

---

**” IMPACTOS SOCIALES Y AMBIENTALES GENERADOS POR LA OPERACIÓN DEL RELLENO  
SANITARIO DE TUNJA SOBRE EL MUNICIPIO DE OICATA-BOYACÁ”.**



**ANA MIREYDA CARABALLO NARANJO**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
MANIZALES, COLOMBIA  
AÑO – 2014**

**” IMPACTOS SOCIALES Y AMBIENTALES GENERADOS POR LA OPERACIÓN DEL RELLENO  
SANITARIO DE TUNJA SOBRE EL MUNICIPIO DE OICATA-BOYACÁ”.**

**ANA MIREYDA CARABALLO NARANJO**

**Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:**

**Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Director (a):**

**Magister CARLOS HUMBERTO GONZALEZ ESCOBAR**

**Línea de Investigación:**

**Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

**MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**

**MANIZALES, COLOMBIA**

**AÑO - 2014**

---

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Director**

---

**Firma Codirector**

---

**Firma del jurado 1**

---

**Firma del jurado 2**

---

**Manizales, Febrero del 2015**

Se dice que la sabiduría es el esfuerzo por conocer, no se... yo me esfuerzo por conocer y  
no me considero sabio, sólo un aprendiz.

Anónimo.

“Hablamos sobre los recursos naturales como si todo tuviera una etiqueta con el precio. Pero no podemos comprar los valores espirituales en una tienda, las cosas que estimulan nuestro espíritu son intangibles: los viejos bosques, un río claro, el vuelo de un águila, el aullido de un lobo, el espacio y el silencio sin ruido de motores. Esos son los valores que las personas buscan y que todos necesitan.”

Por esta razón el estudio, la contemplación de la naturaleza es el natural alimento de la inteligencia y del corazón. Nos eleva y hace filtrar en las regiones superiores: el mundo está a nuestros pies; nuestro pensamiento, fijo en las cosas del cielo, nos inspira desdeñando por los miserables y frívolos intereses de aquí bajo. La investigación, sólo el escudriñamiento de esas grandes y misteriosas verdades contiene un poderoso encanto.”

Cicerón

---

## **Agradecimientos**

Doy gracias primeramente a DIOS todo poderoso por darme cada segundo de vida por permitirme alcanzar una meta más.

A mis padres ROSENDO CARABALLO Y MARIA HILDA NARANJO por su apoyo constante, a mis hermanas LUZ, CLAUDIA Y DORIS CARABALLO, por cada voz de aliento, de igual forma a TULIO ANDRES por su compañía y apoyo, a mi esposo OSWALDO RIOS por su dedicación y ayuda en mi trabajo investigativo, topógrafo e iniciador de la propuesta de investigación e hijos NIKOLAS ANDRES Y NIKOL MARIANA RIOS CARABALLO por sus abrazos y sus palabras de amor diario, al Doctor JORGE VALENCIA por su apoyo en la revisión, al director de mi trabajo CARLOS HUMBERTO al igual que al Doctor DIEGO GARCIA por la revisión y corrección del trabajo final para de esta forma lograr esta etapa de mi vida, por cada segundo de paciencia, dedicación y esfuerzo al tiempo de dicado para culminar satisfactoriamente un triunfo más, solo me resta agradecer a todas las personas que estuvieron apoyándome en el trascurso del tiempo, a la universidad de Manizales por permitir ser miembro de aprendizaje de ella y a todos los que de una forma a otra contribuyeron con mi formación profesional.

Muchas Gracias.

## **RESUMEN**

El propósito de este trabajo de investigación es poder demostrar las diferentes formas de contaminación por olores que afecta a las familias y habitantes del Municipio de Oicatà que se encuentran ubicadas cerca al relleno sanitario de Tunja, ubicado en la vereda pigua de esta ciudad. Con base en la información obtenida del relleno sanitario y estudios realizados se ha podido establecer que esta comunidad se está viendo afectada por continuos olores fétidos, presencia de moscos y roedores, que como consecuencia de estos dan origen a diferentes enfermedades respiratorias en los habitantes especialmente en los niños. Que desde la óptica de la valoración económica de bienes, servicios y recursos naturales ambientales que trata los impactos de la contaminación para ciertas zonas fue posible su elaboración. Teniendo en cuenta que la comunidad vive con este problema desde la construcción y puesta en operación del relleno sanitario que funciona desde el año 2007 que recibe aproximadamente 150 toneladas de residuos sólidos sin clasificar de Tunja y otros 41 municipios del departamento de Boyacá y que cumple como sitio de disposición final de los residuos sólidos de la ciudad de Tunja.

La operación de este relleno está a cargo de la empresa SERVITUNJA S.A. E.S.P. Los residuos sólidos orgánicos urbanos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales.

**Palabras claves: relleno sanitario, lixiviados, salud pública, sólidos, olores etc.**

## **ABSTRACT**

The intention of this work of investigation is demonstrates the incident of the pollution by smells in the land of the housings near to the sanitary landfill located nearby to the municipality of Oicata Boyacá, with base in the information obtained of the sanitary landfill and to diverse studies realized due to the reason of respiratory diseases in the inhabitants, which from the optics of the economic valuation of goods and services and natural environmental resources that treats the impacts of the pollution for certain zones was possible his production. Bearing in mind through that the community lives with this problem from the execution of the sanitary landfill, works from the year 2007, receives

---

approximately 150 tons of solid residues without classifying, of Tunja and other 41 municipalities of Boyacá's department. The operation is at the expense of the company SERVITUNJA S.A. E.S.P. The solid organic urban residues constitute near 70 % of the total volume of generated waste, for such a motive it is basic to look for an integral exit that he contributes to the suitable managing, promoting the final products of these processes and minimizing a great number of environmental impacts that they carry to the sustainability of the natural resources.

Key words: it refilled sanitarily, lixiviados, public health, occurred, smells etc.

## GLOSARIO

1. **Almacenamiento:** toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos sólidos, en condiciones que aseguren la protección al medio ambiente y a la salud humana. Acumulación de los desechos sólidos en los lugares de generación de los mismos o en lugares aledaños a estos, donde se mantienen hasta su posterior recolección.
2. **Basura.** Sinónimo de residuos sólidos municipales y de desechos sólidos.
3. **Basurero.** Botadero, vertedero o vaciadero
4. **Botadero.** Acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria.
5. **Colector:** el que tiene a su cargo la recolección de desechos sólidos.
6. **Contenedor:** Recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte.
7. **Disposición final:** acción de ubicación final de los desechos sólidos. Proceso final de la manipulación y de la eliminación de los desechos sólidos.
8. **Degradable.** Dicho de determinadas sustancias o compuestos, cualidad de descomponerse gradualmente mediante medios físicos, químicos o biológicos.
9. **Densidad.** Masa o cantidad de materia de un determinado RSM contenida en una unidad de volumen.
10. **Diseño.** Trazo o delineación de una obra o figura. Se aplica el término al proyecto básico de la obra.
11. **Lixiviado:** Líquido que se ha filtrado o percolado, a través de los residuos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos.
12. **Nivel freático.** Profundidad a la que se encuentran las aguas freáticas. Este nivel baja en tiempo de estiaje y sube en etapa de lluvias.
13. **Tratamiento:** conjunto de proceso y operaciones mediante los cuales se modifican las características físicas, químicas y microbiológicas de los residuos sólidos, con la



---

finalidad de reducir su volumen y las afectaciones para la salud del hombre, los animales y la contaminación del medio ambiente.

14. **Operador:** Persona natural que realiza cualquiera de las operaciones o procesos que componen el manejo de los residuos sólidos, pudiendo ser o no el generador de los mismos
15. **Pendiente.** Inclinación que tiene un terreno o cualquier elemento tomando como base la relación entre la longitud horizontal y la vertical.
16. **Permeabilidad.** Es la capacidad del suelo para conducir o transportar un fluido cuando se encuentra bajo un gradiente. Varía según la densidad del suelo, el grado de saturación y el tamaño de las partículas.
17. **Pozo de monitoreo.** Perforación profunda que se hace en un relleno sanitario para medir la cantidad de biogás y la calidad de los lixiviados que ahí se generan.
18. **Precipitación pluvial.** Agua atmosférica que cae al suelo en estado líquido o sólido (lluvia, nieve o granizo).
19. **Prevención.** Conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro de un elemento.
20. **Protección.** Conjunto de políticas y medidas para prevenir y controlar el deterioro del ambiente así como para procurar su mejoramiento.
21. **Reaprovechar:** Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización.
22. **Reciclaje:** Toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines.
23. **Relleno Sanitario:** Técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo.
24. **Tratamiento.** Proceso de transformación físico, químico o biológico de los RSM con el fin de obtener beneficios sanitarios y/o económicos y de reducir o eliminar sus efectos nocivos en el hombre y el ambiente.
25. **Usuario.** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, ya sea como propietario del inmueble en donde este se presta o como receptor directo de dicho servicio.

26. **Vectores.** Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un enfermo o de un reservorio a una persona sana.
27. **Vida útil.** Periodo durante el cual el relleno sanitario estará apto para recibir basura de manera continua y eficiente.

---

## Contenido

<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE MAPAS.....</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>1 CAPITULO 1 - DESCRIPCIÓN GENERAL.....</b>	<b>20</b>
<b>1.1 Geografía.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2 Historia .....</b>	<b>22</b>
1.2.1 Actividades económicas.....	22
1.2.2 Vías de Comunicación .....	22
1.2.3 Contesto Demográfico .....	22
1.2.4 Inventario sector agua potable y saneamiento básico.....	43
<b>2 CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>2.1 Antecedentes.....</b>	<b>45</b>
<b>3. JUSTIFICACION .....</b>	<b>51</b>
3.1. Planteamiento del Problema .....	54
<b>3.2. Pregunta de investigación .....</b>	<b>57</b>
<b>3.3. Objetivos .....</b>	<b>58</b>
<b>3.2.1. Objetivo general: .....</b>	<b>58</b>

3.2.2. Objetivos Específicos .....	58
<b>3.4. Marco Legal- Normatividad legal vigente .....</b>	<b>59</b>
<b>3 CAPÍTULO 3- MARCO TEORICO .....</b>	<b>60</b>
<b>3.1. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>60</b>
<b>3.1.1. Aire. ....</b>	<b>60</b>
3.1.2. Los olores .....	61
3.1.2.1. Definición de olor.....	61
3.1.2. Caracterización de los olores .....	62
3.1.3. Compuestos orgánicos volátiles .....	63
3.1.4. Importancia de los COV's.....	64
3.1.5. Efectos sobre el medio ambiente .....	64
3.1.6. Efectos sobre la salud humana .....	64
3.1.7. COV en rellenos sanitarios.....	65
3.1.8. Residuos sólidos como contaminantes del aire.....	65
3.1.9. Pozos de extracción pasiva .....	67
3.1.10. Pozos de extracción activa.....	68
<b>3.2. Muestreo y técnicas de análisis de COV .....</b>	<b>69</b>
3.1.2. Descripción general el procedimiento.....	71
3.1.2. Análisis por cromatografía de gases / espectrometría de masas.....	73
3.1.3. Identificación de COV en el exterior del relleno sanitario Pírgua.....	73
3.1.4. Las sustancias identificadas como COV son de naturaleza aromática. ....	74
3.1.5. Documentación sobre la toxicidad de los COV identificados en el relleno. ....	77
3.1.6. Concentración tolerable o valor guía recomendado OMS .....	79
<b>3.3. Ácido Sulhídrico.....</b>	<b>80</b>
3.1. Descripción general del procedimiento.....	82
3.1.1 Mercaptanos.....	85
3.1.2 Metodología.....	85
3.1.3 Material Particulado .....	87
3.1.4 Efectos en la salud humana. ....	88
3.1.5 Efectos en la salud de los animales. ....	89
3.1.6 Efectos en las Plantas.....	89
3.1.7 Efectos sobre el clima .....	89
3.1.8 Generación de material Particulado en la combustión del carbón.....	90
3.1.9 Material Particulado generado por los procesos de combustión. ....	92

---

<b>3.2</b>	<b>Hollín</b> .....	<b>92</b>
3.2.1	Carbono negro (BC).....	93
3.2.2	Material Orgánico Particulado. (POM) .....	93
3.2.3	Ceniza.....	94
3.2.4	Agua superficial.....	95
3.2.5	Agua potable.....	95
3.2.6	Agua residual .....	97
3.2.7	Compuestos olorosos en aguas residuales.....	101
3.2.8	Mecanismo de generación de olores en cuerpos de agua .....	104
<b>3.3</b>	<b>Temperatura</b> .....	<b>105</b>
3.3.1	Presencia de oxígeno disuelto, entre otros .....	105
3.3.2	La acumulación de sulfuros en el cuerpo de agua.....	106
3.3.3	Generación de organosulfuros y mercaptanos .....	107
<b>3.4</b>	<b>Aguas subterráneas</b> .....	<b>107</b>
3.4.1	Aguas Subterráneas en Oicatá.....	108
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>117</b>
4.1.	Metodología.....	117
4.1.1.	Tipo de investigación .....	117
4.2.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	117
4.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	119
<b>4.4.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>119</b>
4.4.1.	MATERIALES.....	119
4.4.2.	Cronograma de actividades .....	120
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO 5. - ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.</b> .....	<b>121</b>
<b>5.1.</b>	<b>Rellenos sanitarios y efectos en salud</b> .....	<b>121</b>
5.1.2.	Compuestos orgánicos Volátiles COVs .....	125
5.1.3.	Reconocimiento de los principales efectos de salud identificados previamente	150
5.1.4.	Emisión de contaminantes olorosos.....	153
5.1.5.	Indicador 13: cantidad de residuos sólidos- generación de residuos solidos .....	165
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>171</b>
<b>7.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>172</b>

**ANEXOS ..... 173**

**BIBLIOGRAFÍA ..... 174**

---

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1. Localización geográfica del municipio de Oicatá Boyacá

Mapa 2. Densidad poblacional por kilómetro cuadrado Oicatá, 2012

Mapa 3. Población por área de residencia Oicatá 2012

Mapa 4. Ubicación de los hogares Oicatá, 2012

Mapa 5. Disposición final de residuos sólidos en Colombia – diagnóstico 2012.

Mapa 6. Ubicación

Mapa 7. Diagnostico

Mapa 8. Ampliación relleno sanitario.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Sistema Olfativo humano (ASCE 1995)

Figura 2. Intensidad de olor vs. Concentración de sustancias olorosas

Figura 3. Sistema de extracción pasiva de gases y lixiviados (Rotterdam, 1996)

Figura 4. Sistema de extracción activa de gases y lixiviados. (Rotterdam 1996)

Figura 5. Bomba de succión y cargador de batería.

Figura 6. Toma de muestra activa de recolección. (London, 1973)

Figura 7. Exposición de la fibra de SPME en el puerto de inyección del cromatografo de gases con detector selectivo de masas. (London, 1973)

Figura 8. Perfil cromatográfico de muestras de aire obtenidas por CG/EM. (London, 1973)

Figura 9. Equipo ToxiRAE Plus de medición de H<sub>2</sub>S.

Figura 10 Bomba Sensidyne Modelo Ap 1S

Figura 11. Tubos calorimétricos detectores de Mercaptanos.

Figura 12. Procedimiento para la toma de mercaptanos en el aire (Meteor-3 y Earth Probe. 1978-1999).

Figura 13. Deposición de partículas en el sistema respiratorio (UNESCO 2000)

Figura 14. Diagrama esquemático de la combustión del carbón. (W.E., Seaker 1982)

Figura 15. Perfil del caudal horario río Chicamocha

Figura 16. Proceso de formación de olores

Figura 17. Ruta de exposición a la contaminación generada en un RS

Figura 18. Disposición final de los recursos sólidos.

Figura 19. Tratamiento en plantas integrales

Figura 20. Disposición final –no adecuada

Figura 21. Disposición final de residuos a cielo abierto.

Figura 22. Disposición final de los residuos olidos en fuentes de agua.

Figura 23. Modelo del Campo de la Salud de Marc Lalonde 1974 aplicado a los factores asociados a la ocurrencia de síntomas respiratorios y alteraciones en el Flujo Espiratorio Pico.

Figura 24. Comparación entre la Tasa de Crecimiento natural y las Tasas Brutas de Natalidad y Mortalidad. Oicatá, 1993, 2005, 2012

Figura 25. Tasa de mortalidad ajustada por grandes causas Oicatá, 2005 – 2011

Figura 26. Tasa de AVPP por grandes causas lista 6/67 en las mujeres de Oicatá, 2005 – 2011

La Figura 27. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las enfermedades transmisibles Oicatá, 2005 – 2011

Figura 28. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las enfermedades transmisibles en hombres Oicatá, 2005 – 2011

Figura 29. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las enfermedades del sistema circulatorio Oicatá, 2005



---

Figura 30. Tasa de mortalidad ajustada por edad para ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal Oicatá, 2005 – 2011

Figura 31. Tasa de mortalidad ajustada por edad para ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal en hombres Oicatá, 2005 – 2011

Figura 32. Tasa de mortalidad ajustada por edad para los síntomas, signos y afecciones mal definidas Oicatá, 2005 – 2011

Figura 33. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las demás enfermedades en hombres Oicatá, 2005 – 2011

Figura 34. Letalidad por intoxicaciones (plaguicidas, fármacos, Metanol, metales pesados, solventes, otras sustancias químicas, monóxido y otros gases, sustancias psicoactivas) Oicatá 2007 -2011

Figura 35. Compactación de máxima

Figura 36. Compactación de baja eficacia: frente de vertido en fuerte talud

Figura 37. Manejo y cubrimiento de celdas

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Distribución del municipio por extensión territorial y área de residencia, Oicatá 2012

Tabla 2. Población por área de residencia Oicatá 2012

Tabla 3. Población censada 2005 después de compensada por omisiones de cobertura

Tabla 4. Composición Típica de Lixiviados en Rellenos Sanitarios según su edad

Tabla 6. COV identificados en el aire para exteriores del relleno sanitario Pírgua.

Tabla 7. Rango de concentraciones de COV obtenido en el aire del relleno sanitario

Tabla 8. Comparación de algunos COV identificados en el relleno con las normas internacionales.

Tabla 9. Comparación de algunos COV identificados en el relleno con las normas internacionales de calidad de aire para exteriores

Tabla 10. Tiempos de vida troposféricos estimados para compuestos orgánicos

Tabla 11. Efectos a la salud del H<sub>2</sub>S según la concentración.

Tabla 13. Análisis Físicoquímico y microbiológico del agua potable Cebollas

Tabla 14. Análisis Físicoquímico y microbiológico del agua residual Rio Chicamocha

Tabla 15. Compuestos olorosos en aguas residuales.

Tabla 16. Composición de los gases en un RS

Tabla 17. Niveles promedio a 24 horas de SO<sub>2</sub> y partículas en suspensión y sus efectos sobre la salud

Tabla 18. Estimación de los efectos asociados a los niveles medios diarios de contaminación atmosférica por partículas en suspensión.

Tabla 19. Morbilidad específica en las condiciones transmisibles y nutricionales, Oicatá 2009 – 2012

Tabla 20. Morbilidad específica en las enfermedades no transmisibles, en la primera infancia Oicatá 2009 – 2012

Tabla 21. Tabla de semaforización de los eventos de notificación obligatoria Oicatá, 2006-2011.

Tabla 22. Distribución de las alteraciones permanentes por grupo de edad en los hombres Oicatá 2009 al 2012

Tabla 23. Ejemplos de residuos peligrosos y sus efectos sobre la salud humana

Tabla 24. Tasa de cobertura bruta de educación Oicatá, 2005 – 2012

Tabla 25. Priorización de los problemas de salud Oicatá, 201

Tabla 26. Manejo y cubrimiento de celdas

Tabla 27. Material de cobertura

Tabla 28. Principales fuentes hídricas del municipio.



## INTRODUCCIÓN

Debido a las constantes quejas de la comunidad que recibe la Administración municipal por la generación de malos olores del relleno sanitario Pirgua, se decide realizar una propuesta de investigación sobre estudio ambiental al respecto para determinar si existen causas de contaminación que estén afectando a la población de los habitantes del municipio de Oicatà Boyacá.

El presente documento analiza la influencia que tiene la operación del relleno sanitario de Pirgua para determinar si existen causas de contaminación que estén afectando a la población principalmente con la generación de malos olores. En este sentido se entiende la necesidad de realizar una investigación conjunta con diferentes instituciones que desde su misión aúnen esfuerzos para intervenir esta problemática, de tal forma que se formulen soluciones de tipo técnico, económico, ambiental, social y político, de manera que a partir de sus resultados se incremente la disminución de agentes contaminantes y que se garantice la minimización de los residuos a disponer en el relleno sanitario, lo cual permitiría mitigar la contaminación ambiental que se presenta en esta zona del municipio de Oicatà.

(Angarita, 2009) Sabemos que los rellenos “sanitarios” y los basurales contaminan el aire, el agua, la tierra y los alimentos y su uso fomenta un sistema de consumo y disposición lineal e insustentable. Los rellenos “sanitarios” son la mayor fuente antropogénica de gas metano, y además, contribuyen en gran medida al cambio climático del planeta. Los gases que emanan de los rellenos “sanitarios” contienen contaminantes tóxicos que pueden provocar cáncer y asma, entre otros efectos graves en la salud.

Es así como el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT expidió las Resoluciones 1045 de 2003 y 1390 de 2005 por medio de las cuales se prohíbe a los municipios disponer en botaderos a cielo abierto u otros sistemas inadecuados, como son enterramientos, quemas o cuerpos de agua. Sin embargo para aquellos donde persistía esta situación se otorgó como fecha límite, para iniciar la disposición en un relleno sanitario, el 15 de octubre de 2008. (Fuente eltiempo.com)

(Angarita, 2009) La sociedad de consumo ha exigido a la humanidad el incremento desmedido en la adquisición de nuevos productos, que útiles o no se convierten de primera necesidad, lo cual directamente incide en el aumento de la producción de residuos sólidos a depositar en los rellenos sanitarios ocasionando la reducción de su vida útil, el enterramiento de materiales aprovechables y altos costos por disposición final, lo que implica impactos de carácter económico y ambiental importantes.

---

La ciudad de Tunja no es ajena a esta tendencia mundial, por lo cual se ha disparado notablemente el ingreso de residuos sólidos al relleno sanitario de Pírgua, “enterrando” algunos materiales que pueden afectar la salud humana de los habitantes cercanos al relleno sanitario.

(BUSTAMANTE, 1999- 2009)A lo anterior el municipio de Oicatà se ve afectado en su ambiente por el relleno sanitario. Así pues, la comunidad exige control, pues al relleno llegan cerca de 170 toneladas de residuos por día, y la prioridad es evitar la propagación del uso de insecticidas para controlar las plagas, pues este tipo de acciones son alternativas altamente perjudiciales para la salud de los vecinos del sector. Los Malos olores, invasión de moscos y roedores, proliferación de enfermedades infectocontagiosas, son apenas la punta del iceberg de la problemática que padecen los habitantes del Municipio de Oicatà.

El problema de la disposición de los residuos sólidos se está solucionando en las ciudades más importantes de nuestro país. Dejando sin atención las zonas con poco desarrollo económico y social como la que comprende Tunja y sus alrededores que no cuenta con un relleno sanitario adecuado, a lo anterior el municipio de Oicatà viéndose afectado en el sentido ambiental, cultural y social se ve en la necesidad de determinar las causas posibles de contaminación que genera el relleno sanitario de pírgua.

Partiendo de lo anterior y de conformidad con la normativa actual legal vigente en el país, el municipio de Oicatá, Boyacá desea que se determine un estudio de los impactos ambientales generados por las diferentes actividades inherentes que se desarrollan en el municipio directa e indirectamente y establecer una propuesta de investigación que pueda dar un manejo ambiental que describa todas y cada una de las medidas necesarias para prevenir, vigilar y amortiguar los impactos significativos, así como el desarrollo de programas de manejo ambiental que permitan a los agentes contaminadores, dar cumplimiento a la normativa ambiental vigente en el país y a las políticas del municipio en materia socio ambiental. El municipio de Oicatà está interesado en establecer los efectos contaminantes por el relleno sanitario ubicado en la vereda pírgua del Municipio de Tunja.

## 1 CAPITULO 1 - DESCRIPCIÓN GENERAL



Fuente: Monografía Municipio de Oicatá

El municipio de Oicatá, está ubicado en la jurisdicción de la Provincia Centro del Departamento de Boyacá. Está dividida en cuatro veredas Poravita, Guintiva, Forantiva y Centro. En la foto se observa el panorama del marco de la cabecera municipal.

### 1.1 GEOGRAFÍA

Localización Geográfica: Su cabecera está localizada a los 05° 35' 52" de latitud norte y 73° 18' 42" de longitud oeste.

Altura sobre el nivel del mar: 2.500 m.

Temperatura Media: 13,2 °C.

Precipitación media anual: 990 mm.



## **1.2 HISTORIA**

El poblado es de origen indígena anterior a la Conquista. Durante el siglo XVI fue doctrina Agustina y encomienda. En 1600 el visitador Luis Enríquez dispuso la fusión de Oicatá y Nemusa. En 1636 el oidor Juan de Belalcázar adjudicó resguardo. Hasta el año de 1954 funcionó como municipio y por decreto No. 2453 fue convertido en corregimiento de Tunja, lo cual fue ratificado por la Ley 141 de 1961. Por fallo del 15 de julio de 1976 volvió a su antigua categoría de municipio. Por medio de la ordenanza No. 41 del 14 de diciembre de 1978 fueron ratificados y revisados sus límites municipales. (Fuente: Planeación Municipal)

### **1.2.1 Actividades económicas**

Las actividades económicas de mayor importancia son la agricultura, la ganadería y el comercio. Los principales cultivos son cebada (3.800 ha), papa y maíz.

### **1.2.2 Vías de Comunicación**

Se une por carretera con Tuta, Tunja y Combita.

### **1.2.3 Contexto Demográfico**

- Población total

Para el año 2005 el municipio contaba con una población total de 2.822 personas, cantidad en la cual no se observa mucha variación en relación al año 2012 en el que se cuenta con una población total de 2.831, fenómeno que demuestra las emigraciones. La población joven muestra la más alta tasa de este tipo de desplazamientos, realizados por razones de empleo; la segunda causa de emigración la constituyen el estudio y trabajos varios, aprovechando los lazos de familiares instalados en Tunja y Santafé de Bogotá.

