



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



**IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM10) EN LA ACTIVIDAD MINERA Y SU POSIBLE RELACIÓN CON EL AUMENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS: ESTUDIO CASO CERREJÓN DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

Autor (a):

María Celeste Núñez Ospino

Universidad De Pamplona Colombia

Facultad De Ingenierías Y Arquitectura

Programa Ingeniería Ambiental

Pamplona Colombia

2020.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



**IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM10) EN LA ACTIVIDAD MINERA Y SU POSIBLE RELACIÓN CON EL AUMENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS: ESTUDIO CASO CERREJÓN DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

Autor (a):

María Celeste Núñez Ospino

Director (a):

PhD. Juan Carlos Rojas Vargas

Universidad De Pamplona Colombia

Facultad De Ingenierías Y Arquitectura

Programa Ingeniería Ambienta

Pamplona Colombia

2020.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION .....  | 6    |
| 1. CAPITULO 1. MARCO REFERENCIAL .....  | 9    |
| 1.1 Antecedentes .....  | 9    |
| 1.2 Marco Conceptual.....   | 12   |
| 1.2.1 Impacto Ambiental.....  | 12   |
| 1.2.2 Contaminación atmosférica.....  | 12   |
| 1.2.3 Emisiones e Inmisiones.....   | 14   |
| 1.2.4 Material Particulado.....   | 14   |
| 1.2.5 Minería de carbón.....  | 15   |
| 1.2.6 Cerrejón.....   | 15   |
| 1.2.7 Enfermedades respiratorias.....   | 16   |
| 1.2.7.1 Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).....   | 16   |
| 1.2.7.2 Infección Respiratoria Aguda (IRA).....   | 16   |
| 1.2.8 El modelo de Fuerzas Motrices.....  | 17   |
| 1.3 Efectos sobre la salud de las fuentes principales de contaminación y los valores fijados por las directrices de la OMS..... | 17   |
| 1.3.1 Valores fijados por las directrices.....  | 17   |
| 1.3.2 Efectos sobre la salud.....   | 20   |



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



|  |          |
|--|----------|
| 1.4 Marco Normativo.....                                     | 23       |
| 2. CAPITULO 2. MARCO CONTEXTUAL.                             |          |
| .....2;Error! Marcador no definido.                          |          |
| 2.1  |          |
| Metodología.....   | 2;Error! |
| <b>or! Marcador no definido.</b>                             |          |
| 2.2 Zona de estudio.....                                     | 27       |
| 2.3 Cerrejón.....  | 29       |
| 2.2.1 Descripción general del Cerrejón.....                  | 31       |
| 2.2.2 Proceso operativo del Cerrejón.....                    | 32       |
| 2.4 Impactos generados por la operación del cerrejón.....    | 36       |
| 3. CAPITULO 3. AREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO.....           | 40       |
| 3.1 Generalidades de los municipios en estudio.....          | 40       |
| 3.1.1 Albania.....   | 40       |
| 3.1.2 Barranca.....  | 40       |
| 3.1.3 Hatonuevo.....   | 41       |
| 3.2 Concentración de material particulado por municipio..... | 41       |
| 3.3 La salud en la Guajira.....                              | 45       |
| 4. CONCLUSIONES .....  | 52       |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 55       |



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## Lista de figuras

|   | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| Ilustración 1 Efectos de los contaminantes en la salud .....  | 22          |
| Ilustración 2. Jerarquía legal referente a calidad de aire. ....  | 27          |
| Ilustración 3. Mapa división administrativa del departamento de la Guajira.....   | 31          |
| Ilustración 4. Mapa ubicación geográfica de Cerrejón.....   | 33          |
| Ilustración 5. Área de intervención del Cerrejón en la Guajira .....  | 35          |
| ilustración 6. Esquema de impactos sobre aire (componente atmosferico).....   | 41          |
| Ilustración 7 Gráfica comparativa de concentración de PM10 medida las estaciones de Albania, Barrancas y Hatonuevo..... | 47          |
| Ilustración 8. Grafica reporte por Infección Respiratoria Aguda en la Guajira. ....                                     | 51          |
| Ilustración 9 Gráfica número de muertes a causa de IRA anuales por género en el municipio de Hatonuevo.....             | 53          |
| Ilustración 10 Gráfica número de muertes a causa de IRA anuales por género en el municipio de Barranca.....             | 54          |
| Ilustración 11 Grafica número de muertes a causa de IRA anuales por género en el municipio de Albania.....              | 55          |

## Lista de tablas

Pág.



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Tabla 1. ESTRUCTURA METODOLÓGICA ..... 28

## PRÓLOGO

Colombia cuenta con un sistema de salud bastante precario; no es caso desconocido de que el departamento de la Guajira es uno de los que más sufren las consecuencias de dicho sistema de salud, sumado a esto las condiciones geográficas, climatológicas y sociales agravan aún más la situación actual. El cerrejón es una de las empresas más grandes y productivas del país; exporta miles de toneladas al año de carbón, pero que deja miles de consecuencias las cuales de manera directa o indirecta terminan por afectar la salud de los pobladores de esta zona.

Con el fin de conocer dichos impactos en el presente trabajo se realiza una descripción del proceso que implementa esta empresa en sus operaciones de manera general y su impacto en cada uno de los aspectos correspondientes para establecer a partir de análisis los procesos que podrían generar mayor emisión de material particulado. Conociendo posteriormente datos de emisión de contaminantes por fuentes de información secundaria se establecen las relaciones existentes de las operaciones, con las emisiones material particulado PM10 y por consiguiente las repercusiones de estas emisiones con la salud de los habitantes de los municipios en contexto (Albania, Hatonuevo y Barrancas).

Si bien es cierto la operación de la mina a cielo abierto Cerrejón repercute sobre la Guajira en general; los municipios elegidos para el proyecto son aquellos que se encuentran próximos a esta; debido a que estos viven al máximo las repercusiones de las operaciones de esta mina y dejando en evidencia los impactos que ha generado en el transcurso de sus operaciones a lo largo de los años y que siguen afectando.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## INTRODUCCIÓN.

La contaminación del aire constituye un tema de preocupación mundial que obedece al continuo crecimiento de la población y a las deficiencias estructurales en el desarrollo sostenible industrial y del sector transporte en los principales centros urbanos. Su importancia radica en los efectos sobre la salud, que implican pérdidas económicas y un deterioro en la calidad de vida de la población debido al ausentismo laboral y el incremento de enfermedades respiratorias y muertes asociadas. (IDEAM, 2007)

La organización mundial de la salud- OMS, estima que alrededor de un billón de personas se encuentran expuestas a la contaminación del aire en concentraciones que exceden las recomendadas, además declara que la contaminación atmosférica constituye un riesgo medioambiental para la salud y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras (OMS 2008), razón por la cual actualmente muchos países están centrando sus esfuerzos en desarrollar mecanismos y políticas para reducir la contaminación atmosférica en pro de la protección de la salud humana y el ambiente. (IDEAM, 2007)

La minería de carbón a cielo abierto es una actividad que en el ámbito económico aporta grandes ganancias, pero que, a su vez representa un gran daño al medio ambiente como consecuencia de sus operaciones. Los procesos implementados para llevar a cabo la actividad de explotación de mineral de carbón, utilizan gran cantidad de recursos naturales y generan un amplio abanico de residuos tóxicos con implicaciones en todos los aspectos ambientales incluidos los efectos sobre la salud de los seres vivos.

Se considera el caso particular de la explotación de mineral de carbón por la mina el Cerrejón, por ser la más grande mina a cielo abierto que existe en Colombia y una de las más grandes



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



a nivel mundial de la cual dependen económicamente muchas personas. Se encuentra ubicada en la cuenca del río Ranchería, al sureste del Departamento de La Guajira entre los municipios de Barrancas, Albania y Hatonuevo; al oeste limita de la Sierra Nevada de Santa Marta y al este con la Serranía del Perijá en la línea con la frontera con Venezuela.

La contaminación ambiental que se produce en una industria de este tipo es evidente y el caso del cerrejón no es ajeno a esta problemática, representando una amenaza directa para la calidad de vida de los habitantes que residen en las zonas cercanas a esta, entre muchas otras razones, debido a que se desarrollan desequilibrios en todos los factores ya sean bióticos o abióticos y que, de una manera u otra, intervienen en el proceso de los ciclos naturales.

En este trabajo se realizará la comparación pertinente del material particulado PM10 emitido Por la industria del Cerrejón y su relación directa con la salud de los habitantes de los municipios cercanos a ella; en este caso Barrancas, Albania, Hatonuevo. Aunque los impactos económicos positivos de la alta productividad aportan al crecimiento, no solo del país sino también de la población de la región y del área de influencia, gracias al aumento del requerimiento de mano de obra y la disminución de la tasa desempleo, al mismo tiempo resulta preocupante porque es cierto y lógico que a mayor explotación, mayor necesidad de extensión y menor calidad ambiental por el incremento de los impactos desencadenados.

Es conocido el gran número de contaminantes que se emiten por parte de esta industria sobre todos los medios naturales biótico y abiótico. Unos 3 millones de muertes al año están relacionadas con la exposición a la contaminación de aire de exteriores. En 2012, según las estimaciones, 6,5 millones de muertes (11,6% de todas las muertes mundiales) estuvieron relacionadas con la contaminación del aire tanto de interiores como de exteriores se hace entonces cierto énfasis en el material particulado PM10, porque este influye altamente en el desarrollo de enfermedades respiratorias y ha sido ampliamente documentado por múltiples estudios de investigación y muchos de ellos por entidades como la organización mundial de



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750





## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



la salud OMS. En este mismo sentido la posible afectación no solo se presenta sobre la población circundante, sino además para los mismos trabajadores que operan en ella.

Por lo tanto, resulta de gran importancia crear conciencia acerca de las alteraciones que se presentan en actividades de este tipo; debido a que cuando se experimentan las afecciones provenientes de ellas se desprecia muchas veces que sea producto de esta. Resulta difícil en el ámbito particular llegar a generar ideas para la erradicación de este tipo de actividades, no es el camino, pero si bien es cierto se requieren bases sólidas para el fortalecimiento del conocimiento que apoye las medidas que actúan sobre este tipo de industrias y aquellas que logran generar impacto en la sociedad actual de consumo.

Por otro lado, es de vital importancia hacer llamado a la concientización social para que se implementen mayores medidas en el tema tratado, se están viendo perjudicadas personas con recursos bajos que de manera inocente resultan afectadas solo por permanecer a una zona en donde se explota un recurso de tal magnitud. Con el desarrollo de proyectos de este tipo se suma a los trabajos realizados con anterioridad buscando que se motiven aún más el interés de enfocarse en esta área de estudio, generar herramientas de conocimiento y recursos para posibles intervenciones posteriores.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes.

La contaminación ambiental es un tema que se remota a la antigüedad, debido a que muchas de las actividades que realiza el hombre ocasionan alteraciones en el ciclo normal de la naturaleza como se le conoce. El sector productivo y de extracción es grande, por lo que los pronunciamientos por personas y corporaciones interesadas en el bienestar de las personas se ha venido moviendo al margen de dichas actividades en búsqueda de medidas que permitan disminuir o eliminar este tipo de actividades, o al menos hacer un llamado a la manera en cómo se llevan a cabo estas actividades. Por su parte la contaminación de la atmosférica al ser tan difícil de observar, medir y controlar; requiere un esfuerzo arduo para establecer los lineamientos.

En un estudio de la universidad de Antioquia publicado en su revista facultad nacional de salud pública titulado “*Contaminación por material particulado (pm2.5 y pm10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009)*”. En donde se muestra la evidencia científica de cómo la contaminación del aire genera efectos negativos en la salud humana. En Medellín, Colombia, se registra un alto nivel de contaminación del aire por material particulado (medido por Redaire) y un considerable volumen de consultas externas y por urgencias a causa de enfermedades respiratorias, medidas por Metrosalud. En el cual se presentar evidencia estadística de la relación positiva entre contaminación por material particulado pm2.5 y pm10 y las consultas externas y por



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



urgencia debidas a enfermedades respiratorias (asma, bronquitis, infecciones, rinitis). (Gaviria, 2011).

Particularmente en un convenio investigativo entre la universidad de Antioquia y la universidad de a Guajira llevaron a cabo un estudio acerca del Análisis y Origen de las Concentraciones de TSP y PM10 en Minería de Carbón a Cielo Abierto usando Gráficos Polares; en donde Se estudiaron la variabilidad espacial y temporal de TSP y PM10 durante el período comprendido entre 2012 y 2016 en una de las minas de carbón a cielo abierto más grandes del mundo (El Cerrejón) ubicada en el noreste de Colombia.

