una investigación Aplicada: el investigador busca resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. En otras palabras, el énfasis de la investigación aplicada es la resolución práctica del problema (Abarza, 2012).

El nivel de investigación es descriptivo, los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a los que se refieren (Fernández, 2005)

El diseño de la investigación es No experimental, transeccional, descriptivo.

3.1.4 Análisis de varianza

Primera fase: Construcción de la base de datos

- Se construyeron 2 bases de datos, una con enfoque ambiental con datos de la campaña de monitoreo con las concentraciones de MP10 y MP2.5 de Andahuasi, Chambara y Manco Cápac, incluyendo datos meteorológicos. Y otra con un enfoque en daños a la salud, datos de morbilidad por semana epidemiológica del año 2020, proporcionada por los Servicios de Salud del distrito.
- Se asignaron folios a las variables para facilitar el uso e identificación en el procesamiento de la información.

Segunda fase: Análisis estadístico

- Se graficaron las series temporales de variables dependientes por causa específica y poblaciones de estudio.
- Se obtuvieron los estadísticos descriptivos como: los promedios, desviación estándar y varianza, número mínimo y máximo de casos de IRAs y asma ocurridos por semana epidemiológica.
- Se aplicó la prueba de Saphiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos, así como igualdad de varianzas y de esta manera aplicar la prueba *t* de Student para realizar la diferencia de medias para cada evento en salud y cada población de estudio.
- Para los datos que no se distribuyeron con normalidad se aplicó prueba de U de Mann-Whitney.

3.1.5 Tratamientos

Se aplicará el Procesador Statistical Package Of Social Sciencies – SPSS.

- Procesamiento de Datos.
- Análisis de Datos e Interpretación de Datos.
- Prueba de hipótesis Chi cuadrado.

3.1.6 Características del área experimental

El tipo de investigación fue de tipo descriptivo, que ayudó al logro de los objetivos.

Para determinar las implicaciones contaminantes de la atmosfera que tiene la mecanización de la caña de azúcar y las posibles consecuencias que traerá para la población y para el ambiente, se hizo una evaluación de impactos ambientales y un análisis de los impactos negativos significativos, para culminar con el plan de manejo ambiental que sirve como soporte documental para investigaciones futuras.

No obstante, existieron antecedentes de investigación que sirvió de soporte para la construcción, el desarrollo del diagnóstico y la caracterización ambiental para esta problemática en la provincia de Huaura, específicamente en el distrito de Sayán, jurisdicción de Andahuasi y sus alrededores.

A través de las técnicas e instrumentos metodológicos se definió la información necesaria brindada por la empresa, población y profesionales de la salud, así como corteros de caña de azúcar que sirvió como insumo para el análisis de la información y obtención de resultados.

3.1.7 Variables para evaluar

- La quema de caña de azúcar.
- La contaminación atmosférica.

3.1.8 Conducción del experimento

Para llevar a cabo este objetivo se aplicaron las siguientes técnicas:

- a) Visitas a la zona de siembra y producción de caña.
- b) Visitas al ingenio azucarero de Andahuasi.
- c) Entrevistas con pobladores de zonas aledañas
- d) Revisión de literatura.
- e) Recolección de datos.

La información recogida, fue consolidada, analizada, evaluada y organizada en este informe, a partir de valoraciones, aplicando la técnica de análisis grupal. La selección de criterios de valoración es subjetiva porque parte del conocimiento que los propios actores hacen del proceso.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población estará conformada por la quema de los cultivos de caña de azúcar del centro poblado de Andahuasi y sus alrededores del distrito de Sayán, provincia de Huaura.

3.2.2 Muestra

Está conformado por el humo negro (gases contaminantes), producto de la quema de caña de azúcar .

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Técnicas para emplear.

Observación: El presente proyecto de investigación está basado en el estudio sobre la quema de la caña de azúcar y su incidencia en la contaminación atmosférica, esta técnica no solo implica la observación, sino todos los sentidos que pueden captar el grado de contaminación que siente la población en desmedro de su salud.

Técnica de entrevista: Se dialogará directamente con los sujetos de estudio con el propósito de recolectar información.

Técnica de análisis: es el proceso de registrar, clasificar y codificar los datos; así como el análisis lógico y estadístico respectivo para comprobar la hipótesis.

3.3.2 Descripción de los Instrumentos

- Entrevistas.
- Hoja de recolección de datos de campo.
- Cuadro estadístico.

3.4 Técnicas para el Procesamiento de la Información

Nuestro estudio de investigación procesará la información comprendida en tres momentos:

- Destinado a la recolección de la información general, revisión rápida de estudios realizados, textos, publicaciones oficiales, informes estadísticos, búsquedas por

internet, visitas a instituciones relacionadas con la investigación.

- Preparación de los materiales para la recopilación de datos en campo, el diseño, elaboración del instrumento y aplicación a una muestra representativa de la población de estudio (monitoreo de gases).
- Análisis y comparación de los datos obtenidos para su procesamiento e interpretación .

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados

4.1.1 Información y diagnóstico de la zona de estudio

La Empresa Agraria Azucarera Andahuasi, cuenta con el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) aprobado por Dirección General, DVM-DGAAA, en la que se compromete reducir la cosecha de caña de azúcar mediante una quema progresiva hasta cubrir el 100% del total de sus cultivos, el plazo que se colocó para la ejecución de los compromisos fue de cinco años, es decir, hasta el año 2022.

Mediante el Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (SINADA) se formularon un total de 10 denuncias contra la Empresa Agraria Azucarera Andahuasi provenientes del distrito de Sayán, de los centros poblados de Manco Cápac, Chambara, Sayán zona urbana, centro de salud del distrito y de la propia comuna provincial de Huaura, relacionadas a la contaminación de la calidad del aire y la salud de los pobladores por el efecto de la quema de caña de azúcar, siendo las cenizas y humos generados los principales factores de molestia.

En el periodo de monitoreo se realizaron visitas en los alrededores de los campos de cultivo de caña de azúcar para poder identificar posibles puntos de quema que pudiesen ocurrir durante la etapa de campo, para tener una mejor referencia, se usó el Plano de distribución de campos y canales por comisión de regantes, que se encuentra en el PAMA de la Empresa Agraria Azucarera Andahuasi.

Siguiendo el cronograma establecido, se presenta una descripción de las quemas de caña durante los días de monitoreo en la Tabla 3.

Tabla 6
Quema de caña de azúcar durante el periodo de monitoreo

Nº de quema	Fecha	Campo de referencia	Área Aprox. (Ha.)	Observaciones
Quema 1	10/10/2020	Chambara	12.3	Campos de caña siendo quemados, al costado del anexo Maní. La quema se realizó en horas de la tarde.
Quema 2	13/10/2020	Chambara	7.5	Se observó que la pluma de la quema llegaba al anexo Los Ángeles.
Quema 3	15/10/2020	Quipico	3.5	Punto ubicado a aprox. 10 m del anexo Los Ángeles.
Quema 4	16/10/2020	Manco Cápac	10.7	Se observó que la pluma llegaba al anexo Quipico. La quema se realizó en horas de la mañana.
Quema 5	18/10/2020	Andahuasi	7.6	Ubicado a menos de 1 km del anexo Manco Cápac. La quema se realizó en horas de la mañana.
Quema 6	20/10/2020	Andahuasi	11.3	Se identificó la quema de un mismo campo de caña de manera progresiva en diferentes días, a aprox. 1 km de los anexos Quipico y Manco Cápac.
Quema 7	23/10/2020			
Quema 8	25/10/2020			

4.2 Análisis de las concentraciones de PM2.5, PM10. CO Y SO2

4.2.1 Material particulado menor a 10 micras (PM10)

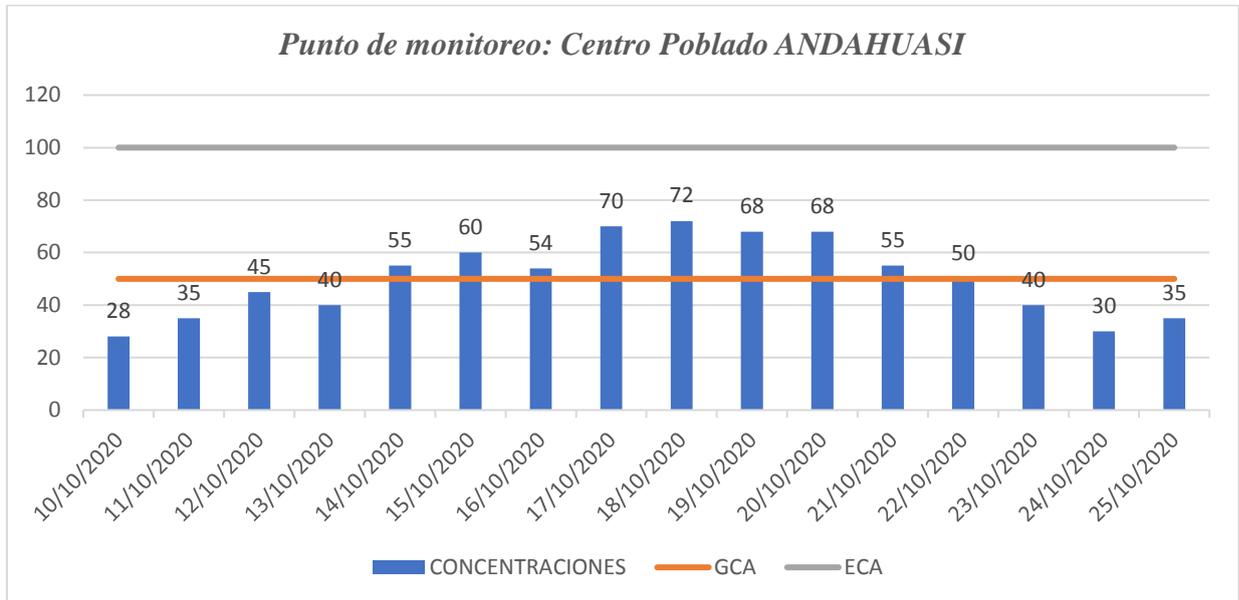


Figura 1. Análisis de concentraciones de PM10 del Centro poblado de Andahuasi.

Interpretación.

Las concentraciones del PM10 en el centro poblado de Andahuasi se presentan en la Figura 1, las cuales llegan a su punto álgido el día 18 de octubre, alcanzando $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el punto más bajo se presenta los días 10 y 24 de octubre, alcanzando en ellos 28 Y $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados al ser comparados con los valores guía de la OMS, muestran una superación en nueve de los quince días de monitoreo, asimismo se tiene valores muy cercanos a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los días restantes, con respecto a los ECA nacionales para aire, no se superan los estándares en ningún día.

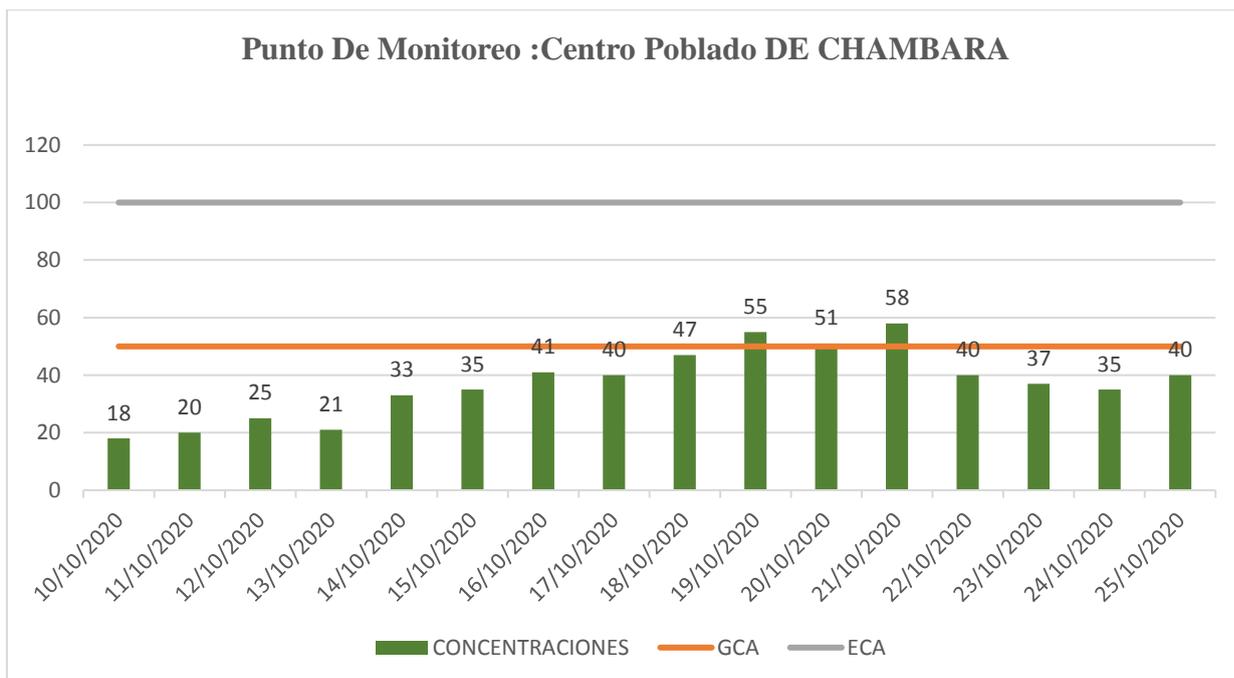


Figura 2 Análisis de concentraciones de PM 10 del Centro poblado de Chambara.

Interpretación.

La variación diaria de PM10 en el centro poblado de Chambara se aprecia en la Figura 2, llegando a su punto más alto el día 21 de octubre, alcanzando $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y el punto más bajo el día 10 de octubre con una concentración de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el promedio diario de $37,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los resultados al ser comparados con los estándares nacionales, no se superan en ningún día, sin embargo la comparación con los valores de las guías de calidad de aire de la OMS ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), muestra una superación de los valores en los días 19, 20 y 21 de octubre.

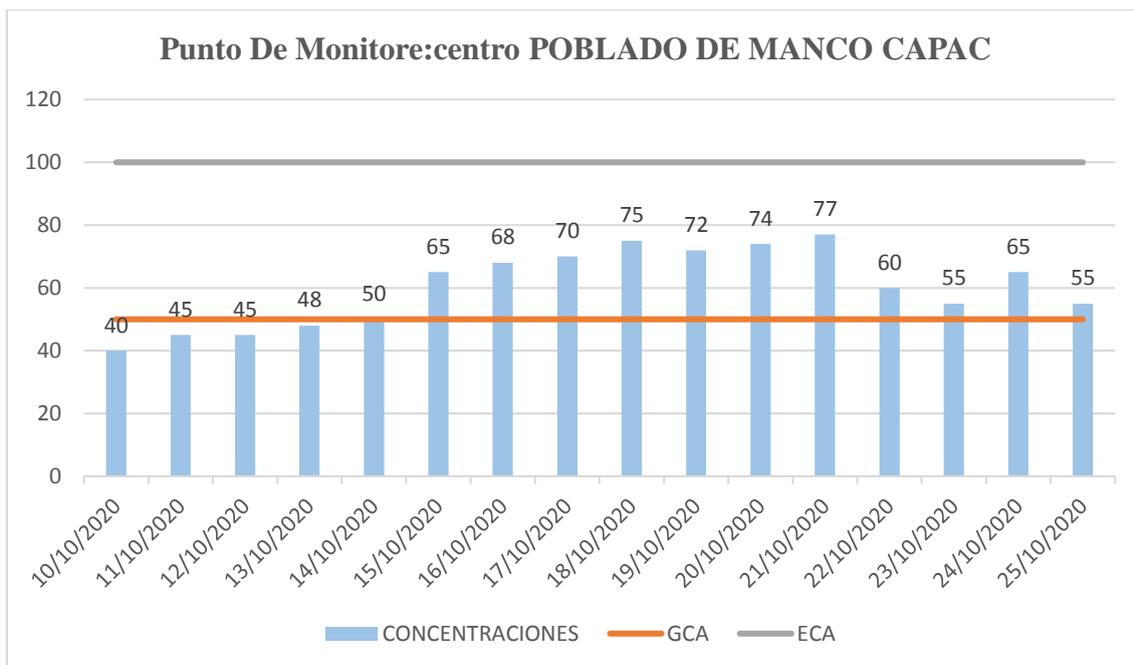


Figura 3. Análisis de concentración de PM 10 del Centro poblado de Manco Capac.