La causa fundamental de este desplazamiento lo ha motivado la baja fertilidad de los suelos, los fenómenos climáticos existentes, el nivel de heladas, los bajos precios de los productos agrícolas en especial la falta de comercialización de los cereales que eran el fuerte económico de antaño. Además de estos movimientos también se presentan las inmigraciones motivadas por las condiciones climatológicas, cabe notar que estas migraciones y emigraciones están muy marcadas por las consecuencias del Fenómeno del Niño las alteraciones de las condiciones climatológicas. (Fuente planeación municipal).

En la siguiente tabla se muestra la Distribución del municipio por extensión territorial y área de residencia.



Tabla 1. Distribución del municipio por extensión territorial y área de residencia, Oicatá 2012

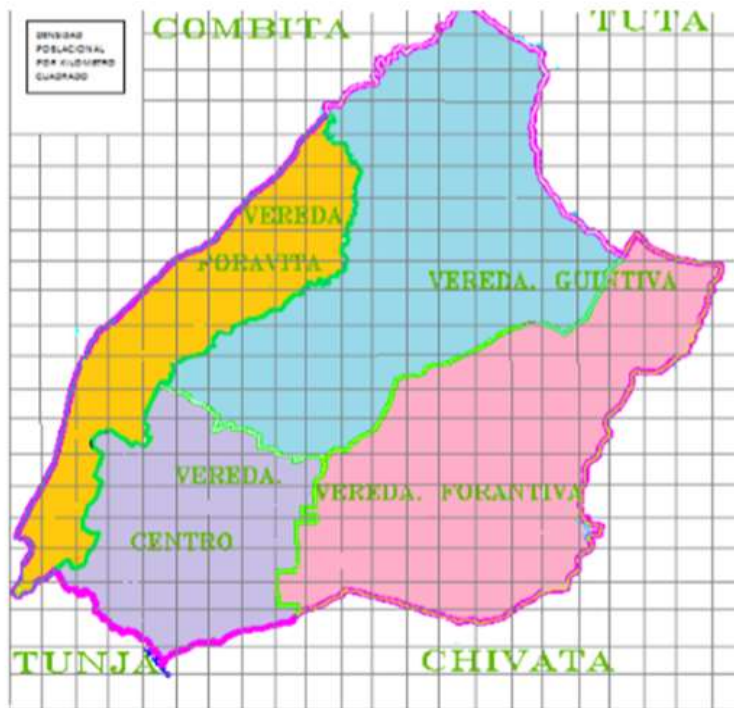
Municipio	Extensión urbana		Extensión rural		Extensión total	
	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje
Oicatá	173,642m <sup>2</sup>	0,33%	59.928,418m <sup>2</sup>	99,67%	60.102,06m <sup>2</sup>	100%

Fuente: Monografía Municipio de Oicatá

- Densidad poblacional por kilómetro cuadrado

En el municipio de Oicatá por cada habitante corresponde un área de 0,021 km<sup>2</sup>.

Mapa 2. Densidad poblacional por kilómetro cuadrado Oicatá, 2012



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSF

- Población por área de residencia urbano/rural

El entorno urbano se caracteriza por presentar una concentración de población alrededor del núcleo urbano de la cabecera municipal, que ofrece una serie de servicios a sus habitantes y cuyas actividades económicas se centra en la agricultura de subsistencia de gramíneas, maíz y papa, en el segundo sector de la economía el comercio y servicios. El entorno rural presenta una población dispersa, con una densidad baja, y con actividades productivas como la agricultura en todo el entorno rural; la ganadería extensiva es un renglón importante ubicado en la vereda de Forantiva en el sector de Rumba y en las márgenes del río Chulo en la vereda de Poravita. Un tercer renglón importante es la minería de arcillas dedicada a la alfarería compuesto de chircales y fábricas de vitrificados en la vereda de Poravita. El sector urbano tiene una importancia al nivel local por los servicios especializados que presta (salud, educación, etc.), no solo a su población sino también a las áreas rurales, estableciendo relaciones comerciales y de servicios; de igual manera, el área rural le sirve a la urbana, como despensa de algunos alimentos y principales agentes compradores del comercio municipal. Esta interdependencia define una serie de relaciones entre estos dos sectores que determinan los flujos y los vínculos entre ellos como respuesta a una serie de necesidades, que surgen por falta de algunos servicios en el área rural. (Fuente: planeación municipal).

Tabla 2. Población por área de residencia Oicatá 2012

Municipio	Población urbana		Población rural		Población	Grado de urbanización
	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje		
Oicatá	296	10,46	2.535	89,54	2.831	10,46

Fuente: Proyecciones DANE 2005-2020

Mapa 3. Población por área de residencia Oicatá 2012



Fuente: Monografía Municipio de Oicatá

- Grado de urbanización

El grado de urbanización en el municipio de Oicatá es de 10,46% con relación al total de la población, este dato demuestra que la mayor concentración de la población se encuentra en el área rural por el aprovechamiento de la tierra para cultivos y ganadería.

- Número de viviendas

Cuenta con 429 viviendas, las cuales 60,72% tienen casa propia, 23,70% viven en haciamiento crítico, 74,03% habitan en vivienda donde hay humo, 87,35% consumen

agua del acueducto, 14,89% no cuentan con sanitario, 97,16% tienen conexión a energía eléctrica, 86,76% tiene conexión a acueducto y el 36,64% los pisos son en tierra.

- Número de hogares

El número de hogares es de 450 y de 3,53 personas por cada hogar, lo que refleja que en los hogares se está optando por tener menos hijos que en épocas pasadas.

Mapa 4. Ubicación de los hogares Oicatá, 2012



Fuente: Monografía Municipio de Oicatá

En la siguiente tabla se discrimina la cantidad de población en la cabecera municipal así como en la zona rural del municipio.

Tabla 3. Población censada 2005 después de compensada por omisiones de cobertura geográfica y contingencia de transferencia.

**CABECERA**

CÓDIGO DE MUNICIPIO	NOMBRE DE MUNICIPIO	TOTAL VIVIENDAS	TOTAL HOGARES	TOTAL POBLACIÓN	TOTAL UNIDADES ECONÓMICAS	TOTAL UNIDADES AGROPECUARIAS	TOTAL LEAS
15500	OICATÁ	55	46	283	34	0	1

Fuente: Planeación Municipal

**RESTO**

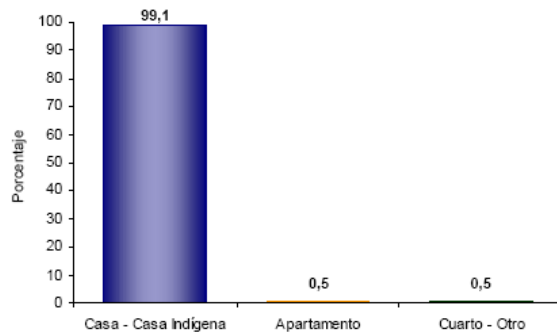
CÓDIGO DE MUNICIPIO	NOMBRE DE MUNICIPIO	TOTAL VIVIENDAS	TOTAL HOGARES	TOTAL PERSONAS	TOTAL UNIDADES ECONÓMICAS	TOTAL UNIDADES AGROPECUARIAS	TOTAL LEAS
15500	OICATÁ	588	577	2.487	56	565	0

Fuente: Censo 2005. Principales resultados Totales2005

### 1.1.2. Resultados censo general 2005

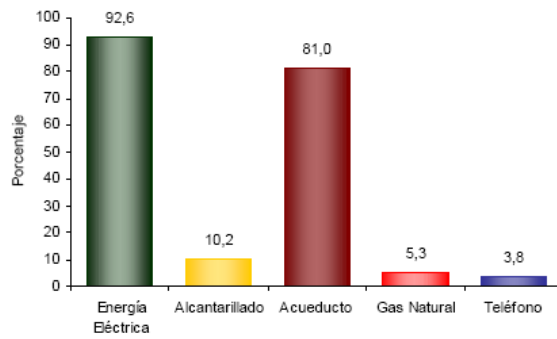
# 1. Módulo de Viviendas

## Tipo de vivienda



El 99,1% de las viviendas de Oicata son casas.

## Servicios con que cuenta la vivienda

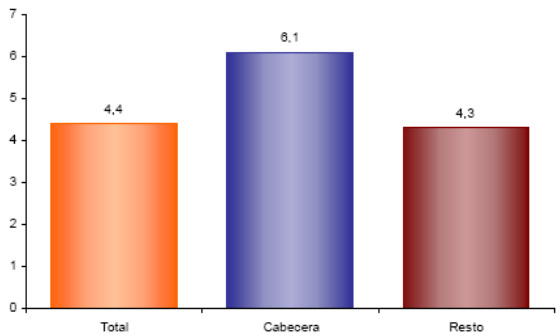


En Oicata:

- El 92,6% de las viviendas tiene conexión a Energía Eléctrica.
- El 3,8 % tiene conexión a Teléfono.

# 2. Módulo de Hogares

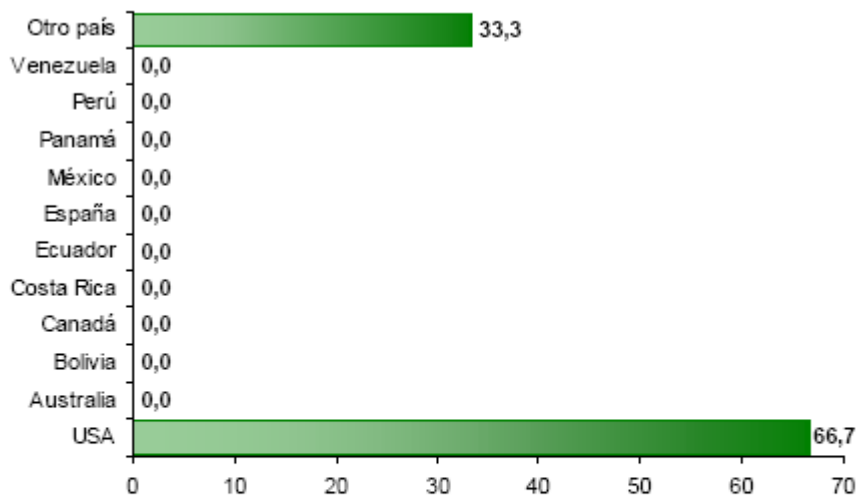
## Número de personas por hogar



El número de personas por hogar en Oicata es de 4,4.

---

## Personas viviendo en el exterior



Se evidencia:

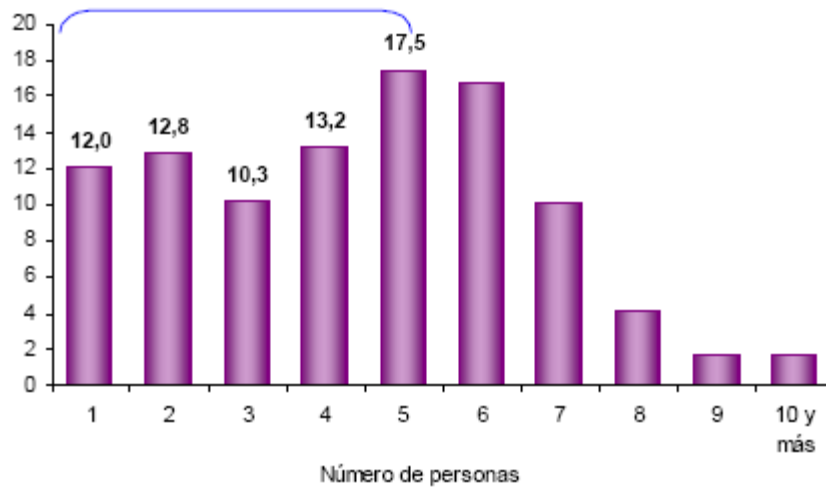
- Del total de hogares de Oicata el 0,8% tiene experiencia emigratoria internacional.
- Del total de personas de estos hogares residentes de forma permanente en el exterior el 66,7% está en USA, el 0,0% en Australia y el 0,0% en Bolivia.

## Hogares con actividad económica.



El 9,0% de los hogares de Oicata tienen actividad económica en sus viviendas.

## Hogares según número de personas

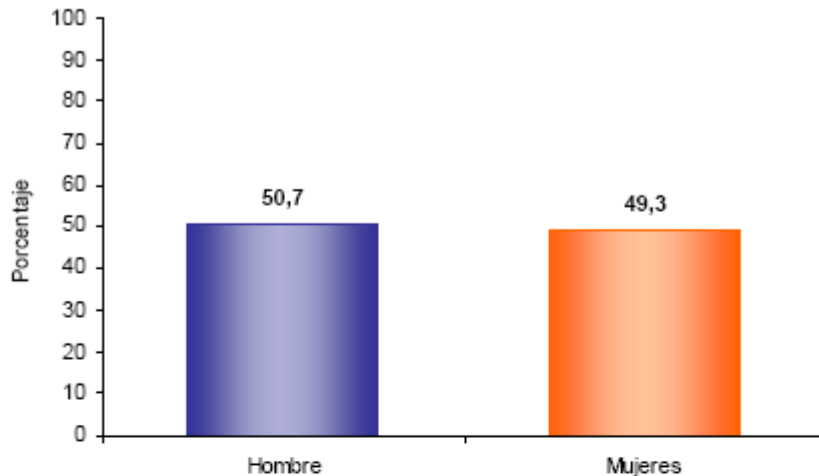


Aproximadamente el 48,3% de los hogares de Oicata tiene 4 o menos personas.



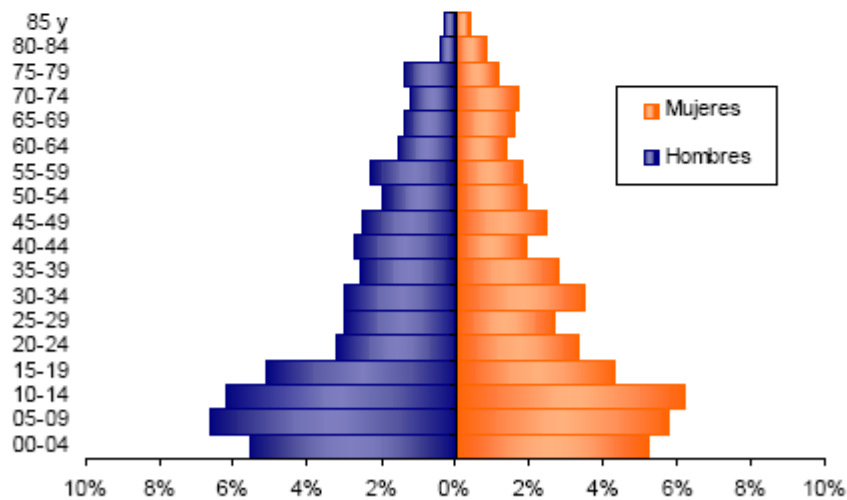
### 3. Módulo de Personas

#### Población por sexo



Del total de la población de Oicata el 50,7% son hombres y el 49,3% mujeres.

#### Estructura de la población por sexo y grupos de edad



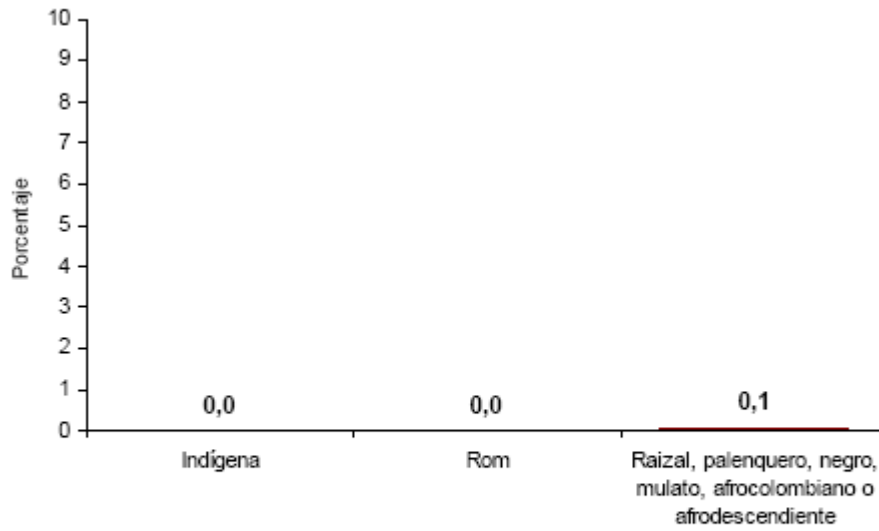
Se evidencia:

- Efecto de la migración por sexo y edad y sobre mortalidad masculina.



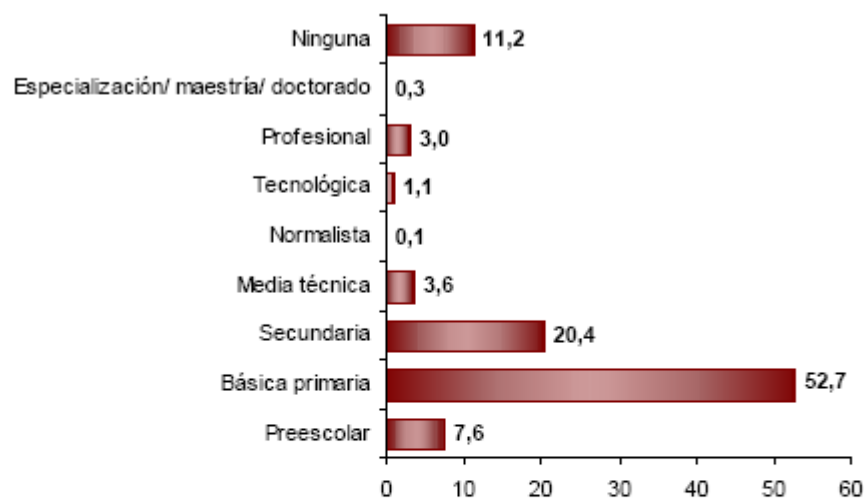
---

## Pertenencia étnica



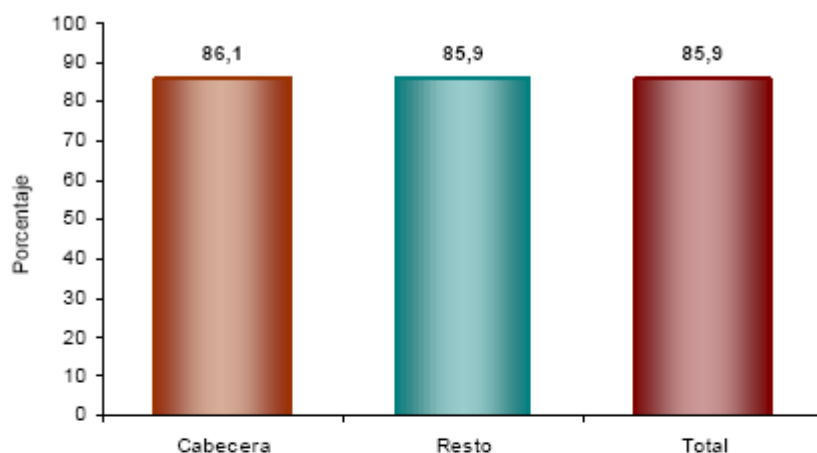
El 0,1% de la población residente en Oicata se autorreconoce como Raizal, palenquero, negro, mulato, afrocolombiano o afrodescendiente.

## Nivel educativo



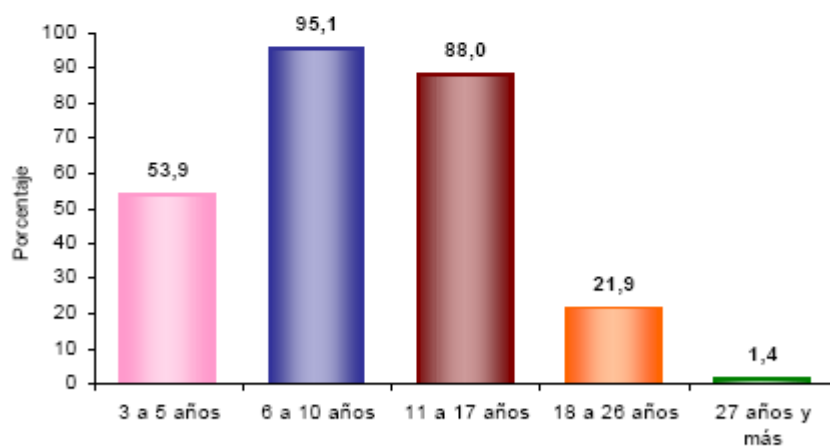
El 52,7% de la población residente en Oicata, ha alcanzado el nivel básica primaria y el 20,4% secundaria; el 3,0% ha alcanzado el nivel profesional y el 0,3% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 11,2%.

## Tasa de alfabetismo de la población, cabecera resto



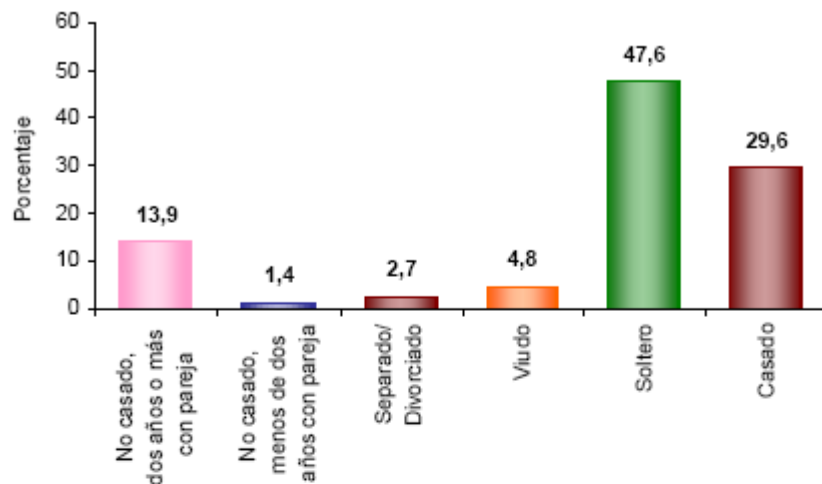
El 85,9% de la población de 5 años y más de Oicata sabe leer y escribir.

## Asistencia escolar



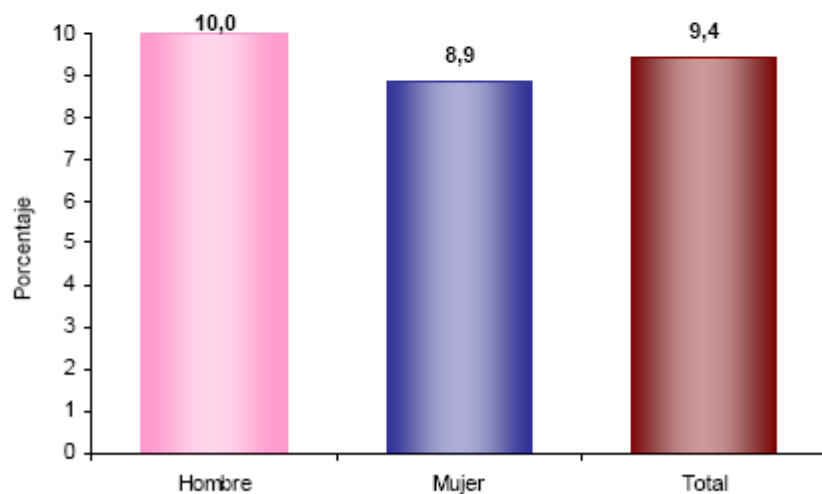
El 53,9% de la población de 3 a 5 años asiste a un establecimiento educativo formal; el 95,1% de la población de 6 a 10 años y el 88,0% de la población de 11 a 17 años.

## Estado conyugal



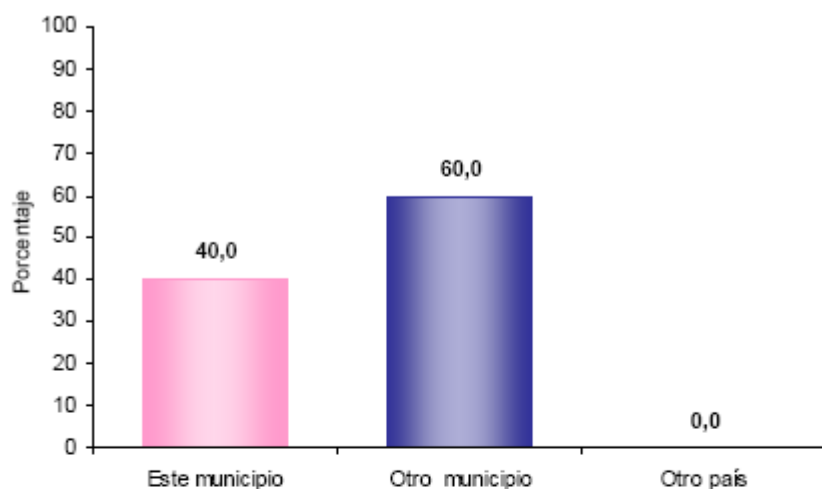
El 15,3% de las personas de 10 años y más de Oicata viven en unión libre.

## Prevalencia de limitaciones permanentes por sexo



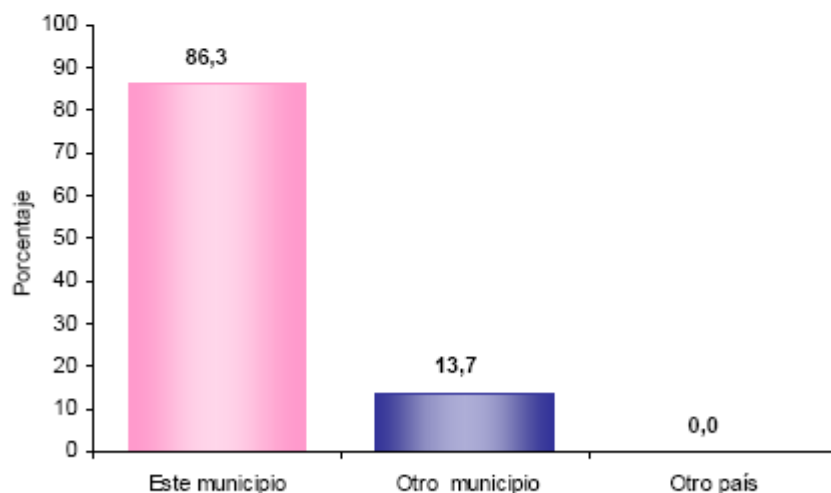
El 9,4% de la población de Oicata presenta alguna limitación permanente. El 10,0% en los hombres y el 8,9% en las mujeres.