Los resultados mostraron concentraciones promedio de TSP y PM10 de 86  $\mu\text{gm}^{-3}$  (CI95% 84-88  $\mu\text{gm}^{-3}$ ) y 34  $\mu\text{gm}^{-3}$  (CI95% 33-35  $\mu\text{gm}^{-3}$ ), respectivamente. (Rojano, 2018)

Se observó que las condiciones meteorológicas asociadas con los valores máximos de TSP y PM10, fueron vientos con velocidad mayor a 2  $\text{ms}^{-1}$  y con dirección predominante NNE - NEE. Las gráficas polares y el análisis de función de probabilidad condicional estimado con el paquete openair de programa estadístico R, mostraron que los aportes de material particulado TSP y PM10, se relaciona directamente, con las operaciones mineras desarrolladas en los pits de explotación, aunque se registran aportes significativos de PM10 de fuentes regionales, no asociadas a la explotación de carbón. (Rojano, 2018)

Además, todos los promedios de PM10 en las estaciones en estudio en este caso superaron el nivel anual de la guía de la Organización Mundial de la Salud. Los aportes de material particulado TSP y PM10, se relaciona con las actividades mineras desarrolladas en los pit de explotación, mostrando un comportamiento coherente, entre los niveles máximos de los promedios de TSP y PM10 y la ubicación de los pits de operación. Se registran también



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



aportes significativos de PM10 de fuentes regionales, no asociadas a la explotación de carbón. (Rojano, 2018).

Considerando que el estudio de los procesos atmosféricos ha venido en aumento a lo largo de los años gracias a que las interacciones que se presentan en la atmosfera son innumerables, se hacen sustanciosos los aportes que se han dado en las diferentes escalas espaciales y sobre todo por el interés de medir o establecer como repercuten dichas interacciones al ambiente y por ende a los seres vivos.

Colombia a pesar de no contar muchas veces con el apoyo requerido para llevar a cabo las investigaciones y proyectos que aporten en gran medida herramientas para la implementación de estrategias que ayuden en la prevención, control y mitigación de aspectos que perjudican la calidad de vida de la población cuenta con un sin número de profesionales en diferentes áreas de estudios que colectivamente.

La universidad de los Andes realizó un estudio en donde se establecieron las relaciones existentes en la minería de carbón a cielo abierto y la salud de los habitantes de la población del departamento de la Guajira.

Dicho estudio se realizó en el marco de las operaciones del cerrejón en los años 2008 a 2015, por medio del cual se establecieron las alteraciones en la zona no solo en el área de salud pública sino también se realizó un enfoque al sector económico y el papel que juega en los temas a tratar. En síntesis el estudio busca crear un observatorio cartográfico teniendo en cuenta la metodología de fuerzas motrices, llamadas así porque son los factores fundamentales a tener en cuenta para el análisis de la información administrada. (Universida de los Andes, 2005)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## 1.2. MARCO CONCEPTUAL.

### 1.2.1. Impacto ambiental.

El impacto ambiental es un cambio o una alteración en el medio ambiente, siendo una causa o un efecto debido a la actividad y a la intervención humana. Este impacto puede ser positivo o negativo, el negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el medio ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos.

La gran mayoría de las actividades económicas implica y conlleva un impacto ambiental. Las industrias energéticas y mineras (por ejemplo, una planta hidroeléctrica o una mina) causan un impacto ambiental. Los desechos y los residuos de las industrias son generalmente desechados o eliminados de tres maneras: en el agua, en la atmósfera o en áreas aisladas. (Zita, 2007)

### 1.2.2. Contaminación atmosférica.

La contaminación atmosférica es la presencia que existe en el aire de pequeñas partículas o productos secundarios gaseosos que pueden implicar riesgo, daño o molestia para las personas, plantas y animales que se encuentran expuestas a dicho ambiente. Los principales medios por los cuales se produce contaminación atmosférica se concentran en los procesos industriales en donde se realiza combustión, así como por fuentes móviles tales como los automóviles. De acuerdo con los análisis realizados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible la contaminación atmosférica en Colombia es uno de



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



los problemas ambientales de mayor preocupación para los colombianos por los impactos generados tanto en la salud como en el ambiente, además, es el tercer factor generador de costos sociales después de la contaminación del agua y de los desastres naturales. (IDEAM, 2014)

De acuerdo con lo establecido en el Título 5 del Decreto 1076 de 2015 y ajustando la definición, la Contaminación Atmosférica es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes, entendidos estos como fenómenos físicos o sustancias o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas. (Ministerio de Ambiente, 2020)

Los contaminantes en el aire pueden ser:

**Contaminantes Primarios:** Son aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera por una fuente de emisión.

**Contaminantes Secundarios:** Son el resultado de reacciones en la atmósfera a partir de contaminantes primarios y otras especies químicas presentes en el aire.

La transferencia e impactos de los contaminantes emitidos a los receptores de interés (poblaciones y ecosistemas) o nivel de inmisión está gobernada principalmente por las características de las fuentes de emisión, el comportamiento de las variables meteorológicas de la atmósfera, la concentración de contaminantes en el aire, el tiempo de exposición a dichas concentraciones y las características del receptor. En función de los procesos productivos desarrollados, las características de los combustibles utilizados y las tecnologías de combustión disponibles en la normativa mundial y nacional para



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



identificar de forma general si el aire de una zona se encuentra contaminado se monitorean los "contaminantes criterio", asociándolos a unas concentraciones permitidas en unos respectivos tiempos de exposición. Cabe anotar que según la Organización Mundial de la Salud un aire limpio o un aire con calidad es un requisito básico de la salud y el bienestar humanos. (Ministerio de Ambiente, 2020)

### 1.2.3. Emisiones e Inmisiones

Emisión es la cantidad de contaminante vertido a la atmósfera en un período determinado desde un foco, mientras que la inmisión es la concentración de contaminantes a nivel del suelo. Hoy se emplea más el término «calidad de aire ambiente».

Los niveles de inmisión o de calidad del aire determinan el efecto de un contaminante sobre la salud o el medio ambiente. Además, la cantidad de contaminantes en la atmósfera vendrá determinada por la diferencia entre los emitidos y producidos en la misma y los que se eliminan a través de los procesos de autodepuración por deposición, precipitación y absorción por el suelo, el agua y la vegetación. Por lo tanto, para minimizar la contaminación atmosférica es necesario controlar tanto las emisiones atmosféricas (niveles de emisión) como la presencia de los contaminantes en el aire en distintos puntos receptores (niveles de inmisión). (MADRID , 2019)

### 1.2.4. Material Particulado.

Se denomina material particulado a una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Su composición es muy variada y podemos encontrar, entre sus principales componentes, sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua. Dichas partículas además producen reacciones químicas en el aire. (Instituto para la Salud Geoambiental, 2013)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Se cataloga en función de su tamaño y, en el ámbito de la calidad del aire, hablamos de partículas PM 10, que serían las de mayor tamaño, cuya diámetro aerodinámico teórico sería de 10  $\mu\text{m}$  (micrones de metro = millonésima parte del metro) y las partículas finas conocidas como PM 2.5 cuyo diámetro sería de 2.5  $\mu\text{m}$ . (Instituto para la Salud Geoambiental, 2013)

### **1.2.5. Minería de carbón**

La minería a cielo abierto es una actividad industrial que consiste en la remoción de grandes cantidades de suelo y subsuelo, que es posteriormente procesado para extraer el mineral. Este mineral puede estar presente en concentraciones muy bajas, en relación con la cantidad del material removido. Este tipo de minería utiliza grandes cantidades de cianuro, sustancia altamente venenosa, que permite recuperar los metales del resto del material removido. Para desarrollar este proceso se requiere que el yacimiento abarque grandes extensiones y que se encuentre cerca de la superficie. Como parte del proceso, se cavan cráteres gigantescos que llegan a tener 150 hectáreas de extensión y hasta 200 metros de profundidad. (ESQUEL, 2007)

### **1.2.6. Cerrejón**

Cerrejón es actualmente una explotación formada por varias cortas a cielo abierto, dos plantas de trituración, una línea de lavado, un transporte por ferrocarril de 150 km hasta la costa, y un parque de carbones en Puerto Bolívar para la carga en buques de todo el mundo.

Su producción media anual de los últimos años se encuentra en torno a los 33 millones de toneladas de carbón térmico, lo que significa que esta explotación alcanza el 9.5% de las exportaciones de carbón en el mercado mundial, el 40,5% de las exportaciones de carbón colombianas, y el 3,9% del carbón total producido en el mundo. (Fueyo Editores, 2015).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750





**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



### **1.2.7. Enfermedades respiratorias**

Antes de comenzar hay que destacar que el sistema respiratorio cumple una función esencial en el suministro de oxígeno al cuerpo. A su vez elimina los residuos de dióxido de carbono y los desechos tóxicos, también regula la temperatura y estabiliza la sangre. Las enfermedades respiratorias crónicas (ERC) son enfermedades de tipo crónico que afectan al pulmón y/o a las vías respiratorias. Algunas de ellas son el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la rinitis alérgica, las enfermedades pulmonares de origen laboral y la hipertensión pulmonar. Las enfermedades respiratorias afectan a los pulmones directamente y pueden surgir por las siguientes causas: pulmonares, cardiovasculares, emocionales y causas graves que pueden llegar a ser mortales. (OMS, 2017).

#### **1.2.7.1. *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)***

Es una enfermedad pulmonar caracterizada por una reducción persistente del flujo de aire. Los síntomas empeoran gradualmente y la disnea, que es persistente y al principio se asocia al esfuerzo, aumenta con el tiempo hasta aparecer en reposo. Es una enfermedad que no siempre se llega a diagnosticar, y puede ser mortal. A menudo, también se utilizan los términos «bronquitis crónica» y «enfisema» para referirse a ella. La EPOC es una enfermedad incurable, pero el tratamiento puede aliviar los síntomas, mejorar la calidad de vida y reducir el riesgo de defunción. (OMS, 2017)

#### **1.2.7.2. *Infeción Respiratoria Aguda (IRA)***



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Es una enfermedad que se produce en el aparato respiratorio y es causada por diferentes microorganismos como virus y bacterias. Las IRA comienzan de forma repentina y duran menos de 2 semanas. Además, es la infección más frecuente en el mundo y representa un importante tema de salud pública en nuestro país. La mayoría de estas infecciones como el resfriado común son leves, pero dependiendo del estado general de la persona pueden complicarse y llegar a amenazar la vida, como en el caso de las neumonías. (Ministerio de Salud, 2010).

### **1.2.8. El modelo de fuerzas motrices**

Propuesto por OPS fue desarrollado conceptualmente por Corbalán y constituye una herramienta para entender la complejidad de las relaciones entre la salud y el ambiente. Este modelo también llamado “causa-efecto” parte del principio de jerarquizar factores (no procesos) cada uno de los cuales conllevan o favorecen la aparición de los otros en una especie de relación “influencia-dependencia”. Su aplicabilidad reside también en que trata de dar cuenta de la red causal que favorece la aparición de la morbilidad. (Minsalud, 2014)

Al mismo tiempo en un ejercicio inverso el modelo permite identificar intervenciones a realizar en cada uno de los factores identificados según jerarquías de red causal. Los factores propuestos por Corbalán son: Unas “Fuerzas Motrices” que llevan a unas “Presiones” las cuales a su vez causan un “Estado o Situación ambiental”. Este último a su vez produce una “Exposición” la cual lleva a un “Efecto en Salud”. (Minsalud, 2014)

Las relaciones se muestran en el siguiente esquema: Figura 1: Modelo FPEEEE Fuente: Corbalán, C, 1997, OPS-OMS

A- Las Fuerzas Motrices Las Fuerzas Motrices o propulsoras son factores que motivan y empujan a los procesos ambientales involucrados. Representan las



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



cuestiones más generales que están por detrás del modelo de desarrollo adoptado por la sociedad y que propician las actividades y fuentes de la contaminación o degradación. Una de las fuerzas motrices más importante es el crecimiento poblacional. También hacen parte de estos factores el modelo de desarrollo económico y tecnológico; la distribución del ingreso, el nivel de escolaridad y los niveles de vulnerabilidad de una población.

B- Presión Se refiere a la ocupación y explotación del ambiente, al crecimiento urbano y la producción industrial que son fuentes de contaminación o de degradación ambiental. Incluyen el comportamiento del conjunto de actividades económicas y de producción industrial.

C- Estado Las presiones originan un Estado o niveles ambientales de contaminantes ya sean por factores físicos, químicos y biológicos así como los asociados a actividades humanas o riesgos antrópicos.

D- Exposición Se refiere a la relación directa entre las personas, deficientes condiciones de la vivienda, condiciones de hacinamiento, mayor circulación de virus respiratorios, tabaquismo pasivo y la contaminación ambiental.