Interpretación.

En la Figura 3 se aprecia las concentraciones de PM10 en el centro poblado de Manco Cápac, el día 21 de octubre presenta su valor máximo de $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y su punto más bajo el día 10 de octubre, alcanzando los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el promedio diario de $60.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Así mismo, se aprecia que las concentraciones no superan los ECA para aire ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero si los valores de las GCA de la Organización Mundial de la Salud, superándolos casi todos los días a excepción de cuatro días del 10 al 13 de octubre.

4.2.2 Material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2,5}).

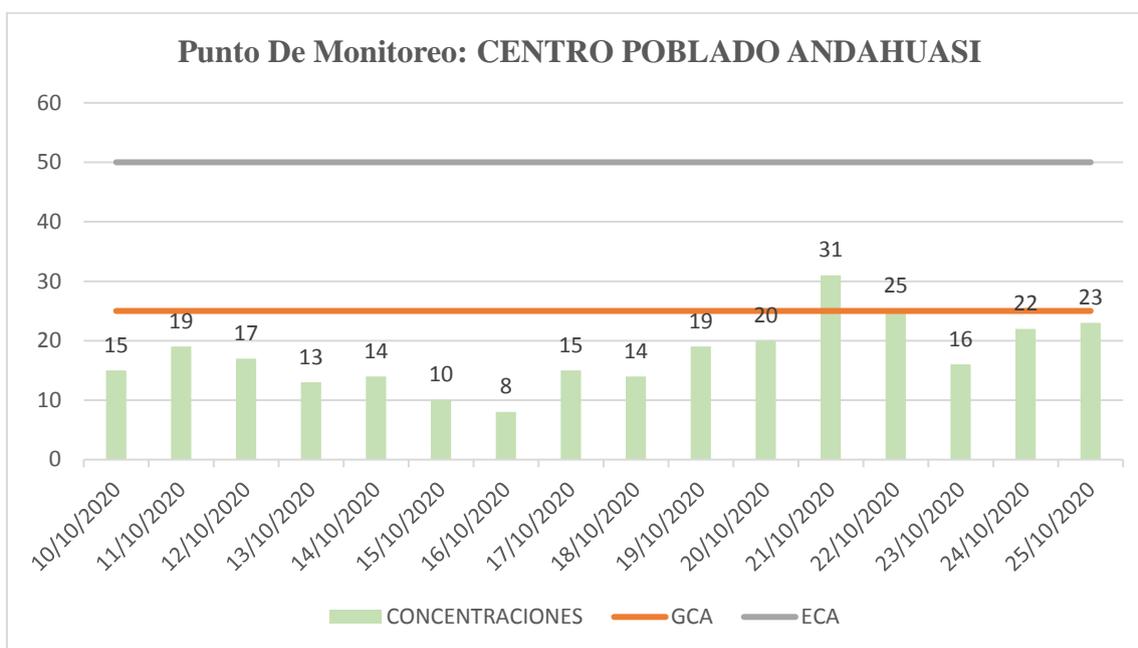


Figura 4 Concentración de Material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2,5}) en Andahuasi.

Interpretación.

En la Figura 4 se aprecia la variación diaria de PM_{2,5} en el centro poblado de Andahuasi, Sayán, el día 21 de octubre llega a su máxima concentración alcanzando 31 µg/m³, y el día 16 de octubre a su punto más bajo con 8 µg/m³, siendo el promedio diario de 17,5625 µg/m³. Se hizo la comparación con los ECA para aire de 50 µg/m³, cumpliendo con la normativa, así mismo, se compara con el valor guía de la OMS para material particulado de 2,5 micras (25µg/m³) en donde se observa que se ha superado las GCA los días 21 y 22 de octubre.

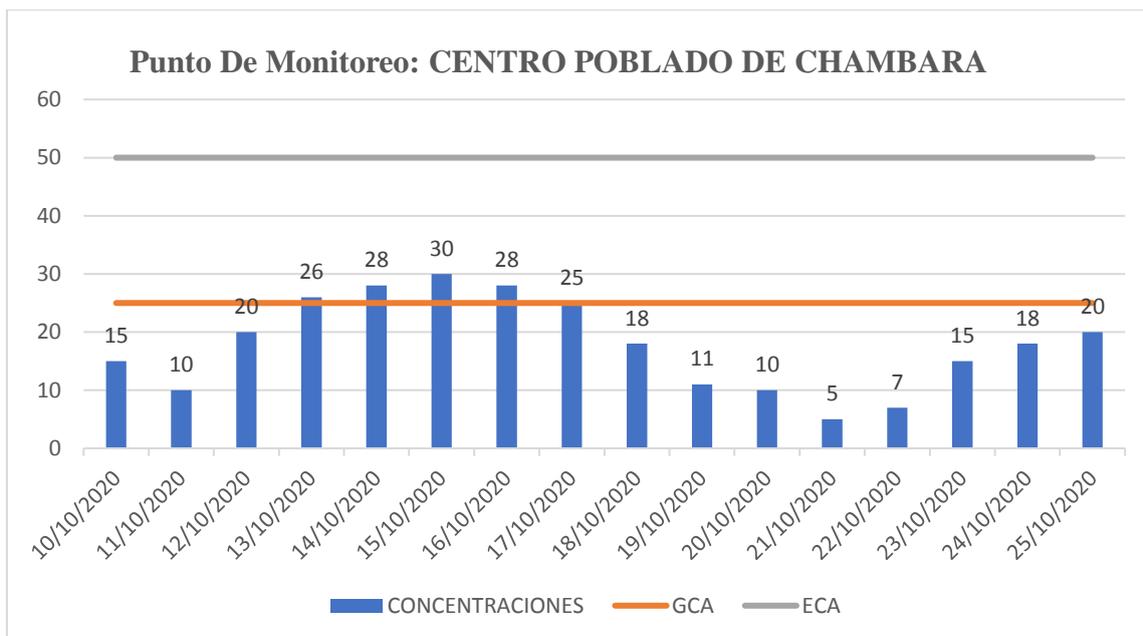


Figura 5. Concentraciones de Material particulado menor a 2,5 micras (PM2,5) en Chambara.

Interpretación.

La Figura 5 presenta los resultados de PM2,5 en el centro poblado de Chambara, los valores máximos alcanzados se dan del 13 al 17 de octubre, alcanzando un promedio diario de 27.4 µg/m³, lo que nos indica que se ha superado las GCA de la OMS en los 5 días, los demás resultados están por debajo de la GCA. Comparando Estos resultados con los ECA (D.S. 003-2017 – MINAM), ninguno de los valores obtenidos de concentraciones de PM 2.5 superan los 50 µg/m³, lo que indica los estándares de calidad ambiental.

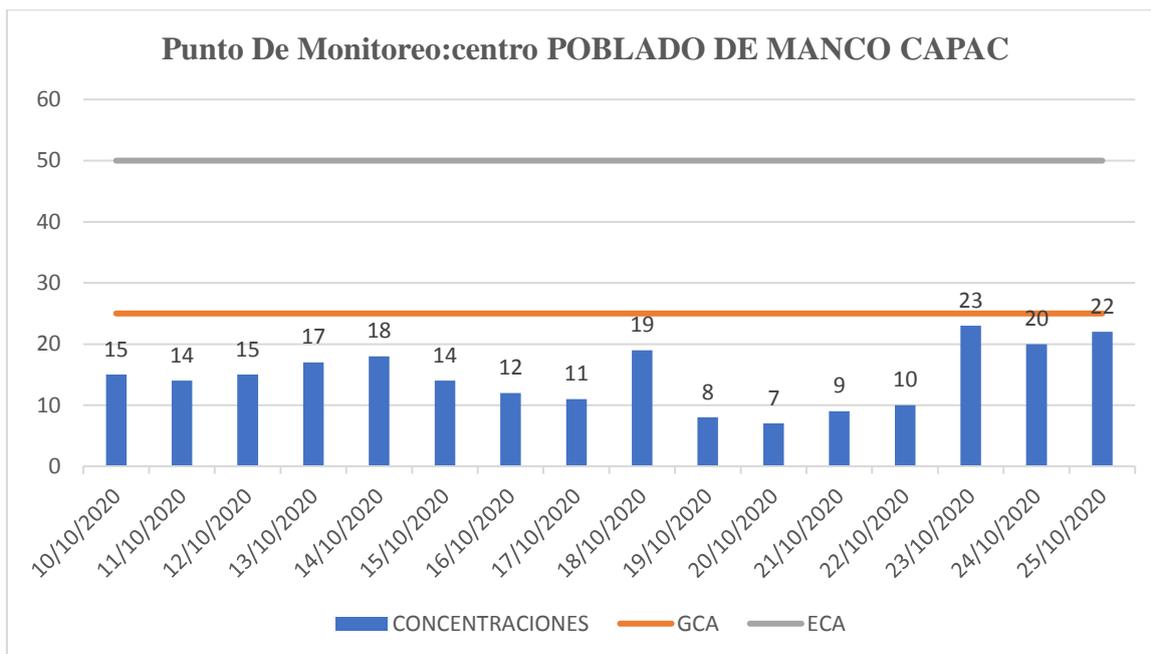


Figura 6. Material particulado menor a 2,5 micras (PM2,5) en Manco Capac.

Interpretación.

En la figura 6 sobre los resultados diarios de PM2,5 en el Centro Poblado de Manco Cápac se aprecia, teniendo su punto más alto el día 23 de octubre, alcanzando $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y su punto más bajo los días 19 y 20 de octubre con una concentración de 8 y $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el promedio diario de $14,625 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Asimismo, se muestra la comparación con los estándares de la OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y los ECA para aire ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) es decir, que no se ha superado las normas de referencia a pesar de tener valores cercanos., así mismo se observa que el centro poblado Manco Capaces el único centro poblado que no supera tanto las GCA como los ECAs

4.2.3 Concentración de Dióxido de Azufre (SO2)

El dióxido de azufre (SO2), monitoreado en los centros poblados de Andahuasi, Chabara tiene como estándar de calidad ambiental el valor de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 24 horas. Por su parte, la Organización Mundial de la Salud, estableció un valor guía de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, así como un objetivo intermedio de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

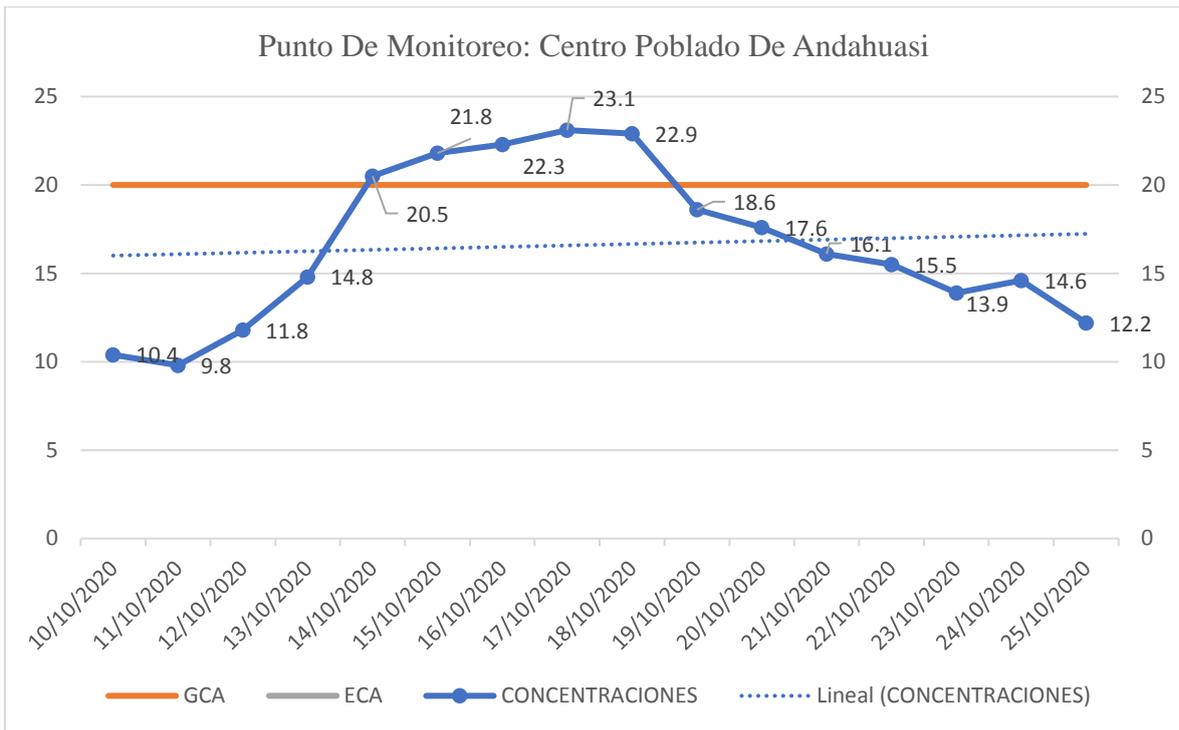


Figura 7. Concentraciones de SO₂ en el Centro Poblado de Andahuasi.

Interpretación

En la figura 7 se muestran las concentraciones de SO₂ en el Centro Poblado de Andahuasi, comparando los resultados con los ECA para aire para de SO₂(250 µg/m³), no se ha llegado a superar los límites máximos permisibles para SO₂, pero para los valores de la guía de calidad de aire de la OMS, si se ha llegado a superar en 5 días, llegando a su punto más alto el día 18 de octubre, tan bi8en se observa que la línea de tendencia va en forma ascendente desde el día 10 de octubre. En cuanto al coeficiente de variabilidad (CV), se obtuvo un valor de 27 %, mostrando una dispersión media de los resultados, con un promedio diario de 16.61 µg/m³, siendo el punto más bajo el día 11 de octubre con 9.8 µg/m³

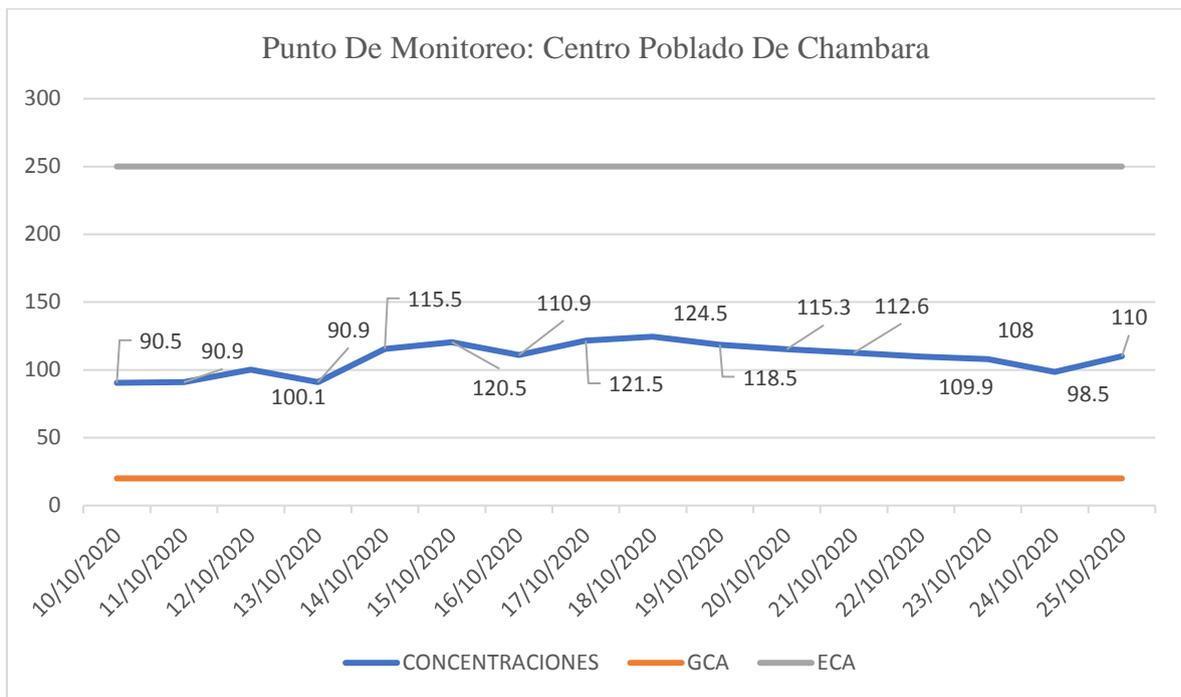


Figura 8 Concentraciones de SO2 en el Centro Poblado de Chambara.