## Distribución de la población según lugar de nacimiento



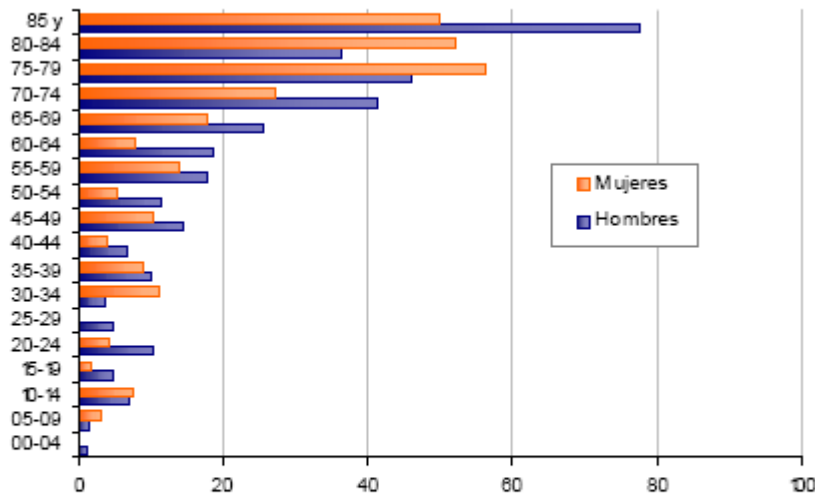
El 60,0% de la población de Oicata nació en otro municipio.

## Residencia de 5 años antes (población de 5 años o más)



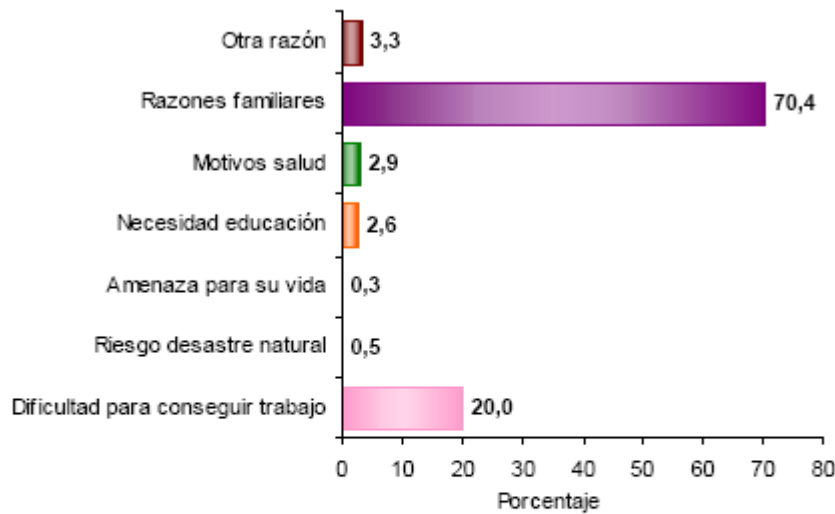
El 13,7% de la población mayor de 4 años residente actualmente en Oicata procede de otro municipio y el 0,0% de otro país.

## Prevalencia de limitaciones permanentes por grupos de edad y sexo



Las limitaciones permanentes aumentan con la edad. El 60% de la población en esta condición se presenta a partir de los 45 años.

## Causa cambio de residencia

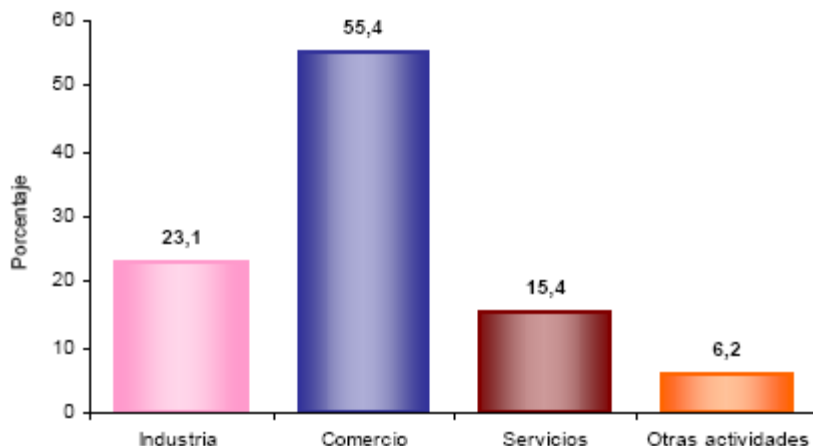


El 70,4% de la población de Oicata que cambió de residencia en los últimos cinco años lo hizo por razones familiares. El 20,0% por dificultad para conseguir trabajo; el 3,3% por otra razón y el 0,3% por amenaza para su vida.



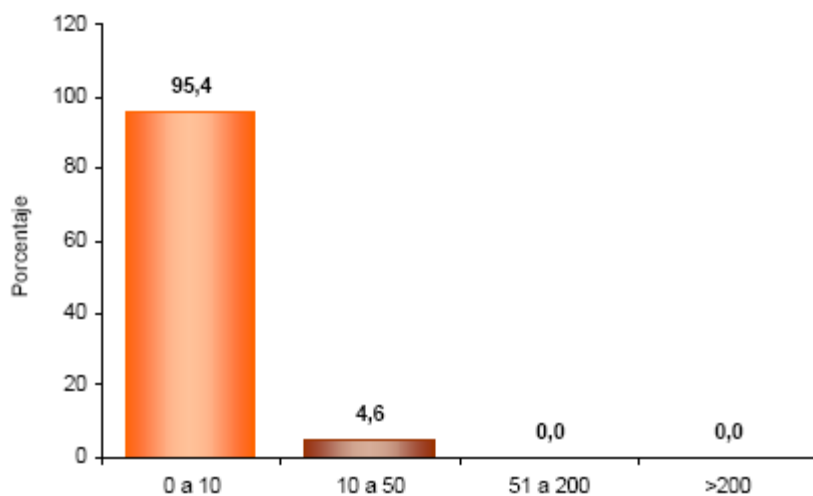
## 4. Módulo de Económicas

### Establecimientos según actividad



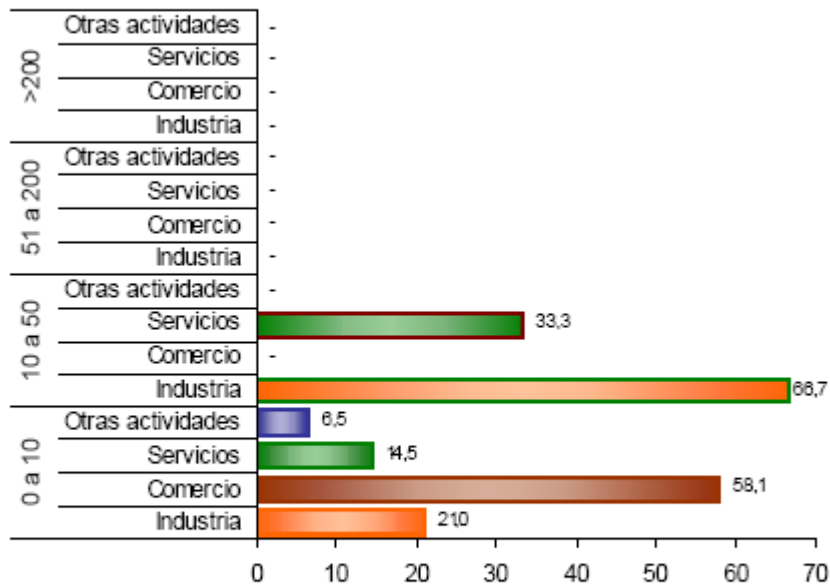
El 23,1% de los establecimientos se dedican a la industria; el 55,4% a comercio; el 15,4% a servicios y el 6,2% a otra actividad.

### Establecimientos según escala de personas ocupadas el mes anterior al censo



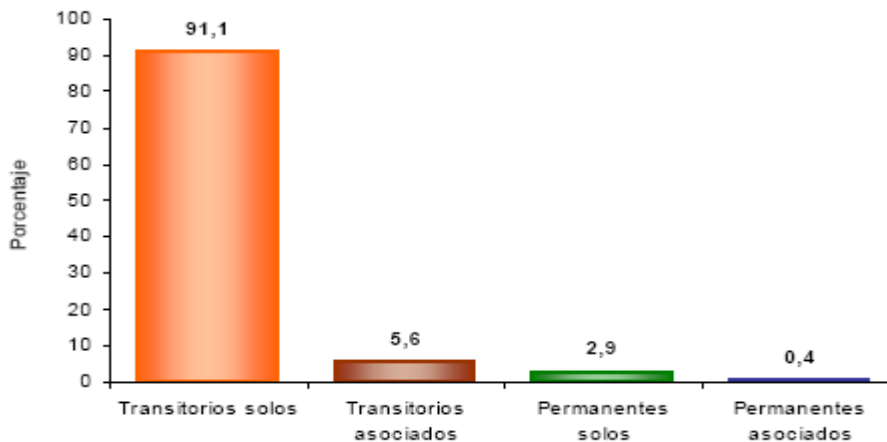
El 95,4% de los establecimientos ocupó entre 1 y 10 empleos el mes anterior al censo.

## Establecimientos según escala de personal por actividad económica



En los establecimientos con mayor número ( 0 a 10 empleos) el Comercio (58,1%) es la actividad más frecuente y en el grupo de 10 a 50 personas la actividad principal es Industria (66,7 %).

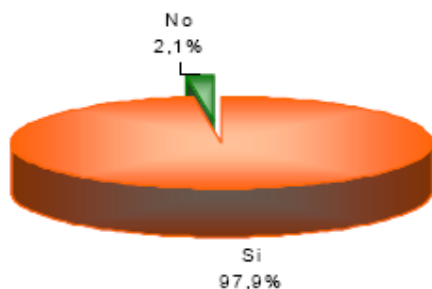
## Tipos de cultivos en las unidades censales



Del total de cultivos asociados a la vivienda rural el 91,1% corresponde a transitorios solos, el 5,6% a transitorios asociados, el 2,9% a permanentes solos y el 0,4% a permanentes asociados.

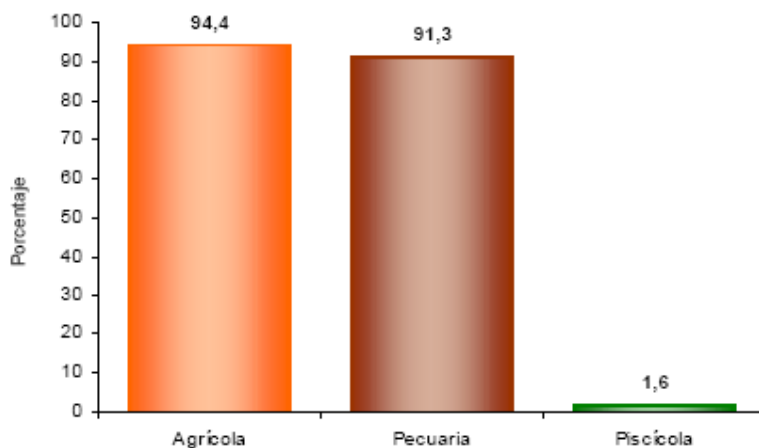
## 5. Módulo de Agropecuarias

### Unidades Censales con actividad agropecuaria asociada



El 97,9% de las viviendas rurales ocupadas, con personas presentes el día del censo, tenían actividad agropecuaria.

### Unidades censales con actividades agrícola, pecuaria y piscícola asociadas



Porcentaje de viviendas rurales ocupadas, con personas presentes el día del censo, y que tenían actividad agropecuaria: Agrícola 94,4%, pecuaria 91,3%, piscícola 1,6%. La mayoría de las viviendas tiene simultáneamente 2 o 3 tipos de actividades.

Fuente: Planeación Municipal

#### 1.2.4 Inventario sector agua potable y saneamiento básico

En la actualidad el municipio de Oicatá cuenta con cuatro plantas de tratamiento optimizadas en las veredas centro y Forantiva que beneficia las zonas rurales. ACUO entidad privada es el otro prestador del servicio de Acueducto en el Municipio la cual posee una cobertura de 86.70% de la población rural El IRCA (Índice de Riesgo en la Calidad del Agua), siempre ha sido ALTO. La calidad del Agua en la zona urbana tiene un IRCA Medio.

Municipio de Oicatá a través del año en tema de acueducto ha desarrollado mantenimientos respectivos he invertido recursos en obra con el objetivo principal de garantizar recurso hídrico para la población. (Fuente: Planeación Municipal)

Población En cabecera	Censo / 93	Censo 2005	Proyección / 2020	Suscriptores Acueducto / 2007
		203	283	350
Servicios Prestados	Entidad Prestadora		Tipo Entidad	NUIR
Acueducto	Empresa de Servicios Públicos de Oicatá		Oficina de la Alcaldía	115500000 1
Alcantarillado	Empresa de Servicios Públicos de Oicatá		Oficina de la Alcaldía	115500000 1
Aseo	Empresa de Servicios Públicos de Oicatá		Oficina de la Alcaldía	115500000 1

Fuente: Planeación Municipal

#### COMPONENTES SISTEMA DE ACUEDUCTO



Captación: Superficial



Subterránea

Caudal medio captado Lps: 1.1

Longitud Total Conducción de agua cruda Km	Plantas de Tratamiento	Caudal Promedio Tratado Lps	Desinfección Únicamente	Almacenamiento Total M3	Longitud Total red de Distribución Km
5.7	Tiene	1	No	170	2.000

Fuente: Planeación Municipal

#### COMPONENTES SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Longitud Total de Colectores Km	Tratamiento de Aguas Residuales	Tipo Tratamiento	Caudal Medio Tratado o vertido Lps
2.0	Sí	Lodo activado	No Opera

Fuente: Planeación Municipal

#### COMPONENTES SISTEMA DE ASEO

Barrido	Recolección Estimada de basuras Ton/semana	Tipo Disposición Final	Tratamiento de Lixiviados
Sí	1	Relleno	Si

#### CURSOS / CUERPOS DE AGUA

Número de Fuentes	Nombre	Caudal Medio Captado Lps
1	Quebrada La Mecha	1.1
1	Quebrada Cebollas	0.5

Fuente: Planeación Municipal

---

## 2 CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1 ANTECEDENTES

(Hernandez, 28 de marzo 2014) En el Relleno Sanitario de Pírgua, ubicado en el la vereda de las Cebollas a las afueras de Tunja, límites con el municipio de Oicatà, se realiza la disposición final de los residuos sólidos de Tunja y otros municipios aledaños. La percepción de la comunidad del área vecina al RS de pírgua es que éste tiene impactos negativos en la salud de la población, y esta situación se agravó después de la emergencia sanitaria generada por el rebosamiento de desechos en el relleno en 2003.

El impacto negativo en salud causado por los rellenos sanitarios (RS) es un asunto de creciente preocupación en salud pública. La mayoría de los estudios que evalúan tales efectos sobre las poblaciones vecinas a los RS, se llevan a cabo por solicitud de la comunidad o de las autoridades sanitarias, debido a la preocupación generada por reportes sobre contaminación del agua o del aire o por la percepción de olores desagradables provenientes del RS. Friends of the Earth (1996)

(María Cristina Castellanos, 2012) El relleno sanitario Pírgua, de la ciudad de Tunja, funciona desde el año 2007, recibe aproximadamente 150 toneladas de residuos sólidos sin clasificar, de Tunja y otros 41 municipios del departamento de Boyacá. La operación está a cargo de la empresa SERVITUNJA S.A. E.S.P. y cuenta con sistemas de recolección, conducción de lixiviados, evacuación de gases e impermeabilización de fondo con geomembrana HDPE 40 mils. El lixiviado generado, es en promedio 0,37 L/seg, el cual se desactiva en la planta de tratamiento y los gases se liberan a la atmosfera por su bajo contenido de metano (Servitunja, 2007). Los lixiviados de rellenos sanitarios, son líquidos oscuros que se producen por descomposición de la materia orgánica y el agua lluvia (Chavarro et al., 2006). Son potencialmente peligrosos para el medio ambiente debido a que presentan un alto nivel de contaminación, pueden contener alta carga de materia orgánica, nitrógeno amoniacal, metales pesados y sales Uygurand Kargi, (2004), Karadag,

et al.,(2007), Primo, et al., (2007). Las características químicas de los lixiviados varían de manera significativa en función de múltiples factores como: clima, edad del relleno, composición de la basura y la geología del terreno Cabeza, et al., (2007 )y Karadag, D. Et al(2007) , citado por Droppelmann y Oettinger, (2009). La desactivación de los lixiviados puede realizarse utilizando tecnologías convencionales o emergentes, la elección del método más conveniente depende principalmente del caudal y el tipo y nivel de contaminación, además del costo de su implementación. (Fuente servitunja S.A, 2007)

(Barrera, 2001) Estabilidad de taludes de un relleno sanitario: caso Carrapacho, Chiquinquirá, Boyacá. Para la elaboración de los estudios de rellenos sanitarios se ha considerado el Decreto 838 de 2005 y la Resolución 1447 de 2005 del MAVDT y el Documento Técnico Título F Sección II - Sistema de Aseo Urbano del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, donde la disposición final de residuos sólidos en Colombia está sujeta al sistema de evaluación de impacto ambiental y por lo tanto, las instalaciones destinadas a tratar los residuos sólidos generados en las ciudades deben cumplir importantes exigencias técnicas, para proteger al ambiente y las personas. Debido a estos requerimientos, a la geotecnia ambiental le corresponde una activa participación tanto en la etapa de selección del sitio de disposición final, como en las de diseño, construcción, operación, clausura y rehabilitación.

La problemática ambiental de los residuos sólidos en Colombia, tal como lo establece la política de residuos sólidos a nivel nacional (1998), está asociada con los siguientes aspectos fundamentales:

- Patrones de consumo que determinan patrones de producción insostenibles de residuos sólidos.
- Falta de conciencia y cultura ciudadana sobre el manejo de los residuos sólidos.
- Se pierde el potencial de aprovechamiento ya que se pierden en el origen, falta conciencia de reciclaje y manejo del mismo.
- Falencias en el manejo

En Colombia, la responsabilidad de la gestión de residuos es municipal, como lo señala el marco normativo general de acuerdo con el Artículo 311 de la Constitución Política Nacional y en este sentido el Consejo de Estado ha indicado que a los municipios les compete velar por la efectiva prestación del servicio público y el manejo de los residuos sólidos domésticos, directamente o a través de terceros; de ahí que corresponda principalmente a los municipios promover, financiar o cofinanciar proyectos de interés municipal, particularmente en lo relacionado con la construcción, ampliación,



---

rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura de los servicios públicos, sin perjuicio de solicitar a las Corporaciones Autónomas Regionales labores de evaluación, control, seguimiento, asesoría y cooperación ambiental; y a los departamentos el apoyo técnico, financiero y administrativo en relación con el servicio de aseo. (Fuente. Consejo de Estado, Sección Primera. Exp: 63001-23000-2004-00901-0, Sentencia del 22 – 05- 08, CP: Marco Antonio Velilla)

La Contraloría Municipal de Tunja, cumpliendo la normatividad vigente con base en los artículos 267 y 268 en su numeral 7 de la Constitución Nacional, de la Ley 42 de 1993 y de las demás normas pertinentes, es responsable de la presentación del Informe sobre el Estado Actual de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente del Municipio de Tunja Vigencia 2012, el cual tiene como objetivo brindar indicadores de la gestión ambiental del municipio, los cuales sirven como herramienta tanto para la administración municipal como al sector académico, científico y a la ciudadanía en general. (Fuente eltiempo.com)

La Contraloría Municipal, para esta vigencia busca tratar nuevos temas como: Los avances del Plan de Desarrollo de la Alcaldía Municipal 2012-2015, la ejecución del Plan Maestro de Alcantarillado en lo que tiene que ver con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la Gestión Ambiental de las empresas responsables de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. Así como se analizará el estado actual del Relleno Sanitario de Pírgua. Con este informe la Contraloría Municipal como estamento fiscalizador pretende contribuir a la concientización y toma efectiva de políticas medioambientales que velen por el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras, vigilando la gestión e inversión pública y evaluando su efectividad. (Fuente: Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final)

(Wallace, Chile, Octubre de 1997) REHABILITACION DE AREAS UTILIZADAS COMO RELLENOS SANITARIOS. El aumento progresivo de la población en el mundo y su nivel de desarrollo, han originado en la mayoría de los países un incremento en el volumen de producción de los residuos sólidos. Estos residuos son generados en cantidades importantes y posteriormente deben ser almacenados, recolectados, transportados y finalmente sometidos a procesos de disposición final.

Entre los métodos más conocidos para disponer los residuos sólidos, actualmente se considera a los rellenos sanitarios como la mejor solución técnica, económica y sanitaria.

De hecho es la solución mayoritaria en los países desarrollados, a pesar de los esfuerzos por incrementar el reciclaje y generar sistemas alternativos. Se estima que actualmente los países desarrollados disponen en estos rellenos cerca del 80% de los residuos recolectados, siendo la mayoría de ellos manejados por empresas privadas. En América, aun cuando estas cifras son menores, también es el método más empleado. Puesto que al menos en el corto y mediano plazo el relleno sanitario permanecerá como la principal solución para el tratamiento de los residuos, es claro que los futuros proyectos de rellenos sanitarios deberán contemplar su cierre y rehabilitación -sellado y re inserción-, además del estudio del destino final del área, evaluado desde un punto de vista medioambiental, técnico y económico. Se entiende por cierre, la operación que da por finalizada la explotación, se clausura el lugar y se realizan faenas principalmente de desmantelamiento de las instalaciones, de limpieza superficial y colocación de una capa de cobertura final. Se entiende por sellado, la operación realizada después del cierre en la cual se construyen todas las obras destinadas a mantener los residuos aislados, minimizando los riesgos de contaminación y peligro sanitario, a controlar las emanaciones de biogás y líquidos lixiviados, además de conservar bajo control la escorrentía superficial y los problemas que se puedan producir debido a los asentamientos del relleno. También se deben considerar las obras destinadas al monitoreo de gases y lixiviados, que es necesario mantener en el largo plazo. (Sistemas de disposición final –Año 2007).

(MUÑOZ, 2014) La Resolución 1822, emitida por el Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, establece que desde septiembre de 2010 no podrá haber botaderos de cielo abierto en el país. Así mismo, todos los rellenos sanitarios deben contar con la licencia ambiental.

La medida busca tener lugares técnicamente seleccionados, diseñados y operando para la disposición controlada de residuos sólidos. La viceministra de Agua y Saneamiento, Leyla Rojas Molano, aseguró que se ha pasado de tener 54 por ciento de residuos adecuadamente en el año 2005 a 92 por ciento actualmente. Cifras de la Superintendencia de servicios Públicos muestran que desde 2005 hasta el 2008 se clausuraron 172 sitios inadecuados de disposición final, entre los que se encuentran 145 botaderos a cielo abierto. “Los enterramientos pasaron de 46 a 19, es decir, se redujeron en 58,69 por ciento, así como la disposición en cuerpos de agua en 57,89 por ciento, pasando de 19 a ocho”, manifestó Rojas. De no acatar con la norma, la Procuraduría General de la Nación impondrá sanciones y las autoridades entrarán a hacer los cierres de los botaderos. (Fuente eltiempo.com).

Los departamentos y municipios con mayores dificultades para su disposición final de residuos son: Cauca, Boyacá, Valle del Cauca, Magdalena, Tolima, Putumayo y Santander.

---

De hecho, uno de los mayores inconvenientes se presenta en el botadero de Cali y La Concepción en el Atlántico. Al cierre del 2008 había 225 rellenos sanitarios para 652 municipios. Hoy, la tarea queda para cerca de 171 botaderos que deben empezar a trabajar para cumplir con la normatividad el próximo año. “Esto hace parte de tener un país desarrollado en materia ambiental” (recalcó Rojas).

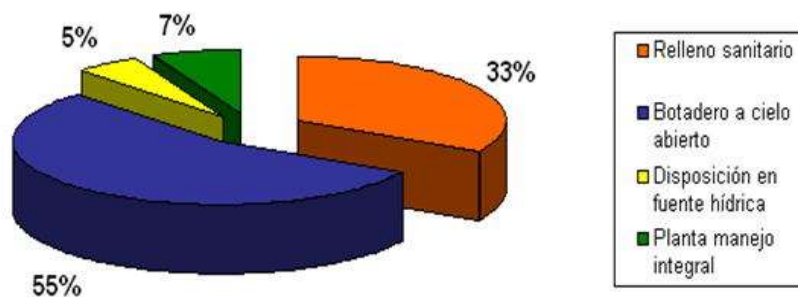
Se producen 25 mil toneladas día; Cifras del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial muestran que el país genera actualmente cerca de 25.000 toneladas por día de residuos. “Anteriormente se permitían usar celdas, que son rellenos sanitarios pequeños, los cuales normalmente se utilizan por tres años. No obstante, con la nueva reglamentación éstas también tendrán que cerrarse”, recalcó la viceministra de Agua y Saneamiento Básico, Leyla Rojas. Así mismo, la funcionaria explicó que la idea es crear grandes rellenos sanitarios que atiendan las necesidades de varios municipios y no que se construyan pequeñas infraestructuras para un solo municipio. No obstante, esto no tiene un impacto en las tarifas de los consumidores. (Fuente eltiempo.com)

(BECERRA, 2014) El 56 por ciento de los centros urbanos de Colombia disponen de las basuras en botaderos a cielo abierto y el 5 por ciento los arrojan a los ríos. Tan alarmante situación, en virtud de sus graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente, fue denunciada por la Procuraduría Nacional de la República en reunión organizada conjuntamente por esta entidad y el Foro Nacional Ambiental. Estas y otras conclusiones igualmente preocupantes son el resultado de una investigación adelantada por el ente de control a partir de una muestra representativa de 194 municipios en los cuales habita el 60 por ciento de la población nacional. Sin embargo, es necesario insistir en el reconocimiento de la labor del reciclador y la cultura ciudadana para la separación de los residuos, la formalización de las rutas de recolección selectiva, la valorización de los materiales y la participación activa de la industria nacional para reincorporarlos a los sistemas productivos en mayor proporción.