E- Efectos en Salud Se refiere a los desenlaces o eventos de morbilidad sentida o atendida. Fuerzas Motrices Presiones Estado o situación ambiental Exposición Efecto en Salud Acciones. (Minsalud, 2014)

### **1.3. Efectos sobre la salud de las fuentes principales de contaminación y los valores fijados por las directrices de la OMS**

#### **1.3.1. Valores fijados en las Directrices**

PM2.5: 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual - 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 24h

PM10: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual - 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 24h



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Las Directrices fijan por primera vez un valor de referencia para las partículas en suspensión (PM). El objetivo consiste en reducir al máximo las concentraciones. Como no se conoce un umbral de PM por debajo del cual desaparezcan los efectos nocivos para la salud, el valor recomendado debe representar un objetivo aceptable y alcanzable a fin de minimizar dichos efectos en función de las limitaciones, las capacidades y las prioridades locales en materia de salud pública. (OMS , 2005)

Las pruebas relativas al material particulado (MP) suspendido en el aire y sus efectos en la salud pública coinciden en poner de manifiesto efectos adversos para la salud con las exposiciones que experimentan actualmente las poblaciones urbanas, tanto en los países desarrollados como en desarrollo. El abanico de los efectos en la salud es amplio, pero se producen en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ve afectada toda la población, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad. Se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición, y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud. (OMS , 2005)

En realidad, el nivel más bajo de la gama de concentraciones para las cuales se han demostrado efectos adversos no es muy superior a la concentración de fondo, que para las partículas de menos de 2,5  $\mu$  (MP2.5) se ha estimado en 3-5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tanto en los Estados Unidos como en Europa occidental. Las pruebas epidemiológicas ponen de manifiesto efectos adversos del MP tras exposiciones tanto breves como prolongadas. (OMS , 2005)

Puesto que no se han identificado umbrales y dado que hay una variabilidad interespecífica sustancial en la exposición y en la respuesta a una exposición determinada, es poco probable que una norma o un valor guía ofrezca una protección completa a todas



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



las personas frente a todos los posibles efectos adversos del material particulado en la salud. El proceso de fijación de normas debe orientarse más bien a alcanzar las concentraciones más bajas posibles teniendo en cuenta las limitaciones, la capacidad y las prioridades en materia de salud pública en el ámbito local. (OMS , 2005)

La evaluación cuantitativa del riesgo ofrece un procedimiento para comparar situaciones hipotéticas alternativas de control y estimar el riesgo residual asociado con un valor guía. Tanto la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos como la Comisión Europea han utilizado recientemente este procedimiento para revisar sus normas de calidad del aire para el MP. Se alienta a los países a examinar la adopción de una serie de normas cada Guías MP2.5: 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 24 horas MP10: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 24 horas 8 vez más estrictas y a hacer un seguimiento de los progresos mediante la vigilancia de la reducción de las emisiones y la disminución de las concentraciones de MP. (OMS , 2005)

Los principales efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud van desde alteraciones de la función pulmonar, problemas cardíacos y otros síntomas y molestias hasta un aumento del número de defunciones, de ingresos hospitalarios y de visitas a urgencias, especialmente por causas El efecto de la contaminación atmosférica mantiene una gradación tanto en la gravedad de sus consecuencias como en la población a riesgo afectada (Figura. 3). Así, a medida que los efectos son menos graves, el porcentaje de población afectada es mayor. (Ballester, 2010)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

*Ilustración 1 Efectos de los contaminantes en la salud*



*Fuente: Tenías y Ballester, 2009.*

En los últimos años ha habido un importante avance en el conocimiento y comprensión de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud proporcionado por un gran número de trabajos científicos en todo el mundo. Estos estudios han puesto de manifiesto la importancia de la calidad del aire en la salud de la población y han permitido identificar los principales mecanismos de acción por los cuales la exposición a contaminación atmosférica causa daños en la salud. (Ballester, 2010)

A finales de los años 70 y durante la década siguiente, la mayoría de expertos pensaban que, con los niveles que se registraban en la mayoría de ciudades de los países más



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



desarrollados, la contaminación atmosférica no representaba un peligro importante para la salud. Hoy en día, unos 30 años después, las principales agencias encargadas de la protección de la salud y del medio ambiente -como la OMS, la Agencia Europea de Medio Ambiente o la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA)-, reconocen que la inhalación de contaminantes, especialmente de partículas finas, representa un aumento de riesgo de defunción prematura.

Este cambio tan importante, comenzó con el análisis de los efectos agudos, o a corto plazo, de los incrementos de la contaminación atmosférica. Con el tiempo, y los resultados de estudios posteriores, se sabe que los efectos debidos a la exposición crónica (efectos a largo plazo), pueden ser considerablemente más importantes en términos de reducción de la esperanza de vida y morbilidad crónica. (Ballester, 2010)

### ***1.3.2. Efectos sobre la salud***

Las PM afectan a más personas que cualquier otro contaminante y sus principales componentes son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales y el agua. Las PM consisten en una compleja mezcla de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Las partículas se clasifican en función de su diámetro aerodinámico en PM10 (partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10  $\mu\text{m}$ ) y PM2.5 (diámetro aerodinámico inferior a 2,5  $\mu\text{m}$ ). Estas últimas suponen mayor peligro porque, al inhalarlas, pueden alcanzar las zonas periféricas de los bronquiolos y alterar el intercambio pulmonar de gases. (MADRID, 2019)

Los efectos de las PM sobre la salud se producen a los niveles de exposición a los que está sometida actualmente la mayoría de la población urbana y rural de los países desarrollados y en desarrollo. La exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón.  
(MADRID , 2019)

En los países en desarrollo, la exposición a los contaminantes derivados de la combustión de combustibles sólidos en fuegos abiertos y cocinas tradicionales en espacios cerrados aumenta el riesgo de infección aguda en las vías respiratorias inferiores y la mortalidad por esta causa en los niños pequeños; la polución atmosférica en espacios interiores procedente de combustibles sólidos constituye también un importante factor de riesgo de enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cáncer de pulmón entre los adultos. La mortalidad en ciudades con niveles elevados de contaminación supera entre un 15% y un 20% la registrada en ciudades más limpias. Incluso en la UE, la esperanza de vida promedio es 8,6 meses inferior debido a la exposición a las PM<sub>2.5</sub> generadas por actividades humanas. (MADRID , 2019)

Por otro lado, existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo. A la inversa, cuando las concentraciones de partículas pequeñas y finas son reducidas, la mortalidad conexas también desciende, en el supuesto de que otros factores se mantengan sin cambios. Esto permite a las instancias normativas efectuar proyecciones relativas al mejoramiento de la salud de la población que se podría esperar si se redujera la contaminación del aire con partículas.

La contaminación con partículas conlleva efectos sanitarios incluso en muy bajas concentraciones; de hecho, no se ha podido identificar ningún umbral por debajo del cual no se hayan observado daños para la salud. Por consiguiente, los límites de la directriz de 2005 de la OMS se orientan a lograr las concentraciones de partículas más bajas posibles. (OMS, 2018).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750





**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



El tamaño de las partículas se encuentra directamente vinculado con el potencial para provocar problemas de salud. Las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro suponen los mayores problemas, debido a que pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y algunas hasta pueden alcanzar el torrente sanguíneo. La exposición a estas partículas puede afectar tanto a los pulmones como al corazón. Múltiples estudios científicos vincularon la exposición a la contaminación por partículas a una variedad de problemas, que incluye:

- Muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares
- Infartos de miocardio no mortales
- Latidos irregulares
- Asma agravada
- Función pulmonar reducida
- Síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar. (EPA , 2018)

#### **1.4. MARCO NORMATIVO**

En general la normativa colombiana en materia de calidad del aire y emisiones se ha planteado en función de la protección de la salud humana y el medio ambiente, desarrollada a través de un proceso de gradualidad que involucra la capacidad técnica, tecnológica y económica de una sociedad, ya que estos factores deben hacer parte de la construcción normativa de carácter técnico. Además del desarrollo normativo y de Política, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible trabaja desde diferentes frentes en la formulación de estrategias coordinadas, eficientes y equitativas dirigidas prevenir y controlar la Contaminación del Aire en el país. (IDEAM, 2014).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



En el desarrollo de este proyecto se tienen en cuenta muchas de las disposiciones legales en el marco de la constitución política colombiana que se involucran en el aspecto de calidad de aire; debido a que es de tener en cuenta que cuando existen factores que atentan sobre la calidad de vida de la población y dicho factor no se puede erradicar es necesario entonces hacerle el debido manejo con miras a la buena implementación de este.

En la ilustración 2 se observa la descripción general de las leyes existentes en materia del componente atmosférico, la constitución política de Colombia tiene un aparte importante destinado a darle prioridad a los derechos de las personas de gozar de un ambiente sano; por su parte con la creación del ministerio de medio ambiente la ley 99 de 1993 le da prioridad a los aspectos que juegan un papel importante en materia ambiental en Colombia.

Por su parte la resolución 2254 del 2007 plantea la normativa referente a la calidad del aire en el país, los límites permisibles de emisiones que deben manejarse; por lo que es necesario basarse en esta para observar el comportamiento de las operaciones de la mina el Cerrejón, comparar las concentraciones de material particulado presente en los municipios de Albania, Barranca y Hatonuevo con los límites máximos permisibles presentes en dicha resolución.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

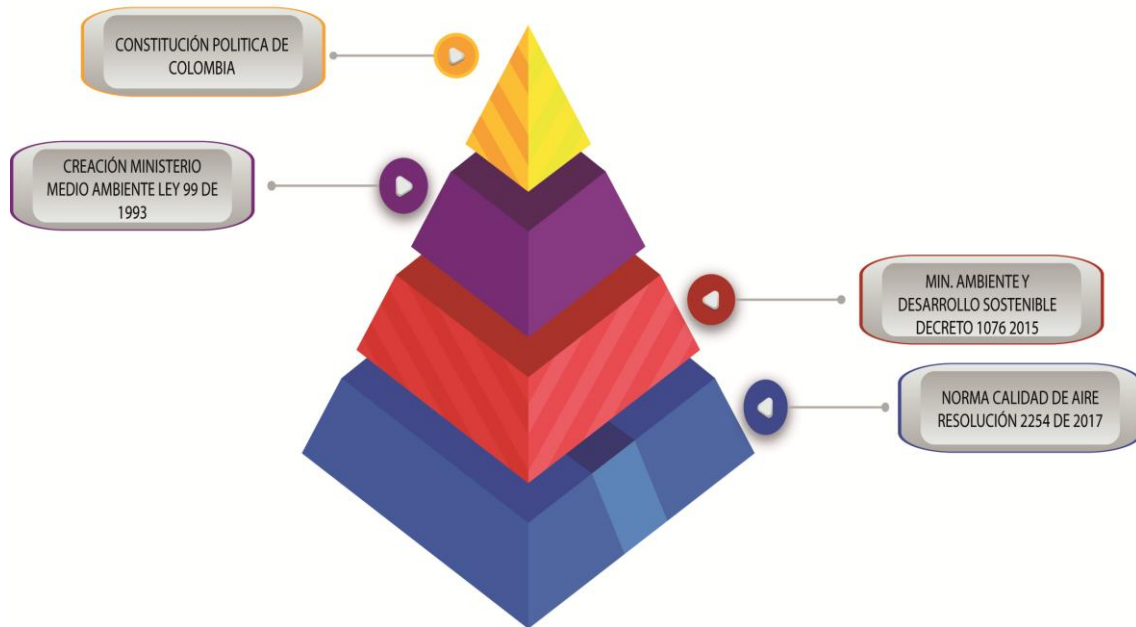
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



*Ilustración 2. Jerarquía legal referente a calidad de aire.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Las emisiones de material particulado por parte de la industria de minería de carbón en el Cerrejón deben ser monitoreadas y sancionadas si se exceden. Por lo anteriormente expuesto y para la constatar el ajuste de la información que se tiene, la comparación de variables con lo establecido en las normas legales y demás, en la ejecución de este proyecto se accede en con frecuencia a las disposiciones establecidas en el las leyes establecidas en Colombia para este aspecto fundamental de tan gran importancia para la población en general como lo es el medio ambiente.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## 2. MARCO CONTEXTUAL.

### 2.1. METODOLOGÍA

En la elaboración del estudio se hace en base a la organización de la información existente como se describe en la tabla 1.