Interpretación.

En la figura 8 se muestran las concentraciones de SO₂ en el Centro Poblado de Chambara, a comparación con los ECA para aire (250 µg/m³) donde no se superó, pero para los valores guía de la OMS, que son resultados muy considerables, se vio por conveniente incluir uno de los objetivos intermedios de 50 µg/m³, con esto se aprecia la superación del valor guía y el objetivo intermedio en todos los días de monitoreo que se realizó en el Centro Poblado de Chambara. En cuanto al coeficiente de variabilidad (CV), se obtuvo un valor de 10 %, mostrando una dispersión baja de los resultados, con un promedio diario de 108,63 µg/m³, siendo el punto más bajo el día 10 de octubre con 90,5 µg/m³, repitiendo el patrón en los últimos días de monitoreo y el día 18 de octubre presentó el valor máximo con 124,5 µg/m³, Según Montoya (2011), menciona que la quema de caña de azúcar permanente y las emisiones industriales produce altos niveles de gas carbónico y dióxido de azufre.

4.2.4 Concentración de Monóxido de Carbono (CO)

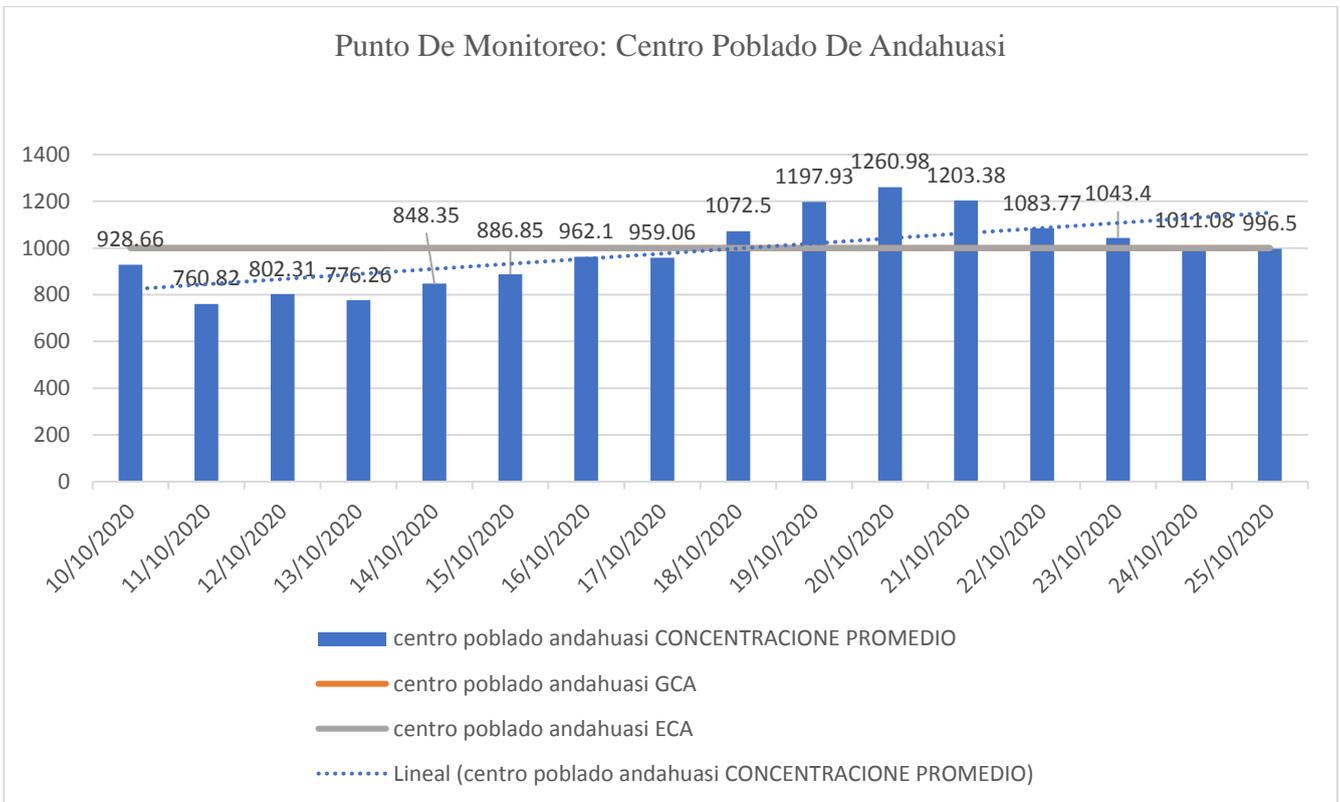


Figura 9. Concentraciones de CO en el Centro Poblado de Andahuasi

Interpretación.

La figura 9 muestra las concentraciones obtenidas en este punto de monitoreo se ven que en 7 días se ha obtenido los valores más altos para emisiones esto podría deberse a las quemas de caña producidas cerca de este centro poblado, los días 18 al 24 de octubre, pero aun así no se ha sobrepasado los ECA Y GCA, Se debe tener en cuenta que la quema de caña de azúcar produce monóxido de carbono debido a la quema incompleta y contribuye a la alteración de la calidad del aire (Chaves & Alfaro, 1996).

adema la línea de tendencia se ve que en los primeros días va en aumento y que los últimos días tiene una ligera descendencia. Esto quiere decir que las concentraciones obtenidas en los monitoreos, la mayor parte de emisiones de CO lo produce en gran parte la quema de caña de azúcar y los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel, los procesos industriales y la incineración de materia orgánica. Según (Mugica, 2012)

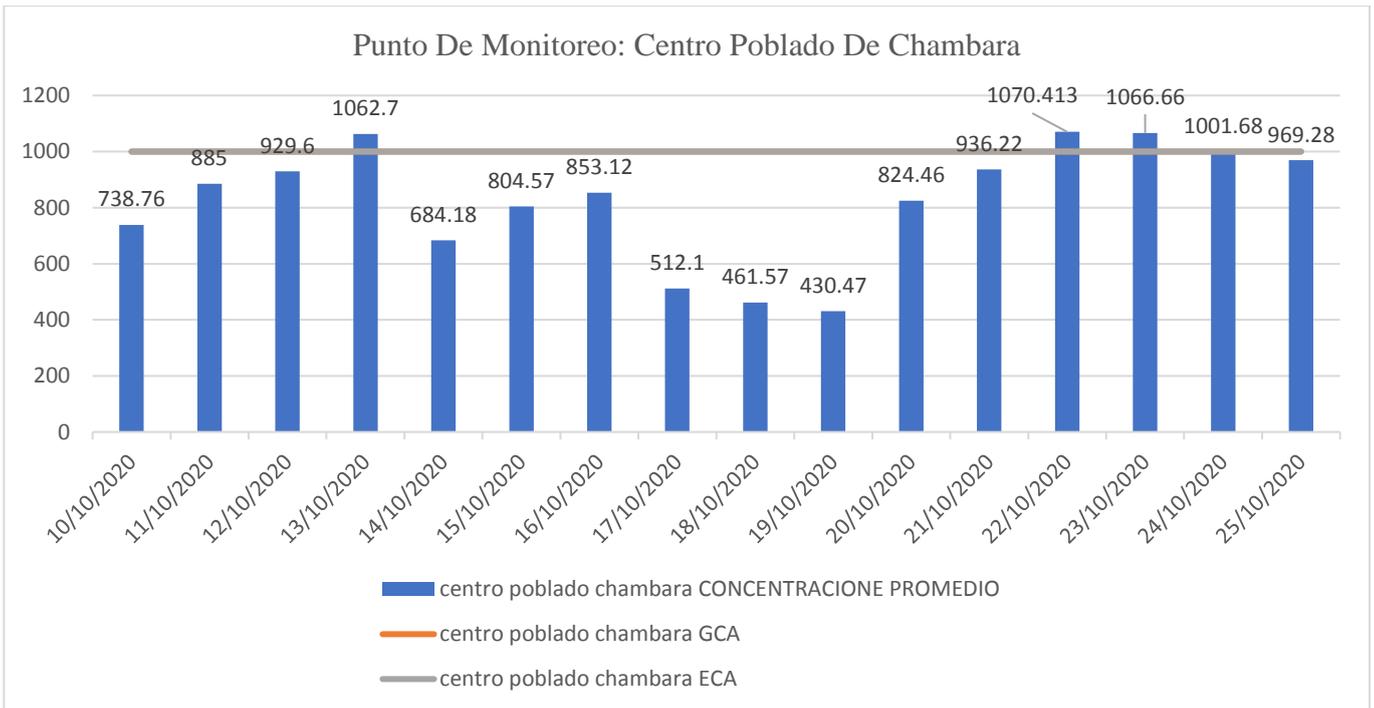


Figura 10 Concentraciones de CO en el Centro Poblado de Chambara

Interpretación.

La Figura 10 muestra las concentraciones obtenidas en el centro poblado de CHAMBARA, para CO por 8 horas móviles, las cuales fueron comparadas con los ECA para aire durante el periodo de monitoreo en donde se ve que ninguno de las concentraciones de CO sobrepasado los ECA y GCA, obteniendo las concentraciones más altas los días 13,22,23 y 23 de octubre. Para los valores horarios, se obtuvo un CV de 26%, lo que significa una variabilidad intermedia de los resultados, alcanzando su mayor punto el día 22 de octubre con 1070,413 µg/m³ , y el punto más bajo desde el día 19 de octubre, encontrándose un valor de 430.47 µg/m³ , el cual no se repite durante lo que resta de la evaluación, adicional a esto, se obtuvo un valor promedio de 2173,5 µg/m³ . Con respecto a los promedios de 8 horas, se obtuvo un patrón similar, con una variabilidad muy baja de 3,6 por ciento, donde el valor más alto se obtuvo el 22 de octubre en el rango comprendido entre las 04:00 horas y las 11:00 con un valor de 826.92 µg/m³. Lo que demuestra que en el centro poblado de CHAMBARA existe menos emisión de CO que en centro poblado de ANDAHUASI.

Dirección y velocidad del viento, humedad y temperatura sobre el material particulado.

De acuerdo con la figura 11, se observa que las direcciones predominantes hacia dónde va el viento varía poco entre cada punto de monitoreo, para el Centro Poblado de Andahuasi se tiene una dirección predominante del oeste suroeste (OSO), en el centro poblado de Chambara presenta una dirección predominante del suroeste (SO); finalmente, en el centro poblado de Manco Cápac la dirección predominante del viento es del oeste (O).

Las direcciones predominantes del viento en los tres puntos: Andahuasi, Chambara y Manco Cápac sugieren la existencia de un posible transporte de contaminantes generados por las quemas casi directamente hacia los centros poblados escogidos como zonas de estudio.

Para los casos de temperatura y humedad relativa, las figuras 11 y 12, se muestran distribuciones uniformes durante el periodo de monitoreo en Andahuasi y Chambara, sin embargo, para el punto donde se ubica el Centro Poblado de Manco Cápac, la temperatura presentó una disminución el 13 de octubre, mientras que la humedad aumentó en la misma fecha, presentado una relación inversa en la segunda mitad del periodo de monitoreo, existe coincidencia con lo visto en campo, ya que esas fechas, se pudo observar mayor nubosidad durante el día en el Centro Poblado de Chambara, lo que pudo provocar una disminución de la temperatura en ese punto de monitoreo.

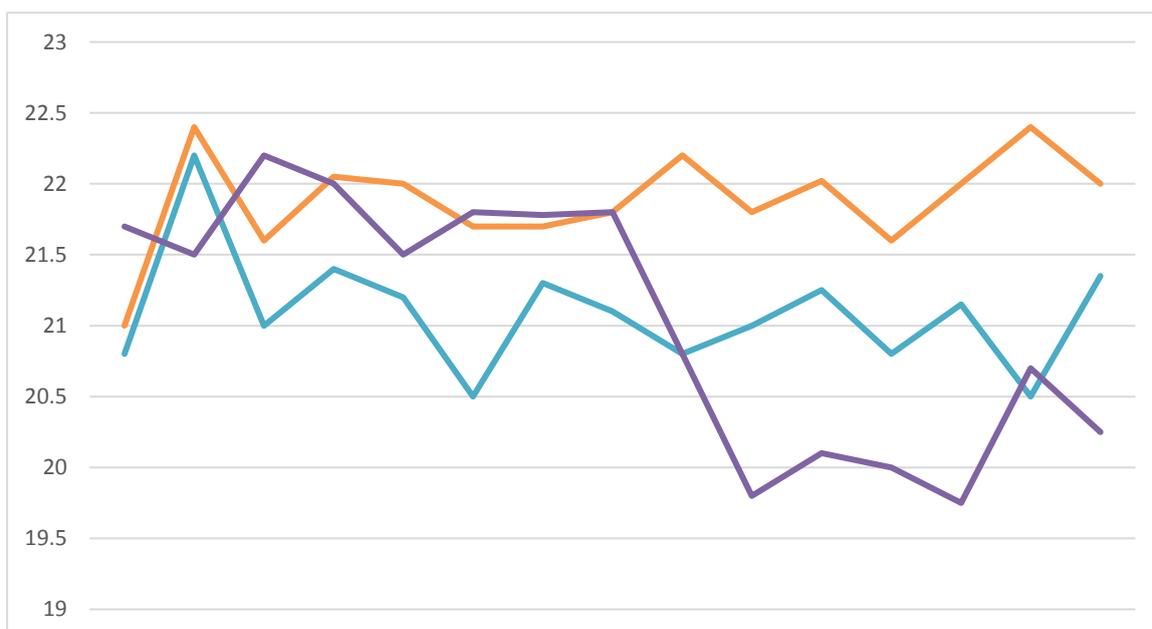


Figura 11. Temperatura y humedad relativa en los puntos monitoreados.

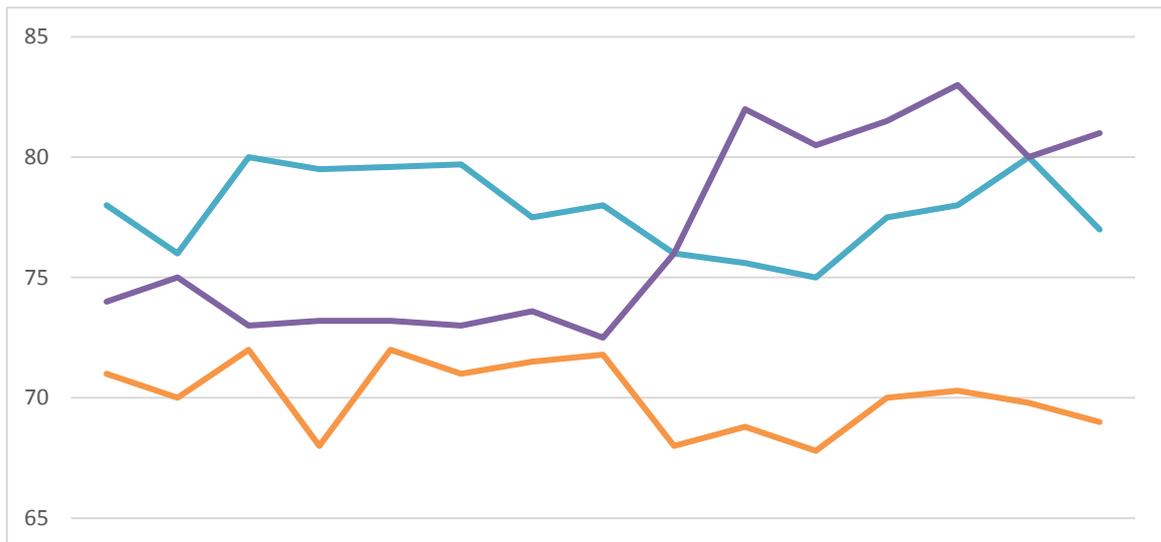


Figura 12 Variación temporal de la temperatura del aire en lugares monitoreados.