Una concertación adecuada con la industria y la definición de canales de comercialización abiertos y transparentes para estos grupos de reciclaje, es una necesidad inminente para darle valor y reconocimiento económico al sistema. Para afrontar los problemas anotados el gobierno nacional ha previsto la formulación de los planes de Gestión integral de Residuos Sólidos (PGIR), que deben estar siendo formulados por todos los municipios, y que para los mayores de 100.000 habitantes deben concluir en septiembre próximo.

Evidentemente, la experiencia con los POT y los rellenos sanitarios deberían servir como una luz de alarma sobre la suerte que podrían correr los PGIRs sino se hace un adecuado control sobre los municipios por parte de las autoridades competentes y la ciudadanía. Mientras estos planes no se hagan realidad tan sólo nos debemos limitar a decir que las basuras en Colombia son un problema por resolver. (Fuente: Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final).

- Tipo de vertederos de la basura en Colombia



Nota: Los denominados rellenos sanitarios tienen Licencia Ambiental pero las condiciones técnicas son deficientes. (Manuel Rodríguez Becerra Publicado en: Portafolio, Julio 6 de 2004)

(Becerra, julio 6 del 2004) El 56 por ciento de los centros urbanos de Colombia disponen de las basuras en botaderos a cielo abierto y el 5 por ciento los arrojan a los ríos. Tan alarmante situación, en virtud de sus graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente, fue denunciada por la Procuraduría Nacional de la República en reunión organizada conjuntamente por esta entidad y el Foro Nacional Ambiental. Estas y otras conclusiones igualmente preocupantes son el resultado de una investigación adelantada por el ente de control a partir de una muestra representativa de 194 municipios en los cuales habita el 60 por ciento de la población nacional.

Finalmente la contraloría advierte que faltan rellenos sanitarios para la disposición final de más de 5.8 millones de toneladas de residuos sólidos generadas cada año. Al terminar el día, cada uno de nosotros habrá generado más de 600 gramos de residuos sólidos en promedio, los cuales deberían ser recolectados por el servicio de limpieza pública de la municipalidad distrital y conducidos a una planta de tratamiento o a una infraestructura adecuada para que no contaminen el medioambiente. Sin embargo, no siempre sucede así. Un informe de la Contraloría General sobre la gestión de los residuos sólidos de los gobiernos locales, elaborado en el 2012, advirtió que solo existían 9 rellenos sanitarios

---

autorizados a nivel nacional para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Actualmente este tipo de infraestructura se ha elevado a 10 pero sigue siendo insuficiente para tratar las más de 5.8 millones de toneladas de residuos sólidos que se generan anualmente en nuestro país en las zonas urbanas. Lima, Áncash, Junín, Loreto y Cajamarca son los únicos departamentos que cuentan con este tipo de infraestructura que permite reducir o eliminar el potencial peligro que representan los residuos sólidos para la salud pública.

### **3. JUSTIFICACION**

Los residuos sólidos han causado impactos ambientales negativos por su práctica inadecuada y porque cada vez son más los desechos que se generan a diario, asunto asociado al incremento de la tasa de natalidad, a los procesos de innovación industrial y a los avances tecnológicos que hacen que los hábitos de consumo de los individuos sean cada día más insostenibles.

(Espinosa, 2013) El municipio de Tunja cuenta con un relleno sanitario ubicado en la vereda Pirgua, distante un kilómetro del municipio de Oicatá, en límites con la quebrada las cebollas o las pilas, sector en el que habitan 350 personas aproximadamente, de las cuales un gran porcentaje es población infantil, pertenecientes no solo a Tunja, sino a los municipios de Oicatá y combita vereda san Onofre. En esta área, a 1.5 kilómetros al sur de Oicatá está en funcionamiento una fábrica de concentrados para animales, de la cual se expelen olores fétidos y de sustancias lixiviadas que afectan el ambiente; aproximadamente hace 10 años, contados a partir de la fecha de presentación de la demanda, la administración municipal de Tunja empezó a depositar desechos sólidos a cielo abierto en predios de Rafael Antonio Mariño, situación que viene generando contaminación y afectaciones a la salud, por lo cual en junio de 1996 se presentó una acción de tutela contra el municipio de Tunja y Corpoboyaca, la cual fue fallada a favor de la comunidad por el juzgado segundo civil del circuito de Tunja y confirmada en segunda instancia por el tribunal superior del distrito judicial de Tunja. Sin embargo, los problemas ambientales continúan presentados e y ahora no solo se reciben basuras de Tunja sino de otros diez municipios sobrecargando las celdas, a pesar de que en el plan de ordenamiento territorial de la ciudad se indica que la vereda es zona de protección arqueológica y turística.

El relleno sanitario se maneja de forma anti-técnica, sin tratamiento de lixiviados, no existe planta de tratamiento de residuos sólidos, no se recicla, ni se fumiga, causando daños al medio ambiente, contaminando las fuentes hídricas y afectando notablemente la salud de los habitantes, poniendo en riesgo su vida. En la actualidad muchos pobladores intervienen ante el alcalde de Tunja para que solucione los problemas de índole ambiental que se presentan, intervienen los habitantes de Oicatá y de los barrios Capitolio, Muiscas, Suamox, Balcones de Terranova y Caminitos de Oicatá, que manifestaron los problemas que vienen soportando por la ubicación del relleno sanitario en el nororiente de la capital del departamento. Los pobladores llegaron con pancartas al Concejo de Tunja, que contenían mensajes de rechazo y descontento por la escasa participación que les ha dado la administración municipal en la socialización del POT, ya que son ellos quienes sufren el impacto ambiental que ha generado el relleno sanitario de Pirgua. (Fuente eltiempo.com)

Los habitantes del sector aledaño manifestaron que se ha incrementado la contaminación, los malos olores, la proliferación de roedores, vectores y otros animales, que exponen la salubridad de los barrios. “Esta situación ha traído como consecuencia graves problemas de salud, especialmente en niños y personas de la tercera edad, situación que se complica aún más debido a los inconvenientes para el abastecimiento de agua potable, pues la escasez del vital líquido en esta parte de la ciudad ha sido una constante durante muchos años”, indicaron los líderes comunales, debido a la contaminación de las quebradas por el mal funcionamiento de los lixiviados que salen del relleno sanitario que contaminan las fuentes de agua.

(Suarez, 2012) Los vecinos del relleno solicitaron el cierre definitivo del relleno que recibe los residuos de 62 municipios de Boyacá; por lo mismo pidieron que sea trasladado y no ampliado, tal como lo pretende ServiTunja, quien administra el relleno.

(Perez, 2003) En la actualidad se ha tratado de buscar solución a éste problema, implementado la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), de la cual hace parte una integralidad de procesos que van desde: separación en la fuente (orgánico, reciclaje e inservible), hasta la transformación de los que permiten éste proceso o a la disposición final de los que no se pueden reciclar.

La complicación en la actualidad de los RS está presente en la totalidad de las ciudades y pequeñas poblaciones por su inadecuada gestión y tiende a agravarse en determinadas regiones como resultado de múltiples factores, entre ellos, el acelerado crecimiento de la tasa de natalidad y su concentración en áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo, el uso generalizado de envases y empaques y materiales desechables, que aumentan considerablemente la cantidad de basura. Este panorama se

---

agrava debido a la crisis económica y a la debilidad institucional que obligan a reducir el gasto público y a mantener tarifas bajas. Conjuntamente, la poca educación sanitaria y la escasa colaboración ciudadana generan una gran resistencia al momento de pagar los costos que implican el manejo y la disposición de residuos, en detrimento de la calidad del servicio de aseo urbano, lo que constituye otra de las causas que agravan el problema. Todo esto envuelve la salud pública, aumenta la contaminación de los recursos naturales y el ambiente del territorio y deteriora la calidad de vida de la humanidad.

El adelanto de cualquier permanencia humana está acompañado siempre de una mayor producción de residuos que, al combinar, no solo pierden o disminuyen su viable valor comercial, sino que también afectan la salud de la comunidad y degradan su entorno. En tal sentido, se hace que se debe tomar medidas necesarias para dar unas soluciones adecuadas para su manejo y disposición final.

Ante este panorama, es necesario que los municipios y los demás organismos afronten racionalmente y con valentía la gestión de los residuos sólidos, teniendo en cuenta, entre otras consideraciones: el nivel de educación ambiental de la comunidad y su capacidad de pago del servicio de aseo urbano; los alcances que acarrea la mezcla de residuos; el valor económico de algunos de estos y su probable mercado, la complementariedad de los sistemas de tratamiento y disposición final, y el costo inherente a los procesos que suponen su recolección, transporte y eliminación. La siguiente propuesta investigativa desea dar a conocer las causas de la contaminación que genera el relleno sanitario de Pigua en el municipio de Oicatá.

La investigación es importante porque se desea lograr establecer de qué manera se ve afectada la población del municipio de Oicatá y el entorno social y ambiental, como consecuencia de la operación del relleno sanitario de pigua ubicado a menos de dos kilómetros del casco urbano y a menos de 500 mts de la quebrada la mecha, principal fuente abastecedora de agua potable para sus habitantes y como afecta esto a los recursos naturales del municipio.

La propuesta investigativa generara un interrogante y brindara conocimiento sobre las causas o niveles de contaminación presentes en el relleno sanitario de pigua, de igual forma aportara datos verídicos de los lixiviados que afectan los recursos naturales y el daño que causa los contaminantes a la salud de la población. De igual forma generara conciencia ambiental a los entes involucrados en velar por la protección del ambiente.

El municipio de Oicatá se verá beneficiado con conocimientos teóricos de los efectos de contaminación que inquietan a la comunidad, de igual forma el documento le servirá como soporte para que el municipio instaure ante las instancias legales las reclamaciones necesarias para la construcción y puesta en marcha de plantas de tratamiento de aguas residuales del municipio de Tunja y el buen manejo de operación del relleno sanitario de Pirgua, y si cumple o no con la normatividad ambiental vigente.

La comunidad del municipio de Oicatá conocerá la verdad si el relleno sanitario de Pirgua opera legal o clandestinamente y el tiempo que le queda de funcionamiento. Teniendo en cuenta la normatividad vigente que hasta ahora está siendo conocida por algunos entes territoriales, el municipio de Oicatá será uno de los primeros beneficiados con el desarrollo de esta norma en cuanto a materia ambiental se refiere. A través del desarrollo del estudio se espera conocer las verdaderas causas en manera de contaminación que afecta a la población del municipio de Oicatá y que se tomen medidas correspondientes para mitigar dicho efecto.

(Gelberg, 1997) Es necesario saber que hoy en día el estudio de la relación de los procesos adecuados para la transformación de los residuos orgánicos se convierte en el factor primordial para crear los escenarios que determinen la viabilidad técnica, económica y ambiental que faciliten y mitiguen la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se puedan aprovechar desde la fuente de separación inicial.

Esta explotación conduce de manera inmediata a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competitividad de la gestión ambiental. La disposición final y la aplicación de los planes de manejo ambiental a este componente, a la luz de la exigente normatividad ambiental generarán seguramente en un futuro cercano incrementos tarifarios que afectarán la economía familiar, o por el contrario, de no aplicarse pondrían en riesgo la comodidad mercantil y financiera de las empresas prestadoras del servicio público domiciliario del aseo.

Se pretende fortalecer y reglamentar la información existente para hacer un análisis reflexivo en torno al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos que sirva de insumo en la formulación de lineamientos para los entes reguladores.

### **3.1. Planteamiento del Problema**



---

Cualquiera actividad genera desechos sólidos, esta sustancia o elemento que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales e institucionales; constituyen un gran problema para la humanidad, provocando peligro y estragos ambientales. En todo caso, la producción de cantidades enormes de desechos sólidos plantea un interrogante para promover inmediatamente un manejo adecuado y rentable con el medio ambiente.

En el relleno sanitario de pargua, ubicado en la Localidad de Tunja, se realiza la disposición final de los residuos sólidos producidos en Tunja y de 62 municipios más del departamento. (Mendoza, 2013) Actualmente se conoce que el relleno sanitario está a punto de rebosar debido que su tiempo de duración ya venció pero las entidades encargadas de esto dicen que el relleno sanitario se puede ampliar debido a que no existe otro lugar en donde se pueda dar lugar a la disposición final de los residuos sólidos.

(Guerrero, 2007-2010) De igual forma la generación de desechos sólidos es un problema a nivel mundial por lo que se han determinado algunas soluciones o alternativas amigables con el ambiente, que generalmente suelen ser costosas y solo pueden llevarlas a cabo aquellos países del primer mundo, de la misma manera existen soluciones menos costosas que se llevan a cabo en algunos países tercer mundistas. Quedan aún países que no se preocupan por el medio en donde viven pero cada día son menos, ya que los cambios ambientales como es la destrucción de la capa de ozono, cambios climáticos, proliferación de nuevas plagas y enfermedades hacen que se piense en un futuro mejor. Según caracterizaciones de residuos sólidos urbanos en Colombia, retomados por el RAS - 19981, la proporción de orgánicos sobre los residuos sólidos urbanos alcanza el 55% de la producción per cápita (ppc).

(SEDESOL, 1996) La disposición indiscriminada de éstos residuos en rellenos sanitarios se traduce en pérdida de nutrientes y contaminación ambiental. Ésta, por las características fisicoquímicas de los residuos sólidos urbanos orgánicos y los procesos de descomposición que le son propios, se corresponde con la generación de gases y lixiviados con altas cargas contaminantes, creando la necesidad de sistemas de tratamiento costosos y complejos, necesarios para realizar la remoción de contaminantes que exige la normatividad, de tal manera que se evite un mayor deterioro de los recursos agua, aire y suelo. De igual manera, el no aprovechamiento implica que la vida útil de los rellenos sanitarios se agote de manera más rápida. Se sabe hoy que sitios aptos para tal fin escasean y que además, el

montaje y operación de estas infraestructuras es inductor de graves conflictos ambientales y sociales.

(Simijaca, 2011) Los humedales son ecosistemas de gran valor natural y cultural, constituidos por un cuerpo de agua permanente o estacional de escasa profundidad, una franja a su alrededor que puede cubrirse por inundaciones periódicas (Ronda hidráulica) y una franja de terreno no inundable, que se denomina según la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D.C, como .Zona de manejo y preservación ambiental. Todos los humedales comparten una propiedad primordial: “el agua juega un rol fundamental en el ecosistema, en la determinación de la estructura y las funciones ecológicas del humedal” (ProDiversitas). Según el Convenio Ramsar son superficies cubiertas de aguas, dulces, salobres o saladas, cuya profundidad en marea baja no excede de seis metros, donde los flujos de nutrientes, materia y energía están adaptados a las fluctuaciones y comportamientos de sus sistemas hídricos asociados.

(Petro, 2012-2016)El Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital reconoce los humedales como parte del Sistema Hídrico de la ciudad y, así mismo, del Sistema de Áreas Protegidas, definido como un conjunto de espacios de valor singular, cuya conservación es imprescindible para el funcionamiento de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad y la evolución cultural del Distrito. Este sistema es componente constitutivo de la Estructura Ecológica Principal, como red de espacios y corredores que sustentan la biodiversidad y los procesos ecológicos del territorio.

(Espinosa, 2013) El municipio de Tunja cuenta con ecosistemas estratégicos como la Reserva del Malmo. El municipio posee dos (2) propiedades de 59,5 Hectáreas que se encuentran en buen estado de conservación según lo mencionado por el municipio; la Laguna Verde - Teatinos que presenta riesgo por intervención de propietarios y arrendatarios de terrenos aledaños; Humedal y cabeceras de La Quebrada Cortaderal (Ventaquemada y Samacá); Nacimientos de acueductos rurales como La Yerbabuena, Humedal El Arrayan, Quebrada Puente Barón, Nacimiento el Amarillal, Nacimiento la Casajera, Nacimiento el Origen; Los Ríos Jordán y la Vega, principales ríos del municipio, se ha disminuido en un 90% la carga contaminante de aguas residuales, acorde al Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, pero existe alta intervención de la ronda de estos ríos así como de sus afluentes como quebradas La Cascada, El Cangrejo, San Antonio, La Colorada, Las Cebollas. Frente al tema de Humedales, señalan que los existentes sobre la ronda del Río Jordán generan alto conflicto social y económico por la proyección urbanística, y desarrollo de actividades pecuarias.

---

(BUSTAMANTE, 1999- 2009) El municipio de oicata menciona la existencia de un alto índice de contaminación atmosférica por el desarrollo de la minería en especial la alfarería y su manejo tradicional, el uso de carbón mineral en la mayoría de estas explotaciones y a nivel del área urbana, la falta de árboles en zonas verdes y el aumento de automóviles en la ciudad, de igual forma algunos olores expedidos del relleno sanitario de pigua.

También hacen referencia al cambio climático y sus consecuencias. Señalan también que la ciudad de Tunja presenta una intensa erosión por diferentes causas. En alto grado de erosión mencionan 1.000 Hectáreas ubicadas en el costado oriental de la ciudad, con presencia de cárcavas pronunciadas; medio grado de erosión 500 Hectáreas ubicadas en el costado occidental con pérdida de capa fértil de suelo, presencia de cárcavas no muy pronunciadas y antiguas; medio - bajo grado de erosión 80 Hectáreas, presente en sitios urbanos, susceptibles de relleno para construcción, alternado la dinámica propia del ecosistema con peligro de represamiento de agua lluvia. Mencionan continuar con actividades de la administración anterior en cuanto a reuniones con comunidades afectadas por presencia de cárcavas y jornadas de limpieza de las mismas, que presentaron alto riesgo de inundación en su sector. Igualmente hacen referencia a que se realizó Convenio con CORPOBOYACA, para recuperación de 50 Hectáreas de zonas erosionadas mediante revegetalización y construcción de obras biomecánicas.

Señalan también las principales afectaciones del municipio por diferentes eventos, realizada a partir de la microzonificación sísmica preliminar, la delimitación de cárcavas, identificación de áreas inundables, identificación de zonas que pueden afectarse con incendios estructurales.

### **3.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son los impactos sociales y ambientales generados por la operación del relleno sanitario del municipio de Oicatá - Boyacá?

### **3.3. OBJETIVOS**

#### **3.2.1. OBJETIVO GENERAL:**

- Analizar los impactos sociales y ambientales generados por la operación del relleno sanitario en el Municipio de Oicatá - Boyacá.

#### **3.2.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el impacto causado en la salud humana, el medio físico-químico, biótico y socioeconómico en el área de influencia del proyecto.

- 
- Identificar los efectos provocados en la salud, debido a las emisiones de olores del relleno sanitario “Pirgua”.
  - Analizar cuáles son las causas que generan contaminación al medio ambiente y la comunidad del área de influencia del relleno

### **3.4. MARCO LEGAL- NORMATIVIDAD LEGAL VIGENTE**

El marco legal vigente que regula los aspectos de la gestión y manejo de los residuos a nivel nacional son los siguientes:

- La Constitución Política, Promulgada en el año 1993, fija normas que garantizan el derecho que tiene toda persona a la protección de su salud y gozar de un ambiente equilibrado. Establece asimismo que es el Estado quien determina las políticas nacionales de salud y ambiente.
- Ley 99 de 1993, Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA y se dictan otras disposiciones.
- Constitución Política de la República del Colombia. 1991.
- Ley de Gestión Ambiental. Ley 99 de 1993.
- Régimen de servicios públicos domiciliarios Ley 142 de 1994.
- Prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos, Decreto 1443 del 7 de mayo de 2004, Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la Ley 430
- Residuos sólidos, Ley 505 de 1999, Ley 732 de 2002, decreto 1713 de 2002, resoluciones 12 de 1995, 201 de 2001, 18 de 1996 y 74 de 1999.
- Calidad del aire, Ley 948 de 1995, Decreto 979 03 de abril de 2006, Resolución 601 del 4 de abril de 2006
- Ley general forestal, Ley 1021 20 de abril de 2006

- Licencias ambientales, Decreto 1220 del 21 de abril de 2005, Decreto 500 20 de febrero de 2006
- Reglamento Técnico que señala los requisitos técnicos que deben cumplir los tubos de acueducto, alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias y sus accesorios, Resolución 1166 del 20 de Junio de 2006
- Aguas subterráneas, decreto 155 de 2004, Resolución 872 18 de mayo de 2006
- Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, Resolución 627 07 de abril de 2006

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente. Política para la gestión de residuos. Santa Fe de Bogotá, 1997; p.10-13.

### **3 CAPÍTULO 3- MARCO TEORICO**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL**

##### **3.1.1. AIRE.**

La contaminación del aire por sustancias orgánicas tóxicas es un problema de alcance global ya que estos contaminantes del aire pueden dispersarse rápidamente en la atmósfera contribuyendo al efecto invernadero, formación de ozono troposférico, de radicales libres y al deterioro de la capa de ozono. El desarrollo económico de muchos países ha acelerado la tasa de emisiones orgánicas tóxicas al aire, lo que significa también

un riesgo para la salud humana. Muchos compuestos que existen en el aire son el resultado tanto de emisiones de fuentes móviles, industriales o naturales como de rellenos sanitarios o sitios donde se disponen residuos peligrosos. (Dr. Manuel Romero Placeres Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología).

### 3.1.2. Los olores

#### 3.1.2.1. Definición de olor

Los olores son sensaciones resultantes de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. Las estructuras físicas y químicas y características moleculares de muchas sustancias olorosas producen el estímulo a las células sensoriales olfativas responsables de oler. El órgano olfativo o epitelio localizado en la nariz es capaz de detectar y discriminar miles de olores y algunos de ellos en concentraciones muchos menores que aquellas detectables por instrumentos analíticos tales como el cromatografo de gas (ASCE 1995).

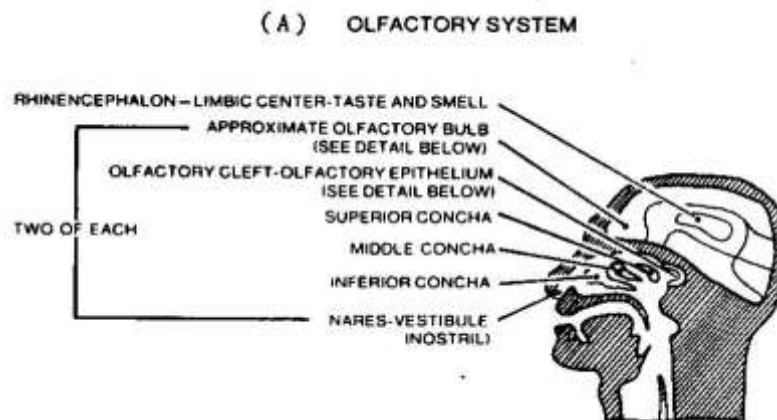


Figura 1. Sistema Olfativo humano (ASCE 1995)

El sistema sensorial olfativo es excesivamente complejo y las respuestas de las personas a olores pueden ser variables. Esta variabilidad es el resultado de diferencias en la habilidad para detectar olores (la percepción puede variar con las diferentes clases de compuestos olorosos), en la aceptación o rechazo subjetivo de un olor con base en experiencias pasadas, en las circunstancias bajo las cuales el olor es detectado, en la edad, el estado de

salud y las actitudes del receptor humano. (Fuente: La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1987) (ASCE 1995)

### 3.1.2. Caracterización de los olores

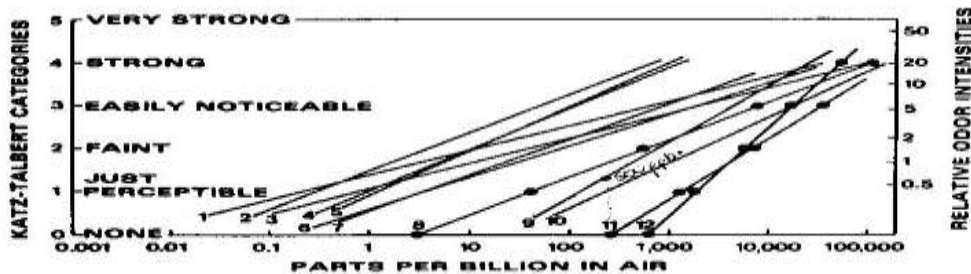
Las propiedades empleadas para caracterizar los olores son las siguientes:

- **Intensidad del olor**

La intensidad es una medida de la magnitud de la sensación de olor, relacionada con la concentración de la sustancia olorosa. Este es un concepto importante referido al problema de reducción de la intensidad del olor de una sustancia mediante dilución en aire o por otros medios. La siguiente ecuación define la relación entre intensidad del olor  $I$  y la concentración  $C$  de la sustancia en el aire, donde  $k$  es una constante y  $n$  es el exponente:

$$I = kC^n$$

En la figura 2 se presentan datos de diferentes químicos en un diagrama log-log, donde la concentración en partes por billón (ppb) varía con la intensidad de olor relativa. La pendiente de la línea recta es igual a  $n$ .



**Figure 2.2** Odor intensity versus concentration plots for several odorants. Individual points are shown for 8, 11, and 12 to illustrate linearity (1 = thiophenol; 2 = ethyl selenomercaptan; 3 = ethyl sulfide; 4 = phenyl isocyanide; 5 = ethyl selenide; 6 = methyl sulfide; 7 = coumarin; 8 = methylmercaptan; 9 = hydrogen sulfide; 10 = pyridine; 11 = allyl alcohol; and 12 = nitrobenzene) (Dravnieks, 1972).

Figura 2. Intensidad de olor vs. Concentración de sustancias olorosas

- **Detectabilidad del olor**

(Subils, 1998) También llamada umbral (threshold), se refiere a la mínima concentración de una sustancia olorosa que produce una respuesta olfativa. Este umbral normalmente es determinado por un panel de personas y el resultado numérico típicamente se expresa



---

como la concentración a la cual el 50% del panel detectó correctamente el olor. Dicho resultado depende de la sensibilidad a los olores de los panelistas, el método de presentación de los estímulos olorosos a los panelistas, entre otros.

El umbral de detección de olor se refiere a la mínima concentración de la sustancia olorosa requerida para percibir la existencia del estímulo mientras que el umbral de reconocimiento del olor se refiere a la mínima concentración de la sustancia olorosa requerida para determinar el carácter del estímulo. Generalmente, el umbral de reconocimiento de olor supera el umbral de detección de olor en un factor de 2 a 10.

- **Carácter o cualidad del olor**

Esta característica permite distinguir un olor de otro a la misma intensidad. Se evalúa por comparación con otros olores, directamente o a través de palabras descriptivas.