*Tabla 1. ESTRUCTURA METODOLÓGICA*

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>TITULO:</b> Impacto Ambiental Generado Por Emisión De Material Particulado (Pm10) En La Actividad Minera Y Su Posible Relación Con El Aumento De Enfermedades Respiratorias: Estudio Caso Cerrejón Departamento De La Guajira.  |  |   |
| <b>FASES</b>   | <b>OBJETIVOS</b>   |   |
| <b>OBJETIVO GENERAL:</b> Analizar el impacto ambiental causado por las emisiones de material particulado (PM10) de las operaciones de la mina a cielo abierto El Cerrejón a través de la revisión de información secundaria registrada en fuentes institucionales y su relación con el medio ambiente y la salud de la población de su área de influencia directa. |  |   |
| <b>FASE I<br/>CONTEXTUALIZACIÓN.</b><br>En esta fase se hace la descripción de la problemática en estudio teniendo en cuenta cada uno de los factores involucrados en este. Además de la recopilación correspondiente de la información pertinente al caso en estudio.   | <b>OBJETIVO ESPECIFICO 1.</b> Describir el proceso de operación de la mina a cielo abierto Cerrejón y sus impactos.  |   |
|  | <b>PROCEDIMIENTO</b>   | <b>PRODUCTO</b>   |
|  | Consultar las características generales de cada uno de los procesos fundamentales del Cerrejón.<br><br>Identificar los aspectos ambientales que impacta el cerrejón en cada uno de los | Esquema cualitativo del proceso operativo de la mina el Cerrejón con los impactos que ocasiona al aire. |



|   |  |   |
|---|--|---|
|   | procesos para la obtención del carbón.   |   |
| <p><b>FASE II EVALUACIÓN Y ANLISIS.</b> En esta etapa obtenida la información de cada una de las entidades correspondientes se procede a evaluar la información y analizarla teniendo en cuenta las variables definidas para la ejecución del proyecto, el papel que cumple cada una y las características fundamentales en el área de estudio.</p> | <b>OBJETIVO ESPECIFICO 2.</b> Evaluar la información secundaria relacionada con la calidad por material particulado PM10.  |   |
|   | <b>PROCEDIMIENTO</b>   | <b>PRODUCTO</b>   |
|   | Descargar la información correspondiente a emisiones de material PM10 en la plataforma SISAIRE.  | Graficas del comportamiento del PM10 correspondiente a las estaciones de Albania, Hatonuevo y Barrancas.                      |
|   | Organizar la información para su posterior análisis.   |   |
|   | <b>OBJETIVO ESPECIFICO 3.</b> Analizar la información de morbilidad y mortalidad que se presentan en las poblaciones de Barrancas, Albania y Hatonuevo.  |   |
|   | <b>PROCEDIMIENTO</b>   | <b>PRODUCTO</b>   |
|   | Obtención de los datos de morbilidad y mortalidad en la plataforma Sispro; correspondiente a las enfermedades: IRA (Infección Respiratoria Aguda), para cada uno de los municipios en estudio. | Síntesis analítica del comportamiento de las enfermedades correspondiente a los municipios de Albania, Hatonuevo y Barrancas. |
|   | Organizar la información para su posterior análisis.   |   |





|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <b>OBJETIVO ESPECIFICO 4.</b> Evaluar la relación de enfermedades respiratorias con la operación de la mina el cerrejón en los habitantes de los municipios de Barrancas, Albania y Hatonuevo. |   |
|  | <b>PROCEDIMIENTO</b>   | <b>PRODUCTO</b>   |
|  | Relacionar datos de PM10 con los respectivos datos de enfermedades IRA y EPOC.   | Síntesis de la relación enfermedades respiratorias y emisión de material particulado PM10 |

*Fuente: Elaboración propia.*

## 2.2. ZONA DE ESTUDIO

El caso de estudio en este proyecto se limita a la zona norte de Colombia en el área del departamento de la Guajira; en donde se encuentra la mina a cielo abierto Cerrejón, empresa que posee su sede principal en la zona oriental de la Guajira media e interviene en las demás áreas que conforman dicho departamento.

### 2.2.1. La Guajira

El departamento de La Guajira se encuentra ubicado al norte de Colombia en la región Caribe del país. Limita al norte y al occidente con el mar Caribe, al oriente con Venezuela, al sur con el departamento del Cesar y al suroriente con el departamento de Magdalena. El departamento se divide en tres subregiones. La Alta Guajira comprende el municipio de Uribí<sup>1</sup> e incluye puertos terrestres y marítimos de gran importancia para la economía del país como Puerto Bolívar. La Media Guajira es la subregión más urbanizada, comprendiendo los municipios de Riohacha, Dibulla, Barrancas, Hato Nuevo, Manaure, Albania y Maicao. En la zona oriental de esta subregión es donde se ubican las minas de carbón del Cerrejón y



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

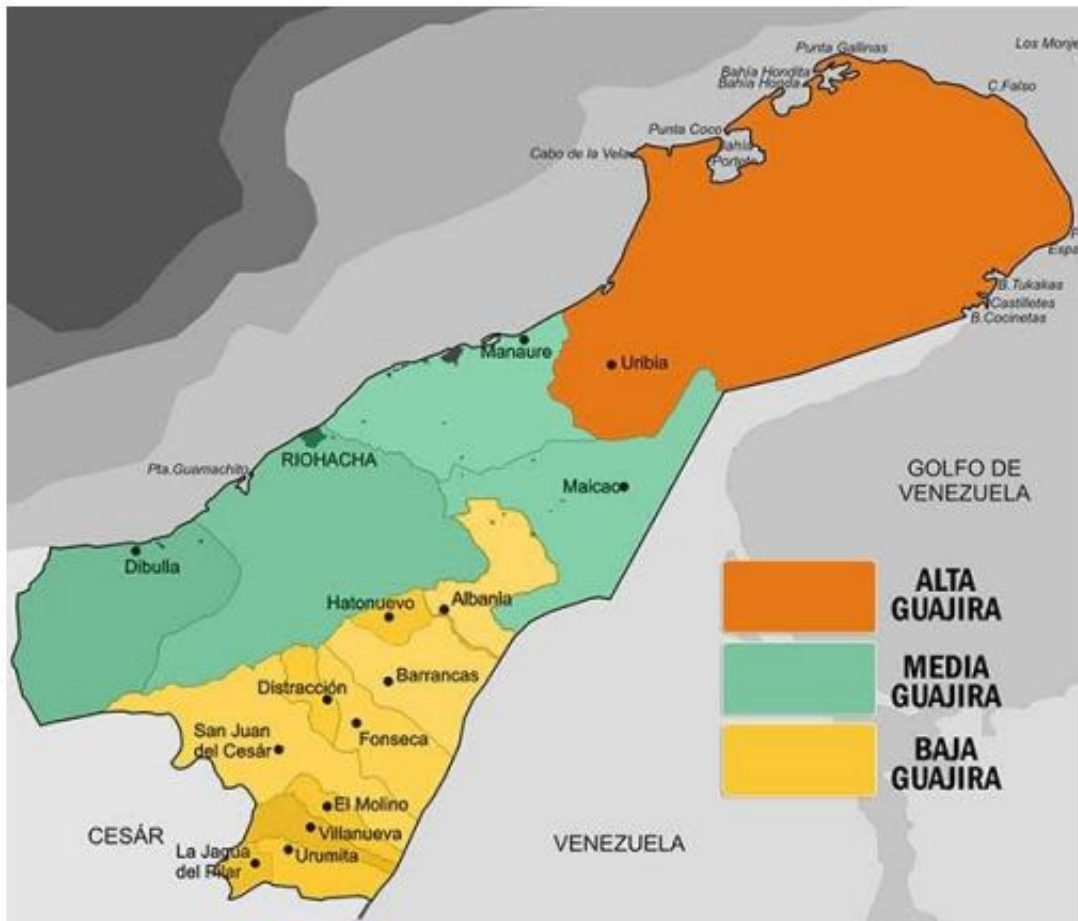


**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



el yacimiento de gas más grande con el que cuenta el país. La Baja Guajira cubre parte del piedemonte oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, siendo la 1 Uribí es reconocido como el municipio indígena de Colombia. Subregión de mayor vegetación. Comprende los municipios de Fonseca, Distracción, San Juan del Cesar, Villanueva, El Molino, Urumita y la Jagua del Pilar. (Fundación Paz y Reconciliación, 2014)

*Ilustración 3. Mapa división administrativa del departamento de la Guajira*



*Fuente: ASIS 2011.*



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



En el departamento viven las etnias wayuu, wiwa, arhuaco y kogui, pero la primera sería es la más numerosa, tanto en La Guajira, como en el país con 272 mil indígenas, corresponde al 20.5% de la población indígena nacional y constituyen el 40% de la población de La Guajira, según el DANE. Por otro lado, la base económica del departamento se sustenta en la minería de carbón, gas y sal, constituyendo la explotación de minas y cantinas el 59,7% de la actividad económica, seguido por las actividades de servicios sociales que re-presentan el 13,9%, y recursos marinos y turismo, entre otros sectores. (Fundación Paz y Reconciliación, 2014)

Una de las principales empresas del departamento es el complejo carbonífero del Cerrejón, cuyas ventas fueron de US\$ 2284 millones en 2010, pagando un valor en regalías de US\$ 185 millones en ese mismo año. Y siendo Puerto Bolívar –la terminal desde donde se exporta lo producido en el Cerrejón–, el principal puerto de exportación de carbón de América Latina y uno de los más grandes del mundo. (Fundación Paz y Reconciliación, 2014)

### 2.3. Cerrejón.

La mina a cielo abierto Cerrejón se encuentra situada en el departamento de La Guajira, al noreste de Colombia, muy cerca de la frontera con Venezuela, entre los municipios de Albania, Cuestecita, Hatonuevo, Pozohondo, Barrancas, Tigrepozo y Patilla, a una distancia de 150 km de la costa, a 100 km de Riohacha, capital de La Guajira, a 290 km de la ciudad vacacional de Santa Marta y a 400 km de la ciudad industrial de Barranquilla.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750





**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Ilustración 4. Mapa ubicación geográfica de Cerrejón.



Fuente: Cerrejón 2017.

La población total del departamento de La Guajira no supera los 900.000 habitantes afectando las explotaciones mineras de esta provincia en un 57% al PIB de esta provincia. La explotación de carbón se encuentra sobre una superficie de 69.000 hectáreas y en ellas se ubican las cortas Norte, con los tajos Tabaco y La Puente; Central, con un único tajo, denominado Patilla; y Sur, con el tajo Comuneros, Cien y Oreganal, siendo la más actual de todas la corta Norte.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



### 2.3.1. Descripción general del Cerrejón.

Considerada la mina de carbón a cielo abierto más importante de Sudamérica, Cerrejón es actualmente una explotación formada por varias cortas a cielo abierto, dos plantas de trituración, una línea de lavado, un transporte por ferrocarril de 150 km hasta la costa, y un parque de carbones en Puerto Bolívar para la carga en buques de todo el mundo. Su producción media anual de los últimos años se encuentra en torno a los 33 millones de toneladas de carbón térmico, lo que significa que esta explotación alcanza el 9.5% de las exportaciones de carbón en el mercado mundial, el 40,5% de las exportaciones de carbón colombianas, y el 3,9% del carbón total producido en el mundo. (Fueyo Editores, 2015)

Cerrejón pertenece a un consorcio formado por las multinacionales BHP Billiton, Anglo American y Glencore, aunque se explotan todas las cortas bajo una dirección única, exportando antracita con un poder calorífico entre los 11.000 y 11.400 BTU/lb, cenizas entre el 6 y el 14,5%, humedad entre el 10,5 y el 13,2%, materias volátiles entre el 31,5 y 34,8%, y azufre entre el 0,5 y el 0,85%. (Fueyo Editores, 2015)

En Cerrejón trabajan más de 10.000 personas en trabajos directos. Más de 5.700 personas contratadas directamente por la empresa y otras casi 5.000 a través de contratistas que trabajan desarrollo humano en Cerrejón. Entre los trabajos directos, los indirectos y los inferidos el número supera las 30.000 personas, lo que da una idea de lo que significa esta explotación minera en un departamento tan aislado como es La Guajira.

El personal técnico que trabaja en puestos medios y de dirección vive en un campamento minero en el interior de la explotación con todos los servicios necesarios (colegios, supermercados, centro de salud, hoteles, instalaciones deportivas, restaurantes, etc.). El resto vive en las poblaciones cercanas a la mina. Al tratarse de una mina tan extensa (69.000 hectáreas) se contrata al personal de los pueblos más cercanos a la corta donde va a trabajar.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

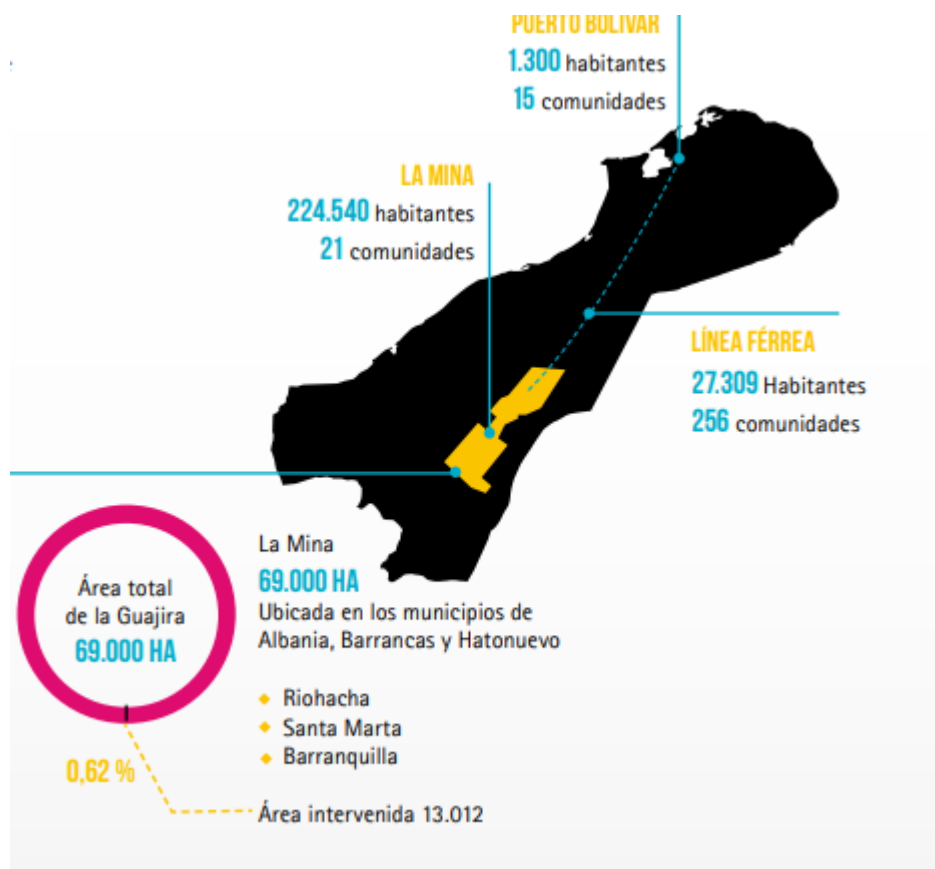
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Sólo el traslado dentro de Cerrejón de la corta Norte a la corta Sur es de más de una hora en coche. (Fueyo Editores, 2015)

### 2.3.2. Proceso operativo el Cerrejón.

*Ilustración 5. Área de intervención del Cerrejón en la Guajira*



*Fuente: Cerrejón 2017.*

El proceso operativo de la mina a cielo abierto Cerrejón es el descrito a continuación; donde se tienen las actividades a realizar y las características de cada una de ellas; sin tener



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



en cuenta las actividades a menor escala, se expone a manera general la síntesis del proceso que se debe llevar a cabo para cumplir con las metas trazadas por la organización.