Interpretación

Para los casos de temperatura y humedad relativa, las figuras 11 y 12, se muestran distribuciones uniformes durante el periodo de monitoreo en Andahuasi y Chambara, sin embargo, para el punto donde se ubica el Centro Poblado de Manco Cápac, la temperatura presentó una disminución el 13 de octubre, mientras que la humedad aumentó en la misma fecha, presentado una relación inversa en la segunda mitad del periodo de monitoreo, existe coincidencia con lo visto en campo, ya que esas fechas, se pudo observar mayor nubosidad durante el día en el Centro Poblado de Chambara, lo que pudo provocar una disminución de la temperatura en ese punto de monitoreo.

4.2.5 Cálculo de índices de calidad de aire AQI, INCA

Para el cálculo de los AQI, INCA se realizará el cálculo del Índice diario de calidad del aire mediante el Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality - The Air Quality Index (AQI), documento de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA). Así mismo, se empleó el INCA nacional para poder utilizarlo en este estudio como referencia, tomando en cuenta los valores del Estándar de Calidad del Aire actuales.

Ejemplos de cálculo de índices AQI e INCA de las concentraciones diarias de PM10, PM2.5, CO,SO2.

a. Índice de Calidad para PM10 - ANDAHUASI

Air Quality Index

Índice de Calidad de Aire Nacional

$$AQIPM10 = \frac{50 - 0}{54 - 0} (28 - 0) + 0 = 26$$

$$I (PM10) = [28]*100/100 = 28$$

b. Índice de Calidad para PM2,5 - CHAMBARA

Air Quality Index

Índice de Calidad de Aire Nacional

$$AQIPM10 = \frac{100 - 51}{35.4 - 12.1} (15 - 0) + 0 = 57$$

$$I (PM10) = [15]*100/50 = 30$$

c. Índice de Calidad para CO - ANDAHUASI

Air Quality Index

Índice de Calidad de Aire Nacional

$$AQIPM10 = \frac{50 - 0}{4.4 - 0} (0.83 - 0) + 0 = 10$$

$$I (PM10) = [928.66]*100/10000 = 9$$

d. Índice de Calidad para SO2 - CHAMBARA

Air Quality Index

Índice de Calidad de Aire Nacional

$$AQIPM10 = \frac{50 - 0}{0.035 - 0} (0.033 - 0) + 0 = 38$$

$$I (PM10) = [90.5]*100/250 = 36$$

Tabla 7.
Resultados de índices de calidad del aire para SO₂

Fecha del monitoreo	Andahuasi		Chambara	
	AQI (SO ₂)	INCA (SO ₂)	AQI SO ₂)	INCA (SO ₂)
10-oct.	5	4	47	363
11-oct.	5	4	47	36
12-oct.	6	5	52	40
13-oct.	8	6	47	36
14-oct.	11	8	60	46
15-oct.	11	9	63	48
16-oct.	12	9	58	44
17-oct.	12	9	63	49
18-oct.	12	9	65	51
19-oct.	10	7	62	47
20-oct.	9	7	60	46
21-oct.	8	6	59	45
22-oct.	8	6	57	44
23-oct.	7	6	56	43
24-oct.	8	6	51	38
25 – oct.	6	5	57	44

Interpretación

En la Tabla 6, en el Centro Poblado de Andahuasi, presenta una calidad de aire buena de acuerdo con el INCA, de acuerdo con el AQI equivalente a una calidad buena del aire para el centro poblado Andahuasi, hace sugerencia que no existen efectos secundarios sobre la salud de la población en referencia. Con respecto al Centro poblado de Chambara, según el AQI, hubo días donde la calidad del aire tuvo una clasificación Moderada, con valores entre 51 y 65; y solo 3 días con el aire de calidad buena según AQI, de acuerdo con los INCA el centro poblado de Chambara solo tuvo un día con calidad de aire moderado con índice de 51 el día 18 de noviembre, así como los demás días la calidad de aire es buena según los INCA tabla 3

Según lo que establece las guías del AQI e INCA, esto podría significar la existencia de posibles efectos adversos en personas sensibles con asma y adultos con enfermedad cardiovascular como hipertensión arterial o pulmonar como asma, enfisema y bronquitis crónica, las cuales deberían reducir la actividad física fuerte o prolongada.

Obtención de índices de calidad con respecto al SO₂

En la Tabla 6 se muestra que para los que corresponden a los Centros poblados de Andahuasi y Chambara, los días que presentaron una clasificación de calidad de aire Moderada según el AQI fue de una cantidad considerable, o días para el primer punto y 13 días para el segundo punto. Por otro lado, el punto que corresponde al Centro Poblado de Chambara presenta calidad de aire moderada en 13 de los 16 días monitoreados según el AQI, y en un día de acuerdo con el INCA, se debe tener en cuenta que al tener un valor de ECA mayor al de la OMS, podría interferir en la clasificación obtenida de la calidad de aire.

Según las recomendaciones hechas por las guías del AQI e INCA la población sensible y la población en general debería de evitar realizar actividades al aire libre en la época de quema de caña de azúcar ya que podría experimentar problemas de salud.

4.3 Contrastación de las hipótesis

4.3.1 Hipótesis general.

H₀: No existe incidencia entre la quema de la caña de azúcar con la contaminación atmosférica en la localidad de Andahuasi y sus alrededores -Sayán -2020.

H₁: Existe incidencia entre la quema de la caña de azúcar con la contaminación atmosférica en la localidad de Andahuasi y sus alrededores-Sayán -2020.

Tabla 8
Hipótesis General

		Quema de caña de azúcar	de	Contaminación atmosférica
Procesador Statistical Package Of Sciences	Quema de caña de azúcar	Coefficiente de correlación	de	,914**
		Sig. (bilateral)		,000
		N	112	112
	Contaminación atmosférica	Coefficiente de correlación	de	,914**
		Sig. (bilateral)		,000
		N	112	112

** : la correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: Conforme con la tabla 5, el Coeficiente de Correlación es 0.914, por lo existente incidencia directa entre la quema de caña de azúcar y la contaminación atmosférica, y el costo p (nivel de significancia) es 0.000 costo que es menor a 0.05. por consiguiente: se rechaza la Conjetura Nula (H₀) y se acepta la Premisa de indagación (H_a), con un nivel de significancia del 5% y un grado de confianza del 95%.

Conclusión: Existe incidencia directa entre la quema de la caña de azúcar con la contaminación atmosférica en la localidad de Andahuasi y sus alrededores-Sayan-2020.

4.3.2 Hipótesis específica 1.

H0: Los efectos ambientales producidos por la quema de caña de azúcar no son aptos para la población de Andahuasi y sus alrededores, Sayan-2020.

H1: Los efectos ambientales producidos por la quema de caña de azúcar son aptos para la población de Andahuasi y sus alrededores, Sayan-2020.

Tabla 9
Hipótesis Específica 1

		Efectos ambientales		Quema de caña	
Procesador Statistical Package Of Sciencies	Efectos ambientales	Coefficiente de correlación	1,000		,892**
		Sig. (bilateral)	.		,000
		N	112		112
	Quema de caña	Coefficiente de correlación	,892**		1,000
		Sig. (bilateral)	,050		.
		N	112		112

** : la correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: Conforme con la tabla 6, el Coeficiente de Correlación es 0.892, por lo existente incidencia directa entre los efectos ambientales y la quema de caña de azúcar, y el costo p (nivel de significancia) es 0.000 costo que es mayor a 0.05. por consiguiente: se rechaza la Premisa Indagación (H1) y se acepta la Premisa de nula (Ho), con un nivel de significancia del 5% y un grado de confianza del 95%.

Conclusión: Existe incidencia significativa entre los efectos ambientales con la quema de caña de azúcar en la población de Andahuasi y sus alrededores, Sayán -2020.

4.3.3 Hipótesis específica 2.

H0: Las consecuencias de concentraciones contaminantes atmosféricos producido por la quema de caña de azúcar no son los adecuados contemplados dentro de la normatividad vigente en la población de Andahuasi y sus alrededores, Sayan-2020.

H1: Las consecuencias de concentraciones contaminantes atmosféricos producidos por la quema de caña de azúcar son los adecuados contemplados dentro de la normatividad vigente en la población de Andahuasi y sus alrededores, Sayan-2020.

Tabla 10
Hipótesis Específica 2

		Concentraciones contaminantes	Quema de caña
Procesador Statistical Package Of Sciences	Concentraciones contaminantes	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	1,000 ,885**
		N	. ,000 112 31
Quema de caña de azúcar		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,885** 1,000
		N	,050 . 112 31

** : la correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: Conforme con la tabla 7, el Coeficiente de Correlación es 0.885, por lo existente una incidencia directa entre las concentraciones contaminantes y la quema de la caña de azúcar, resultando no ser los adecuados a lo contemplado dentro las normas vigentes y el costo p (nivel de significancia) es 0.000 costo que es menor a 0.05. por consiguiente: se rechaza la Indagación Nula (Ha) y se acepta la Premisa Nula (Ho), con un nivel de significancia del 5% y un grado de confianza del 95%.

Conclusión: Existe incidencia directa entre las concentraciones contaminantes y la quema de la caña de azúcar, resultando no ser los adecuados a lo contemplado en la normativa vigente en la población de Andahuasi y alrededores, Sayan-2020.

CAPITULO V.

DISCUSIONES

De los resultados obtenidos, se acepta la conjetura general de la averiguación, obteniendo el siguiente resultado, $p(0,05)$ lo cual afirma existente incidencia entre la quema de la caña de azúcar y la contaminación atmosférica en la localidad de Andahuasi y sus alrededores, Sayàn-2020.

Dichos resultados evidencian que la contaminación del aire se halla en grandes porcentajes, seguido del agua y tierra entre los indicadores muy poco, mucho y bastante, así mismo de lo que ocasiona el quemado de la caña de azúcar entre los indicadores muy poco, mucho y bastante.

Los resultados se avalan en (Larios, 2010) su investigación titulada “La quema de la caña de azúcar en guanacaste, impacto ambiental. deber del estado de disminuir sus efectos”, llegando a la conclusión de que La quema de la caña de azúcar produce contaminación en la atmósfera, el hecho de no quemarse por completo la caña de azúcar genera monóxido de carbono (CO), gas sumamente tóxico que va deteriorando la capa de ozono y permitiendo la entrada directa de los rayos ultravioletas, por ende, dicha práctica atenta con la calidad del aire, además que la emisión de partículas en el ambiente generadas por la quema de caña de azúcar es un factor coadyuvante al aumento de enfermedades respiratorias principalmente las de tipo asmática y bronquial.

Asimismo, Mugica (2012), realizo el informe “Emisiones de carbono negro en partículas atmosféricas provenientes de la quema de la caña de azúcar”, en su estudio nos habla de las emisiones de carbono (CO₂ y CO) y la influencia que tiene hacia el ambiente, y la contribución que tiene sobre el efecto invernadero, llegando a la conclusión en dicho estudio que las concentraciones de partículas, principalmente de PM_{2.5} exceden en forma frecuente las normas de calidad del aire durante la época de quema de la caña en la zona de cañaverales, pero no en la Ciudad de Córdoba. Se encontró diferencia significativa en la concentración de partículas y de carbono negro entre la zona de cañaverales y la Ciudad de Córdoba y durante las épocas de quema y no quema, lo que muestra el impacto negativo en cuanto a niveles de contaminación por la práctica de la quema de la caña.

También, Francisco y Tejada (2020) en su artículo “Una propuesta de regulación estratégica para el problema de la quema de caña de azúcar en el distrito de La Huaca, Piura, 2015 - 2018.” En los resultados obtenidos de dicha investigación tenemos que los resultados cuantitativos obtenidos en esta investigación condujeron en términos generales a establecer que no existe correlación significativa entre la regulación ambiental y la quema de caña de azúcar del distrito de la Huaca, Piura, período 2015 -2018. Un 39 % (130 personas) está de acuerdo que exista una regulación ambiental en relación con el quemado de caña de azúcar. En tanto, un 83.2% (277 personas), indican que el quemado de caña de azúcar afecta la salud de las personas causando enfermedades respiratorias como el asma bronquial. Asimismo, contamina el suelo. Concluyendo así el investigador que, en la actualidad, la quema de caña de azúcar es una actividad riesgosa, que genera externalidades negativas y que se encuentra desregulada; ello de conformidad con los resultados obtenidos en la investigación: Se necesita mayor regulación ambiental para que la quema de caña de azúcar disminuya. Además, que la investigación arroja que es necesaria una regulación estratégica para la reducción de la quema de caña de azúcar en el distrito de La Huaca. Se debe dar preferencia a una regulación consistente con el fomento para la instalación de una planta de valorización de residuos sólidos, en la cual se reutilice de manera eficiente la broza de caña, cuya disposición constituye un problema de las empresas cañeras y la principal razón por la cual se ejecutan quemas en el distrito de La Huaca.

En la investigación de Villalobos (2017), titulado “Influencia de la quema de biomasa de caña de azúcar en la concentración de pm2.5 en el aire de la zona urbana de Laredo”, En sus resultados obtenidos se deduce que la cantidad de biomasa quemada influye de manera directa en la cantidad de material particulado PM 2.5 presente en el ambiente coincidiendo con (Morales, 2011) quien concluye que las prácticas de quema están teniendo graves consecuencias ambientales y la concentración de los contaminantes del aire principalmente Material Particulado de 10 micrones y menores a 2.5 además de los gases CO, SOX y NOX era mayor en zonas donde la cantidad biomasa quemada era abundante. Esto se corrobora con los resultados de los análisis estadísticos que indican que existe una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la cantidad de biomasa (Ton.) quemada; el valor p obtenido es 0.00 y menor que p, concluyendo así en su investigación que la cantidad de biomasa quemada correspondiente a las 38.31 hectáreas de sembríos de caña de azúcar en los alrededores del distrito de Laredo, se estima en 1,379.85 toneladas, las cuales son responsables del aumento de PM2.5.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La caña de azúcar es un cultivo muy importante en nuestro país, el valor de la producción de caña de azúcar muestra una tendencia creciente, siendo su aporte al subsector agrícola del orden del 5.39% al año. En nuestra provincia de Huaura se encuentra el ingenio azucarero de Andahuasi, manteniendo un vasto territorio de la siembra y cultivo de la caña de azúcar de manera tradicional, pero sin tomar en cuenta las normas establecidas, ocasionando daños a la salud de la población.

Por lo tanto, se concluye en lo siguiente:

- La quema de la caña de azúcar produce contaminación atmosférica, pero además el hecho de no quemarse por completo la caña de azúcar genera también monóxido de carbono (CO), gas sumamente tóxico cuyos efectos van en deterioro de la capa de ozono, ocasionando daños ambientales y daños en la población.
- La emisión de partículas en el aire, generadas por quema de caña de azúcar, es un factor determinante para el aumento de enfermedades respiratorias principalmente las de tipo asmática y bronquial y de la vista.
- Tan bien la quema de caña de azúcar genera incomodidad en la población por las cenizas generadas que se desplazan según los factores climáticos presentes en dicha zona que son: velocidad y dirección del viento, humedad, temperatura y presión atmosférica.
- La quema de la caña de azúcar tiene una incidencia en el contenido de nitrógeno en el suelo, empobrece los campos de cultivo y acaba con la materia orgánica que necesitan las plantas para su desarrollo.
- Destruye la superficie donde se encuentra la lombriz de tierra, cuya importancia radica en que esta facilita la penetración del agua evitando inundaciones y otros.
- Las concentraciones obtenidas en el monitoreo realizado, ninguna de las concentraciones sobrepasa los estándares de calidad ambiental, pero si sobrepasan las guías de calidad ambiental de la OMS, así mismo según los índices de calidad del aire (AQI, INCA), se tiene una calidad de aire buena en la mayoría de días y una calidad de aire

moderada en algunos días en los diversos puntos de monitoreo.