- **Tono hedónico**

El tono hedónico se refiere a lo agradable o desagradable que puede ser un olor. Es diferente a la aceptabilidad (juicio hecho por una persona en un contexto de una situación y con expectativas específicas). Este se evalúa en el laboratorio bajo una intensidad y duración controlada.

- **Adaptación o fatiga olfativa**

Es un fenómeno que ocurre cuando la gente con un sentido normal del olfato experimenta una disminución en la intensidad percibida de un olor cuando este es recibido continuamente.

### **3.1.3. Compuestos orgánicos volátiles**

Los compuestos orgánicos volátiles son químicos orgánicos con una presión de vapor a temperatura ambiente suficientemente elevada (más de 0.1 mm Hg a 20°C y 1 atm de

presión) lo que significa que se encuentra en estado de vapor o tienen volatilidad y que participan en reacciones fotoquímicas atmosféricas.

Las principales fuentes de COV's se clasifican en: naturales y antropogénicos; dentro de las naturales se tienen los bosques, humedales, tundras y dentro de los antropogénicos se pueden agrupar como procesos industriales, combustibles fósiles para transporte y generación de energía eléctrica, productos para el hogar, rellenos sanitarios y plantas de tratamiento para desechos. (Fuente: E-CENTRO 2012)

#### **3.1.4. Importancia de los COV's**

(LEÓN, 1998) Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), probablemente constituyen la segunda clase más extendida y diversa de emisiones después de las partículas. En la atmósfera, son considerados como contaminantes primarios (permanecen en la atmósfera de la misma forma en que fueron emitidos) y que interactúan con la mayoría de los óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar para producir una mezcla de más de 100 contaminantes secundarios que forman smog fotoquímico. El producto de estas reacciones es el ozono que a bajas concentraciones es un contaminante poderoso, además del formaldehído y el peroxiacetil nitrato (PAN), entre otros; las fuertes condiciones oxidantes del Smog Fotoquímico también produce ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ , partículas de sulfato  $SO_4$  y ácido nítrico  $HNO_3$ . Los COV contribuyen al efecto invernadero y muchas veces pueden ser más poderosos que el  $CO_2$  por su alta reactividad química.

#### **3.1.5. Efectos sobre el medio ambiente**

Sus efectos en el medio ambiente son principalmente formación de ozono fotoquímico y otras especies reactivas del oxígeno a escalas urbanas y regionales, influencia sobre el efecto invernadero y cambio climático global. También se tiene efectos indirectos que favorecen el aumento del ozono  $O_3$ . Los efectos de este compuesto sobre la vegetación son significativos, pues al ser un oxidante poderoso, los daños ocurren en la estructura de las hojas donde se encuentran los mecanismos de construcción de toda la planta y se ha observado que con concentraciones de 0.1 ppm o menores, para periodos de exposición de 1 a 8 horas ocurren daños irreparables en las plantas (Khairoullina, 1999).

#### **3.1.6. Efectos sobre la salud humana**

(LEÓN, 1998) Las emisiones de COV tienen efectos directos e indirectos importantes sobre la salud humana, los directos se clasifican en poder de penetración cutánea, poder

---

irritante, poder narcótico y toxicidad específica como médula ósea (cancerígeno) y los indirectos por la formación de O<sub>3</sub>, ya que su poder oxidante actúa como irritante de los ojos y del aparato respiratorio, también se ha descubierto que la exposición intermitente al O<sub>3</sub> es más dañina que la exposición continua. Los COV que mayor interés generan desde el punto de vista toxicológico son el benceno y el cloruro de vinilo principalmente. Otros efectos sobre la salud humana son depresión aguda del Sistema Nervioso central, leucemia, anemia aplásica, dermatitis, problemas crónicos como disminución de la memoria, neumonitis, edema pulmonar agudo y asma.

### **3.1.7. COV en rellenos sanitarios**

(LEÓN, 1998) La preocupación humana por la disposición de sus desechos sólidos ha puesto de manifiesto la utilización de amplias zonas de tierra para este fin y se les ha dado el nombre de rellenos sanitarios. Al paso del tiempo fue evidente la generación de otros productos por la actividad microbiana anaerobia entre ellos gases o biogás (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) y lixiviados, los cuales constituyen otros problemas de contaminación que necesitan solución. Los gases que se generan en un relleno son conformados por metano y dióxido de carbono, sin embargo, se han encontrado compuestos diferentes como los COV en bajas concentraciones que están asociados al efecto invernadero, producción de ozono troposférico O<sub>3</sub>, y deterioro de la capa de ozono O<sub>3</sub> (estratosfera), lo que resulta ser peligroso para el medio ambiente y para el área ocupacional.

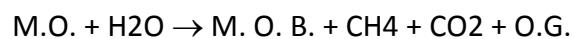
Los rellenos sanitarios reciben desechos domésticos principalmente (con lo que se produce el biogás), pero también puede llegar otro tipo de desechos como desechos sólidos comerciales, residuos peligrosos y desechos industriales entre los que se encuentran pinturas, solventes orgánicos, aerosoles (cloro Flúor Carbonados CFCs) y por último algunos desechos poliméricos como el PVC (polivinilcloruro). Toda esta variedad de desechos dispuestos en un mismo sitio da lugar a la emisión de COV por las chimeneas de biogás.

### **3.1.8. Residuos sólidos como contaminantes del aire**

(Roca, 1995) La degradación de la basura se lleva a cabo en diferentes fases pasando por diversas reacciones químicas que permiten clasificar cada fase en el ajuste inicial, donde las basuras sufren una descomposición microbiana aeróbica, el oxígeno y el aire que trae la misma basura son consumidos por las reacciones químicas que genera la descomposición de microorganismos. En la fase de transición el oxígeno disponible es consumido y se inicia una etapa de descomposición anaerobia; los nitratos y los sulfatos presentes se pueden reducir a gas nitrógeno y a sulfuro de hidrógeno. Al reducirse más el potencial de oxidación / reducción, los microorganismos inician la conversión de materia orgánica en metano CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, se empieza a formar lixiviado y su pH desciende debido a la presencia de gases orgánicos y a la elevada concentración de CO<sub>2</sub>.

En la fase de acidificación que comenzó en la fase anterior, se acelera por la producción de ácidos orgánicos, aquí tienen lugar tres procesos: La hidrólisis de los compuestos más complejos (lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleídos); la acido génesis propiamente dicha y la formación de ácido acético CH<sub>3</sub>COOH, el gas formado aquí es el CO<sub>2</sub>; el pH del lixiviado sigue en detrimento hasta 5 o menos y algunos metales pesados pueden solubilizarse, la DBO y DQO aumentan considerablemente. Es bueno reciclar el lixiviado para no perder los nutrientes del sistema. Se presenta también una fase de metanogénesis, donde predomina otro grupo de microorganismos que convierten el CH<sub>3</sub>COOH en H<sub>2</sub> (g), CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> siendo este proceso anaerobio, la producción de ácidos se reduce aumentando el pH del lixiviado entre 6.8 y 8, con lo que los constituyentes inorgánicos pueden permanecer en solución y se precipitan los metales pesados.

Por último se tiene la fase de maduración, aquí el material biodegradable, fácilmente transformable ha sido reducido a CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, la cantidad de gas que se produce en esta fase disminuye porque los nutrientes han sido evacuados con el lixiviado en las fases anteriores, pequeñas cantidades de O<sub>2</sub> y nitrógeno N<sub>2</sub> comienzan a penetrar en esta fase. La temperatura que se puede alcanzar es de 71 °C en las reacciones aerobias y 21 °C en las anaerobias. Cabe anotar que las reacciones descritas son exotérmicas. La reacción general de descomposición de las basuras es la siguiente



Donde:

M.O. = Materia Orgánica.

M.O.B. = Materia Orgánica Biodegradable.

O.G. = Otros Gases como compuestos orgánicos volátiles.

La descomposición rápida puede durar de tres meses a cinco años y la lenta tomar hasta 50 años. Como la producción de gas y de lixiviado puede tardar mucho tiempo, se hace necesario su evacuación para el control de accidentes y por razones ambientales. Además de darle un posible uso, si las condiciones económicas lo permiten. A continuación se diferencian los diferentes tipos de extracción de biogás y de lixiviado mencionados.

### 3.1.9. Pozos de extracción pasiva

Estos pozos constan de un tubo de PVC (chimenea) perforado en su totalidad para facilitar en la migración de gas y lixiviado. Están a una profundidad aproximada de los 20 m del nivel de la basura. Las chimeneas sobresalen por lo menos 1 m de las coberturas de la zona y la gran mayoría de estas están protegidas contra la lluvia en la parte final con un cuello de ganso. El problema de estas chimeneas es que debe haber muchas de ellas situadas en la zona para que el gas y lixiviado encuentren salida fácil tanto a la atmósfera como conducción del lixiviado. El movimiento de las basuras y de la degradación hace que se presionen estas estructuras creando rupturas aun cuando están protegidas con roca (piedra rajona para drenajes) desde el fondo hasta la superficie, dificultando así la salida de gases y lixiviados. Otra desventaja es que los gases que salen de estas chimeneas no se conducen a un tratamiento apropiado para su quemado. (Rotterdam, 1996)

En la figura 3. Se observa cómo están dispuestas las chimeneas.

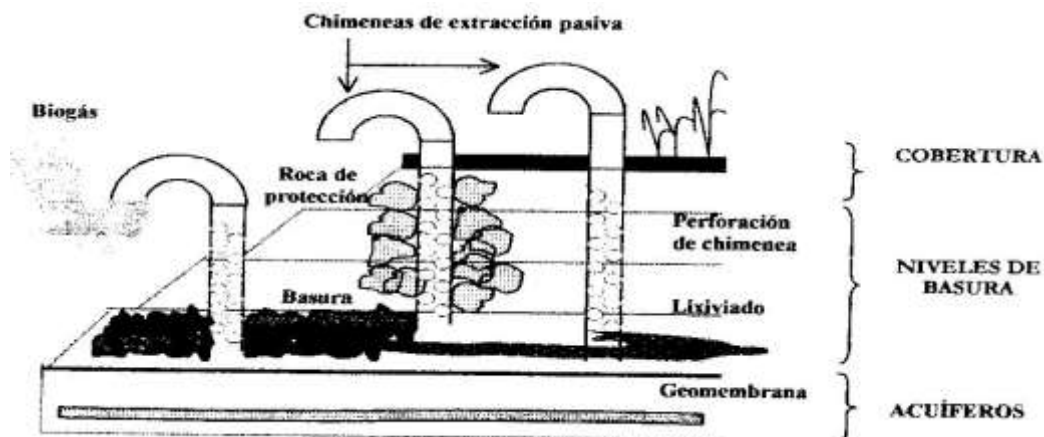


Figura 3. Sistema de extracción pasiva de gases y lixiviados (Rotterdam, 1996)

La concentración de una sustancia en el agua dependerá, entonces, de la cantidad de material lixiviado, del residuo, de la capacidad de transporte de su masa y la proporción existente entre la profundidad de la celda y el grado de filtración. Otros factores de importancia son la solubilidad del contaminante, la superficie y tiempo de contacto, y el pH. En la Tabla 1, se ilustra la composición típica de un lixiviado en un RS. (Environmental Research Foundation, sin fecha de publicación)

Tabla 4. Composición Típica de Lixiviados en Rellenos Sanitarios según su edad.

PARAMETRO	CONCENTRACION SEGÚN EDAD DEL RELLENO (mg/l)		
	Joven (< 2 años) <sup>(a)</sup>	Maduro (> 10 años) <sup>(a)</sup>	Composición Típica Promedio de ARD <sup>(b)</sup>
pH (unidades)	4.5 - 7.5	6.6 a 7.5	---
DBO <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	2,000 - 30,000	100 a 200	220
COT (mg/l C)	1,500 - 20,000	80 a 160	160
DQO(mg/l O <sub>2</sub> )	3,000 - 60,000	100 a 500	500
SST (mg/l)	200 - 2,000	100 a 400	220
N Orgánico (mg/l)	10 - 800	80 a 120	15
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	10 - 800	20 a 40	25
Nitrato	5 - 40	5 - 10	0
Fósforo Total (mg/l)	5 - 100	5 a 10	8
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	1,000 - 10,000	200 a 1,000	100
Dureza Total CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	300 a 10,000	200 a 500	---
Calcio Ca (mg/l)	200 a 3,000	100 a 400	---
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	50 a 1,000	20 a 50	---
Hierro Total Fe (mg/l)	50 a 1,200	20 a 200	---
Coliformes totales (No/100ml)			10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>

ARD: Agua residual doméstica. (a) Tchobanoglous. Gestión integral de residuos sólidos. Vol. I. 1994. (b) Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización, Vol I, 1995.

Fuente: Evaluación del impacto del relleno sanitario Doña Juana en la salud de grupos poblacionales en su área de influencia –Informe final.

Sin el manejo adecuado, los lixiviados penetran el subsuelo se convierten en una de las fuentes más importantes de contaminación de las aguas subterráneas. Al llegar al fondo o a la capa impermeable, se desplazan lateralmente hasta un punto donde se descargan a la superficie como afloramiento o se mueven a través de la base del RS hacia las formaciones sub-superficiales.

### 3.1.10. Pozos de extracción activa

Son sistemas de extracción forzada de lixiviados y de gases que se realiza con la ayuda de bombas neumáticas, en el primer caso ubicadas en el fondo de los pozos verticales, que se activan cuando el nivel de los lixiviados se encuentra 0.9 m por encima de la cota batea de las bombas y el segundo caso, se realiza con una bomba central de succión. El gas producido y extraído en cada pozo se transporta por una línea de conducción en tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) a una tubería principal que conduce el gas hasta la bomba central y de aquí sale a una tea para que sea quemado. Para que el sistema de extracción activa de biogás funcione es necesario extraer el lixiviado que se encuentra en los pozos de extracción, así los lixiviados son bombeados por medio de una red de tuberías hasta el sitio de descarga y el aire es evacuado por medio de una tubería a la atmósfera. (Environmental Research Foundation, 1989)

En la figura 4 se observa cómo están dispuestas las estructuras mencionadas teniendo en cuenta que la mayor profundidad de los pozos se encuentra alrededor de los 25 m.

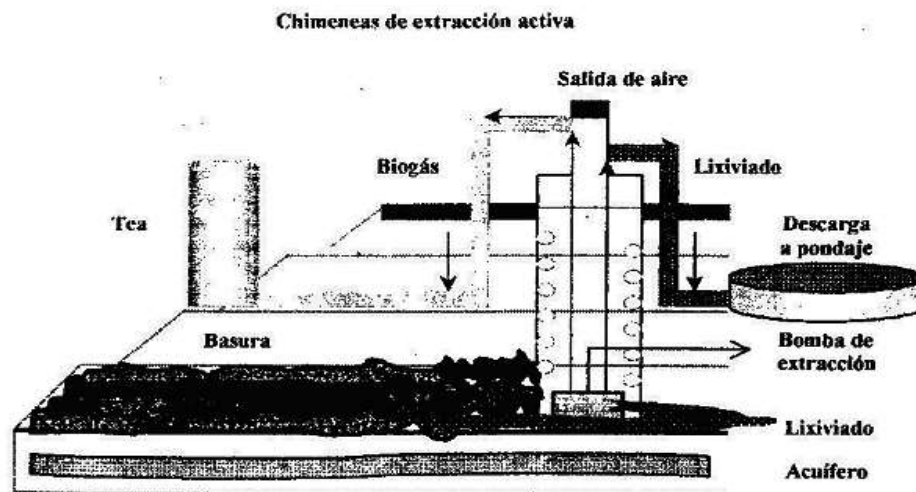


Figura 4. Sistema de extracción activa de gases y lixiviados. (Rotterdam 1996)

Los pozos también son de HDPE y poseen perforaciones en todo el tubo para lograr migración de gases y lixiviados sin problemas.

### 3.2. MUESTREO Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE COV

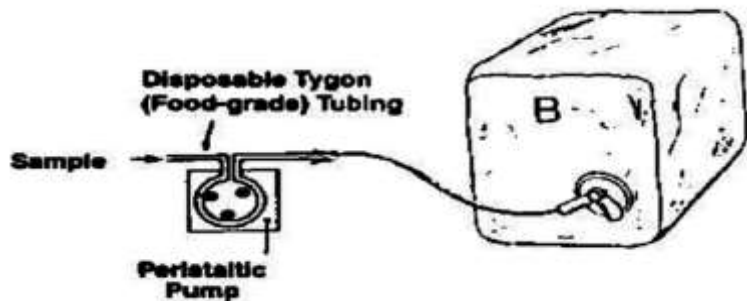
(Volatiles, 1995) Para la medición y determinación de los COV en rellenos sanitarios se han diseñado varias técnicas de monitoreo y de muestreo, un monitoreo es observar los contaminantes insitu y por lo general se realiza con equipos personales como los aparatos digitales con detección infrarroja (IR) que permiten conocer la concentración total de COV en tiempo real, el problema de estos aparatos es que no discrimina el tipo de COV que se encuentra en el lugar del monitoreo.

Por otro lado se tienen los muestreos que consisten en tomar una muestra por diferentes métodos ya sea por medio de bombas para llenado de bolsas (bolsas Tedlar para este caso), estos son sistemas activos de recolección.

Se utilizó bolsas Tedlar con bomba de vacío para el llenado. En la figura 5 se ve el equipo utilizado.



Figura 5. Bomba de succión y cargador de batería.





---

Figura 6. Toma de muestra activa de recolección. (London, 1973)

### **3.1.2. Descripción general el procedimiento**

Para el análisis de los compuestos orgánicos volátiles se utilizó la microextracción en fase sólida SPME con una fibra de 75  $\mu\text{m}$  de carboxen/Polidimetilsiloxano (CAR/PDMS) para extraer los compuestos orgánicos volátiles de la muestra. El dispositivo SPME se dejó expuesto a la muestra durante 15 minutos.

Se ubicaron 43 sitios de muestreo dando prioridad a las casas. En la tabla 5 se listan los puntos, su localización georeferenciada y la altura sobre el nivel del mar. En el anexo 1, plano 1 se observan las curvas de nivel y la localización de dichos puntos.

<b>Tabla 2. LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO</b>				
<b>Punto</b>	<b>Referencia</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>Elevación m.</b>
1	Entrada al relleno	01083.862	01108.844	2659
2	Limite Tunja Oicatá	01083.986	01108.912	2665
3	Poste entrada Mariño	01084.147	01109.044	2688
4	Casa Emelina Murillo	01084.424	01109.139	2709
5	Casa Laur. Fautoque	01084.755	01109.476	2757
6	Entrada Rodríguez	01084.979	01109.547	2759
7	Casa Margarita Boyacá	01085.610	01109.361	2756
8	Casa Aquilino Boyacá	01085.861	01109.270	2755
9	Bocatoma las cebollas	01084.927	01108.229	2734
10	Casa Faustino Gonza	01085.418	01108.523	2802
11	Lim. Chiva-Tunja-Oicat	01085.502	01107.857	2814
12	Casa Pedro Socongocha	01085.538	01108.099	2815
13	Casa Joaquín Piamonte	01086.470	01109.162	2765
14	Poste Finca Mateo Barón	01087.113	01109.302	2779
15	Casa Rodolfo Cruz	01087.065	01110.078	2783
16	Cabaña Henry Pedraza	01087.095	01110.653	2758
17	Casa Dámaso Quito	01086.777	01110.830	2736
18	Casa Justo Rios	01086.349	01110.812	2710
19	Puente el Barranco	01085.956	01110.749	2667
20	Casa Ricardo Cuchivague	01085.439	01110.567	2733
21	Costado Norte parque	01085.274	01110.633	2733
22	Costado occidente parque	01085.164	01110.562	2736
23	Esquina colegio SEC A	01085.078	01110.406	2728
24	Casa Agapito Fagua	01084.753	01110.893	2684
25	p. río carré. Oicatá-Tunja	01084.606	01111.359	2643
26	Casa Hernán Quinchaneva	01083.975	01110.488	2658
27	Esquina pinares	01085.416	01110.476	2756
28	Casa Piamontesa centro	01085.353	01110.305	2750
29	Casa Mari Mora centro	01085.265	01110.338	2749
30	Esquina capilla	01085.184	01110.380	2745
31	Lim.tunja río en rancho	01083.190	01108.769	2693
32	Casa Italo car. Antigua	01083.083	01108.829	2698
33	Puente snta Susana	01083.274	01109.126	2703
34	Casa Efrén Arias vía an	01083.479	01109.724	2697
35	Puente río finca Ruiz	01086.401	01112.989	2634
36	Carretera ant. 1.chircal	01086.349	01113.105	2630
37	Car. Antigua chircal blo	01087.109	01113.646	2647
38	Car. Antigua chircal	01087.230	01113.694	2640
39	Escuela mar Islam	01087.900	01114.249	2646
40	car. antig. Vitri-fi-Oicatá	01088.149	01114.960	2638
41	Púen el volcán río chulo	01088.217	01115.110	2626
42	Puent.río estación -Caibo	01088.120	01115.637	2623
43	El mortíñal	01087.683	01116.516	2627

Fuente: planeación municipal Oicatá

---

### 3.1.2. Análisis por cromatografía de gases / espectrometría de masas.

El análisis se realizó en el cromatografía de gases HP6890 Series II, dotado con un puerto de inyección split/splitless, una columna SPB-624 (6% Cinanopropilfenil – 94%dimetilsiloxano copolímero), de 60 m x 0.32 mm (diámetro interno) x 1.85  $\mu\text{m}$  (espesor de la fase estacionaria) y un detector selectivo de masas (MSD) HP 5972 operado en el modo de barrido total (full scan) y un rango de masas,  $m/z = 30-600$ . La fibra con los analitos absorbidos durante el periodo de extracción fue expuesta en puerto de inyección operado en el modo splitless (250°C). Figura 7.



Figura 7. Exposición de la fibra de SPME en el puerto de inyección del cromatografo de gases con detector selectivo de masas. (London, 1973)

Para cuantificación de COVs se emplea una mezcla patrón certificado por Supelco 502111 (EPA 502/524 volatile Organics Calibration Mix). La cuantificación de los COVs se realiza utilizando la curva de calibración obtenidas mediante el análisis de diferentes concentraciones conocidas de la mezcla patrón.

### 3.1.3. Identificación de COV en el exterior del relleno sanitario Pírgua.

Con la metodología y análisis propuestos, se encontraron varios compuestos orgánicos volátiles COV que están siendo emitidos a la atmósfera desde el relleno sanitario de Pirgua. Las sustancias identificadas se discriminan de la siguiente manera en la tabla 6.

Tabla 6. COV identificados en el aire para exteriores del relleno sanitario Pirgua.

No.	Tr	COMPUESTO	%	TIPO
1	14.99	Tolueno	90	H.Ar
2	18.88	1,3 dimetil Benzene/ m-xileno	97	H.Ar
3	18.88	1,4 dimetil Benzene/ p-xileno	97	H.Ar

TR = Tiempo de retención

% = Porcentaje de confiabilidad

H.Ar. = Hidrocarburo aromático.

La tabla anterior nos hace pensar que están sucediendo varios fenómenos como la dispersión, el transporte, la difusión, la adsorción y la posible degradación de los contaminantes, influyendo también sus características químicas como la reactividad y el tiempo de vida medio, condicionado esto por la meteorología del lugar.

#### 3.1.4. Las sustancias identificadas como COV son de naturaleza aromática.

Se cuantificaron tres compuestos (tolueno, 1,3 dimetil Benzene/ m-xileno y 1,4 dimetil Benzene/ p-xileno). Las concentraciones se muestran en la tabla 4.

Tabla 7. Rango de concentraciones de COV obtenido en el aire del relleno sanitario

Punto	Referencia	M+p Xileno cuantificado (ppm)	Tolueno cuantificado (ppm)
9	Bocatoma las Cebollas	1.6	2.8
10	Casa Faustino González	1.2	< límite
11	Limite Chivata-Tunja Oicatá	N.D.	< limite

12	Casa Pedro Socongocha	1.52	2.53
----	-----------------------	------	------

N.D. No detectado.

< limite. Compuesto detectado pero está por debajo del nivel mínimo de detección del cromatografo.

En la figura 8 se observa un cromatograma de una de las muestras tomadas. Se ven los picos de absorbencia para Tolueno y m+p xileno. Además existen otros picos cuya absorbencia es mucho mayor y que la muestra patrón no los identificó.

Hay que tener en cuenta que hay dispersión de contaminantes a causa de los vientos que predominan en el área del relleno, el promedio histórico de la velocidad del viento es de 4.4 m/s.