1. **Prospección:** Esta se lleva a cabo para descubrir cuáles son las zonas con mayor presencia de yacimientos de carbón. Se realiza a través de perforaciones, sísmica e interpretaciones de la información para generar modelos geológicos, y a día de hoy los recursos estimados son de 4.874 millones de toneladas de carbón, lo que supone una vida de 20 años, si la exploración no descubre nuevas reservas minerales que permitirá aumentar esta fecha a más allá de estos 20 años. (Cerrejón, 2017)
2. **Exploración:** Este procedimiento se lleva a cabo para determinar la cantidad de reservas, la calidad de un depósito así como el potencial minero. (Cerrejón, 2017)
3. **Rescate y relocalización de la fauna:** En el cual se realiza un inventario de especies para su posterior rescate y relocalización hacia nuevas áreas. (Cerrejón, 2017)
4. **Remoción de suelos:** La capa vegetal es removida debido a que esta cubre el estéril; el estéril es una roca formada por areniscas y lutitas muy compactadas, lo que hace necesario el empleo de explosivos para romper esta cobertera, se retira mediante buldóceros y mototraíllas y es destinado a unas zonas específicas donde se almacena y se conserva para su posterior utilización en la rehabilitación. (Cerrejón, 2017)
5. **Perforación y voladura:** Se perforan pozos profundos en los cuales se depositan la emulsión que permite fragmentar el material estéril (roca). Tanto para la rotura de la capa de estéril como para soltar el carbón se perfora y se vuela con los mismos parámetros. Se realizan mallas de 200 metros de longitud por 4 metros de ancho, y con perforadoras rotativas se realizan barrenos de 10 pulgadas de diámetro y 12 metros de profundidad. La carga de fondo es anfo, una mezcla de nitrato amónico y



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Diesel, que se carga en los barrenos directamente desde alguno de los 12 los camiones de bombeo de explosivo, y se retaca con dos metros de polvo de la perforación. Se utilizan 47 kg de explosivo por m<sup>3</sup> volado, con un consumo anual de más de 80.000 toneladas de explosivos al año, realizándose una pega diaria (7 días a la semana). El todo-uno de estéril obtenido tiene un tamaño máximo de 1 m<sup>3</sup> y se transporta hasta las zonas de rehabilitación o a los acopios correspondientes. (Cerrejón, 2017)

El carbón aparece a diferentes profundidades, buzamientos y con estructuras muy dispares como consecuencia de la geología de la zona. El techo de las capas superiores de carbón puede variar entre 10 y 50 metros, y su espesor entre varios centímetros y casi la decena de metros. En Cerrejón sólo se explotan las capas por encima de los 0,9 metros y suelen aparecer hasta 12 capas de carbón con estas características, con espesores entre capa y capa de carbón entre los 2 y 12 metros. En lo que respecta al buzamiento, éste comienza con 15° incrementándose de forma importante en algunos tajos, lo que condiciona su forma de extracción: para buzamientos 45° se realiza con unos equipos especiales con una cuchilla para rascar el material. La profundidad máxima a la que se está extrayendo carbón en Cerrejón es a 200 metros bajo la cota 0. (Cerrejón, 2017)

6. **Remoción del material estéril:** las palas remueven el material estéril que se carga en camiones de 240 y 320 toneladas de capacidad y se deposita en los botaderos o retro llenados para el proceso de rehabilitación de tierras. Lo anterior se hace con ayuda de os tanqueros; que es una flota de equipos implementados en las vías de acarreo. Además, El estéril y el carbón obtenido tras las voladuras se cargan en dúmperes dependiendo del buzamiento de las capas y de la disponibilidad de los equipos. Las excavadoras hidráulicas son las encargadas de realizar el arranque del estéril y el



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



carbón en las zonas con limitaciones de espacio, como son las zonas cercanas a las bermas y los bancos. En las zonas con espacio suficiente el trabajo de carga se realiza con cargadoras de gran tamaño, aunque la disponibilidad de unas y otras también condiciona mucho su utilización en todo tipo de trabajos. (Cerrejón, 2017)

7. **Remoción, cargue y transporte del carbón:** Una vez que los mantos de carbón quedan a la vista, se mina el material con ayuda de los cargadores que cargan los camiones de 190 toneladas de capacidad con el mineral. (Cerrejón, 2017)
8. **Humectación de las vías:** Con ayuda de los camiones tanqueros, el agua es utilizada para el riego de las vías; agua no apta para consumo humano, animal o riego de cultivos, debido a que proviene de aguas lluvia. (Cerrejón, 2017)
9. **Trituración y/o apilación del carbón:** El carbón se lleva directamente hacia la planta de trituradoras o se aplica de acuerdo con su calidad y poder calorífico, El carbón que por su calidad no puede ser enviado directamente a trituración se acopia en función de su calidad, siendo éste aproximadamente el 35% de todo el carbón que se produce. En dicha zona hay 28 acopios diferentes para almacenar el carbón con diez calidades diferentes entre 9.000 y 12.200 BTU/lb. Su capacidad de almacenamiento es de 5,4 millones de toneladas. el 100% del carbón extraído el 35% se almacena en los diferentes acopios en función de sus calidades, el 5% se envía a la planta de lavado y el restante 60% se manda a las plantas de trituración. (Cerrejón, 2017)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



10. **Cargue del tren, humectación y compactación:** La carga de cada vagón es humectada, compactada y nivelada como medida de control durante el recorrido del tren en los 150 km entre la Mina y Puerto Bolívar. Estos trenes están formados por 120 vagones de carga por la parte superior y descarga por la inferior que transporta cada uno 110 toneladas de carbón. La mina cuenta con 17 locomotoras de 4.400 CV de potencia cada una y 562 vagones para el transporte del carbón, los cuales llevan la carga nivelada, humectada y compactada como medida de control ambiental para prevenir las emisiones de partículas durante el transporte. El ciclo completo de carga, transporte de 150 km y descarga de carbón es de aproximadamente de 12 horas, y de media salen 7 trenes diarios de la mina a Puerto Bolívar. (Cerrejón, 2017)G
11. **Sistema de cargue directo:** El carbón es transportado a través de bandas cubiertas que depositan el mineral directamente en la bodega de los buques carboneros que zarpan a diferentes destinos del mundo (Cerrejón, 2017)

#### 2.4. Impactos que genera el Cerrejón al medio ambiente

Existen un sin número de afecciones que causan que las condiciones del ambiente se vean perjudicadas en un área en donde se implementa minería a cielo abierto; debido a que existen miles de alteraciones en diversos bienes; que se afectan colectiva o independientemente en cada una de las fases que se llevan a cabo para cumplir a cabalidad con el objetivo principal que es la extracción de tan valioso mineral (carbón).

El suelo se ve muy afectado sobre todo por las excavaciones, y puede llegar a desaparecer por completo o quedar enterrado bajo los estériles (material desechado en la extracción). Al desaparecer el suelo y la vegetación, se favorecen inevitablemente procesos de erosión. Afecta por su parte a la flora y fauna, modificándose la población de especies animales y vegetales; debido a los desplazamientos que deben hacer la mayoría de las especies que



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



habitan esta zona por encontrarse en constante riesgo de muerte por inanición o agravamiento en las condiciones de vida por daños en el hábitat.

Por otro lado debido a que es grande la cantidad de agua utilizada para su operación se atenta de manera directa con el recurso hídrico; dejando a la población circundante desvalida, sin contar que se puede producir un impacto sobre la calidad del agua de la zona, debido a las operaciones de lavado de minerales implementadas, las cuales que pueden provocar contaminación en las aguas subterráneas y superficiales.

Cabe destacar que el Impactos de tipo atmosférico que es en el cual se basa casi en su totalidad el desarrollo de este proyecto debido a la repercusión que esta tiene sobre la salud y que en su mayoría se generan por la gran cantidad de polvo motivado por las voladuras o la maquinaria pesada utilizada, se suma también la cantidad de contaminante emitido a la atmosfera por la maquinaria utilizada en la ejecución de cada una de las actividades en desarrollo que hacen parte de una gran maquinaria de clasificación pesada; las cuales funcionan con combustibles fósiles en su mayoría.

Los equipos pesados generan vibraciones a la hora de operar, remueven polvillo a su paso y emiten contaminantes; dejándolas como factor crítico en la situación que se presenta en cuanto a la emisión de contaminantes de material particulado a la atmosfera, sumado a esto la gran escala en la que se clasifica el Cerrejón hace que este sea un fuente fija con un valor extremadamente grande de contaminación a la atmosfera atentando directamente con la calidad de aire local y regional.

El tren que transporta el carbón hace también su aporte en las emisiones de contaminantes a la atmosfera. Por lo que es seguro afirmar que casi en la totalidad de su operación el Cerrejón emite contaminantes a la atmosfera.



SC-CER96940



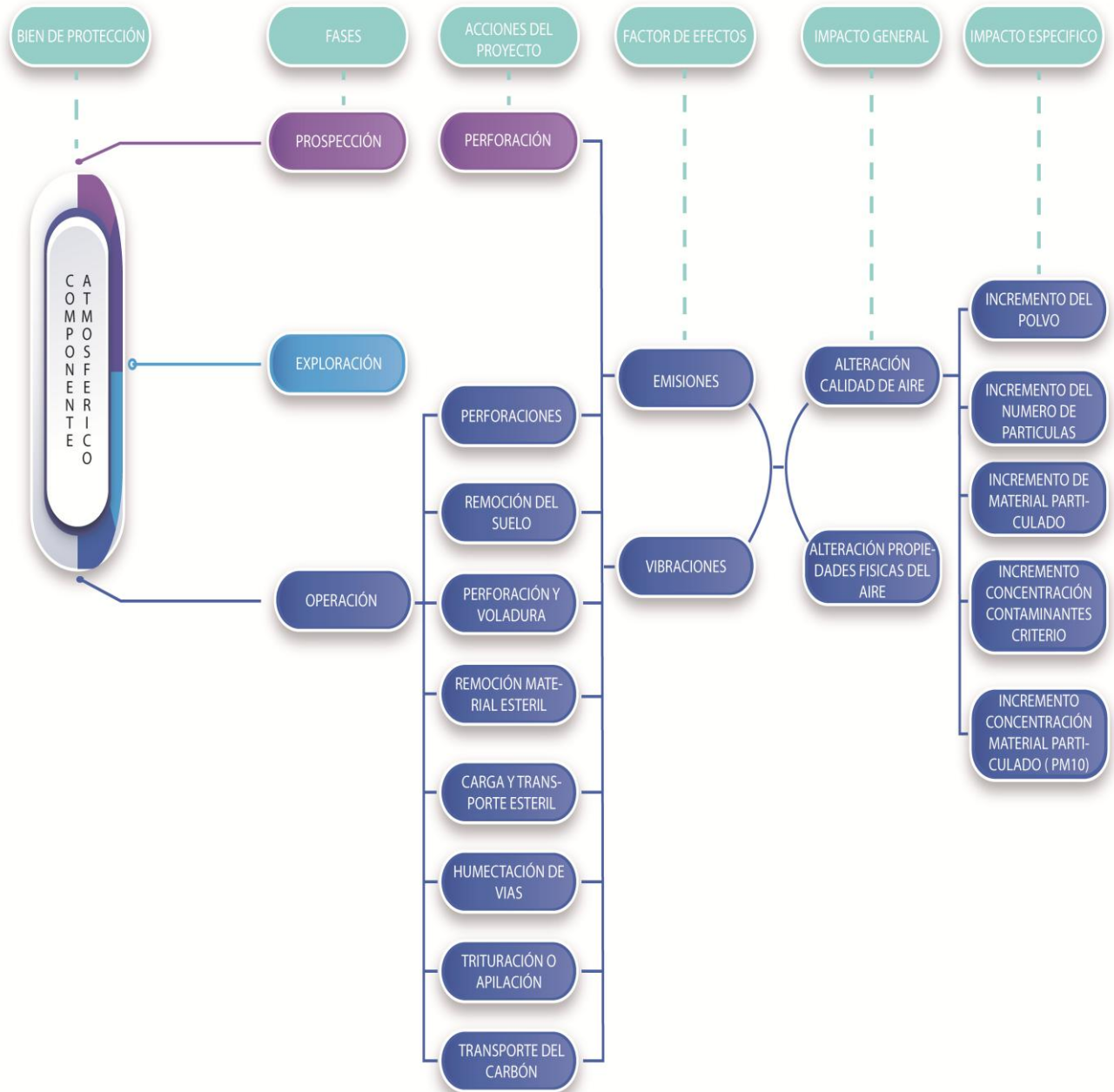
*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750





Ilustración 6. ESQUEMA DE IMPACTOS SOBRE AIRE (COMPONENTE ATMOSFERICO)



Fuente: Elaboración propia.