6.2 Recomendaciones

- Realizar una vigilancia ambiental permanente en los ámbitos de influencia de los campos de cultivo de caña de azúcar cosechados mediante quema (Cultivo tradicional), realizando mediciones específicas de aquellos contaminantes que afectan en mayor proporción a la población de Andahuasi y sus alrededores e informar a las autoridades competentes para la toma de medidas encaminadas a la mejora.
- Realizar un inventario de emisiones específicas para la actividad agroindustrial y quema de biomasa (precosecha de caña de azúcar) para el desarrollo de políticas públicas apropiadas sobre la reducción de contaminantes y la mejora de los modelos de calidad del aire, agua y tierra, que permita estudiar los impactos locales y en área colindantes.
- Contar con un Índice de Calidad del Aire Nacional actualizado, teniendo en cuenta los Estándares de Calidad actuales, así como los valores guía propuestos por la Organización Mundial de la Salud, ya que los resultados de indicadores obtenidos suministran información que ayuda a comprender la calidad del aire en la zona de estudio de manera fácil y contundente.
- Así tan bien se recomienda implementar la cosecha de caña de azúcar mecanizada ya que esto ayudara a reducir de gran manera los impactos medioambientales que se genera por la quema de caña de azúcar, además que este tipo de cosecha tiene mejores beneficios tanto en costo, calidad y tiempo de cosecha de la caña de azúcar, además de tener una mejor materia prima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarza, F. (2012). *Investigación aplicada vs investigación pura (básica)*. Recuperado de <https://abarza.wordpress.com/2012/>
- Aguilar, A. P. (2016). *Nuevos paradigmas en la cosecha de la caña para el uso sustentable de toda la biomasa en las bioeléctricas. Parte I*. Habana, Cuba: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223152661001.pdf>.
- ALFARO GOYCOCHEA, C. A. (2020). "ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE POR QUEMA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum Officinarum* L) EN CASA GRANDE, LA LIBERTAD". LIMA -PERU, TRUJILLO. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4488/alfarogoicochea-cindy-aurora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez, D. E. (2007). La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad?*. *DESARROLLO Y SOCIEDAD*, <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/epdf/10.13043/dys.59.4>.
- Augusto, F. O., & Del Pilar, T. V. (2020). Una propuesta de regulación estratégica para el problema de la quema de caña de azúcar en el distrito de La Huaca, Piura, 2015 - 2018. *Journal - USMP*, <https://revistagobiernoygestionpublica.usmp.edu.pe/index.php/RGGP/article/view/152/135>.
- Carrera, L. J., & Loyola, E. E. (2010). *Impacto Ambiental Generado por la Quema de la Caña*. Lima-Perú Pag. 40: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
- Chaves, M. (1999). *Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica; El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar*. San José, Costa Rica: Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-130-214.
- Chaves, M., & Alfaro, R. (1996). La Quema de la Caña de Azúcar en Costa Rica. En: 10, , 2, San José, Costa Rica. En *10° Congreso Nacional de Fitopatología y 3°*

- Congreso Nacional de Suelos (pág. 312). San José: : EUNED, EUNA. Volumen 1. p: 253 <https://atacori.co.cr/biblioteca/Ambiente.pdf>.
- Eggeston, G., Legendre, B., & Richard, C. (2001). *Effect of harvest method and storage time on sugarcane deterioration 1: cane quality changes*. . International Sugar J. 103(1232):331-338.
- Graham, M. H., & Haynes, R. J. (2006). *Organic matter status and the size, activity and metabolic diversity of the soil microbial community in the row and inter-row of sugarcane under burning and trash retention*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3nspe4/v3nspe4a20.pdf>: Soil Biol. Biochem. 38(1):21-31.
- Larios, S. (2010). *La quema de la caña de azúcar en Guanacaste, impacto ambiental*,. Costa Rica : <http://ij.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2017/06/La-Quema-de-la-Ca%C3%B1a-de-Az%C3%BAcar-en-Guanacaste-Impacto-Ambiental.-Deber-del-Estado-Disminuir-sus-Efectos.pdf>.
- MARTÍNEZ, G., & PARRALES, M. (1990). *Influencia del Medio Ambiente en la*. Guayaquil-Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- MINAGRI. (2017). *Perspectivas de la Producción y Consumo de Caña de Azúcar*. LIMA: <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/MIDAGRI/368/1/boletin-prod-cana-azucar.pdf>.
- MORALES, J. (2011). *“Impacto Ambiental de la Actividad Azucarera y Estrategias de Mitigación”*. Veracruz: monografía - Universidad Veracruzana,.
- Mugica, A. v. (2012). *EMISIONES DE CARBONO NEGRO EN PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DE LA QUEMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR*. Córdoba, veracruz: www.gob.mx/inecc/documentos/emisiones-de-carbono-negro-en-particulas-atmosfericas-provenientes-de-la-quema-de-la-cana-de-azucar.
- Oscar, A. F. (s.f.). Una propuesta de regulación estratégica para el problema de la quema de caña de azúcar en el distrito de La Huaca, Piura, 2015 -2018.
- OSTRO, B., SÁNCHEZ, J., & ARANDA, C. (1996). *“Air pollution and mortality: results*

from a study of Santiago, Chile”, Journal of Exposure Analysis and Environmental.

Chile: 6:97-114.

PASSALI, D., LAURIELLO, M., & MEZZEDIMI. (1999). “*Nasal allergy and atmospheric pollution*”, *International.*

Querol, X. (2008). CALIDAD DEL AIRE, PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN Y METALES. CSIC. *Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*, <https://www.scielo.org/pdf/resp/2008.v82n5/447-454/es>.

Rípoli, C. T., Molina, F. W., & Rípoli, C. M. (2000). POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA DE CAÑA DE AZÚCAR EN BRASIL. *Scientia Agricola*, <https://www.scielo.br/j/sa/a/mbBRZQyhKdHs6kxJW3MCS6s/?format=pdf&lang=en>

Vallero, D. (2014). *Fundamentals of air pollution - Fundamentos de la contaminación del aire.*

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iFcXAAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vallero+2014&ots=rglgs0b83l&sig=IBsChF9StMvnM6i7F7imLR6REjw#v=onepage&q=vallero%202014&f=false>.

VILLALOBOS, C. M. (2017). *INFLUENCIA DE LA QUEMA DE BIOMASA DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA*. Trujillo - Perú: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22512/villalobos_cm.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ANEXOS

CENTRO POBLADO DE ANDAHUASI - SAYAN



QUEMA DE LA CAÑA DE AZUCAR – ANDAHUASI - HUAURA



CONTAMINACION DEL AIRE – ANDAHUASI- CHAMBARA-MANCO CAPAC



RESOLUCIÓN DE DENUNCIA A ANDAHUASI



Resolución Directoral N° 2242 -2018-OEFA/DFAI
Expediente N° 2470-2017-OEFA/DFSAI/PAS

EXPEDIENTE N° : 2470-2017-OEFA/DFSAI/PAS
ADMINISTRADO : EMPRESA AGRARIA AZUCARERA ANDAHUASI S.A.A.¹
UNIDAD FISCALIZABLE : PLANTA ANDAHUASI
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAYÁN, PROVINCIA DE HUAURA Y DEPARTAMENTO DE LIMA
SECTOR : INDUSTRIA
MATERIA : ACTIVIDADES SIN INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL
RESPONSABILIDAD ADMINISTRATIVA
MULTA
REGISTRO DE ACTOS ADMINISTRATIVOS

H.T 2017-I01-14410

Lima, 28 SET. 2018

VISTOS: El Informe Final de Instrucción N° 403-2018-OEFA/DFAI/SFAP del 24 de julio de 2018, el Informe Técnico N° 636-2018-OEFA/DFAI/SSAG del 24 de setiembre de 2018; y

CONSIDERANDO:

I. ANTECEDENTES

1. Del 13 al 14 de marzo de 2017 se realizó una acción de supervisión regular (en adelante, **Supervisión Regular 2017**) a las instalaciones de la Planta Andahuasi² de titularidad de Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A (en adelante, el **administrado**). El hecho detectado se encuentra recogido en el Acta de Supervisión del 13 y 14 de marzo de 2017 (en adelante, **Acta de Supervisión**)³.
2. Mediante Informe de Supervisión N° 330-2017-OEFA/DS-IND del 28 de abril de 2017 (en adelante, **Informe de Supervisión**)⁴, la Dirección de Supervisión analizó el hallazgo detectado durante la Supervisión Regular 2017, concluyendo que el administrado habría incurrido en una supuesta infracción a la normativa ambiental.
3. A través de la Resolución Subdirectoral N° 2057-2017-OEFA/DFSAI/SDI del 13 de diciembre de 2017⁵ y notificada al administrado el 7 de febrero de 2018⁶ (en lo sucesivo, **Resolución Subdirectoral**), la Autoridad Instructora (ahora, **Subdirección de Fiscalización en Actividades Productivas**)⁷ de la Dirección



¹ Registro Único de Contribuyentes N° 20118792174.

² La Planta Andahuasi se encuentra ubicada en Carretera Huaura-Sayán Km. 41.5, distrito de Sayán, provincia de Huaura, departamento de Lima.

³ Folios 14 al 24 del Expediente.

⁴ Folios 54 al 71 del Expediente.

⁵ Folios 257 al 260 del Expediente.

⁶ Folio 261 del Expediente.

⁷ Cabe indicar que a la fecha de notificación de la Resolución Subdirectoral el órgano encargado para imputar cargos se denominaba Subdirección de Instrucción e Investigación, quien hacia las funciones de autoridad instructora; no obstante, a la fecha de emisión de la presente Resolución, de acuerdo al nuevo Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación aprobado por el Decreto Supremo N° 013-2017-MINAM es la Subdirección de Fiscalización en Actividades Productivas quien ha asumido la función de autoridad





de Fiscalización, Sanción y Aplicación de Incentivos (ahora, Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos⁹) inició el presente procedimiento administrativo sancionador (en adelante, PAS) contra el administrado, imputándole a título de cargo la presunta infracción contenida en la Tabla N° 1 de la referida Resolución Subdirectoral.

4. Mediante escrito con Registro N° 015119 de fecha 15 de febrero de 2018⁹, el administrado presentó sus descargos (en adelante, escrito de descargos) al presente PAS.
5. El 09 de agosto del 2018, mediante Carta N° 2357-2018-OEFA/DFAI¹⁰, la Subdirección de Fiscalización en Actividades Productivas (en adelante, SFAP) notificó al administrado el Informe Final de Instrucción N° 403-2018-OEFA/DFAI/SFAP¹¹ (en adelante, Informe Final).
6. Hasta la fecha de emisión de la presente Resolución, el administrado no ha presentado descargos al Informe Final, pese a haber sido debidamente notificado, de acuerdo a lo establecido en el numeral 21.1 del artículo 21° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444 - Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2017-JUS¹² (en lo sucesivo, TUO de la LPAG).

II. NORMAS PROCEDIMENTALES APLICABLES AL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONADOR: PROCEDIMIENTO ORDINARIO

7. Mediante la Primera Disposición Complementaria Final de la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental¹³, se estableció que el OEFA asumiría las funciones de evaluación, supervisión, fiscalización, control y sanción en materia ambiental que las entidades sectoriales se encuentran ejerciendo.
8. Asimismo, el presente PAS se encuentra en el ámbito de aplicación del artículo 19° de la Ley N° 30230, Ley que establece medidas tributarias, simplificación de

instructora de los procedimientos administrativos sancionadores relacionadas a las actividades productivas de agricultura, pesca, acuicultura e industria manufacturera y la encargada de realizar la imputación de cargos.

⁹ De conformidad con lo dispuesto en el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), aprobado por el Decreto Supremo N° 013-2017-MINAM, vigente desde el 22 de diciembre de 2017, la Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos es la autoridad encargada de conocer y resolver en primera instancia los procedimientos administrativos sancionadores por incumplimiento a la normativa ambiental, a los instrumentos de gestión ambiental y otras obligaciones ambientales. En ese sentido, toda mención a la Dirección de Fiscalización, Sanción y Aplicación de Incentivos en el presente PAS debe entenderse a la Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos.

Folios del 262 al 266 del Expediente.

Folio 277 del Expediente.

¹⁰ Folios 267 al 276 del Expediente.

¹¹ Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2017-JUS

Artículo 21.- Régimen de la notificación personal

21.1 La notificación personal se hará en el domicilio que conste en el expediente, o en el último domicilio que la persona a quien debe notificar haya señalado ante el órgano administrativo en otro procedimiento análogo en la propia entidad dentro del último año. (...).

¹² Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Disposiciones Complementarias Finales

Primera.- Mediante Decreto Supremo ratificado por los Sectores involucrados, se establecerán las entidades cuyas funciones de evaluación, supervisión, fiscalización, control y sanción en materia ambiental serán asumidas por el OEFA, así como el cronograma para la transferencia del respectivo acervo documental, personal, bienes y recursos, de cada una de las entidades. (...).





procedimiento y permisos para la promoción y dinamización de inversión en el país, por lo que corresponde aplicar al mismo las disposiciones contenidas en la citada Ley, en las "Normas Reglamentarias que facilitan la aplicación de lo establecido en el artículo 19° de la Ley N° 30230", aprobadas por Resolución de Consejo Directivo N° 026-2014-OEFA/CD (en lo sucesivo, Normas Reglamentarias) y en el Reglamento del Procedimiento Administrativo Sancionador del OEFA, aprobado por Resolución de Consejo Directivo N° 027-2017-OEFA/CD (en lo sucesivo, RPAS).

9. En ese sentido, se verifica que la infracción imputada en el presente PAS se encuentra dentro del supuesto establecido en el literal b) del artículo 19° de la Ley N° 30230, puesto que se encuentra referida al desarrollo de actividades sin certificación ambiental. En tal sentido, en concordancia con el artículo 2° de las Normas Reglamentarias¹⁴, de acreditarse la existencia de infracción administrativa, corresponderá emitir:
 - (i) Una primera resolución que determine la responsabilidad administrativa, imponga la multa que corresponda sin reducción del 50% y ordene una medida correctiva, de ser el caso.
 - (ii) En caso de incumplirse la medida correctiva, una segunda resolución que sancione la infracción administrativa.

III. ANÁLISIS DEL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONADOR

III.1 Único hecho imputado: El administrado realizó actividades industriales de elaboración de azúcar y producción de alcohol en la Planta Andahuasi sin contar con instrumento de gestión ambiental, aprobado por la autoridad competente.

a) Análisis del único hecho imputado

10. De conformidad con lo consignado en el Acta de Supervisión¹⁵, durante la Supervisión Regular 2017, el administrado manifestó que realiza actividades de fabricación de azúcar y obtención de alcohol sin contar con instrumento de gestión ambiental aprobado. Asimismo, la Dirección de Supervisión verificó que la Planta

¹⁴ Normas reglamentarias que facilitan la aplicación de lo establecido en el Artículo 19° de la Ley N° 30230, aprobadas por la Resolución de Consejo Directivo N° 026-2014-OEFA/CD

***Artículo 2°.- Procedimientos sancionadores en trámite**

Tratándose de los procedimientos sancionadores en trámite en primera instancia administrativa, corresponde aplicar lo siguiente:

2.1 Si se verifica la existencia de infracción administrativa en los supuestos establecidos en los literales a), b) y c) del tercer párrafo del Artículo 19 de la Ley N° 30230, se impondrá la multa que corresponda, sin reducción del 50% (cincuenta por ciento) a que se refiere la primera oración del tercer párrafo de dicho artículo, y sin perjuicio de que se ordenen las medidas correctivas a que hubiere lugar.

2.2 Si se verifica la existencia de infracción administrativa distinta a los supuestos establecidos en los literales a), b) y c) del tercer párrafo del Artículo 19 de la Ley N° 30230, primero se dictará la medida correctiva respectiva, y ante su incumplimiento, la multa que corresponda, con la reducción del 50% (cincuenta por ciento) si la multa se hubiera determinado mediante la Metodología para el cálculo de las multas base y la aplicación de los factores agravantes y atenuantes a utilizar en la graduación de sanciones, aprobada por Resolución de Presidencia del Consejo Directivo N° 035-2013-OEFA-PCD, o norma que la sustituya, en aplicación de lo establecido en el segundo párrafo y la primera oración del tercer párrafo del artículo antes mencionado.

En caso se acredite la existencia de infracción administrativa, pero el administrado ha revertido, remediado o compensado todos los impactos negativos generados por dicha conducta y, adicionalmente, no resulte pertinente el dictado de una medida correctiva, la Autoridad Decisora se limitará a declarar en la resolución respectiva la existencia de responsabilidad administrativa. Si dicha resolución adquiere firmeza, será tomada en cuenta para determinar la reincidencia, sin perjuicio de su inscripción en el Registro de Infractores Ambientales (...)





Andahuasi está constituida por líneas de producción de azúcar, línea de producción de alcohol y áreas auxiliares¹⁶.