File : C:\HPCHEM\1\DATA\2007\SERVICIO\0427VOC.D  
Operator : Alix Patricia Jaimes  
Acquired : 3 Apr 2007 18:42 using AcqMethod VOC524AI  
Instrument : GC/MS Ins  
Sample Name: RELLENO SANITARIO PIRGUA (TUNJA)  
Misc Info : AIRE 3/ABRIL/07 10:30 A.M.  
Vial Number: 1

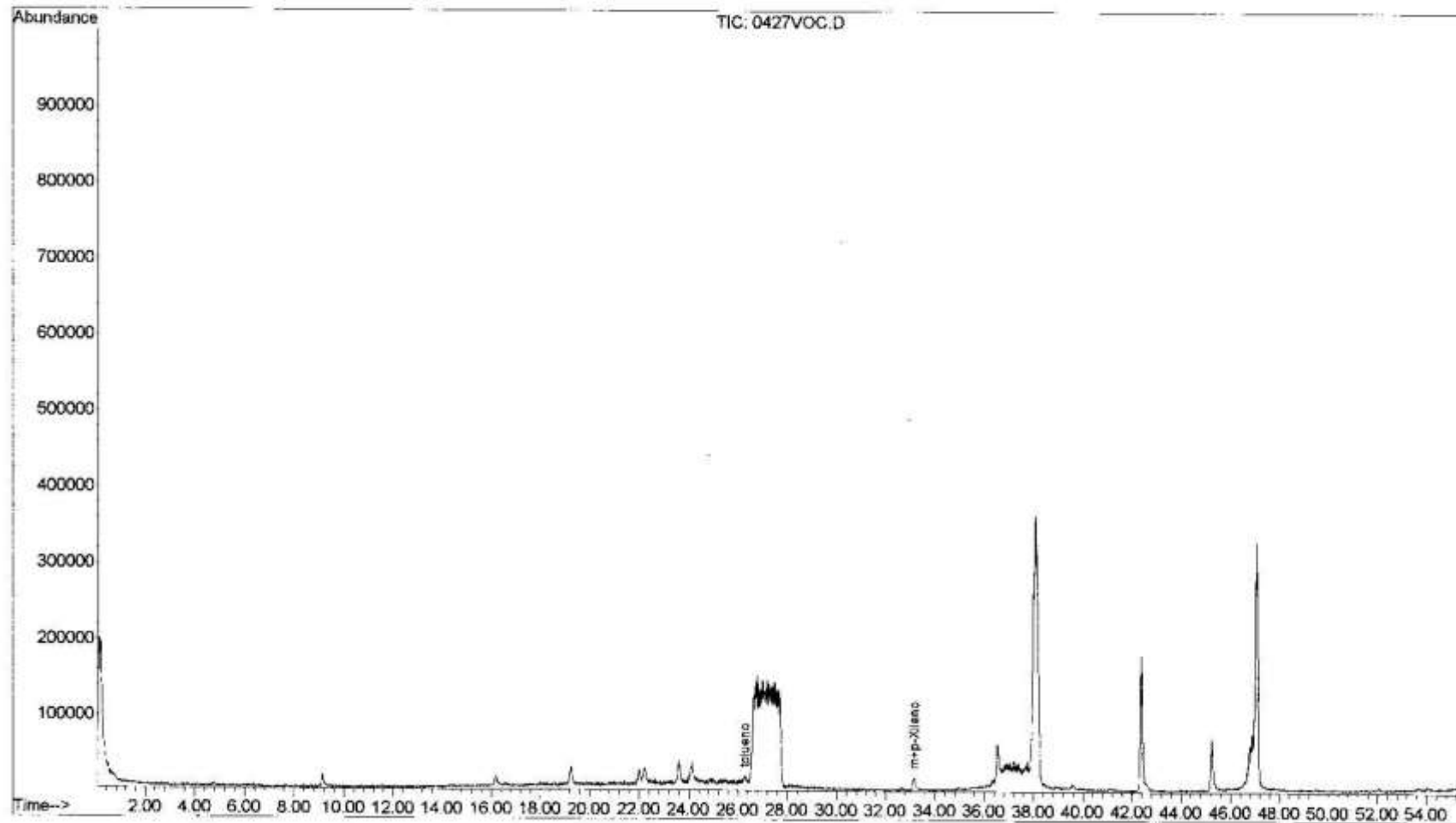


Figura 8. Perfil cromatográfico de muestras de aire obtenidas por CG/EM. (London, 1973)

### 3.1.5. Documentación sobre la toxicidad de los COV identificados en el relleno.

Como datos comparativos y que ya están establecidos se tomaron los datos por la OSHA, la NIOSH y la EPA. En la tabla 7 se observan los valores permisibles para las sustancias escogidas según las entidades mencionadas. Para cada compuesto hay hojas de datos de seguridad MSDS donde se pueden consultar los efectos en la salud y algunas recomendaciones de manejo. Las cartas se encuentran en el Anexo 2.

La mayoría de los compuestos solo se reportan como valor umbral limite (TLV) y unos pocos como el BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno) se ha estudiado para dar los valores recomendados, los permisibles y los inmediatamente peligrosos (REL, PEL Y IDLH respectivamente). Las concentraciones totales de COV obtenidas en este estudio se compararon con los límites expuestos de toxicidad para observar como resulta el aporte de las emisiones de COV a los vecinos del relleno y a los trabajadores.

Los efectos en el sistema nervioso humano por inhalación de tolueno están bien documentados. Estudios con voluntarios bajo condiciones controladas de exposiciones entre 75-150 ppm, muestran daño neurológico leve detectable en la mayoría de los sujetos, concentraciones entre 200-800 ppm pueden producir excitación y obnubilación, mientras que exposiciones a más de 800ppm causaron inhabilidad intelectual, sicomotora, neuromuscular y narcosis. Exposiciones crónicas inducen narcosis y euforia, daño neurológico residual o permanente, cambios estructurales en el cerebro, temblores, psicosis paranoica, alucinaciones recurrentes, deterioro en el habla, escucha y visión. (Fuente: Evaluación del impacto del relleno sanitario Doña Juana)

Tabla 8. Comparación de algunos COV identificados en el relleno con las normas internacionales.

COMPUESTO	COVa Obtenido	TLV1 (TWA) <sup>2</sup> ppm	OSHA3 PEL4 (TWA) ppm	NIOSH5 REL6 ppm	NIOSH IDLH7 ppm
Tolueno	2.8	50	200	100	500
M+p-Xileno	1.6	100	100	100	900

a Concentración total en ppm de algunos COV obtenida a condiciones estándar de laboratorio y Tunja (17°C y 0.75 atm)

1. TLV: Treshold Limit Values
2. TWA: Time Weighted Average (en 8 horas)
3. OSHA: Occupational Safety and Health Administration
4. PEL: Permissible Exposure Limits
5. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health
6. REL: Recommended Exposure Limits
7. IDLH: Inmediately Dangerous to Life or Health Concentratation (medido como potencial de cancirogenidad ocupacional).

La tabla 8 muestra una aproximación con los valores obtenidos en el estudio. Se aclara que se están comparando las concentraciones de COV que se obtuvieron en la emisión de biogás y que luego son dispersadas en el aire. Los compuestos con mayor concentración encontrados en el aire, fueron el tolueno y el m+p-Xileno que no sobrepasan ningún parámetro establecido por las entidades internacionales, exceptuando la concentración tolerable para el tolueno que es de 0.07 ppm. Este compuesto tiene efectos para la salud como irritación de los ojos y del tracto respiratorio, puede causar depresión del sistema nervioso central (que a largo plazo puede resultar en la disminución en la capacidad de aprendizaje y en desordenes sicológicos), disrritmia cardiaca e inconsciencia en periodos largos de exposición o contacto prolongado con la piel, puede causar dermatitis, además se pueden generar problemas en la reproducción (International Chemical Safety Cards ICSC).

La determinación de los COV basadas en las normas de calidad del aire en exteriores es difícil, pues al considerarse como contaminantes no tradicionales se han comenzado a estudiar recientemente y no existe información sobre tantos y tan variados compuestos que conforman los COV. Los valores guían para contaminantes no tradicionales, son recomendados por la Organización mundial de la Salud (OMS). En la tabla 9 se observan los valores recomendados por la OMS para algunos COV. Los datos se reportan en ppm y a condiciones estándar de 1 atm y 25 °C.



Tabla 9. Comparación de algunos COV identificados en el relleno con las normas internacionales de calidad de aire para exteriores.

COMPUESTO	COVa obtenido	LOAEL1 (ppm)	Concentración2 tolerable (ppm)	Tiempo promedio de exposición
Tolueno	2.8	88.28	0.07	1 semana
M+p-Xileno	1.6	69.82	1.10	24 horas

a Concentración total en ppm de algunos COV obtenida a condiciones estándar

1. LOAEL: Lowest Observed Adverse Effect Level

### 3.1.6. Concentración tolerable o valor guía recomendado OMS

La tabla 9 indica que el nivel de efecto observable (LÓALE) no es sobrepasado por la concentración de los compuestos identificados en el relleno. Respecto a la concentración tolerable todos los valores obtenidos en Pírgua sobrepasan los valores recomendados por la OMS. Por otro lado, los compuestos que permanecen menor tiempo en la troposfera, porque son más susceptibles a la degradación fotoquímica, por lo que tiene alta reactividad, puede combinarse en su degradación fotoquímica generando óxidos de nitrógeno, radicales libres y ozono troposférico que es un agente oxidante fuerte que causa graves deterioros ambientales, agrícolas y en la salud.

En su migración, algunos contaminantes se van degradando, otros se mantienen estables hasta que llegan a reaccionar en sitios mucho más alejados de la fuente por su periodo de vida, lo que genera contaminantes durante todo el recorrido del viento. Influye además la

época seca en el aumento de la concentración de los productos de degradación por la radiación alta que se presenta en periodos de verano.

En la tabla 10. Se relacionan los tiempos de vida de algunos COV que se identificaron en las emisiones del relleno.

Tabla 10. Tiempos de vida troposféricos estimados para compuestos orgánicos

COMPUESTO	Tiempo de vida debido a la reacción con		
	OHa	O3b	NO3c
Tolueno	2.4 días		1.9 años
M+p-Xileno	7.4 h	1.9 h	200 días

a Concentración de OH en 12 h,  $1.5 \times 10^6$  moléculas  $\text{cm}^{-3}$  (0.06 ppt)

b Concentración promedio de O3,  $7 \times 10^{11}$  moléculas  $\text{cm}^{-3}$  (30 ppb)

c Concentración promedio de NO3,  $2.4 \times 10^7$  moléculas  $\text{cm}^{-3}$  (1 ppt)

Como se ve, los tiempos de vida son relativamente largos, lo que sugiere que hay presencia de ellos (sin combinarse) a unos 25 Km de distancia por su estabilidad. Asumiendo una velocidad de viento de 4.4 m/s y una distancia de 25 Km, un contaminante tardaría en llegar en 1.58 horas, sin tener en cuenta la dispersión y otros fenómenos más complejos que pueden suceder a causa de la migración de contaminantes y de sus reacciones en la atmósfera. Este valor puede decir que si el tiempo de vida de un compuesto es mucho menor a él, entonces reaccionara en el recorrido, si es cercano reaccionará en el sitio y si el valor es mayor, el contaminante reaccionara en un sitio más alejado produciendo contaminación secundaria en otros sitios de Oicatá, en zonas rurales o en la estratosfera cuando se trata de compuestos muy estables.

### 3.3. ÁCIDO SULFÚDRICO

Otro de los gases emitidos por el RS es el ácido sulfúdrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) cuyo principal efecto es la generación de olores desagradables. Este compuesto al entrar en la atmósfera reacciona y produce entre otros el Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) que puede ocasionar efectos adversos en

salud como obstrucción severa de las vías respiratorias, hiperreactividad bronquial, conjuntivitis, irritación de las mucosas, tos, incremento en el ritmo cardiaco y exacerbaciones de enfermedades cardiovasculares.

El ácido sulfhídrico es producido en la naturaleza por la descomposición anaerobia de compuestos inorgánicos u orgánicos azufrados. El problema radica en que el compuesto representa un serio riesgo para la salud, para el mismo relleno sanitario por su toxicidad, corrosión, reducción del desempeño, olor desagradable entre otros. (Fuentes: TLVs for Chemical Surfaces in the Work Environment, 1986).

Para la salud humana, el olfato puede detectar el olor de huevo podrido a una concentración de 0.4 partes por billón (ppb). La concentración pico para 10 minutos de exposición según la OSHA es de 50 ppm y la cantidad máxima de exposición es de 10 ppm según NIOSH y de 20 ppm según OSHA. Finalmente la exposición a concentraciones mayores a 300 ppm por 30 minutos es letal.

A continuación se listan varias concentraciones Co sus posibles efectos físicos.

Tabla 11. Efectos a la salud del H<sub>2</sub>S según la concentración.

Concentración (ppm)	Efecto físico
10	Valor límite de umbral, exposición de 8 h. Olor obvio y desagradable.
15	Límite de 15 min de exposición durante un periodo continuo de 8 h.
100	Pérdida del sentido del olfato en 3 a 15 min. Ardor en los ojos y garganta
300	Inmediatamente peligroso para la vida y la salud
500	Mareo, falta de respiración en pocos minutos, necesidad urgente de respiración artificial
700	Pérdida del sentido, muerte si no se hace n pronto rescate

1000	Inconsciente al momento, muerte en pocos minutos
------	--

Fuentes: TLVs for Chemical Surfaces in the Work Environment, 1986

De esta forma es importante la remoción de H<sub>2</sub>S de las corrientes gaseosas y con ello evitar problemas en la salud de la comunidad.

### 3.1. Descripción general del procedimiento.

Para la determinación de las concentraciones de H<sub>2</sub>S en aire se utilizó un detector marca ToxiRAE Plus. Cuenta con las siguientes características para la medición de H<sub>2</sub>S:

- Rango de operación: 0-200 ppm.
- Rango normal de temperatura: 0 –40°C
- Lectura instantánea en ppm actualizada cada segundo.
- STEL: Valor de las lecturas promedio de los últimos 15 minutos, la lectura es actualizada cada minuto.
- TWA: son las mediciones acumuladas de la concentración del gas dividida por 8 horas desde que la unidad fue encendida. La lectura es actualizada cada minuto.
- Valor pico: es la máxima lectura de la concentración del gas desde que la unidad fue encendida. La figura 10 muestra una fotografía del equipo empleado.

Para lograr una caracterización del olor desagradable por H<sub>2</sub>S, se muestrearon 43 puntos para de esta manera obtener una serie de datos que permitan realizar una valoración objetiva. En la tabla 11 se listan dichos puntos con los valores en ppm de H<sub>2</sub>S obtenidos.



Figura 9. Equipo ToxiRAE Plus de medición de H<sub>2</sub>S.

En el anexo 1. Plano 2 se ve la distribución de las curvas de isoconcentración para H<sub>2</sub>S.

**Tabla 9. CONCENTRACIÓN DE H<sub>2</sub>S en diferentes puntos de Oicatá**

<b>Punto</b>	<b>Referencia</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>H<sub>2</sub>S en ppm .</b>
1	Entrada al relleno	01083.862	01108.844	0.2
2	Limite Tunja Oicatá	01083.986	01108.912	0.2
3	Poste entrada Mariño	01084.147	01109.044	0.3
4	Casa Emelina Murillo	01084.424	01109.139	0.3
5	Casa Laur. Fautoque	01084.755	01109.476	0.3
6	Entrada Rodríguez	01084.979	01109.547	0.3
7	Casa Margarita Boyacá	01085.610	01109.361	0.3
8	Casa Aquilino Boyacá	01085.861	01109.270	0.3
9	Bocatoma las cebollas	01084.927	01108.229	0.4
10	Casa Faustino Gonza	01085.418	01108.523	0.3
11	Lim. Chiva-Tunja-Oicat	01085.502	01107.857	0.3
12	Casa Pedro Socongocha	01085.538	01108.099	0.3
13	Casa Joaquín Piamonte	01086.470	01109.162	0.2
14	Poste Finca Mateo Barón	01087.113	01109.302	0.2
15	Casa Rodolfo Cruz	01087.065	01110.078	0.1
16	Cabaña Henry Pedraza	01087.095	01110.653	0.1
17	Casa Dámaso Quito	01086.777	01110.830	0.1
18	Casa Justo Rios	01086.349	01110.812	0.1
19	Puente el Barranco	01085.956	01110.749	0.1
20	Casa Ricardo Cuchivague	01085.439	01110.567	0.2
21	Costado Norte parque	01085.274	01110.633	0.2
22	Costado occidente parque	01085.164	01110.562	0.2
23	Esquina colegio SEC A	01085.078	01110.406	0.2
24	Casa Agapito Faqua	01084.753	01110.893	0.2
25	p. río carre. Oicatá-Tunja	01084.606	01111.359	0.2
26	Casa Hernán Quinchanegua	01083.975	01110.488	0.3
27	Esquina pinares	01085.416	01110.476	0.2
28	Casa Piamontesa centro	01085.353	01110.305	0.2
29	Casa Mari Mora centro	01085.265	01110.338	0.2
30	Esquina capilla	01085.184	01110.380	0.2
31	Lim.tunja río en rancho	01083.190	01108.769	0.3
32	Casa Italo car. Antigua	01083.083	01108.829	0.3
33	Puente snta Susana	01083.274	01109.126	0.2
34	Casa Efrén Arias vía an	01083.479	01109.724	0.2
35	Puente rio finca Ruiz	01086.401	01112.989	0.1
36	Carretera ant. 1.chircal	01086.349	01113.105	0.1
37	Car. Antigua chircal blo	01087.109	01113.646	0.0
38	Car. Antigua chircal	01087.230	01113.694	0.0
39	Escuela mar Islam	01087.900	01114.249	0.0
40	car. antig. Vitrifi-Oicatá	01088.149	01114.960	0.0
41	Púen el volcán río chulo	01088.217	01115.110	0.0
42	Puent.rio estación -Caibo	01088.120	01115.637	0.0
43	El mortiañal	01087.683	01116.516	0.0

---

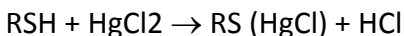
### 3.1.1 Mercaptanos

Los mercaptanos son ácidos débiles, cuyo estado natural es líquido incoloro. Aquellos con menos de nueve átomos de carbono generan olores desagradables. Estos compuestos reaccionan con ácido carboxílico para formar ti esterres y agua y en presencia del oxígeno del aire y de amoniaco se oxidan para formar di sulfuros. Los compuestos de sulfuros metilados han sido detectados en una amplia variedad de ambientes, sin embargo, se conoce muy poco acerca de sus fuentes originales y tasas biológicas. (Fuente: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano- Manual Química).

### 3.1.2 Metodología

El método utilizado para la medición de mercaptanos es el colorimétrico. Se basa en una reacción química, la cual al desarrollarse presenta un cambio de color en el tubo y la concentración depende de la extensión del cambio de color. Para mercaptanos el cambio es de amarillo claro a rosado

La reacción química es



Rango de concentración detectable: 0.5 – 10 ppm

- Toma de muestra:

Se toma en el sitio con ayuda de una bomba. Se utilizó la bomba Sensidyne Modelo AP 1S. En campo se obtiene la lectura la cual debe ser corregida por presión atmosférica. En la figura 10 se observa la bomba empleada y en la figura 11 se aprecia algunos de los tubos usados.



Figura 10 Bomba Sensidyne Modelo Ap 15



Figura 11. Tubos calorimétricos detectores de Mercaptanos.

▪ Procedimiento

1. Romper el tubo por ambas puntas con la parte final de la bomba, teniendo precaución en no cortarse, utilizando guantes.
2. Insertar el tubo en la bomba teniendo en cuenta la marcación en el tubo calorimétrico.
3. Alinear las guías (puntos rojos de la bomba).



4. Halar la manija medio (1/2) bombazo y esperar 30 segundos o hasta que el indicador del flujo de la bomba indique que la muestra está completada, registrar la lectura hasta la parte superior de la capa teñida. Seguir halando hasta completar el bombazo, esperar 30 segundos y registrar nuevamente la lectura. Si la lectura es menor a 1 ppm, dar otro bombazo completo, esperar 1 minuto y registrar la lectura.

En la figura 12 se esquematiza la forma de muestreo y medida con la bomba y el tubo.

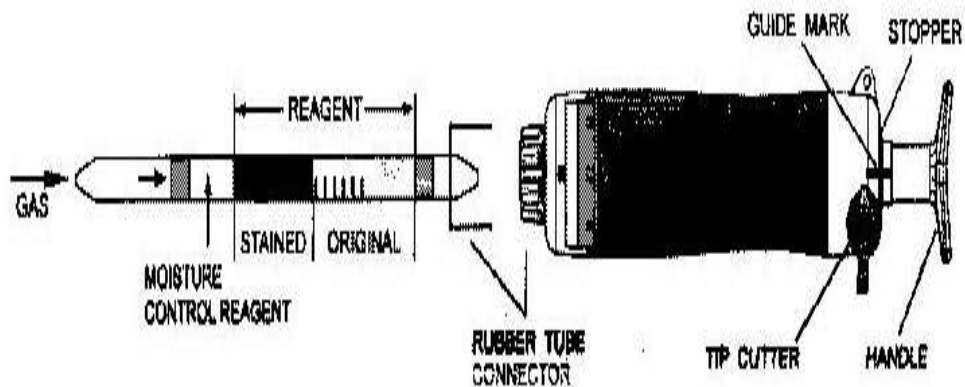


Figura 12. Procedimiento para la toma de mercaptanos en el aire (Meteor-3 y Earth Probe. 1978-1999).

- Resultados

En siguiente tabla se dan los resultados obtenidos de la campaña de muestreo realizada para mercaptanos. En el anexo 1 plano 3. Se observan las curvas de isoconcentración para mercaptanos

### 3.1.3 Material Particulado

La presencia de altos niveles de material particulado en la atmósfera pueden tener graves consecuencias directas o indirectas sobre el ser humano a continuación son descritos los principales efectos.

### 3.1.4 Efectos en la salud humana.

Los resultados inmediatos a una exposición a los contaminantes atmosféricos son la irritación de los ojos, piel, garganta y del sistema nasofaringe o presentándose efectos agudos o crónicos. Las partículas al ser inhaladas viajan en dirección a los pulmones si las defensas del sistema respiratorio lo permiten. Dependiendo del tamaño de las partículas, la capacidad del daño del sistema respiratorio varía. Las partículas mayores a  $15\ \mu\text{m}$  se retienen en las vellosidades de la nariz y pueden ser expulsados, entre  $15$  y  $10\ \mu\text{m}$  pueden ingresar a la tráquea y las que varían entre  $10$  y  $6\ \mu\text{m}$  pueden ingresar al esófago. Las menores a  $5\ \mu\text{m}$  logran alcanzar los bronquios y aún más peligrosamente los alvéolos, produciendo la enfermedad conocida como pneumoniosis. (Fuente: Environmental Research Foundation. 1998. Landfills are dangerous. Publicación semanal No.617 del Semanario Rachel's Environment and Health News. Estados Unidos de América).

En la figura 13 se observa las fracciones de deposición en la región alveolar y la traqueo-bronquial para aerosoles monodispersos en función del diámetro de las partículas para un adulto saludable.

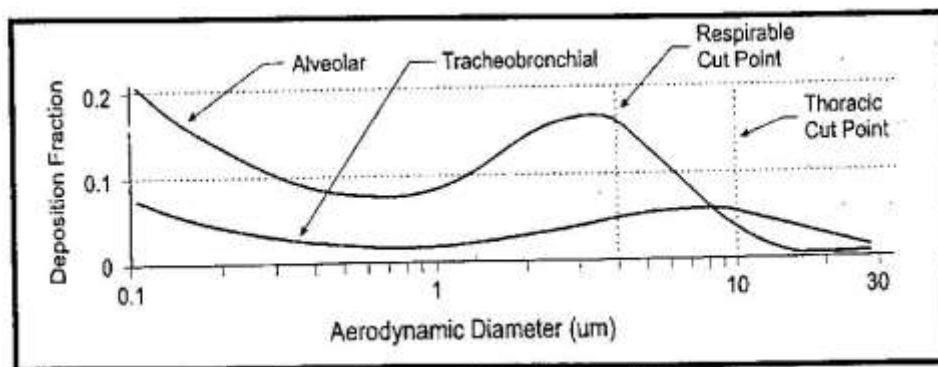


Figura 13. Deposición de partículas en el sistema respiratorio (UNESCO 2000)

Las partículas más pequeñas pueden depositarse en los pulmones y a su vez arrastrar sustancias tóxicas y metales. Irritando los tejidos y produciendo afecciones respiratorias

---

como la fibrosis en la cobertura pulmonar y resultando en enfermedades importantes como la silicosis la asbestosis o el cáncer pulmonar. La exposición a material particulado también genera bronquitis crónica, disminución de la función respiratoria, incremento de los ataques de asma y está estrechamente relacionado con el incremento en las tasas de mortalidad. (Autor años 2009 y 2010).

### **3.1.5 Efectos en la salud de los animales.**

Aunque no se tiene mucha información al respecto, se ha comprobado por ejemplo que el ganado que pastorea cerca de industrias de ladrillo desarrolla fluorosis, la cojera y la rigidez de las articulaciones y es bajo en la producción de leche.

### **3.1.6 Efectos en las Plantas**

Al depositarse el polvo y el hollín en las hojas de las plantas se bloquean los poros de estas, restringiendo la absorción de CO<sub>2</sub> y el paso de la luz. Esto reduce el proceso de fotosíntesis y aumenta la pérdida de agua por transpiración. También se presentan daños directos debidos a cambios en el pH de las células. Dichos efectos alteran el proceso de crecimiento de la planta y por tanto reducen el valor de las cosechas y el rendimiento agrícola de la región. (NIEHS, 2002).

### **3.1.7 Efectos sobre el clima**

La contaminación atmosférica tiene variados efectos sobre zonas pobladas ya que en ellos se manifiestan cambios en el micro meteorología que pueden alterar el ciclo hidrológico y meteorológico de una localidad. Un gran número de partículas en suspensión pueden incrementar la turbidez de la atmósfera y por ende reducir la cantidad de radiación solar que llega a la superficie. Las partículas absorben y reflejan la radiación solar generando hasta una reducción de hasta el 15 – 20% en zonas contaminadas como se muestra en los datos de la Tabla 12 para diferentes concentraciones de aerosol en la atmósfera. El

material particulado tiene un efecto más acentuado en la reducción de la radiación solar en los rangos ultravioleta que en los rangos infrarrojas. (NIEHS, 2002).

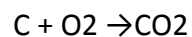
Tabla 12. Relación aproximada entre concentraciones atmosféricas de aerosol y niveles de radiación solar relativos.

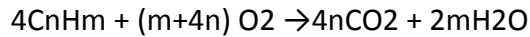
Concentración de aerosol $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Radiación solar Total %	% del valor para 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Ultravioleta
50	105	104
100	100	100
200	95	92
400	90	77

De igual forma, las partículas actúan como núcleos de condensación al estar suspendidos en la atmósfera, lo que juntado con el incremento de emisiones de vapor, puede aumentar la cantidad de nubes sobre la localidad hasta en un 10% la precipitación pluvial al igual que la niebla y la neblina. Los materiales y las estructuras son averiados o corroídos por las partículas que se depositan sobre ellas. La limpieza constante de los elementos urbanos y rurales también pueden elevar los costos de mantenimiento.

### 3.1.8 Generación de material Particulado en la combustión del carbón.

La combustión se define como el proceso de oxidación de un estado gaseoso en condiciones rápidas y de altas temperaturas. Para que esta sea efectiva, el combustible deberá estar en contacto directo con el oxígeno a alta temperatura y por un periodo de tiempo suficiente. En general, el propósito es la producción de calor, lo que idealmente debería conducir a la producción de  $\text{CO}_2$  Y  $\text{H}_2\text{O}$  únicamente. (Jaramillo, 2001).