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



En la ilustración 5 se muestra una síntesis de las fases de operación del Cerrejón en donde se describen cualitativamente las acciones del proyecto de manera general y resaltando cada uno de los impactos que generan estos mismos a la atmosfera; si bien es cierto y como se describió con anterioridad se tiene que la minería a cielo abierto impacta significativamente en muchas áreas de aspecto ambiental, pero se hace énfasis específicamente en el componente atmosférico porque es el objeto de interés en el estudio.

Cabe destacar que las diferentes etapas que se describen en el proceso operativo del Cerrejón generan inmediatamente los contaminantes que repercuten en el ambiente; debido a que el material que se maneja (carbón) tiene la propiedad de dejar partículas en el aire con el simple hecho de manipularlo, sumado a esto las características geográficas y climatológicas de la zona hacen que la dispersión de estas partículas sea más eficiente.

La zona costera de la cual se encuentra rodeada la Guajira hace que los vientos alcancen velocidades de los vientos repartiendo a estos por toda la región; además las altas temperaturas que se manejan en esta zona a causa de su ubicación hacen que se agrave el comportamiento de las partículas que se emiten a la atmosfera.

Actividades como perforaciones a la roca, remoción de la cobertura, trituración y apilamiento del carbón como se describe en la ilustración 6 generan alteraciones en la calidad del aire local y en la composición física del mismo, dejando como consecuencia entonces incremento de material particulado que posteriormente tendrán una dirección en donde llegaran a causar alteraciones en las condiciones normales que se presentan en los ciclos naturales de la naturaleza, afectando de manera directa a los seres vivos que se encuentran en ella en un rango de espacio bastante amplio y significativo.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

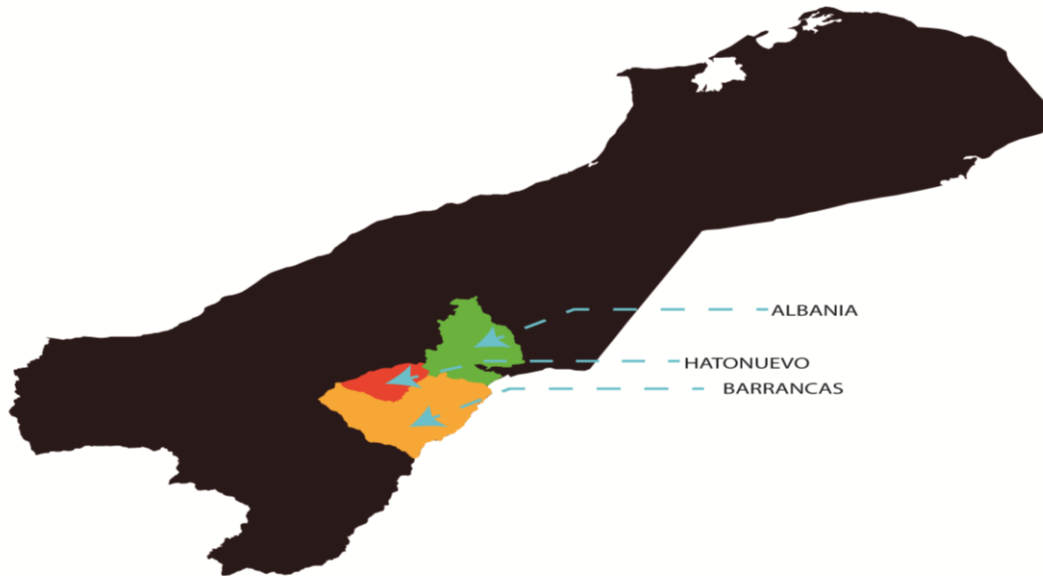


**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## 2.5. Generalidades de los municipios en estudio.

*Ilustración 7. Mapa ubicación de los municipios de estudio en la Guajira.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.5.1. Albania.

Es un municipio colombiano ubicado en el departamento de La Guajira. Es el municipio más recientemente fundado de este departamento, junto con el municipio de Uribí; está constituido por un terreno plano entre la planicie aluvial del río Ranchería y la bajiplanicie guajira, y también por los territorios elevados del flanco occidental de la Serranía del Perijá y las laderas orientales de la sierra Nevada. Cuenta con una población de 27.102 habitantes distribuidos de la siguiente forma: En el área urbana existe una población de 14.863 habitantes, lo que constituye el 54.84% de la población total, y en la zona rural hay una



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



población de 12.239 habitantes que corresponde al 45.15% del total de la población. (MUNICIPIO, 2018)

### **2.5.2. Barrancas**

Localizado en la margen izquierda del Río Ranchería. Este municipio se caracteriza por la explotación agrícola, ganadera y minera. El municipio de Barrancas cuenta con una población 28.926 habitantes extensión 742 kms cuadrados altitud 40 mts temperatura media 28°, se encuentra interconectado directamente al sistema urbano regional de Riohacha, lo cual le permite cumplir relaciones económicas y productivas con municipios cercanos como Riohacha y Maicao, destacándose la actividad comercial del contrabando en menor escala y la economía extractiva del carbón en mayor nivel. Así mismo, tiene flujos comerciales con los municipios de Santa Marta y Barranquilla en términos productivos, debido a que parte de la producción local se comercializa con estos municipios. (Alcaldía municipal de Barrancas la Guajira, 2017)

### **2.5.3. Hatonuevo**

Hatonuevo tiene una extensión aproximada de 249Km<sup>2</sup> y está situado en la parte alta del departamento de la Guajira, aproximadamente a 87 Km. de la capital del departamento, cuenta con claros contrastes geográficos y paisajísticos. Su clima es cálido, con lluvias regulares en la mayor parte del año, especialmente en los meses de septiembre y noviembre, cuando la zona de convergencia tropical se desplaza hacia el norte. En su territorio se encuentran las ondulaciones de la serranía del Perijá y las estribaciones de la sierra nevada de Santa Marta, accidentes geográficos, que le dan la calidad de piso térmico cálido, es regado por las aguas del río Ranchería en su trayecto al mar caribe, y algunos arroyos y fuentes menores.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



La explotación carbonífera en las minas del Cerrejón, es la principal actividad económica de este naciente municipio, el 30% de la zona carbonífera está en el territorio municipal. La agricultura es otra de las actividades económicas, en menor escala se cultiva maíz, yuca, malanga, y café. (MUNICIPIO, 2018).

## **2.6. Concentración de material particulado por municipio.**

La Corporación Autónoma Regional de La Guajira (CORPOGUAJIRA) como máxima autoridad ambiental del departamento incluyó el Proyecto “14. Calidad del Aire” dentro del Plan de Acción 2016 - 2019 “Prosperidad, Paz y Sostenibilidad” aprobado por el Consejo Directivo. Para ejecutar dicho proyecto, CORPOGUAJIRA cuenta con un sistema de vigilancia que, de acuerdo con el Manual de Diseño del Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante Resolución 2154 de 2010), es un Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire (SEVCA) que posee estaciones en poblaciones de cualquier número de habitantes bajo la influencia de fuentes de gran magnitud (zonas mineras para el caso del departamento).

Dicho SEVCA se encuentra acreditado ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), mediante la Resolución 1444 del 08 de julio 2016, para la toma de muestras y generación de información relacionada con la calidad del aire. (CORPOGUAJIRA, 2019)

El Cerrejón por su parte cuenta con su propio sistema de monitoreo de la calidad de aire, esta es una red conformada por 16 estaciones ubicadas alrededor de sus operaciones y en comunidades cercanas, la cual monitorea la calidad del aire para hacer seguimiento de sus propias medidas de manejo en materia de control de emisiones y asegurar el cumplimiento



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



de la normatividad colombiana. Las 16 estaciones se extienden en un área de 690 km<sup>2</sup>, la información obtenida se registra de forma mensual en el sistema nacional SISAIRE, administrado por IDEAM y, gracias a los datos recogidos, se puede establecer que los niveles de calidad del aire son mejores que los de un día promedio de las principales capitales del país. (Cerrejón, 2017).

El material particulado emitido por la mina abierta Cerrejón afecta a la Guajira en general; debido a que como se ha mencionado con anterioridad su localización está en la zona céntrica del departamento rodeando a varios municipios además de que el transporte del mineral atraviesa al departamento para llevar al carbón a la zona de cargue para su debida exportación.

Debido a esto se han dispuesto de las redes de monitoreo anteriormente mencionadas, con la finalidad de controlar las actividades de la mina aplicando la debida norma correspondiente. Los municipios para los cuales se describen las concentración de contaminantes de material particulado PM10 poseen dentro de la red de monitoreo de calidad de aire de Corpoguajira sus correspondientes estaciones, de las cuales se toma la información pertinente para los años 2012 a 2018, analizando dichos datos se encuentran variaciones del contaminantes con respecto a cada año y diferencias de estas mismas variaciones entre los municipios en contexto.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

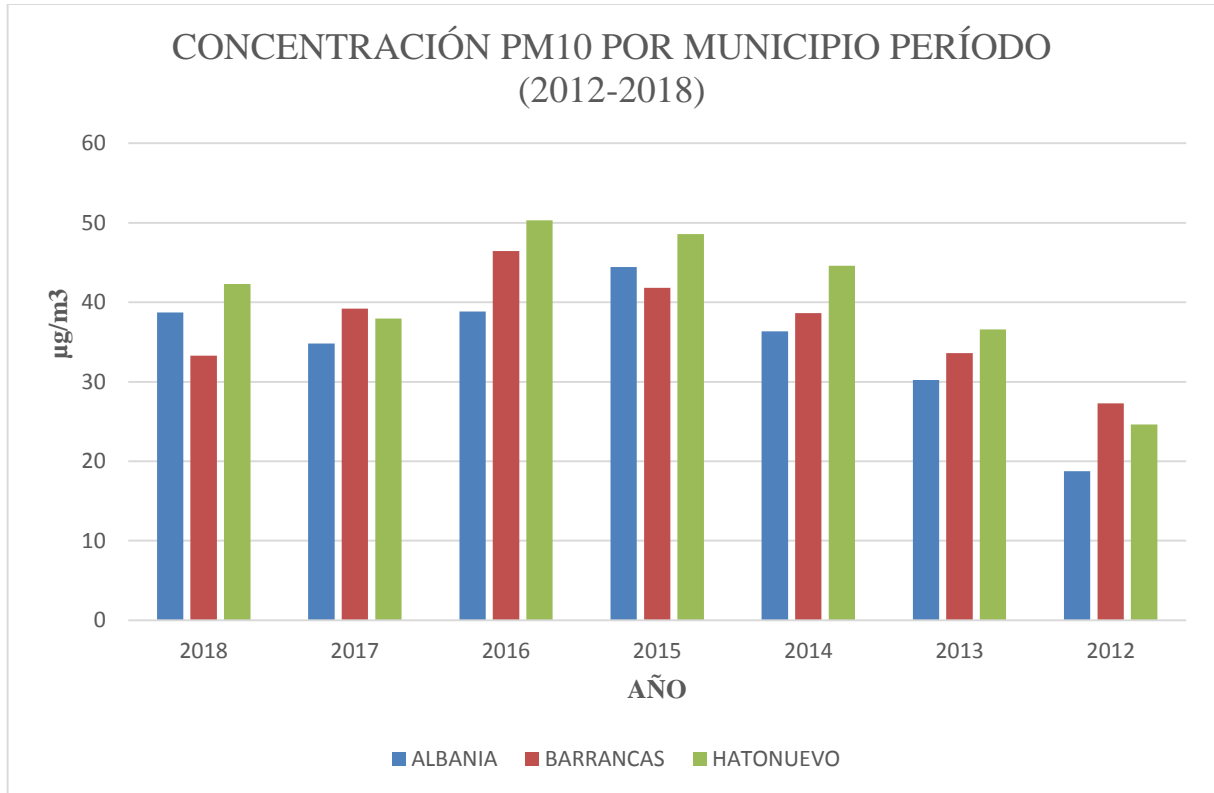
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



*Ilustración 8 Gráfica comparativa de concentración de PM10 medida las estaciones de Albania, Barrancas y Hatonuevo.*



*Fuente: Elaboración propia con datos del Sisaire.*

En la ilustración 8 se tiene la representación gráfica de la concentración de material particulado PM10 medida por cada una de las estaciones correspondientes a los municipios Barranca, Albania y Hatonuevo para el período de tiempo que va del 2012 al 2018. Dejando en evidencia las altas concentraciones que se manejan. Las concentraciones tienen diferencias mínimas entre los municipios en cada uno de los años siendo el 2017 el año en que estas más se asemejaron. Además en los años 2015 y 2016 se registraron las mayores concentraciones del contaminante en estos municipios, manteniéndose Hatonuevo con la tendencia a sobrepasar los  $50\mu/m^3$  que es el máximo



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



nivel permisible establecido por la OMS en la guía de calidad del aire, por lo que de ahí en adelante se pueden presentar serias afectaciones a la salud de los habitantes de una población.