11. De acuerdo al análisis realizado en el Informe de Supervisión¹⁷, y en virtud de lo constatado durante la Supervisión Regular 2017, la Dirección de Supervisión concluyó que el administrado desarrollaría actividades industriales de elaboración de azúcar y producción de alcohol sin contar con un instrumento de gestión ambiental, aprobado por la autoridad competente.
- b) Análisis de descargos
12. En su escrito de descargos, el administrado alegó que se encuentra dentro del plazo establecido en la Cuarta Disposición Complementaria Final del Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno, aprobado mediante Decreto Supremo N° 017-2015-PRODUCE, que dispone que los titulares que de acuerdo a la normatividad ambiental existente a la aprobación de dicho reglamento, estuviesen sujetos al cumplimiento de Límites Máximos Permisibles de Estándares de Calidad Ambiental, aprovechamiento de los recursos naturales, control de sustancias peligrosas y otras obligaciones de naturaleza similar, que no cuenten con un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental o un Diagnóstico Ambiental Preliminar tendrán un plazo máximo de tres (3) años de adecuación, a partir de la entrada en vigencia del citado Reglamento -hasta el 6 de setiembre de 2018-.
13. En ese sentido, el administrado señala que ha cursado documento al Ministerio de la Producción manifestando que contrató los servicios de la consultora ambiental 2R&P Ejecutores y Consultores para la elaboración de su instrumento de gestión ambiental.
14. Al respecto, corresponde aclarar que, para las actividades que se encontraban en curso a la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de Protección Ambiental de la Industria Manufacturera, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI¹⁸ (en adelante, RPADAIM), el numeral 2 del artículo 8°¹⁹ y el artículo 18° de este cuerpo normativo²⁰, establecieron que correspondía realizar su

¹⁶ Folio 20 del Expediente.

¹⁷ Folio 69 del Expediente:

III. CONCLUSIONES

142. Del análisis realizado por la Autoridad de Supervisión sobre el cumplimiento de las obligaciones fiscalizables en el marco de la supervisión, se desprenden los presuntos incumplimientos que se describen a continuación:

N°	Presuntos incumplimientos verificados en la supervisión
1	El administrado desarrollaría actividades industriales de elaboración de azúcar y producción de alcohol sin contar con un instrumento de Gestión Ambiental aprobado por la autoridad competente.

(...)

Cabe señalar que el Reglamento de Protección Ambiental de la Industria Manufacturera, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI entró en vigencia en octubre de 1997.

Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI

(...)

Artículo 8.- Documentos Exigibles.- Las actividades de la industria manufacturera están sujetas a la presentación de:

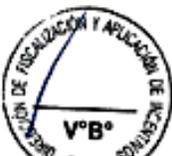
(...)

2. Actividades en Curso.- Un PAMA para el caso de actividades en curso que deban adecuarse a las regulaciones ambientales aprobadas por la Autoridad Competente, suscrita por un consultor ambiental y por el titular de la actividad.

(...)

Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI

(...)





adecuación ambiental, a través de un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (en adelante, PAMA).

15. Así, conforme al precitado artículo 18° del RPADAIM, la exigibilidad de los PAMA para actividades en curso se encontraba condicionada a la promulgación de normas que contengan obligaciones ambientales que dispongan una adecuación, como se aprecia a continuación, de un extracto del artículo antes indicado:

*"Los PAMA son exigibles a las empresas que tengan actividades en curso a la fecha de promulgación de normas que contengan obligaciones ambientales que impliquen una adecuación.
La presentación del PAMA se sujetará a los plazos y condiciones que apruebe la Autoridad Competente."*

16. Por otro lado, según lo dispuesto en la Segunda Disposición Complementaria del RPADAIM²¹, la presentación del PAMA estaba sujeta a los plazos y condiciones que estableciera la autoridad competente. Asimismo, en el Anexo II de dicho cuerpo normativo²² se fijó el procedimiento para la adecuación gradual de las actividades en curso de la industria manufacturera, conforme al siguiente detalle:

(...)
ANEXO II

PROCEDIMIENTO PARA LA ADECUACIÓN GRADUAL DE LAS ACTIVIDADES EN CURSO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA A LAS EXIGENCIAS AMBIENTALES A TRAVÉS DEL PAMA

Obligaciones del Ministerio

- Promulgación del Reglamento
- Priorización de las Actividades Industriales para el proceso de adecuación.
- Elaboración y Aprobación de los Protocolos de Monitoreo de Emisiones y Efuentes."

(Subrayado agregado)

17. De acuerdo a lo expuesto, se tiene que, la adecuación de las actividades en curso era exigible en tanto se promulgaran normas que contengan obligaciones de adecuación ambiental.

Artículo 18.- PAMA.- De conformidad con lo establecido en el inciso 2) del Artículo 8, la adecuación a las regulaciones ambientales a que se encuentran obligadas las empresas de la industria manufacturera, se hará a través de los PAMA para la Industria Manufacturera.
Los PAMA son exigibles a las empresas que tengan actividades en curso a la fecha de promulgación de normas que contengan obligaciones ambientales que impliquen una adecuación.
La presentación del PAMA se sujetará a los plazos y condiciones que apruebe la Autoridad Competente."

²¹ Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI
"DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS
Segunda.- La presentación del PAMA, se sujetará a los plazos y condiciones que apruebe la Autoridad Competente.
(...)"

²² Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI
(...)
ANEXO II
PROCEDIMIENTO PARA LA ADECUACION GRADUAL DE LAS ACTIVIDADES EN CURSO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA A LAS EXIGENCIAS AMBIENTALES A TRAVÉS DEL PAMA
Obligaciones del Ministerio
- Promulgación del Reglamento
- Priorización de las Actividades Industriales para el proceso de adecuación.
- Elaboración y Aprobación de los Protocolos de Monitoreo de Emisiones y Efuentes.
(...)"





18. Precisamente, en el marco de lo establecido en el RPADAIM, PRODUCE aprobó los Límites Máximos Permisibles y valores referenciales para efluentes y emisiones de las actividades de los rubros Cemento, Cerveza y Papel, mediante el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE, priorizando de esta manera, la adecuación ambiental de las mencionadas actividades en curso²³.
19. Por otro lado, mediante Decreto Supremo N° 025-2001-ITINCI se aprobó el Régimen de Sanciones e Incentivos del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades en la Industria Manufacturera (en adelante, **Régimen de Sanciones e Incentivos del RPADAIM**), el cual dispuso, entre otros aspectos, que la autoridad competente podía exigir el inicio de la adecuación ambiental a aquellas actividades en curso —a las cuales aún no les fuera exigible la presentación de un DAP o PAMA— que fueran objeto de una denuncia ambiental en su contra²⁴.
20. Finalmente, la Cuarta Disposición Complementaria Final del Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno, aprobada mediante Decreto Supremo N° 017-2015-PRODUCE (en adelante, **Decreto Supremo N° 017-2015-PRODUCE**), establece taxativamente lo siguiente:

(...)

Cuarta. - Adecuación ambiental de titulares que no cuenten con instrumento de gestión ambiental aprobado

Los titulares que, de acuerdo a la normativa ambiental existente a la aprobación del presente Reglamento estuviesen sujetos al cumplimiento de Límites Máximos Permisibles, de Estándares de Calidad Ambiental, aprovechamiento de los recursos naturales, control de sustancias peligrosas y otras obligaciones de naturaleza similar, que no cuenten con un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental o un Diagnóstico Ambiental Preliminar, tendrán un plazo máximo de tres (03) años a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento para la presentación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

(Subrayado agregado)

21. Considerando lo señalado en párrafos anteriores, se tiene que quienes tendrán un plazo de tres (3) años para la presentación del instrumento de gestión ambiental, son únicamente las actividades industriales que se encuentren dentro de los siguientes supuestos:

²³

Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE, que aprueba Aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel

***Artículo 7.- Diagnóstico Ambiental Preliminar**

Las empresas industriales manufactureras en actividad de los Subsectores cemento, cerveza y papel, deberán presentar un Diagnóstico Ambiental Preliminar al Ministerio de la Producción, para lo cual dentro del plazo de treinta (30) días útiles de publicado el presente Decreto Supremo, comunicarán a la autoridad competente el nombre de la empresa de consultoría ambiental debidamente registrada, a la que el titular de la actividad manufacturera hubiese contratado para cumplir con lo dispuesto en la presente norma. (...)"

Régimen de Sanciones e Incentivos del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera aprobado mediante Decreto Supremo N° 025-2001-ITINCI

(...)

Artículo 7.- Situación de Titulares sin PAMA, DAP, EIA o DIA.

Aquellos titulares de actividades para las cuales aún no sea exigible la presentación de un DAP o PAMA y que a la fecha de presentación de una denuncia ambiental en su contra no cuenten con un DAP, PAMA u otro instrumento similar aprobado o en proceso de aprobación, podrán ser obligados por la autoridad competente a iniciar un proceso de adecuación ambiental, conforme a las disposiciones del Reglamento y del presente Régimen, sin perjuicio de las medidas de seguridad o de remediación a que hubiere lugar.

Si el infractor es titular de una actividad comprendida en el Artículo 10 del Reglamento o que pertenezca a un Subsector para el cual la presentación del DAP o PAMA es exigible, la autoridad competente podrá sancionar dicha infracción sin perjuicio de obligarlo a iniciar el proceso de adecuación ambiental respectivo y de imponerle las medidas de seguridad o de remediación a que hubiera lugar."





- (i) Actividades industriales **en curso** que han sido priorizadas por normas que contengan obligaciones de adecuación ambiental (conforme al artículo 18° del RPADAIM); o,
 - (ii) Actividades industriales respecto de las cuales, PRODUCE hubiese exigido, a raíz de una denuncia ambiental, el inicio de la adecuación ambiental de sus actividades en curso (conforme al artículo 7° del Decreto Supremo N° 025-2001-ITINCI).
22. En atención al desarrollo anterior, corresponde precisar que de la revisión de la información consignada en el Portal web de Consulta RUC de la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria - SUNAT se indica como fecha de inicio de actividades del administrado, el 13 de junio de 1970.
 23. En ese sentido, si bien se concluye que el administrado realiza actividades industriales en curso en comparación con la fecha de entrada en vigencia del RPADAIM (octubre de 1997), la actividad industrial que desarrolla – elaboración de azúcar y producción de alcohol – no ha sido priorizada por normas que contengan obligaciones de adecuación ambiental (rubros de Cemento, Papel y Cerveza). Del mismo modo, se debe indicar que la actividad desarrollada por el administrado tampoco se encuentra inmersa en el supuesto (ii) indicado en el numeral 21 precedente.
 24. Por las razones expuestas, no puede ser comprendido dentro de los alcances del supuesto establecido en la Cuarta Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 017-2015-PRODUCE y por tanto, corresponde desestimar lo alegado por el administrado en este extremo.
 25. Por otro lado, corresponde precisar que, de la revisión de los estudios ambientales aprobados por PRODUCE, publicados en su portal web²⁵, se advierte que -a la fecha de emisión de la presente Resolución Directoral-, el administrado no cuenta con un instrumento de gestión ambiental aprobado por dicha autoridad para las actividades desarrolladas en la Planta Andahuasi. Por lo que, lo alegado por el administrado no resulta suficiente para desvirtuar la presente imputación.
 26. De lo actuado en el Expediente, quedó acreditado que el administrado realizó actividades industriales en la Planta Andahuasi, sin contar con instrumento de gestión ambiental, aprobado por la autoridad competente.
 27. Dicha conducta configura la infracción imputada en la Tabla N° 1 de la Resolución Subdirectoral; por lo que, **corresponde declarar la responsabilidad administrativa del administrado, respecto del presente PAS.**

IV. CORRECCIÓN DE LA CONDUCTA INFRACTORA Y/O DICTADO DE MEDIDAS CORRECTIVAS

IV.1 Marco normativo para la emisión de medidas correctivas

28. Conforme al numeral 136.1 del artículo 136° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente (en adelante, LGA), las personas naturales o jurídicas que infrinjan las disposiciones contenidas en la referida Ley y en las disposiciones complementarias y reglamentarias sobre la materia, se harán acreedoras, según la gravedad de la infracción, a sanciones o medidas correctivas²⁶.



<http://www.produce.gob.pe/index.php/ministerio/sector-mvot-e-a-industria>

Ley N° 28611, Ley General de Ambiente.



29. En caso la conducta del infractor haya producido algún efecto nocivo en el ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas, la autoridad podrá dictar medidas correctivas, de conformidad a lo dispuesto en el numeral 22.1 del artículo 22° de la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, Ley del Sinefa) y en el numeral 249.1 del artículo 249° del TUO de la LPAG²⁷.
30. El literal d) del numeral 22.2 del artículo 22° de la Ley del Sinefa²⁸, establece que para dictar una medida correctiva es necesario que la conducta infractora haya producido un efecto nocivo en el ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas. Asimismo, el literal f) del numeral 22.2 del artículo 22° de la Ley del Sinefa²⁹, establece que se pueden imponer las medidas correctivas que se consideren necesarias para evitar la continuación del efecto nocivo de la conducta infractora en el ambiente, los recursos naturales o la salud de las personas.
31. Atendiendo a este marco normativo, los aspectos a considerar para la emisión de una medida correctiva son los siguientes:
- Se declare la responsabilidad del administrado por una infracción;
 - Que la conducta infractora haya ocasionado efectos nocivos en el ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas, o dicho efecto continúe; y,

***Artículo 136°.- De las sanciones y medidas correctivas**

136.1 Las personas naturales o jurídicas que infrinjan las disposiciones contenidas en la presente Ley y en las disposiciones complementarias y reglamentarias sobre la materia, se harán acreedoras, según la gravedad de la infracción, a sanciones o medidas correctivas.
(...).

²⁷ **Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.**

***Artículo 22°.- Medidas correctivas**

22.1 Se podrán ordenar las medidas correctivas necesarias para revertir, o disminuir en lo posible, el efecto nocivo que la conducta infractora hubiera podido producir en el ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas.
(...).

Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2017-JUS

***Artículo 249°.- Determinación de la responsabilidad**

249.1 Las sanciones administrativas que se impongan al administrado son compatibles con el dictado de medidas correctivas conducentes a ordenar la reposición o la reparación de la situación alterada por la infracción a su estado anterior, incluyendo la de los bienes afectados, así como con la indemnización por los daños y perjuicios ocasionados, las que son determinadas en el proceso judicial correspondiente. Las medidas correctivas deben estar previamente tipificadas, ser razonables y ajustarse a la intensidad, proporcionalidad y necesidades de los bienes jurídicos tutelados que se pretenden garantizar en cada supuesto concreto.

Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

***Artículo 22°.- Medidas correctivas**

(...)

22.2 Entre las medidas que pueden dictarse se encuentran, de manera enunciativa, las siguientes:

(...)

d) La obligación del responsable del daño a restaurar, rehabilitar o reparar la situación alterada, según sea el caso, y de no ser posible ello, la obligación a compensarla en términos ambientales y/o económica.

Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

***Artículo 22°.- Medidas correctivas**

(...)

22.2 Entre las medidas que pueden dictarse se encuentran, de manera enunciativa, las siguientes:

(...)

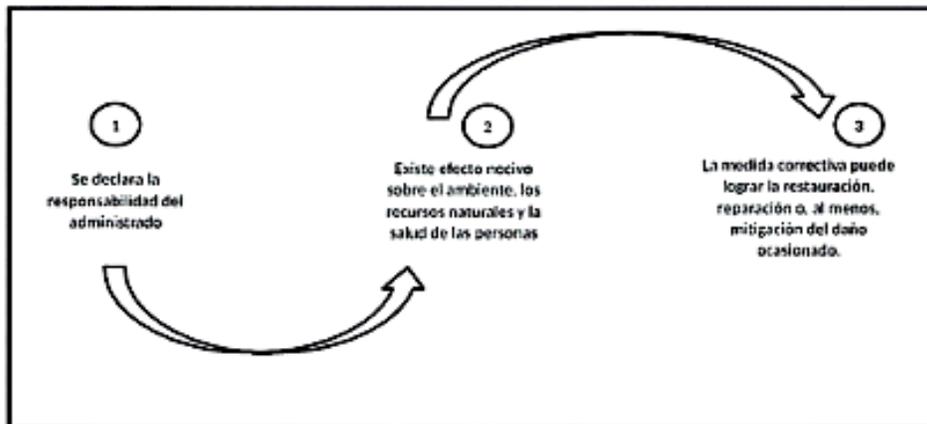
h) Otras que se consideren necesarias para evitar la continuación del efecto nocivo que la conducta infractora produzca o pudiera producir en el ambiente, los recursos naturales o la salud de las personas.
(El énfasis es agregado).