Si las reacciones en cadena se ven interrumpidas o si localmente no hay suficiente oxígeno, se generaran productos intermedios de oxidación (en general nocivos). Este proceso se denomina combustión incompleta o pirolisis. El hecho de que la combustión sea completa depende del tiempo de residencia y de la distribución de temperatura y oxígeno. La combustión debería idealmente producirse a temperaturas superiores a 816°C ya que de esta manera se destruyen todos los vapores orgánicos y aerosoles. En comparación a otros procesos de combustión se puede decir que la combustión del carbón es una de las más complejas y por lo tanto una de las que más contaminantes genera. Para entender la combustión del carbón, se puede tomar como modelo, la combustión de una partícula aislada de este combustible. A medida que las partículas se calientan por radiación o convección, su parte volátil comienza a evaporarse. Los productos iniciales de gasificación contienen carbono e hidrogeno en parte debido a la ruptura de enlaces aromáticos en el carbón. La fracción volátil puede a su vez reaccionar con el oxígeno disponible. Adicionalmente, durante el proceso de gasificación (“distillation”), se generan compuestos intermedios provenientes de 4 especies orgánicas e inorgánicas de sulfuro. Finalmente una porción de material mineral del carbón se vaporiza para luego condensarse y formar partículas inferiores a 1 µm.

Al final de la gasificación, el material carbonaceo se quema completamente si representan las condiciones adecuadas para la combustión completa. Un diagrama esquemático del proceso anteriormente descrito se presenta en la figura 14.

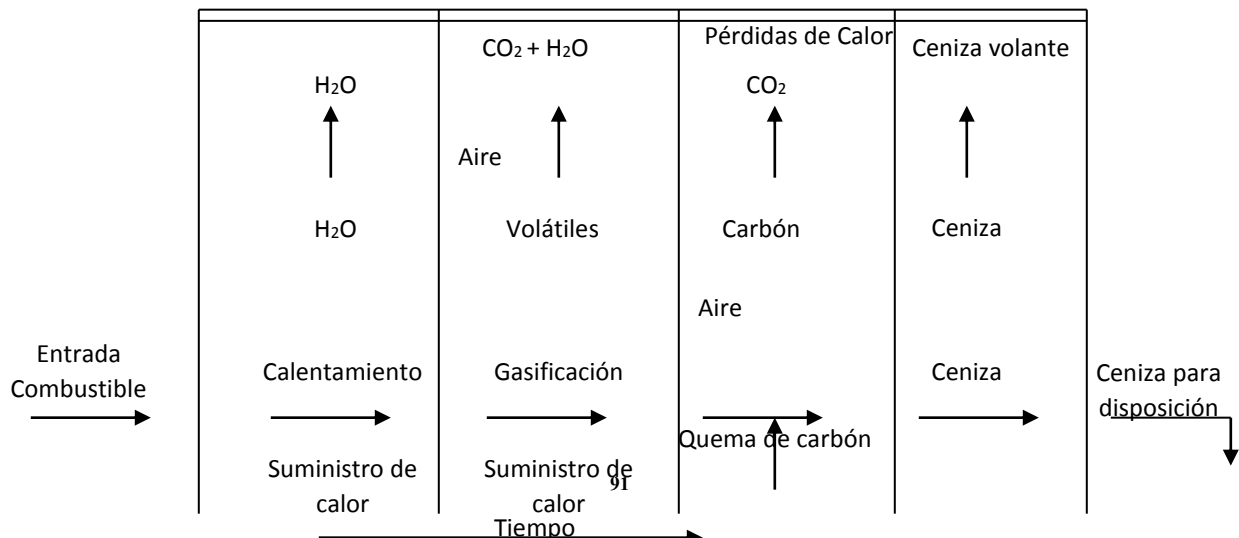




Figura 14. Diagrama esquemático de la combustión del carbón. (W.E., Seaker 1982)

### **3.1.9 Material Particulado generado por los procesos de combustión.**

Según el tamaño de partícula y composición, los procesos de combustión pueden producir los siguientes tipos de partículas:

1. Partículas entre 0.1 y 1  $\mu\text{m}$  que se generan por la vaporización de materiales que se condensan posteriormente.
2. Partículas por debajo de 0.1  $\mu\text{m}$  que consisten en cúmulos moleculares inestables de corta duración producidas por diferentes reacciones químicas.
3. Cenizas y partículas de 1  $\mu\text{m}$  o mayores liberadas por los procesos mecánicos.
4. Cenizas muy finas que se escapan al intervenir aspersiones de combustibles líquidos.
5. Hollín producido por la combustión parcial de combustibles fósiles.

En general para el estudio de la emisión de material Particulado por la combustión de carbón se puede subdividir el material en dos fuentes principales: el hollín (“soot”) y la ceniza volante (“fly ash”).

## **3.2 HOLLÍN**

Esquemáticamente se puede decir que estas partículas carbonáceas se componen de un núcleo de carbono negro (“black carbon o BC”<sup>1</sup>) cubierto de Material Orgánico Particulado (POM) condensado. Es importante aclarar que los dos tipos pueden aparecer entremezclados. (Hesketh, 1979).

---

<sup>1</sup> El término “black carbon” es difícil de definir. En este trabajo se asumirá la definición de Hansen (1991)

---

### **3.2.1 Carbono negro (BC)**

El carbono negro consiste de partículas primarias carbonáceas de diámetro inferior a 0.2 µm cuya estructura se asemeja a la de grafito siendo asociadas con enlaces C-O. El BC es generado en la llama de combustión por procesos extremadamente complejos. Es la única especie de aerosol óptimamente absorbente, es insoluble en solventes polar y no polar y estable en atmósferas de oxígeno puro hasta una temperatura de 350°C. También posee propiedades de microcristalinidad y muestra las líneas espectrales Raman, características del grafito.

### **3.2.2 Material Orgánico Particulado. (POM)**

Los POM se suelen catalogar en los siguientes grupos:

1. Hidrocarburos. Alcanos, alquinos y grupos aromáticos asociados a cadenas alifáticas en el rango de C17-C37.
2. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH). Algunos son compuestos cancerígenos confirmados. De las 15 clases de PAH que existen, hasta 12 se pueden encontrar en el hollín o gases de combustión del carbón. Algunas investigaciones aseguran que los niveles de PAH y BC están estrechamente relacionados.
3. Hidrocarburos oxidados. Ácidos, aldehídos, cetonas, quinonas, fenoles y esterés, al igual que los poco estables epóxidos y peróxidos. Se producen directamente en la combustión o en relativamente lentos procesos de oxidación atmosférica.
4. Compuestos Órgano-nitrogenados. Azárenos y otros.
5. Compuestos Órgano-azufrados. Compuestos de azufre heterocíclicos tales como el benzotásol.

Los POM son generados en combustión incompleta. Cuando las especies volátiles alcanzan una concentración en su fase gaseosa que excede su concentración de equilibrio (determinada por su presión de vapor), se genera una fuerza de origen termodinámico que produce un núcleo de condensación. Dichos núcleos crecen por procesos de condensación y coagulación hasta llegar a un diámetro donde la condensación disminuye.

La formación de partículas secundarias de la combustión también proviene de la conversión gas-partícula de gases liberados en los procesos de combustión tales como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y NH<sub>3</sub>, los cuales forman correspondientemente SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Es importante aclarar que los POM y los compuestos arriba mencionados pueden formar aerosoles Orgánicos Secundarios (SOA) en la atmósfera debido a complejas reacciones químicas en la troposfera las cuales involucran los principales agentes oxidantes de la atmósfera (NO<sub>3</sub>, OH y O<sub>3</sub>).

El hollín se genera entonces a partir de núcleos de partículas de 5 a 20 nm de diámetro compuestos de material carbonaceo parcialmente oxidado, a veces mezclado con óxidos metálicos. Estas partículas se coagulan rápidamente formando agregados de forma fractal, que a su vez se transforman en estructuras más compactas de diámetros de algunas decenas de nanómetros bajo la influencia de las fuerzas capilares de vapores que están condensando en el momento. También se pueden encontrar cantidades significativas de azufre en la superficie del hollín.

La razón BC/POM depende de los factores tales como la temperatura, la fuente y el proceso de combustión. Paradójicamente, las combustiones más eficientes producen razones más altas. Para partículas que consisten principalmente de grafito se pueden esperar densidades de 2.25 g/cm<sup>3</sup>. Si la fracción orgánica es la predominante, los vacíos dentro de la partícula aumentan reduciendo la densidad al rango de 0.625-1.5 g/cm<sup>3</sup>. La morfología de las partículas carbonáceas de mayor tamaño (>20 μm) emitidas por la combustión del carbón varía dependiendo de la fuente. Pueden ser esféricas o prismáticas y su superficie también puede tener varias características. (FUENTE: D. Shindell et al. Simultaneously Mitigating Near-Term Climate Change and Improving Human Health and Food Security. Science. 2012).

### **3.2.3 Ceniza**



El Carbón tiene generalmente un porcentaje de material inorgánico mineral en su composición. En el proceso de combustión este se convierte en ceniza. La ceniza consiste principalmente de aluminosilicatos con una capa superficial de sulfatos y generalmente se presenta en el rango de partículas gruesas.

### 3.2.4 Agua superficial.

La hidrósfera es parte integral del medio natural y en ella existe una gran proporción de las formas de vida del planeta, donde se realiza prácticamente toda la actividad humana. En esta esfera se presenta uno de los elementos esenciales para la vida y el desarrollo de la sociedad: el agua.

### 3.2.5 Agua potable

Se realizó una caracterización de la calidad de agua potable de la fuente Cebollas. En la siguiente tabla se muestran los análisis de resultados.

Tabla 13. Análisis Físicoquímico y microbiológico del agua potable Cebollas

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO	UNIDAD
CALIDAD FISICA			
Color verdadero	Espectrofotómetro	0	Und- Pt-Co
Turbiedad	Nefelométrico	3.6	UNT
Sólidos totales	Sexado 103 – 105°C	135	mg/L
CALIDAD QUÍMICA			

Ph	Electrométrico	7.4	Unidades
Conductividad	Electrométrico	129	μS/cm
Nitritos	Colorimétrico	2	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Nitratos	Reducción de Cadmio	9.7	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Cloro libre	Colorimétrico	0	mg/L Cl
Cloruros	Potencio métrico	5.1	mg / L Cl <sup>-</sup>
Sulfatos	Turbidimetro	39	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
Ortofosfato	Ácido Ascórbico	1.0	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>
Acidez total	Titulación con NaOH	31	mg/L CaCO <sub>3</sub>
Alcalinidad Total	Titulación con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3	mg/L CaCO <sub>3</sub>
Dureza total	Titulación con EDTA	30	mg/L CaCO <sub>3</sub>
Hierro Total		0.8	mg/L Fe
<b>CALIDAD MICROBIOLÓGICA</b>			
Coliformes Totales	Filtración por membrana	54	UFC/ 100 ml
Coliformes fecales	Filtración por membrana	21	UFC/100 ml

Los parámetros químicos analizados se encuentran dentro de los límites permisibles para agua potable de cetero 475/98, a excepción de fosfatos, hierro total y cloro libre residual. Se presenta contaminación microbiológica por coliformes Totales y Fecales. Se recomienda recalibrar las condiciones de operación de la planta compacta de potabilización de tal forma que cumpla con los requisitos mínimos de ley.



Foto: tanques de agua potable Oicatá

### 3.2.6 Agua residual

Se realizó un muestreo compuesto del agua residual que pasa por el municipio de Oicatá. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

CALIDAD DE LA MUESTRA		INFORMACION DEL AFORO				CALCULOS				
Muestra	Hora	Largo, m L	Ancho, m a	Profundidad, m p	Tiempo, s T	V sup., m/s Vs	Vmedia, m/s Vm	Area, m <sup>2</sup> A	Caudal puntual, lps q	Vol alícuota, ml Va
1	06:10	2,000	1,700	0,600	2,810	0,712	0,427	1,020	435,587	105,897
2	07:10	2,100	1,600	0,610	2,900	0,724	0,434	0,976	424,055	103,094
3	08:10	2,200	1,600	0,600	2,900	0,759	0,455	0,960	436,966	106,232
4	09:10	2,200	1,450	0,620	2,900	0,759	0,455	0,899	409,200	99,482
5	10:10	2,200	1,700	0,590	2,700	0,815	0,489	1,003	490,356	119,212
6	11:10	2,200	1,750	0,600	2,700	0,815	0,489	1,050	513,333	124,798

7	12:10	2,200	1,850	0,700	2,720	0,809	0,485	1,295	628,456	152,786
8	13:10	2,200	1,870	0,700	2,700	0,815	0,489	1,309	639,956	155,582
9	14:10	2,200	1,900	0,700	2,680	0,821	0,493	1,330	655,075	159,257
10	15:10	2,200	2,000	0,650	2,650	0,830	0,498	1,300	647,547	157,427
11	16:10	2,200	2,000	0,590	2,900	0,759	0,455	1,180	537,103	130,577
12	17:10	2,200	2,100	0,650	2,900	0,759	0,455	1,365	621,310	151,049
13	18:10	2,200	2,100	0,730	2,800	0,786	0,471	1,533	722,700	175,698
14	19:10	2,200	2,000	0,700	2,800	0,786	0,471	1,400	660,000	160,455
15	20:10	2,200	1,900	0,700	2,800	0,786	0,471	1,330	627,000	152,432
16	21:10	2,200	1,800	0,650	2,900	0,759	0,455	1,170	532,552	129,471
17	22:10	2,200	1,700	0,600	2,600	0,846	0,508	1,020	517,846	125,895
18	23:10	2,200	1,700	0,650	2,750	0,800	0,480	1,105	530,400	128,947
19	#####	2,200	1,600	0,550	2,800	0,786	0,471	0,880	414,857	100,857
20	01:10	2,200	1,600	0,500	2,900	0,759	0,455	0,800	364,138	88,527
21	02:10	2,200	1,600	0,500	2,700	0,815	0,489	0,800	391,111	95,084
22	03:10	2,200	1,550	0,400	2,700	0,815	0,489	0,620	303,111	73,690
23	04:10	2,200	1,600	0,550	2,750	0,800	0,480	0,880	422,400	102,691
24	05:10	2,200	1,600	0,550	2,800	0,786	0,471	0,880	414,857	100,857

Caudal promedio: 514.16 lps. Total muestra 3000 ml.

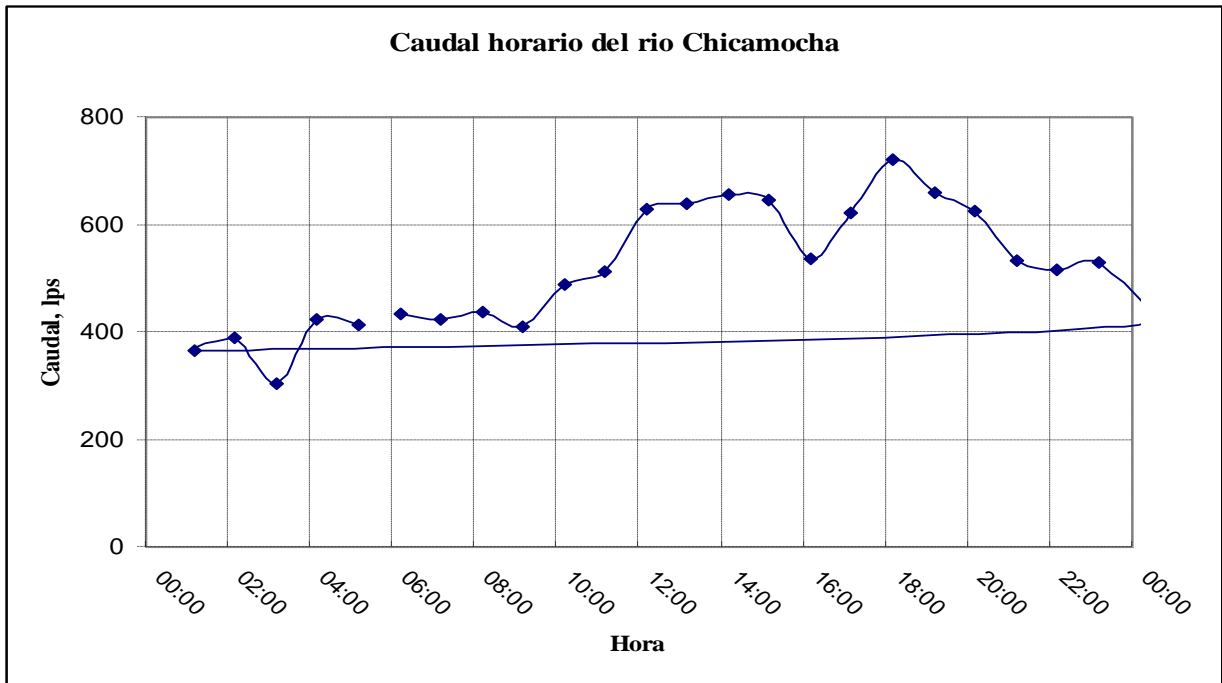


Figura 15. Perfil del caudal horario rio Chicamocha

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del análisis de laboratorio del agua residual.

Tabla 14. Análisis Físicoquímico y microbiológico del agua residual Rio Chicamocha

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO	UNIDAD
CALIDAD FISICA			
Color verdadero	Espectrofotómetro	147	Und- Pt-Co
Turbiedad	Nefelométrico	79.5	UNT
Sólidos totales	Secado 103 – 105°C	415	mg/L
CALIDAD QUÍMICA			
Ph	Electrométrico	7.4	Unidades

Conductividad	Electrométrico	691	μS/cm
Nitrógeno Amoniacal		25.2	mg/L NO3
Nitrógeno Total	Kjeldah	43.1	mg/L NH3
Detergentes	Cristal violeta	6	mg/L
Yodo	Espectrofotometría	3.2	mg / L I2
Níquel	Heptoxima	0.2	mg/L Ni
Plomo	Ditizona	23	μg/L Pb
Sulfuros	Azul de metileno	0.2	mg/L S2
Sulfatos	Turbidimetro	61	Mg/L SO4=
Orto fosfatos	Ácido Ascórbico	8.9	Mg/L PO4-3
Sílice	Heteropoli Azul	1.2	Mg/L SiO2
Alcalinidad Total	Titulación con H2SO4	173	mg/L CaCO3
Dureza total	Titulación con EDTA	90	mg/L CaCO3
Acidez Total	Titulación con NaOH	47	mg/L CaCO3
Bromo		1.7	mg/L Br2
Cadmio		26	μg/L Cd
Bario		46	mg/L Ba
DBO5		107	mg/L O2
DQO		193	mg/L O2
Cromo Hexavalente		0.4	mg/L Cr+6
Manganeso		3.8	mg/L Mn
Grasas y aceites		8	mg/L
Hierro Total		2.7	mg/L Fe

CALIDAD MICROBIOLÓGICA			
Coliformes Totales	Filtración por membrana	5800	UFC/ 100 ml
Coliformes fecales	Filtración por membrana	2600	UFC/100 ml

### 3.2.7 Compuestos olorosos en aguas residuales.

Estos compuestos incluyen tanto gases inorgánicos como orgánicos y vapores, los cuales se producen como resultado de la actividad biológica en el agua o por descarga directa de desechos químicos. Muchas de estas sustancias son compuestos reducidos, resultantes de la descomposición anaerobia de la materia orgánica que contiene sulfuro y/o nitrógeno. Los gases comúnmente referidos como emisiones de las aguas residuales incluyen ácido sulfhídrico, amoníaco, dióxido de carbono y metano, los dos primeros son olorosos. También pueden existir emisiones de compuestos altamente olorosos como los mercaptanos, sulfuros orgánicos y aminas.

En la tabla 15 se presenta una lista de compuestos olorosos, presentes típicamente en las aguas residuales, con información referente a la fórmula química, peso molecular, volatilidad, umbral de detección de reconocimiento y carácter.

Tabla 15. Compuestos olorosos en aguas residuales.

Nombre del compuesto	Fórmula química	Peso molecular	Volatilidad a 25°C ppm(v/v)	Umbral de detección de olor ppb (v/v)	Umbral de reconocimiento de olor ppb (v/v)	Carácter o palabra descriptiva del olor
Compuestos con azufre						
Allyl mercaptan	CH <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> SH	74		0.1	1.5	Disagreeable, garlic (ajo)

Amyl mercaptan	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{SH}$	104		0.3		Unpleasant, putrid
Methyl mercaptan	$\text{CH}_3\text{SH}$	48	Gas	0.5	1.0	Rotten cabbage
Thiocresol	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SH}$	124		0.1		Skunky (zorrillo) irritating
Ethyl mercaptan	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$	62	710000	0.3	1.0	Decayed cabbage
Propyl mercaptan	$\text{C}_3\text{H}_7\text{SH}$	76	220000	0.5	20.0	Unpleasant
Benzyl mercaptan	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{SH}$	124		0.2	2.6	Unpleasant, strong
Phenyl mercaptan	$\text{C}_6\text{H}_5\text{SH}$	110	2000	0.3	1.5	Putrid, garlic
Dimethyl sulfide	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	62	830000	1.0	1.0	Decayed cabbage
Diphenyl sulfide	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	186	100	0.1	2.1	Unpleasant
Hydrogen sulfide	$\text{H}_2\text{S}$	34	Gas	0.5	4.7	Rotten eggs
Sulfur Dioxide	$\text{SO}_2$	64	Gas	2700	4400	Pungent, irritating
Compuestos con nitrógeno						
Ammonia	$\text{NH}_3$	17	Gas	17000	37000	Pungent, irritating
n-Butyl amine	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$	73	93000	80.0	1800	Sour



Ethyl amine	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	45	Gas	270	1700	Ammonialike
Methyl amine	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	31	Gas	4700		Putrid, fishy
Dibutyl amine	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> NH	129	8000	16		Fishy
Disopropyl amine	(CH <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> NH	101		130	380	Fishy
Dimethyl amine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	45	Gas	340		Putrid, fishy
Indole	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH	117	360	0.1		Fecal nauseating
Trimethyl amine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	59	Gas	0.4		Pungent, fishy
Piridine	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	79	27000	660	740	Pungent, irritating
Skatole	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> N	131	200	1.0	50	Fecal, nauseating
Otros compuestos						
Acetaldehído	CH <sub>3</sub> CHO	44	Gas	67.0	210	Pungent, fruity
Ozone	O <sub>3</sub>	48	Gas	500		Pungent, irritating
Chlorine	Cl <sub>2</sub>	71	Gas	80	310	Pungent, suffocating

Como se observa muchos de los compuestos olorosos son gaseosos bajo condiciones atmosféricas normales o tienen una volatilidad significativa, además entre menor es el peso molecular del compuesto mayor es su volatilidad o capacidad de emisión a la atmosfera. Por otra parte, en la tabla se aprecia que los compuestos que contienen azufre tienen un umbral de detección muy bajo, y que en comparación con otros compuestos son los más fácilmente detectables y reconocibles.

Por otra parte los gases emitidos a la atmósfera desde un RS se dividen en gases principales, producidos en mayor cantidad y que proceden de la descomposición orgánica y oligogases. También se producen gases como el metano, el cual tiene características de combustión y explosividad en concentraciones que fluctúan entre 5 -15 %, especialmente cuando migra del lugar y se mezcla con el aire.

En la Tabla 16 se listan los gases principales típicos de un RS y se señala el porcentaje de los mismos dentro de la composición, este porcentaje depende de la antigüedad del RS.

Tabla 16. Composición de los gases en un RS

COMPUESTO GASEOSO	PORCENTAJE (base volumen seco)
Metano (CH <sub>4</sub> )	45 – 60
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	40 – 60
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	2 – 5
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	0,1 -1,0
Sulfuro (H <sub>2</sub> S), Bisulfuros, Mercaptanos	0,0 – 1,0
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	0,1 – 1,0
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	0,0 – 0,2
Monóxido de Carbono (CO)	0,0 – 0,2
Constituyentes cantidades trazas	0,01 – 0,6

Fuente: ARD: Agua residual doméstica. (a) Tchobanoglous. Gestión integral de residuos sólidos. Vol. I. 1994. (b) Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización, Vol I, 1995.

### 3.2.8 Mecanismo de generación de olores en cuerpos de agua

Los olores de compuestos que contienen azufre, presentes en aguas residuales, son los más fácilmente detectables por su bajo Umbral de Detección de Olor y entre ellos el ácido sulfhídrico es el principal compuesto observado en las aguas residuales.



Foto: agua contaminada –sustancias olorosas oicata

La concentración de una sustancia olorosa en el cuerpo de agua depende de muchos factores entre los cuales se encuentra.

- La existencia de ambientes anaerobios.
- La concentración de materia orgánica
- El pH del agua

La presencia de sustancias necesarias para la formación de compuestos reducidos (concentración de sulfatos en el caso de formación de sulfuros)

### **3.3 TEMPERATURA**

Presencia de iones o compuestos capaces de reaccionar con los compuestos reducidos (iones metálicos que reaccionan con el ácido sulfhídrico para general formas insolubles de sulfuro. Condiciones necesarias para la transferencia a la fase gaseosa, tales como la existencia de las gases agua/aire y la turbulencia del cuerpo de agua.

#### **3.3.1 Presencia de oxígeno disuelto, entre otros**

El proceso de generación de olores causados por sustancias azufradas puede resumirse en la siguiente figura, en la cual se incluye el mecanismo de emisión a la atmosfera a partir de burbujas que provienen directamente desde los sedimentos.