No obstante a pesar de que no se superan según las mediciones los niveles observados sigue siendo de gran significancia las concentraciones obtenidas en las estaciones de estos tres municipios. El año 2012 por su parte es aquel año en donde se manejaron niveles de concentración más bajos en consideración con los demás años. Los años posteriores a este presentaron un comportamiento creciente en la medición de emisión de material particulado correspondiente a PM10. Así mismo se observa que de los tres municipios Albania fue el que manejo las concentraciones más bajas evidenciándose de una manera particular el año 2012 en donde tan solo se tuvo un nivel por debajo de los  $20\mu/m^3$  de material particulado; siendo este el más bajo en el periodo de tiempo de estudio.

La concentración de material particulado PM10 medido en cada uno de los municipios es de niveles significativos; en la ilustración se ve reflejado un rango de variación de  $30\mu/m^3$  a  $50\mu/m^3$  que se mantiene constante en todos los años de estudio a excepción del 2012, año en el cual la concentración se encuentra por debajo de lo  $30\mu/m^3$ . Lo que es lógico tratándose de comunidades que se encuentran próximas una a la otra manteniendo características climáticas similares en su mayoría debido a que son de áreas relativamente pequeñas.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750





## 2.7. Problematización Modelo Cinco Fuerzas Motrices

Teniendo en cuenta que el estudio en curso se realiza para entrar en contexto de la situación vivida por los pobladores de la zona de estudio en este caso La Guajira y en específico los municipios de Albania, Barranca y Hatonuevo en cuanto a las repercusiones que tiene la operación de la mina el cerrejón

### 2.7.1. La Salud en la Guajira.

Es de suma importancia conocer el contexto de la salud en el departamento de la Guajira; debido a que de él dependen los datos de mortalidad y morbilidad que en él se presenten. Las condiciones del departamento como anteriormente se ha descrito son difíciles debido a muchos factores bien sean de origen natural como las condiciones climáticas, geográficas que caracterizan la zona y las actividades que se desarrollan en esta zona. Sumado a esto la desvalorización que tiene el departamento en cuanto a calidad de vida y valor social.





## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



La Guajira cuenta carece de calidad en los servicios de salud; en la mayoría de los municipios que conforman el departamento solo se tienen puestos de salud y hospitales de niveles inferiores en donde la mayoría de las veces no se presta la atención correspondiente a las necesidades de la población, por tal razón cuando se tienen situaciones que presentan riesgo para la salud de los pobladores es necesario realizar traslados a hospitales y clínicas regionales.

Lo anterior descrito abre una idea a la problemática regional que se presenta con el sistema de salud porque el manejo de información específica de las enfermedades que se da por cada uno de los municipios de la Guajira se hace bastante complejo, comportándose entonces como sedes regionales principales para la atención de usuarios se encuentran las entidades correspondientes a los municipios de San Juan del Cesar, Maicao y la capital del departamento Riohacha; son en estas sedes en donde son remitidos los pacientes que requieren atención oportuna de salud.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

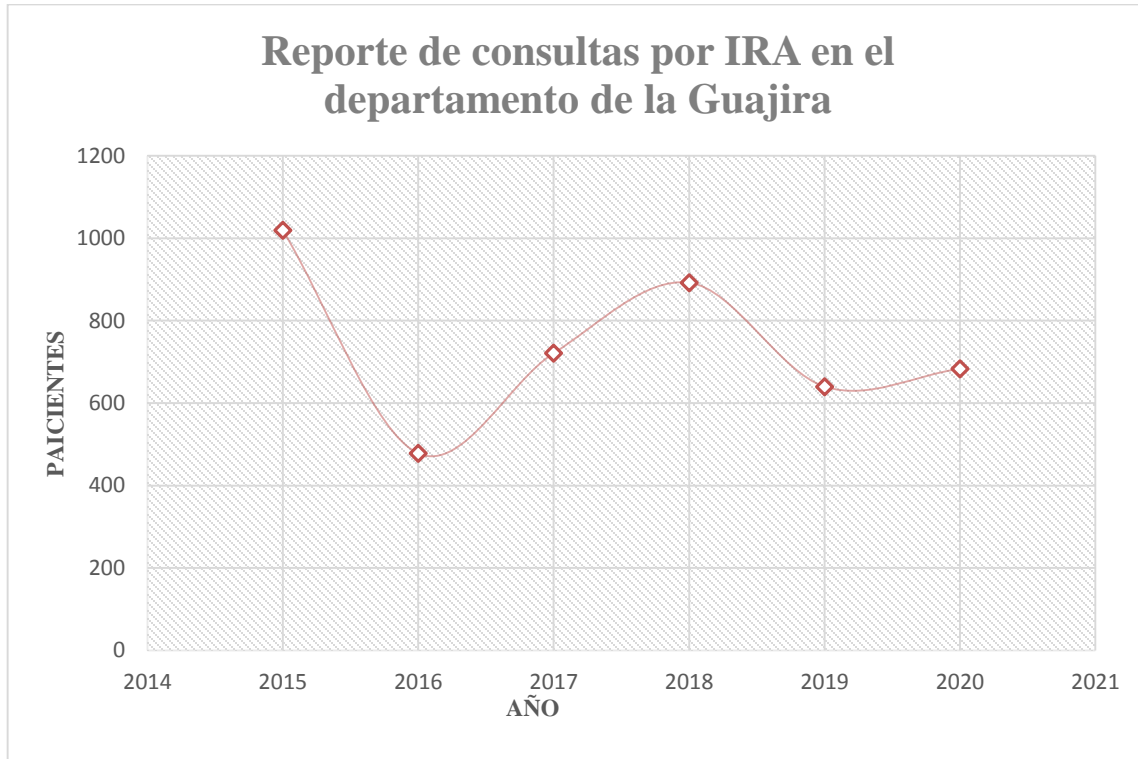
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



*Ilustración 9. Grafica reporte por Infección Respiratoria Aguda en la Guajira.*



*Fuente: elaboración propia con datos de Sivigila.*

Los registros de mortalidad y morbilidad se obtuvieron del Sistema Integral de Información de la Protección Social – SISPRO, la fuente de datos principal para este reporte es el Registro Individual de Prestación de Servicios de Salud – RIPS, la cual se complementa con la información de personas y afiliaciones en salud proveniente del Registro Único de Afiliados a la Protección Social – RUAF. Los datos de RIPS cargados a la bodega de datos del Sistema de Gestión de Datos, corresponden a los datos de los archivos de Usuarios, Consultas, Procedimientos, Urgencias y Hospitalizaciones.

La ilustración 9 da evidencia de la cantidad de pacientes que ingresaron a los diferentes puntos de salud que presaan su servicio en la Guajira y que tienen pertinencia en la



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



atención de las enfermedades respiratorias presentadas en la población. Se observa que el año con mayores ingresos registrados a causa de IRA (Infección Respiratoria Aguda) corresponden al 2015 y 2018 en donde se manejaron cifras hasta de 1000 pacientes de los cuales

Los valores que indican cuantas personas mueren anualmente por IRA (Infección Respiratoria Aguda) están representados en los esquemas o graficas que se muestran a continuación para los municipios de Albania Barrancas y Hatonuevo; es de tener en cuenta que la clasificación existente solo se hace con respecto al género que corresponde ya sea hombre o mujer y se representa la totalidad representada por la sumatoria de estas dos.

En la ilustración 10 se evidencia que el año en donde más se presentaron muertes a causa de IRA (Infección Respiratoria Aguda) fue el 2016, llegando casi a las 40 muertes en donde fue mayor la fatalidad en hombres que en mujeres; además es de tener en cuenta que en el año 2017 y el año 2013 se presentaron las menores cifras de mortalidad. Manejándose además como tendencia que la muerte por IRA (Infección Respiratoria Aguda) se presenta más en hombres que en mujeres a excepción del año 2015 y 2016 en la que las mujeres quienes más mueren a causa de esta enfermedad en el municipio de Hatonuevo.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

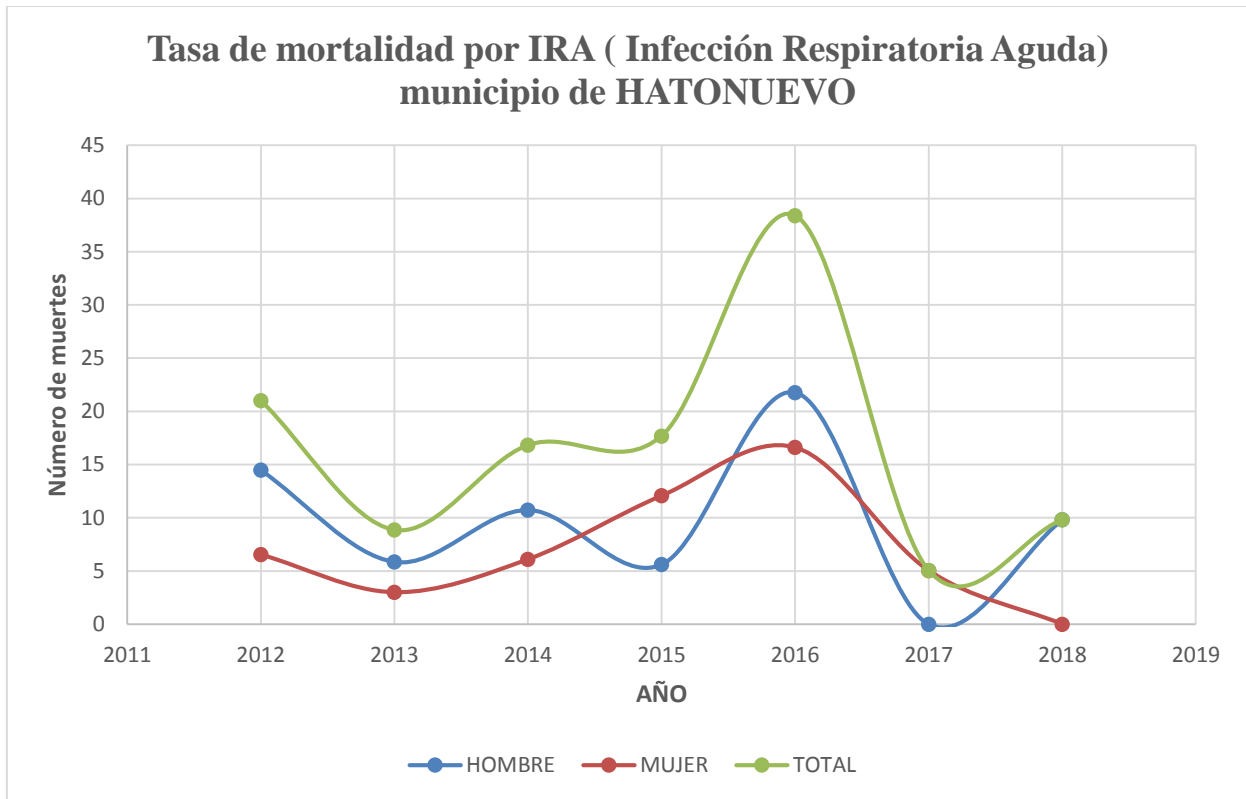
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



*Ilustración 10 Gráfica número de muertes a causa de IRA anuales por género en el municipio de Hatonuevo*



*Fuente: Elaboración propia con datos de SISPRO.*

La ilustración 9 muestra el comportamiento de la tasa de muertes del municipio del Barranca; en donde se evidencia el comportamiento de las muertes de personas habitantes de dicho municipio a causa de IRA (Infección Respiratoria Aguda); en el año 2015 se presentaron las mayores cifras de dichas muertes siendo los hombres los que más murieron, seguidamente el año 2018 presenta cifras significativas del número de muertes en los habitantes de esta localidad.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