- c) La medida a imponer permita lograr la reversión, restauración, rehabilitación, reparación o, al menos, la mitigación de la situación alterada por la conducta infractora.

Secuencia de análisis para la emisión de una medida correctiva cuando existe efecto nocivo o este continúa



Elaborado por la Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos -DFAI.

- 32. De acuerdo al marco normativo antes referido, corresponderá a la Autoridad Decisora ordenar una medida correctiva en los casos en que la conducta infractora haya ocasionado un efecto nocivo en el ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas, o dicho efecto continúe; habida cuenta que la medida correctiva en cuestión tiene como objeto revertir, reparar o mitigar tales efectos nocivos³⁰. En caso contrario -inexistencia de efecto nocivo en el ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas- la autoridad no se encontrará habilitada para ordenar una medida correctiva, pues no existiría nada que remediar o corregir.
- 33. De lo señalado se tiene que no corresponde ordenar una medida correctiva si se presenta alguno de los siguientes supuestos:
 - a) No se haya declarado la responsabilidad del administrado por una infracción;
 - b) Habiéndose declarado la responsabilidad del administrado, la conducta infractora no haya ocasionado efectos nocivos en el ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas; y,
 - c) Habiéndose declarado la responsabilidad del administrado y existiendo algún efecto nocivo al momento de la comisión de la infracción, este ya no continúa; resultando materialmente imposible³¹ conseguir a través del



³⁰ En ese mismo sentido, Morón señala que la cancelación o reversión de los efectos de la conducta infractora es uno de los elementos a tener en cuenta para la emisión de una medida correctiva. Al respecto, ver MORON URBINA, Juan Carlos. "Los actos-medida (medidas correctivas, provisionales y de seguridad) y la potestad sancionadora de la Administración". *Revista de Derecho Administrativo. Círculo de Derecho Administrativo*. Año 5, N° 9, diciembre 2010, p. 147, Lima.



³¹ Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2017-JUS
 "Artículo 3°.- Requisitos de validez de los actos administrativos
 Son requisitos de validez de los actos administrativos
 (...) 2. Objeto o contenido.- Los actos administrativos deben expresar su respectivo objeto, de tal modo que pueda determinarse inequívocamente sus efectos jurídicos. Su contenido se ajustará a lo dispuesto en el ordenamiento jurídico, destando ser lícito, preciso, posible, facta y jurídicamente, y comprendar las cuestiones surgidas de la motivación.
 (...)



dictado de la medida correctiva, la restauración, rehabilitación, reparación o, al menos, la mitigación de la situación alterada por la conducta infractora.

34. Como se ha indicado antes, en el literal f) del numeral 22.2 del artículo 22° de la Ley del Sinefa, se establece que en los casos donde la conducta infractora tenga posibles efectos perjudiciales en el ambiente o la salud de las personas, la Autoridad Decisora puede ordenar acciones para evitar la materialización del efecto nocivo de la conducta infractora sobre el ambiente, los recursos naturales o la salud de las personas. Para emitir ese tipo de medidas se tendrá en cuenta lo siguiente:
- (i) cuál es el posible efecto nocivo o nivel de riesgo que la obligación infringida podría crear; y,
 - (ii) cuál sería la medida idónea para evitar o prevenir ese posible efecto nocivo, de conformidad al principio de razonabilidad regulado en el TUO de la LPAG.
35. De otro lado, en el caso de medidas correctivas consistentes en la obligación de compensar³², estas solo serán emitidas cuando el bien ambiental objeto de protección ya no pueda ser restaurado o reparado. En este tipo de escenarios, se deberá analizar lo siguiente:
- (i) la imposibilidad de restauración o reparación del bien ambiental; y,
 - (ii) la necesidad de sustituir ese bien por otro.

V. Aplicación al caso concreto del marco normativo respecto de si corresponde dictar una medida correctiva

Único Hecho imputado

36. En el presente caso, la conducta imputada está referida al haber desarrollado actividades industriales en la Planta Andahuasi, sin contar con un instrumento de gestión ambiental, aprobado previamente por la autoridad competente.
37. Al respecto, conforme se desarrolló en el acápite III.1 de la presente Resolución Directoral, se aprecia que a la fecha el administrado no acreditó contar con un instrumento de gestión ambiental aprobado por la autoridad competente para las actividades que se realizan en la Planta Andahuasi.
38. Sobre el particular, se tiene que el no contar con un instrumento de gestión ambiental, aprobado previamente por la autoridad competente, no permite que el administrado implemente las medidas de control para los diferentes componentes ambientales, como: (i) establecer un programa de monitoreo para monitorear los diversos parámetros de medición, (ii) realizar el manejo y la disposición de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, entre otros; generando el daño potencial de afectación a la flora o fauna que se encuentran y se ubican dentro de



Artículo 5°.- Objeto o contenido del acto administrativo

(...)
5.2 En ningún caso será admisible un objeto o contenido prohibido por el orden normativo, ni incompatible con la situación de hecho prevista en las normas; ni impreciso, oscuro o imposible de realizar".

Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

Artículo 22°.- Medidas correctivas

(...)
22.2 Entre las medidas que pueden dictarse se encuentran, de manera anunciativa, las siguientes:
(...)
d) La obligación del responsable del daño a restaurar, rehabilitar o reparar la situación alterada, según sea el caso, y de no ser posible ello, la obligación a compensarla en términos ambientales y/o económica.





la zona de influencia directa y/o indirecta de la Planta Andahuasi.

39. Cabe indicar que, la actividad industrial de azúcar produce efectos negativos en el componente aire, debido a las emisiones y material particulado generados por el uso de un caldero; y en el componente agua, por la descarga de efluentes industriales vertidas a un canal de regadío que al terminar su recorrido, serán vertidos hacia un cuerpo natural, que en el caso del administrado es el río Huaura³³, descargas que presentan alta concentración de carga orgánica, expresados como: DBO₅, DQO, entre otros³⁴, lo que sin un adecuado control y tratamiento conllevaría al riesgo de afectación a la calidad del agua, ocasionando la disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática (flora y fauna)³⁵.
40. Por lo tanto, el no contar con un instrumento de gestión ambiental no le permite al administrado determinar los posibles impactos ambientales que estaría o podría generar producto de la actividad que desarrolla en la Planta Andahuasi y por ende no podría implementar las alternativas de solución, mitigación y/o control frente a los posibles impactos negativos que se generarían por dicha actividad.
41. Por lo expuesto, y en virtud de lo establecido en el artículo 22° de la Ley del SINEFA, en el presente caso, corresponde proponer el dictado de la medida correctiva descrita en la Tabla N° 1 siguiente:

Tabla N° 1: Medida correctiva

Conducta Infractora	Medida correctiva		
	Obligación	Plazo para el cumplimiento	Plazo y forma para acreditar el cumplimiento
El administrado realizó actividades industriales en la Planta Andahuasi sin contar con un instrumento de gestión ambiental, aprobado por la autoridad competente.	<p>a. Deberá proceder con el cese de las actividades desarrolladas en la Planta Andahuasi hasta la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente ante la autoridad competente.</p> <p>b. De verificarse el incumplimiento de lo dispuesto en el literal a.</p>	En un plazo no mayor de noventa (90) días hábiles contado desde el día siguiente de la notificación de la presente Resolución Directoral.	<p>En un plazo no mayor de cinco (5) días hábiles, contados a partir del día siguiente del término del plazo para cumplir la medida correctiva, deberá remitir a esta Dirección:</p> <p>i) Copia del cargo de comunicación del cierre³⁶ parcial, total, temporal o definitivo de la Planta Andahuasi a la autoridad certificadora ambiental.</p>

³³ Acta de Supervisión del 13 al 14 de marzo de 2017. Ver Folio 20 del Expediente.

³⁴ Resultados de monitoreo de efluentes industriales en los puntos EF-AA-01 y EF-AA-02. Ver Folio 56 y reverso del Expediente.

³⁵ Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Informe Técnico. Grupo Estudio Técnico Ambiental para Agua (GESTA AGUA). Grupo N° 4: Conservación del ambiente. Disponible en: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/informes.asp> [Fecha de consulta: 2/07/2018]

³⁶ Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno, aprobado mediante Decreto Supremo N° 017-2015-PRODUCE (...)

Artículo 65.- Comunicación del titular en caso de cierre

65.1 El titular debe comunicar a la autoridad competente su decisión de cierre definitivo, temporal, parcial o total de sus actividades o instalaciones, con una anticipación no menor de noventa (90) días calendario antes del inicio de la ejecución del cierre, en cuyo caso adjuntará a la comunicación el plan de cierre detallado. (...)

65.2 En caso el titular considere que no existen aspectos ambientales relevantes en la etapa de cierre y post cierre, podrá adjuntar a la comunicación a que hace referencia el numeral anterior, una solicitud sustentada a la autoridad competente, la cual determinará la exigibilidad o no de la presentación de un plan de cierre detallado, previa opinión favorable del ente fiscalizador.

65.3 En los casos de reinicio de actividades que hayan sido objeto de cierre temporal, parcial o total, el titular debe comunicar al ente fiscalizador, y éste a la autoridad competente, el reinicio de sus actividades, dentro de diez (10) días hábiles posteriores.





	<p>precedente, dentro del plazo establecido en la medida correctiva, la ejecución de lo dispuesto en dicha medida será efectuado por la Dirección de Supervisión, a cuenta y cargo del administrado, sin perjuicio de la responsabilidad derivada del incumplimiento de la medida correctiva en cuestión.</p>	<p>ii) Un informe con las medidas a adoptarse para el cese de las actividades desarrolladas en la Planta Andahuasi que incluyan, entre otros, monitoreos de calidad ambiental, desmantelamiento de instalaciones y equipos, retiro y disposición final de residuos, fotografías y/o videos de fecha cierta y con coordenadas UTM WGS 84.</p> <p>El informe deberá ser firmado por el personal a cargo de la obtención de permisos y certificaciones ambientales del administrado, así como por el representante legal.</p> <p>En caso que el administrado obtenga la aprobación de su Instrumento de Gestión Ambiental antes del vencimiento de los (90) noventa días hábiles otorgados, deberá adjuntar a esta Dirección la copia del documento de aprobación del referido instrumento.</p>
--	---	--

42. A efectos de fijar plazos razonables para el cumplimiento de la medida correctiva propuesta, se ha tenido en cuenta el tiempo necesario para que el administrado realice: i) el proceso de convocatoria de empresas autorizadas que brinden el servicio de cierre parcial, total, temporal, o definitivo, de ser el caso, de sus actividades industriales en la Planta Andahuasi, ii) actividades de retiro de las maquinarias, equipos, instalaciones y otros que se encuentren en la citada Planta y iii) la realización del informe del cierre de sus actividades.
43. Por lo que un plazo de noventa (90) días hábiles contados desde la notificación de la presente Resolución Directoral, se considera un tiempo razonable para la ejecución de la medida correctiva dictada.
44. Adicionalmente se le otorga un plazo de cinco (5) días hábiles para que el administrado presente el informe con las medidas adoptadas para el cierre de las actividades que acredite el cumplimiento de la medida correctiva ante esta Dirección. El informe deberá ser firmado por el personal a cargo de la obtención de la certificación ambiental del administrado, así como por el representante legal.

V. PROCEDENCIA DE LA IMPOSICIÓN DE UNA MULTA

45. La Resolución Subdirectoral propuso que la eventual sanción aplicable tendría como tope mínimo ciento setenta y cinco (175) UIT y hasta un máximo de diecisiete mil quinientos (17 500) UIT. No obstante, con fecha 16 de febrero del 2018, fue publicada en el diario Oficial El Peruano, la Resolución de Consejo Directivo N° 006-2018-OEFA/CD, mediante la cual se aprobó la nueva tipificación de infracciones administrativas relacionadas con los Instrumentos de Gestión Ambiental, la misma que establece un nuevo rango de sanción para los casos relacionados al hecho imputado materia del presente PAS. En ese sentido, la nueva sanción monetaria tiene un rango pecuniario mínimo de 0 y como máximo a suma de 30 000 UIT.





46. Sobre el particular, el numeral 5 del artículo 246° del TUO de la LPAG, recoge el principio de irretroactividad, el cual establece que son aplicables las disposiciones sancionadoras vigentes al momento de incurrir el administrado en la conducta a sancionar, **salvo que las posteriores le sean más favorables**³⁷.
47. En tal sentido, resulta pertinente realizar en el presente caso, un análisis integral de la regulación anterior y actual sobre la materia para determinar si en el presente caso resulta aplicable un supuesto de retroactividad benigna a favor del administrado.
48. De la comparación entre el marco normativo anterior y el actual, se observa lo siguiente:

Tabla N° 2: Comparación del marco normativo

Análisis integral aplicado a la retroactividad benigna		
Norma	Regulación anterior	Regulación actual
Tipificadora	Numeral 3.1 del Cuadro Tipificación de Infracciones administrativas y escala de sanciones relacionadas con los instrumentos de Gestión Ambiental y el desarrollo de Actividades en zonas prohibidas, aprobada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 049-2013-OEFA/CD	Numeral 4.1 del Cuadro de Tipificación de Infracciones administrativas y Escala de Sanciones relacionadas con los instrumentos de Gestión Ambiental, aprobada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 006-2018-OEFA/CD
	Multa: De 175 a 17 500 UIT	Multa: - hasta 30 000 UIT

49. En atención a lo anterior, se evidencia que el marco normativo actual es más favorable para el administrado en comparación con el anterior, toda vez que, actualmente la Resolución de Consejo Directivo N° 006-2018-OEFA/CD dispone una consecuencia jurídica más beneficiosa –en cuanto al tope de sanción mínimo considerado–, razón por la cual, se aplicará el principio de retroactividad benigna en el presente caso.
50. Por lo tanto, corresponde evaluar la multa aplicable en el presente caso en función de la Metodología para el Cálculo de las Multas Base y la Aplicación de los Factores Agravantes y Atenuantes a ser utilizados en la graduación de sanciones, aprobada por Resolución de Presidencia de Consejo Directivo N° 035-2013-OEFA/PCD y modificada por Resolución de Consejo Directivo N° 024-2017-OEFA/CD (en adelante, **Metodología para el Cálculo de las Multas**).
51. Sobre el particular, cabe mencionar que, mediante el Informe Técnico N° 636-2018-OEFA/DFAI/SSAG del 24 de setiembre del 2018, la Subdirección de Sanción y Gestión Incentivos de esta Dirección realizó la siguiente evaluación del cálculo de multa, el cual forma parte integrante de la presente Resolución, de conformidad con el artículo 6° del TUO de la LPAG³⁸.



Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.
"Artículo 246°.- Principios de la Potestad Sancionadora Administrativa

(...)
5 Irretroactividad.- Son aplicables las disposiciones sancionadoras vigentes en el momento de incurrir el administrado en la conducta a sancionar, salvo que las posteriores le sean más favorables. Las disposiciones sancionadoras producen efecto retroactivo en cuanto favorecen al presunto infractor o al infractor, tanto en lo referido a la tipificación de la infracción como a la sanción y a sus plazos de prescripción, incluso respecto de las sanciones en ejecución al entrar en vigor la nueva disposición.



Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2017-JUS
Artículo 6.- Motivación del acto administrativo



A. Graduación de la multa

52. La multa se calcula al amparo del principio de razonabilidad que rige la potestad sancionadora de la administración, de acuerdo a lo establecido en el numeral 3 del artículo 246° del TUO de la LPAG³⁹.
53. La fórmula para el cálculo de la multa a ser aplicada en este caso considera el beneficio ilícito (B), dividido entre la probabilidad de detección (p), lo que luego es multiplicado por un factor⁴⁰ (F), cuyo valor considera el impacto potencial y/o real, es decir, los factores de gradualidad. La fórmula es la siguiente⁴¹:

$$Multa (M) = \left(\frac{B}{p}\right) \cdot [F]$$

Donde:

- B = Beneficio ilícito (obtenido por el administrado al incumplir la norma)
 p = Probabilidad de detección
 F = Factores agravantes y atenuantes (1+f1+f2+f3+f4+f5+f6+f7)

B. Determinación de la sanción

a) Beneficio Ilícito (B)

54. El beneficio ilícito proviene del costo evitado por el administrado al realizar actividades económicas sin contar con instrumento de gestión ambiental aprobado previamente por la autoridad competente.

(...)

6.2 Puede motivarse mediante la declaración de conformidad con los fundamentos y conclusiones de anteriores dictámenes, decisiones o informes obrantes en el expediente, a condición de que se les identifique de modo certero, y que por esta situación constituyan parte integrante del respectivo acto. Los informes, dictámenes o similares que sirvan de fundamento a la decisión, deben ser notificados al administrado conjuntamente con el acto administrativo.

(...):

³⁹ Decreto Supremo N° 006-2017-JUS, que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444 - Ley del Procedimiento Administrativo General

"Artículo 246°.- Principios de la potestad sancionadora administrativa"

La potestad sancionadora de todas las entidades está regida adicionalmente por los siguientes principios especiales:

(...)

3. Razonabilidad.- Las autoridades deben prever que la comisión de la conducta sancionable no resulte más ventajosa para el infractor que cumplir las normas infringidas o asumir la sanción. Sin embargo, las sanciones a ser aplicadas deberán ser proporcionales al incumplimiento calificado como infracción, observando los siguientes criterios que se señalan a efectos de su graduación:

- a) El beneficio ilícito resultante por la comisión de la infracción;
- b) La probabilidad de detección de la infracción;
- c) La gravedad del daño al interés público y/o bien jurídico protegido;
- d) El perjuicio económico causado;
- e) La reincidencia, por la comisión de la misma infracción dentro del plazo de un (1) año desde que quedó firme la resolución que sancionó la primera infracción.
- f) Las circunstancias de la comisión de la infracción; y
- g) La existencia o no de intencionalidad en la conducta del infractor.

(...)"

Para la estimación de la escala de sanciones se ha empleado la Metodología para el cálculo de las multas base y la aplicación de los factores para la graduación de sanciones, aprobada por Resolución de Presidencia de Consejo Directivo N° 035- 2013-OEFA/PCD y modificada por Resolución de Consejo Directivo N° 024-2017-OEFA/CD.

Fórmula de la Metodología para el cálculo de las multas base y la aplicación de los factores de gradualidad a utilizar en la graduación de sanciones, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6° del Decreto Supremo N° 007-2012-MINAM, aprobado mediante Resolución de Presidencia del Consejo Directivo N° 035-2013-OEFA/PCD y modificada por Resolución de Consejo Directivo N° 024-2017-OEFA/CD.





55. En el escenario de cumplimiento, el administrado lleva a cabo las inversiones necesarias para contar con los servicios profesionales y técnicos idóneos para obtener la certificación ambiental con el instrumento de gestión ambiental pertinente. El cual consiste en una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Programa de Adecuación Ambiental (PAMA) para las actividades que venía desarrollando el administrado.
56. El costo requerido para el cumplimiento de la normativa asciende a S/.22, 867.51⁴². Este costo considera las remuneraciones por los servicios de personal profesional y técnico⁴³, los análisis de laboratorio, así como otros costos directos (por ejemplo, impresión de informes, planos, mapas, transporte) y costos administrativos (por ejemplo, servicios generales, mantenimiento), impuestos y utilidades.
57. Una vez estimado el costo evitado, éste es capitalizado aplicando el costo de oportunidad estimado para el sector (COK)⁴⁴ desde la fecha de inicio del presunto incumplimiento hasta la fecha del cálculo de la multa. Finalmente, este costo evitado es expresado en la UIT vigente.
58. El detalle del cálculo del beneficio ilícito se presenta en el Cuadro N°1:

Cuadro N° 1: Detalle del Cálculo del Beneficio Ilícito

CALCULO DEL BENEFICIO ILICITO	
Descripción	Valor
Costo evitado por realizar actividades sin contar con la debida certificación ambiental ^(a)	S/. 22 867.51
COK en S/. (anual) ^(b)	11.00%
COK _m en S/. (mensual)	0.87%
T: meses transcurridos durante el periodo de incumplimiento ^(c)	18
Costo evitado capitalizado a la fecha de cese de la conducta infractora $[CE*(1+COK)T]$ ^(d)	S/. 26 726.08
Unidad Impositiva Tributaria ^(e) al año 2018 - UIT ₂₀₁₈ ^(e)	S/. 4 150.00
Beneficio Ilícito (UIT)	6.44 UIT

Fuentes:

- (a) Se consideró como referencia un equipo profesional multidisciplinario mínimo para desarrollar actividades de elaboración de estudios ambientales. Los salarios de los servicios profesionales y técnicos se obtuvieron del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo – MTPE (2014). Asimismo, se empleó un esquema de consultoría, sobre la base de las remuneraciones estimadas.
- (b) Referencias: valor mínimo de los costos de capital correspondientes a empresas del sector industrial fiscalizables por el OEFA, determinados en los Reportes Financieros CENTRUM Burkenroad Latinoamérica (Perú).
- (c) El periodo de capitalización se determinó considerando la fecha de supervisión y la fecha del cálculo de multa.
- (d) La fecha considerada para el cálculo de la multa corresponde a la fecha de emisión del presente informe.
- (e) SUNAT - Índices y tasas. (<http://www.sunat.gob.pe/indices/tasas/uit.html>)

Elaboración: Subdirección de Sanción e Incentivos de la Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos del OEFA.



Costo evitado promedio de elaboración de un instrumento de gestión ambiental (DIA) para el caso en análisis (unidades de actividad industrial). Para mayor detalle revisar Anexo I.



⁴² Se consideraron profesiones tales como ingenieros, biólogos y sociólogos, con su respectivo apoyo técnico. Considerando los temas a desarrollarse en el instrumento de gestión ambiental requerido para establecimientos que realizan actividades industriales, según Resolución Ministerial N° 108-99-ITINCI-DM. Para estimar los salarios de los servicios profesionales y técnicos se obtuvieron del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo – MTPE (2014).

El COK es la rentabilidad obtenida por los recursos no invertidos en el cumplimiento de la legislación ambiental y que, por tanto, están disponibles para otras actividades alternativas que incrementan el flujo de caja del infractor.

59. De acuerdo a lo anterior, el Beneficio Ilícito estimado para esta infracción asciende a 6.44 UIT.
- b) Probabilidad de detección (p)**
60. Se considera una probabilidad de detección media⁴⁵ con valor de 0.5. En este caso se trató de una supervisión regular realizada por la Dirección de Supervisión el 13 de marzo de 2017.
- c) Factores de gradualidad (F)**
61. Se ha estimado aplicar los siguientes factores de gradualidad: (a) gravedad de daño al ambiente o factor f1 y (b) perjuicio económico causado o factor f2.
62. En relación a la gravedad potencial de daño al medio ambiente (factor f1), se considera la existencia de daño potencial a la flora y fauna. En consecuencia, corresponde aplicar un factor de gradualidad de 20%, correspondiente al ítem 1.1 del factor f1.
63. Se ha considerado que el daño potencial alcanzaría al menos un grado de incidencia mínima sobre los componentes flora y fauna. En consecuencia, se debe aplicar una calificación de 6% correspondiente al ítem 1.2 del factor f1.
64. Se considera que el impacto o daño potencial se produciría por lo menos en la zona de influencia directa del administrado, por lo que corresponde aplicar un factor de gradualidad de 10% correspondiente al ítem 1.3 del factor f1.
65. Adicionalmente, tomando en cuenta que el daño o impacto potencial es mínimo se considera que podría ser reversible en el corto plazo. En consecuencia, corresponde aplicar una calificación de 6%, respecto al ítem 1.4 del factor f1. El factor f1 asciende a 42%.
66. Por otra parte, se considera que el impacto ocurre en una zona con incidencia de pobreza total de 19.6%; en consecuencia, corresponde aplicar una calificación de 4% al factor de gradualidad f2.
67. En tal sentido, los factores de gradualidad de la sanción resultan en un valor de 1.46 (146%). Un resumen de los factores se presenta en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2: Factores de Gradualidad

FACTORES DE GRADUALIDAD	
Factores	Calificación
f1. Gravedad del daño al interés público y/o bien jurídico protegido	42%
f2. El perjuicio económico causado	4%
f3. Aspectos ambientales o fuentes de contaminación	-
f4. Reincidencia en la comisión de la infracción	-
f5. Corrección de la conducta infractora	-
f6. Adopción de las medidas necesarias para revertir las consecuencias de la conducta infractora	-



Conforme con la tabla N° 1 del Anexo II de la Metodología para el cálculo de las multas base y la aplicación de los factores de gradualidad a utilizar en la graduación de sanciones, aprobada mediante Resolución de Presidencia del Consejo Directivo N° 035-2013-OEFA/PCD y modificada por Resolución de Consejo Directivo N° 024-2017-OEFA/CD.



17. Intencionalidad en la conducta del infractor	-
(f1+f2+f3+f4+f5+f6+f7)	46%
Factores de gradualidad: F = (1+f1+f2+f3+f4+f5+f6+f7)	146%

Elaboración: Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos del OEFA

d) Valor de la multa propuesta

68. Luego de aplicar las probabilidades de detección y los factores de gradualidad respectivos, se identificó que la multa asciende a 18.80 UIT en el escenario de riesgo de afectación o daño potencial a la flora o fauna.
69. El resumen de la multa y sus componentes se presenta en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3: Resumen de la Sanción impuesta

RESUMEN DE LA SANCIÓN IMPUESTA	
Componentes	Valor
Beneficio Ilícito (B)	6.44 UIT
Probabilidad de detección (p)	0.5
Factores agravantes y atenuantes F = (1+f1+f2+f3+f4+f5+f6+f7+f8+f9)	146%
Valor de la Multa en UIT (B/p)*(F)	18.80 UIT

Elaboración: Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos del OEFA

70. Complementariamente, en aplicación de lo previsto en el Numeral 12.2 del Artículo 12° del RPAS⁴⁶, la multa a ser impuesta no puede ser mayor al diez por ciento (10%) del ingreso bruto anual percibido por el infractor el año anterior a la fecha en que ha cometido la infracción⁴⁷. Asimismo, los ingresos deberán ser debidamente acreditados por el administrado.
71. Al respecto, cabe señalar que hasta la fecha de emisión de la presente Resolución Directoral el administrado no ha atendido el requerimiento de información realizado por la autoridad fiscalizadora. Por lo tanto, no se ha podido realizar el análisis de no confiscatoriedad de la multa a imponerse.
72. En ese sentido, y en aplicación de lo establecido en el numeral 4.1 de la Resolución de Consejo Directivo N° 006-2018-OEFA/CD que tipifica las infracciones administrativas y establece escala de sanciones relacionadas con los Instrumentos de Gestión ambiental, aplicable a los administrados que se encuentran bajo el ámbito de competencia del OEFA, la multa a imponer ascendería a 18.80 UIT.

En uso de las facultades conferidas en el literal c) del numeral 11.1 del artículo 11° de la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, modificado por la Ley N° 30011, los Literales a), b) y o) del Artículo 60° del Reglamento



Reglamento del Procedimiento Administrativo Sancionador del Organismo e Evaluación y Fiscalización Ambiental, aprobado por Resolución de Consejo Directivo N° 027-2017-OEFA/CD

(...)
SANCIONES ADMINISTRATIVAS
Artículo 12°.- Determinación de las multas

(...)
12.2 La multa a ser impuesta no puede ser mayor al diez por ciento (10%) del ingreso bruto anual percibido por el infractor el año anterior a la fecha en que ha cometido la infracción

Por la naturaleza de la infracción, se considera a la fecha de emisión del presente documento como el momento de ocurrencia de la infracción. Por lo tanto, el análisis de confiscatoriedad se realiza en base a los ingresos obtenidos por el administrado el año 2017.

de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, aprobado mediante Decreto Supremo N° 013-2017-MINAM, el Artículo 19° de la Ley N° 30230, Ley que establece medidas tributarias, simplificación de procedimientos y permisos para la promoción y dinamización de la inversión en el país y en el artículo 4° del Reglamento del Procedimiento Administrativo Sancionador del OEFA, aprobado por Resolución de Consejo Directivo N° 027-2017-OEFA/CD;

SE RESUELVE:

Artículo 1°. - Declarar la existencia de responsabilidad administrativa de Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A. y sancionar con una multa ascendente a 18.80 Unidades Impositivas Tributarias vigentes a la fecha de pago al haber sido considerado responsable por la comisión de la infracción N° 1 que consta en la Tabla N° 1 de los considerandos de la Resolución Subdirectoral N° 2057-2017-OEFA/DFSAI/SDI.

Artículo 2°.- Ordenar a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A. el cumplimiento de la medida correctiva señalada en la Tabla N° 1 de la presente Resolución, por los fundamentos expuestos en la parte considerativa de la misma.

Artículo 3°. - Apercibir a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A., que el incumplimiento de la medida correctiva ordenada en la presente Resolución generará, la imposición de una multa coercitiva no menor a una (1) UIT ni mayor a cien (100) UIT que deberá ser pagada en un plazo de cinco (5) días, vencido el cual se ordenará su cobranza coactiva; en caso de persistirse el incumplimiento se impondrá una nueva multa coercitiva, duplicando sucesiva e ilimitadamente el monto de la última multa coercitiva impuesta, hasta que el administrado acredite el cumplimiento de la medida correctiva correspondiente, conforme lo establecido en el numeral 22.4 del artículo 22° de la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

Artículo 4°. - Disponer que el monto de la multa sea depositado en la Cuenta Recaudadora N° 00068199344 del Banco de la Nación en moneda nacional, debiendo indicar al momento de la cancelación al banco el número de la presente Resolución, sin perjuicio de informar en forma documentada al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del pago realizado.

Artículo 5°.- Informar a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A., que el monto de la multa será rebajada en un diez por ciento (10%) si procede a cancelar la multa dentro del plazo máximo de quince (15) días hábiles, contados a partir del día siguiente de notificada la presente resolución y si no impugna el presente acto administrativo, conforme a lo establecido en el artículo 14° del Reglamento del Procedimiento Administrativo Sancionador del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, aprobado por Resolución de Consejo Directivo N° 027-2017-OEFA/CD⁴⁸.

Artículo 6°. - Informar a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A., que en caso del extremo que declara la existencia de responsabilidad administrativa adquiera firmeza, ello será tomado en cuenta para determinar la reincidencia de los administrados y la correspondiente inscripción en el Registro de Infractores Ambientales (RINA), así como su inscripción en el Registro de Actos Administrativos (RAA).



⁴⁸ Reglamento del Procedimiento Administrativo Sancionador del Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental - OEFA, aprobado por la Resolución del Consejo Directivo N° 027-2017-OEFA/CD.

Artículo 37°.- Reducción de la multa por pronto pago

Artículo 14°.- Reducción de la multa por pronto pago El monto de la multa impuesta será reducido en un diez por ciento (10%) si el administrado la cancela dentro del plazo de quince (15) días hábiles, contados desde el día siguiente de la notificación del acto que contiene la sanción. Dicha reducción resulta aplicable si el administrado no impugna el acto administrativo que impone la sanción, caso contrario, la Autoridad Decisora ordenará al administrado el pago del monto correspondiente al porcentaje de reducción de la multa.





Artículo 7°. - Informar a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A. que transcurridos los quince (15) días hábiles, computados desde la notificación de la Resolución que impone una sanción de multa, la mora en que se incurra a partir de ese momento hasta su cancelación total, generará intereses legales.

Artículo 8°.- Informar a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A. que contra lo resuelto en la presente resolución es posible la interposición del recurso de reconsideración o apelación ante la Dirección de Fiscalización y Aplicación de Incentivos del OEFA, dentro del plazo de quince (15) días hábiles contado a partir del día siguiente de su notificación, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 216° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2017-JUS.

Artículo 9°. - Notificar a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A., el Informe Técnico N° 636-2018-OEFA/DFAI/SSAG del 24 de setiembre del 2018, el cual forma parte integrante de la motivación de la presente Resolución, de conformidad con el artículo 6° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2017-JUS.

Artículo 10°.- Para asegurar el correcto cumplimiento de la medida correctiva, se solicita a Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A. informar a esta Dirección los datos de contacto del responsable de remitir la información para la acreditación del cumplimiento de la medida correctiva impuesta en la presente Resolución Directoral, para lo cual se pone a su disposición el formulario digital disponible en el siguiente link: bit.ly/contactoMC.

Regístrese y comuníquese.

.....
Eduardo Melgar Córdova
Director de Fiscalización y Aplicación de Incentivos
Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA



ERMC/SPF/goc