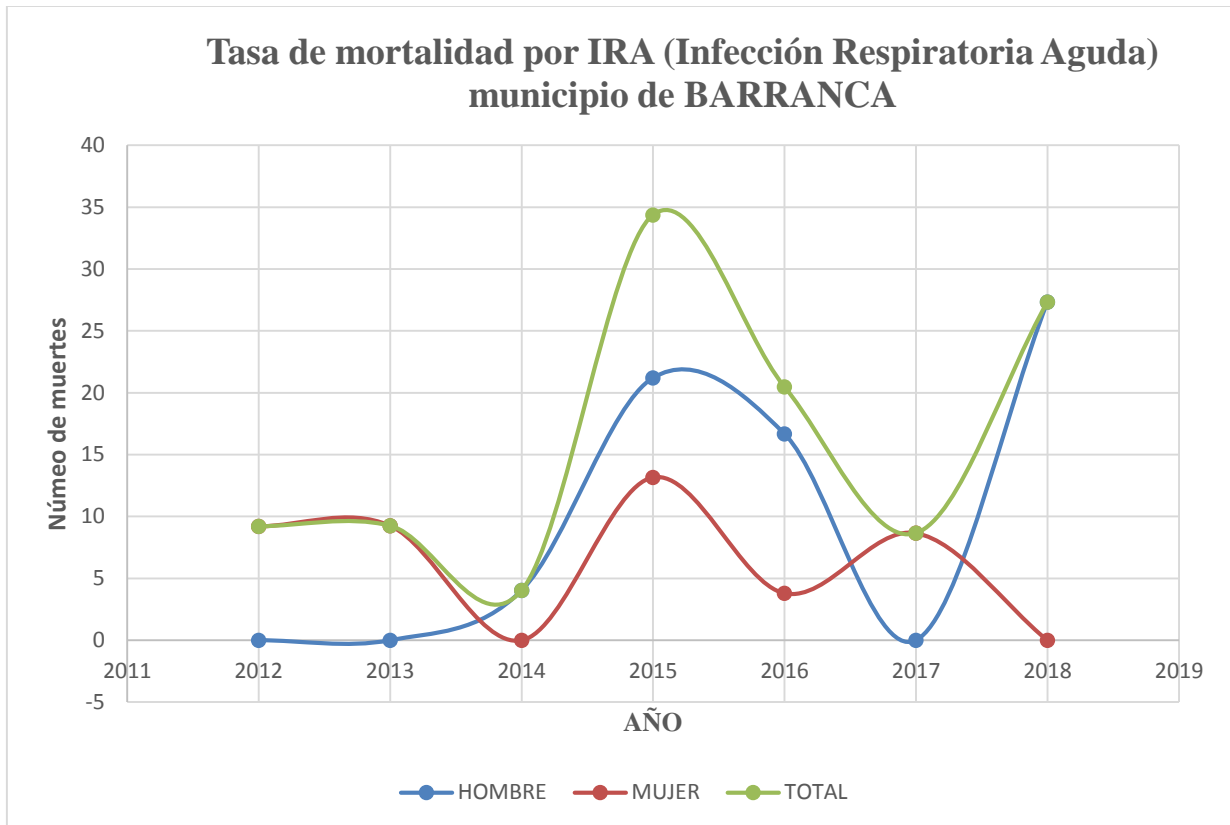
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Ilustración 11 Gráfica número de muertes a causa de IRA anuales por género en el municipio de Barranca



Fuente: Elaboración propia con datos de SISPRO.

Para los años 2012, 2013 no existe registros de muertes por parte de hombres a causa de esta enfermedad, por su parte las mujeres de este municipio no aportaron muertes a la tasa total registrada en este municipio para los años 2014 y 2018, además el comportamiento de la tasa de total para el género femenino se mantiene con una tendencia menor a la presentada por los hombres.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

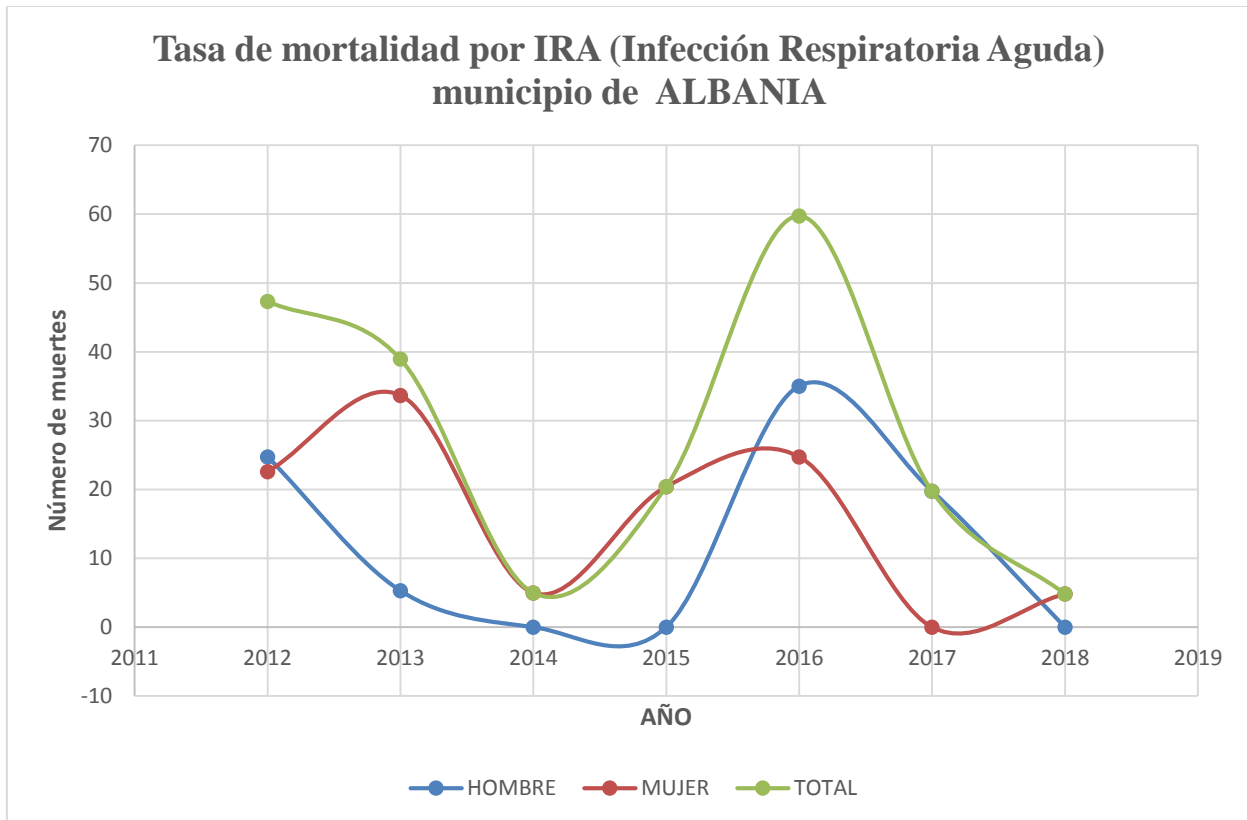
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



*Ilustración 12 Grafica número de muertes a causa de IRA anuales por género en el municipio de Albania*



*Fuente: Elaboración propia con datos de SISPRO.*

La ilustración 10 deja en evidencia el comportamiento del número de muertes anuales por género en el municipio de Albania en donde la cantidad de muertes por años en el periodo de tiempo correspondiente a (2012-2019) los hombres manejan una tasa relativamente baja o casi nula para los años correspondientes al 2013, 2014, 2015 y 2018; dejando así casi que el aporte a la totalidad a la muerte en mujeres que solamente para el año 2017 no presentaron muerte alguna en el municipio de Albania. Sumado a esto en el año 2016 se alcanza el máximo umbral en donde se tuvieron aproximadamente 60 muertes a causa de IRA (Infección Respiratoria Aguda).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## CONCLUSIONES

- La operación minera del Cerrejón definitivamente marca de manera progresiva las afecciones en cuanto a salud de las personas, que habitan cerca de las instalaciones que muchas de las veces son en su mayoría las que operan dentro de ellas, ocasionando así que la esperanza de vida de estas poblaciones se vea afectada por daños a las condiciones de la calidad del medio en el que se desarrollan y por ende daños en la calidad de vida de todos ellos.
- Aunque la concentración del PM10 en la atmósfera de los municipios de Albania, Barranca y Hatonuevo estuvo por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos por la OMS para el periodo de tiempo correspondiente a los años (2011-2018) la incidencia de estos en las consultas y por estas enfermedades fueron altas y también para las tasas de mortalidad en dichos municipios. Sin embargo, para establecer con más precisión la relación directa del factor emisión y enfermedad es necesario realizar un estudio del caso en donde se evalúen minuciosamente todas las variables que incluye este contexto.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750





**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía municipal de Barrancas la Guajira. (2 de Junio de 2017). *Co Colombia*. Obtenido de Co Colombia: <http://www.barrancas-laguajira.gov.co/>
- Ballester, F. y. (2010). *Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de las personas y las poblaciones*. Obtenido de Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de las personas y las poblaciones: <https://ecodes.org/hacemos/cultura-para-la-sostenibilidad/salud-y-medioambiente/observatorio-de-salud-y-medio-ambiente>
- Cerrejón. (2017). *Cerrejón Minería Responsable*. Obtenido de Cerrejón Minería Responsable: <https://www.cerrejon.com/index.php/nuestra-operacion/>
- CORPOGUAJIRA. (9 de Octubre de 2019). *Corpogujira.gov*. Obtenido de Corpogujira.gov: <http://corpogujira.gov.co/wp/wp-content/uploads/2019/10/9>.
- EPA . (5 de junio de 2018). *Agencia de Proteccion Ambiental de Estados Unidos* . Obtenido de Agencia de Proteccion Ambiental de Estados Unidos : <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- ESQUEL. (2007). *NO A LA MINA*. Obtenido de NO A LA MINA: <https://noalamina.org/general/item/2720-que-es-la-mineria-a-cielo-abierto>
- Fueyo Editores. (22 de 03 de 2015). *ROCAS Y MINERALES*. Obtenido de ROCAS Y MINERALES: <https://www.fueyoeditores.com/rocas-y-minerales/articulos-tecnicos-rocas-y-minerales/714-cerrejon-la-explotacion-de-carbon-mas-grande-de-todo-sudamerica>
- Fundación Paz y Reconciliación. (24 de Febrero de 2014). *Redprodepaz*. Obtenido de Redprodepaz: <https://pares.com.co/wp-content/uploads/2018/06/INFORME-LA-GUAJIRA-REDPRODEPAZ-Y-PAZ-Y-RECONCILIACI%C3%93N.pdf>
- Gaviria, C. F. (2011). Contaminación por material particulado. *Facultad Nacional de Salud Publica*, 1-11.
- IDEAM. (2007). *Informe del Estado de la Calidad del Aire (2007-2008)*. Obtenido de Informe del Estado de la Calidad del Aire (2007-2008): <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/68521396/5.+Informe+del+estado+de+la+calidad+del+aire+2007-2010.pdf/52d841b0-afd0-4b8e-83e5-444c3d17ed29?version=1.0>



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



IDEAM. (2014). *IDEAM*. Obtenido de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica>

Instituto para la Salud Geoambiental. (15 de 10 de 2013). *un ser vivo un entorno sano*. Obtenido de <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado#:~:text=Se%20denomina%20material%20particulado%20a,de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire>.

MADRID . (2019). *Portal de calidad del aire*. Obtenido de Portal de calidad del aire: <http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/calair/ContAtmosferica/Atmosfera/>

Ministerio de Ambiente. (29 de Noviembre de 2020). *MinAmbiente*. Obtenido de MinAmbiente: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/gestion-del-aire/contaminacion-atmosferica>

Ministerio de Salud. (26 de Noviembre de 2010). *Minsalud*. Obtenido de Minsalud: [https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Infecciones-Respiratorias-Agudas-\(IRA\).aspx#:~:text=%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B,duran%20menos%20de%202%20semanas](https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Infecciones-Respiratorias-Agudas-(IRA).aspx#:~:text=%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B,duran%20menos%20de%202%20semanas).

MUNICIPIO. (1 de Enero de 2018). *Municipios.Cov*. Obtenido de Municipios.Cov: <https://www.municipio.com.co/municipio-hatonuevo.html>

OMS . (2005). *Guia de la Calidad del Aire*. Obtenido de Guia de la Calidad del Aire: [https://www.who.int/phe/health\\_topics/AQG\\_spanish.pdf](https://www.who.int/phe/health_topics/AQG_spanish.pdf)

OMS. (1 de 12 de 2017). *Organizacion Mundial de La Salud*. Obtenido de Organizacion Mundial de La Salud: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))

OMS. (2 de mayo de 2018). *Calidad del Aire y Salud*. Obtenido de Calidad del Aire y Salud: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Rojano, R. E. (11 de Diciembre de 2018). *Scielo*. Obtenido de Scielo: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n6/0718-0764-infotec-29-06-00131.pdf>

Universidad de los Andes. (2005). *CAR*. Obtenido de CAR: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5cf973eb7af2f.pdf>



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Zita, A. (15 de Noviembre de 2007). *GRN Gestion de recursos* . Obtenido de GRN Gestion de recursos : <https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=620>



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750