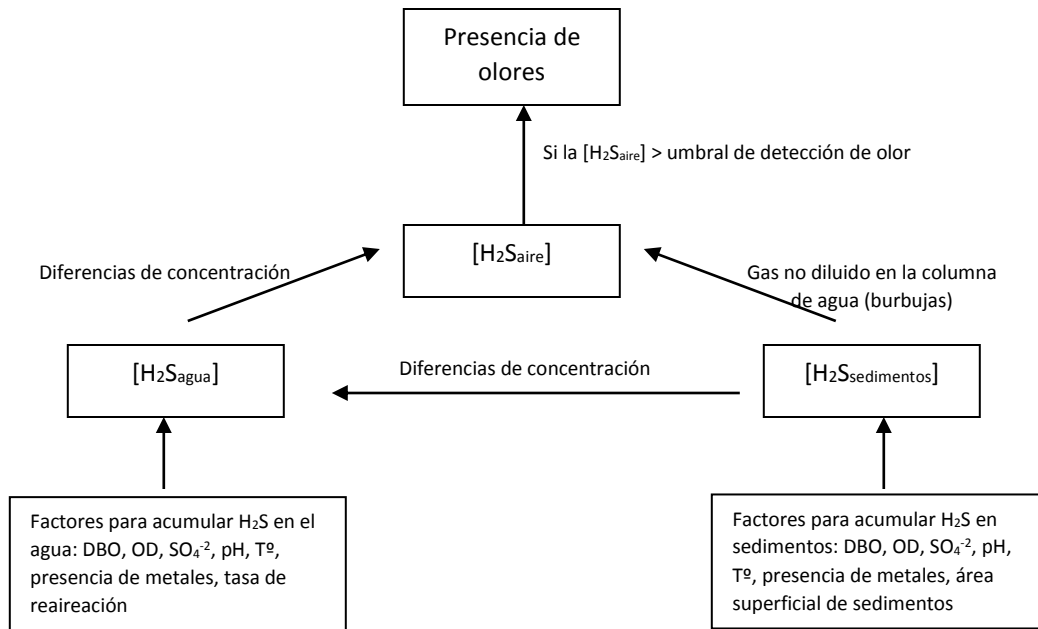


Figura 16. Proceso de formación de olores

### 3.3.2 La acumulación de sulfuros en el cuerpo de agua

(Fabian Mendez, Julio, 2006) La formación de sulfuros parte de un proceso microbiológico que tiene lugar bajo condiciones anaerobias. En el caso de ríos y alcantarillados ocurre principalmente en aquellos de gran longitud con bajas velocidades de agua e insuficiente re aireación. Allí, los sulfuros se producen en su mayoría en los sedimentos debido a su típica condición anaerobia. Adicionalmente cuando se presentan condiciones anaerobias en la columna de agua, también puede darse parte de la producción de sulfuros a ella, pero en una proporción mucho menor que a la de los sedimentos.

Cuando existen iones de metales en el cuerpo de agua, los sulfuros reaccionan con estos iones y forman sulfuros insolubles en agua, los cuales generalmente se precipitan. Por otra parte, cuando la columna de agua es aerobia, los sulfuros generados en los

---

sedimentos al transferirse a la columna de agua se oxidan, a una tasa que depende de la concentración de oxígeno disuelto presente.

### 3.3.3 Generación de organosulfuros y mercaptanos

Los mercaptanos son ácidos débiles, cuyo estado natural es líquido incoloro. Aquellos con menos de nueve átomos de carbono generan olores desagradables. Estos compuestos reaccionan con ácido carboxílico para formar tioésteres y agua y en presencia del oxígeno del aire y de amoníaco se oxidan para formar disulfuros. Los compuestos de sulfuros metilados han sido detectados en una amplia variedad de ambientes, sin embargo, se conoce muy poco acerca de sus fuentes originales y tasas biológicas.



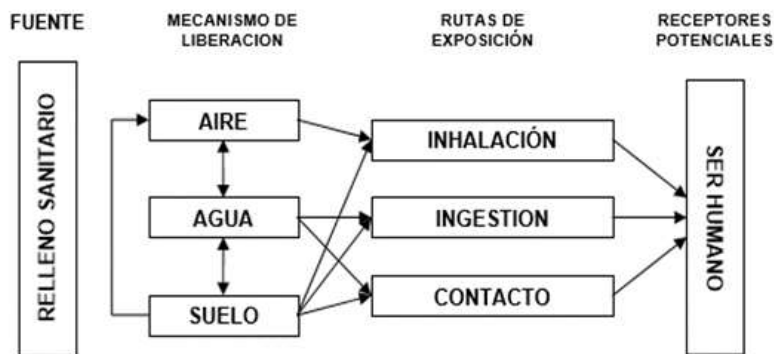
Foto: Toma de muestra Oicata

## 3.4 AGUAS SUBTERRÁNEAS

(López, 2008) El estudio del agua subterránea es importante para la realización de obras de ingeniería, para la ejecución de investigaciones geológicas y muy especialmente para el desarrollo de obras de captación de dicha agua con fines de abastecimiento para satisfacer las necesidades del hombre. Las formaciones geológicas en que se acumula el agua subterránea y que son capaces de cederla reciben el nombre de acuíferos. Los

acuíferos sirven como conductos de transmisión y como depósitos de almacenamiento. Como conductos de transmisión transportan el agua subterránea de las áreas de recarga, hacia lagos, pantanos, manantiales, pozos y otras estructuras de captación. Como depósitos de almacenamiento, los acuíferos actúan suministrando agua de sus reservas para ser utilizada cuando la extracción exceda a la recarga y, a la vez, almacenando agua durante los períodos en que la recarga resulta mayor que la extracción. Los contaminantes generados durante el proceso de estabilización de los residuos sólidos en un RS pueden contaminar las aguas (superficial y subterránea), el aire, el suelo (superficial y subsuelo), para luego ingresar al hombre ya sea por vía oral, aérea o por contacto. Un esquema de las potenciales rutas de exposición se muestra en la Figura 17:

Figura 17. Ruta de exposición a la contaminación generada en un RS



Fuente: Evaluación del impacto del relleno sanitario Doña Juana en la salud de grupos poblacionales en su área de influencia –Informe final.

Con base en la ruta de exposición y los efectos causados por la contaminación en salud, se elaboran unas normas ambientales, cuyos valores máximos permitidos garantizan que no se presenten problemas de salud. Las normas establecidas para tal fin son:

1. Decreto 1594 de 1984: aplica para uso del recurso hídrico y para la disposición final de lixiviados ya sea a una fuente superficial o a un alcantarillado.
2. Decreto 475 de 1998: aplica para agua potable.
3. Decreto 02 de 1982 y Resolución 1208 de 2003 del DAMA: norma de calidad del aire – inmisión: aire respirable.

### 3.4.1 Aguas Subterráneas en Oicatá

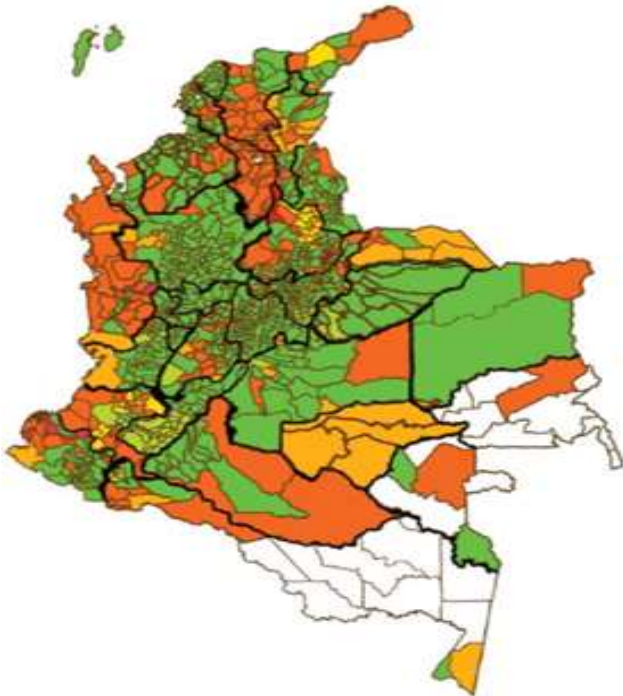
---

El municipio de Oicatá posee tres pozos de agua subterránea ubicados en las veredas de Guintiva, Forantiva y Centro. El caudal aportado en promedio por dicho medio es de 10 litros por segundo.

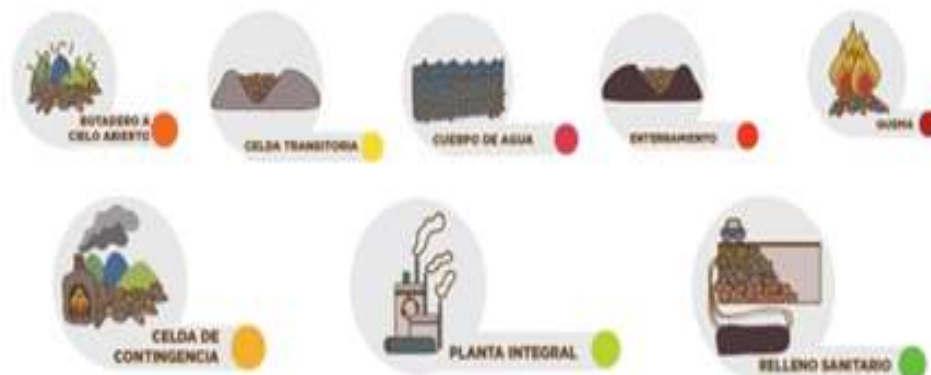
### **3.4.2. Sistemas de disposición final de residuos sólidos en el departamento de Boyacá**

En el siguiente mapa se observa la disposición final de los recursos sólidos de Colombia

**Mapa 5. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA – DIAGNÓSTICO 2012.**



Fuente: Aseo Urbano actualizado 2012. Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final.



#### ANÁLISIS POR TIPO DE DISPOSICIÓN FINAL

Fuente: Aseo Urbano actualizado 2012. Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final.

Para el análisis de los sistemas de disposición final, considerando la entrada en vigencia de la Resolución 1890 de 2011 se incluyó la celda de contingencia como sistema adecuado y se cambió la tipología de la celda transitoria a forma no adecuada de disposición final; en resumen, para efectos del presente diagnóstico; son formas no adecuadas la quema, el enterramiento, el arroj de residuos en cuerpos de agua, el botadero a cielo abierto y las celdas transitorias y se consideran formas adecuadas, las celdas de contingencia y los sistemas de tratamiento como plantas integrales y rellenos sanitarios.

#### 3.4.2.3. Sistemas adecuados de Disposición Final

Bajo estas consideraciones normativas, el 78% del total de los municipios utilizan para disposición final celdas de contingencia y sistemas adecuados de tratamiento en plantas de aprovechamiento y en rellenos sanitarios. Equivale al 93% del total de las toneladas generadas por 856 municipios. En la siguiente figura se observa el porcentaje adecuada de disposición final de los recursos sólidos.



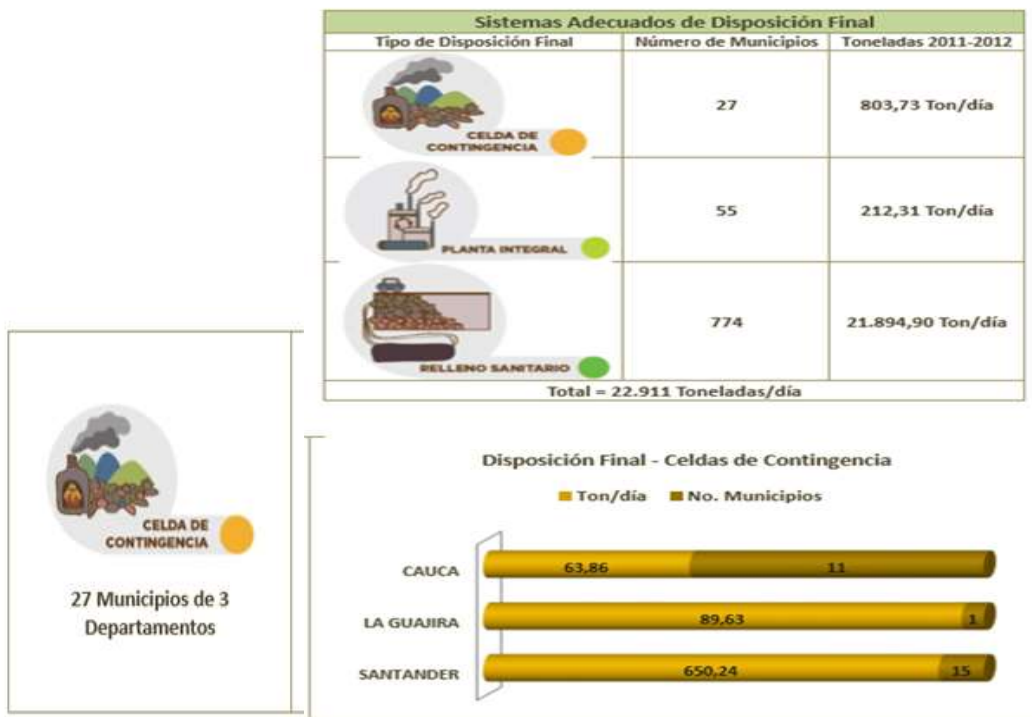


Figura 18. Disposición final de los recursos sólidos.

Fuente: Aseo Urbano actualizado 2012. Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final.

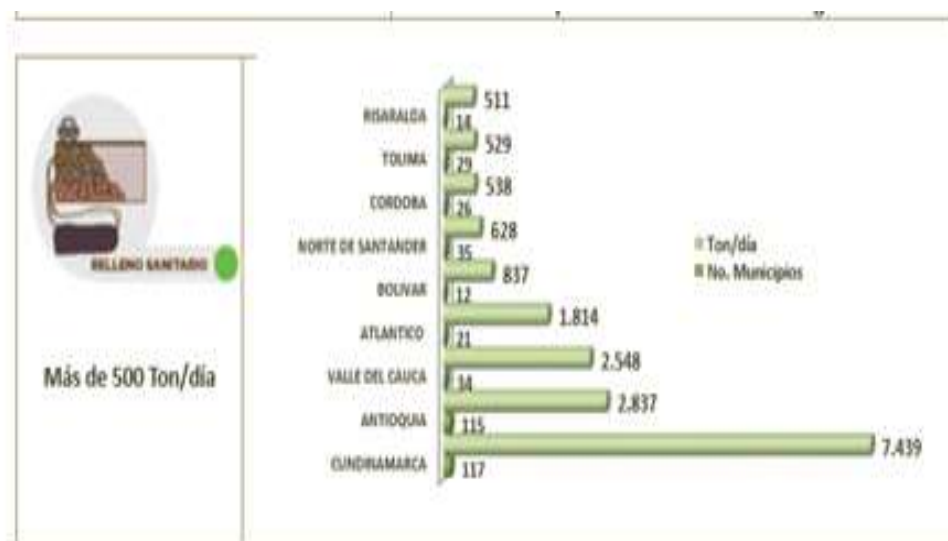
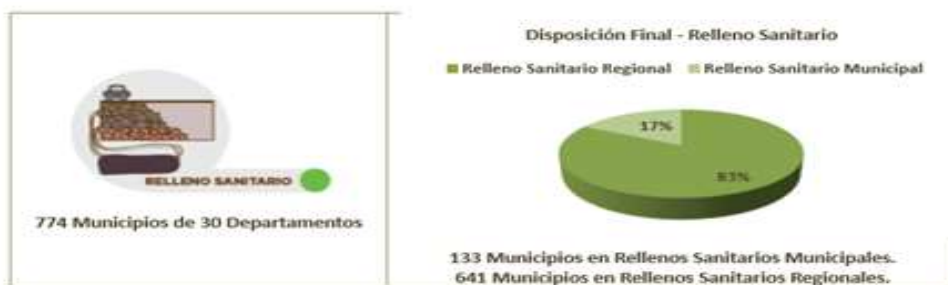


Figura 19. Tratamiento en plantas integrales

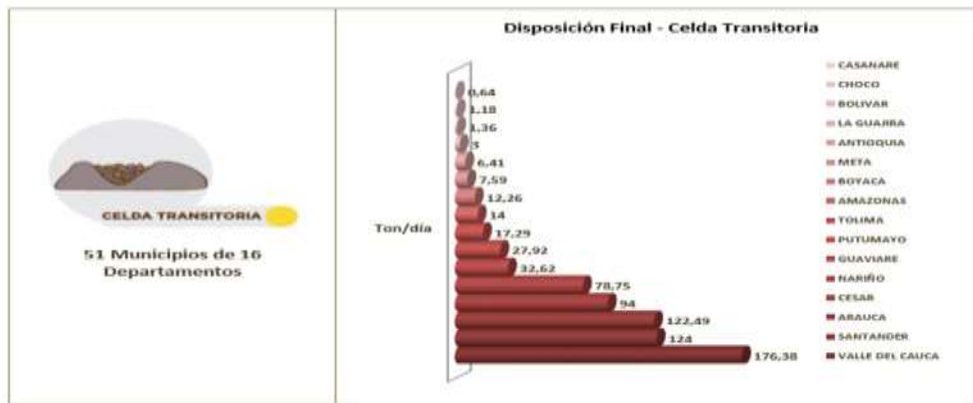
Fuente: Aseo Urbano actualizado 2012. Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final.

### 3.4.2.4. Tipos de Disposición Final no adecuada

En la siguiente figura se muestra que en 246 municipios (22%) se registran formas de disposición final no adecuadas. Representa el 7% del total de las toneladas dispuestas.

Figura 20. Disposición final –no adecuada

Disposición Final – No Adecuada		
Tipo de Disposición Final	Número de Municipios	Toneladas 2011-2012
 SELSA TRANSITORIA	51	720 Ton/día
 BOTADERO A CIELO ABIERTO	189	998 Ton/día
 CUERPO DE AGUA	4	10 Ton/día
 ENTERRAMIENTO	1	7 Ton/día
 QUEMA	1	1 Ton/día
<b>Total = 1.736 Toneladas/día</b>		

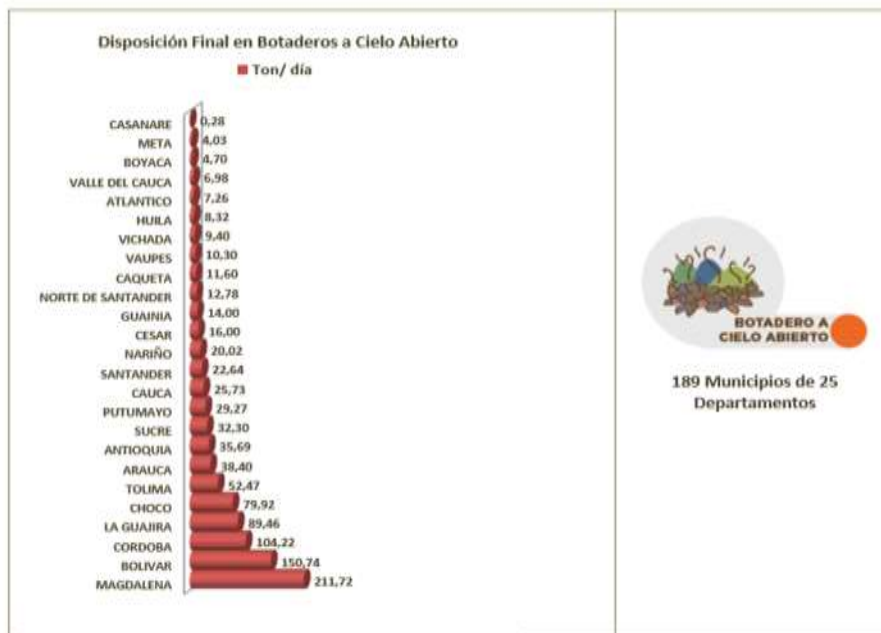


Fuente: Aseo Urbano actualizado 2012. Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final.

Las Resoluciones 1390 de 2005, 1684 de 2008, 1822 de 2009 y 1529 de 2010 se crearon como instrumentos normativos de carácter temporal para apoyar a los municipios y distritos en el paso gradual hacia una disposición final adecuada. Sin embargo a pesar de los recursos invertidos en la elaboración y actualización de los PGIRS, el cierre, clausura de botaderos a cielo abierto, la construcción de rellenos sanitarios así como la inversión de recursos para fortalecer la gestión empresarial; aún persisten las celdas, 6 años después, incluso algunas con carácter regional.

En el siguiente grafico se muestra la disposición final de residuo solidos a cielo abierto.

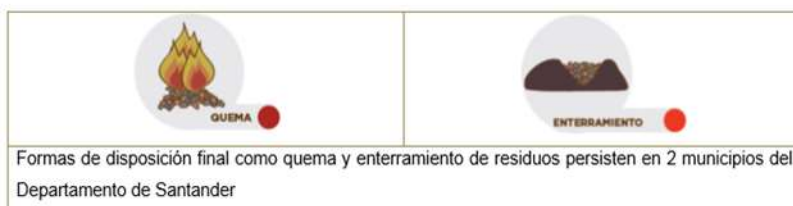
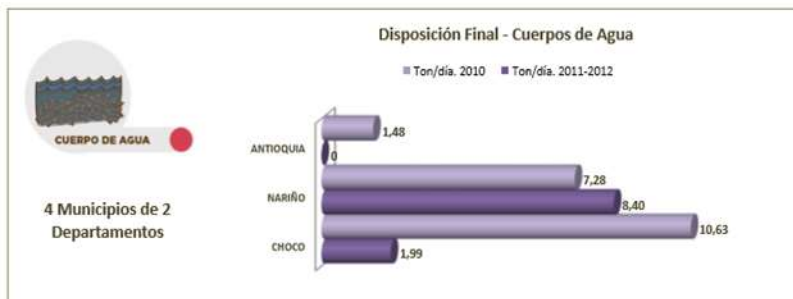
Figura 21. Disposición final de residuos a cielo abierto.



Fuente: Aseo Urbano actualizado 2012. Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final.

Con relación a disposición final en cuerpos de agua los registros señalan una disminución en el total general, sin embargo en Nariño aumentan y en Antioquia este año no se registra esta práctica.

La figura 22. Disposición final de los residuos olidos en fuentes de agua.



Fuente: Aseo Urbano actualizado 2012. Marco Normativo vigente. Servicio Público de Aseo - Disposición Final.

---

## **4. CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA**

### **4.1. Metodología**

#### **4.1.1. Tipo de investigación**

Metodología de la investigación: introducción a la investigación empírica. Es una investigación basada en la observación de los fenómenos de manera directa por el investigador.

(Mayol, jun,08, 2008)Se trata de explicar la realidad a través de leyes científicas o de teorías. Las leyes señalan los hechos o fenómenos que se dan en determinadas circunstancias. La teoría (en la que se integran las leyes) constituye un sistema explicativo global que culmina en la comprensión de la realidad.

- La investigación empírica se basa en la observación directa de los fenómenos.
- Existen 3 niveles de investigación empírica: Descriptivo, Clasificadorio y Explicativo

Teorías e investigación tiene que convivir en un entorno de correlación y reciprocidad.

### **4.2. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **4.2.1. FASE DIAGNOSTICA**

Actividad 1: realización de una encuesta a la comunidad de Oicatá utilizando preguntas abiertas y cerradas, con el fin de conocer aspectos básicos acerca del manejo del relleno sanitario de pigua.

Actividad 2: Realizar una observación directa al relleno sanitario para evidenciar su funcionamiento y operación de igual forma buscar bibliografía donde se registre la contaminación del relleno sobre la población de oicata Boyacá.

Se analizaran los resultados previos.

#### **4.2.2. FASE DE PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN**

Actividad 1: Se realizó un diagnóstico previo en las instalaciones del relleno sanitario de pigua, a la empresa de Servigenerales de Tunja y a la alcaldía, utilizando herramientas como diarios de campo para conocer el funcionamiento del relleno y verificar si cumple con la normativa vigente.

Además se aplicaron encuestas, se tomó muestras bioquímicas para analizar en el laboratorio y de esta forma conocer el nivel de contaminación existente en caso que exista, se analizan las muestras tomadas.

De igual forma se analiza diferentes causas de contaminación, por fuentes de agua, suelo, y se realiza análisis de laboratorio pertinentes.

Actividad 2: De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase diagnostica, se organizara y elaboraran con la ayuda del profesor titular las diversas actividades para el desarrollo de los objetivos propuestos.

Actividad 3: verificación del funcionamiento del relleno sanitario en la actualidad y su influencia de contaminación en la salud humana sobre la población de Oicatá Boyacá.

#### **4.2.3. FASE DE EVALUACIÓN**

Actividad 1: Teniendo en cuenta los resultados de laboratorio se empezara a evaluar los impactos pertinentes a cada desarrollo de las actividades planteadas.

Actividad 2: se planteara y se dejara la investigación realizada como objeto de implementación de un plan de acción de manejo ambiental para mitigar los niveles de contaminación expedidos por el relleno sanitario de pigua sobre la población de oicatà.

Actividad 3: Divulgación de la investigación mediante la publicación en congresos, seminario, internet, autorizados por la universidad de Manizales.



---

#### 4.2.4. FASE DE ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Para realizar el respectivo análisis de la información obtenida antes, se realizara mediante un tipo de estadística descriptiva, donde se tabulara la información de los resultados obtenidos.

#### 4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población:** El proyecto se realizó en el municipio de Oicatá (2500 habitantes) Boyacá para analizar los niveles de contaminación expedidos por el funcionamiento del relleno sanitario de pigua ubicado al sur del Municipio cerca a la quebrada las cebollas en jurisdicción del Municipio de Tunja.
- **Muestra:** se tomó como punto base análisis bioquímicos y fisicoquímicos del relleno y su alrededor para determinar la existencia de sustancias contaminantes para la salud humana.

#### 4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 4.4.1. MATERIALES

En el cuadro se detallan los materiales utilizados en el desarrollo del trabajo:

DE CAMPO	DE OFICINA	DE LABORATORIO
❖ Cámara digital	❖ Computador	❖ Muestra de suelo
❖ Frascos de vidrios	❖ Cartas topográficas	❖ Muestra de agua
❖ GPS	❖ Cartas edáficas	❖ Muestra de
❖ Binoculares	❖ Imagen satelital	contaminación del
❖ Bolsas plásticas	❖ Mapas temáticos	viento
❖ Libreta de campo	❖ Libros	❖ Microscopio
❖ Mapas	❖ Memoria USB	❖ Lupa

topográficos ❖ Imagen satelital ❖ Mapas temáticos ❖ Decibelímetro	❖ CD ❖ Impresora ❖ Papel ❖ Indicadores de acidez	❖ Envase de vidrios ❖ Material vegetal
--	---	---

#### 4.4.2. Cronograma de actividades

Las actividades propuestas se desarrollaran en el transcurso del tiempo así.

Actividad	Tiempo
Se realiza primer acercamiento a la comunidad de oicatà, y se hace primera visita al relleno sanitario de pigua.	Octubre del 2012
Se hace revisión de literatura y se inicia la propuesta de investigación.	Noviembre del 2012
Se pasa solicitud de permiso a la empresa servigenerales, alcaldía de Tunja y alcaldía de Oicatá.	Noviembre del 2012
Se establece el anteproyecto inicial	Diciembre del 2012
Se realiza visita al relleno sanitario	Febrero del 2013
Se realiza salida de campo y toma de muestras fisicoquímicas y fotografías	Marzo del 2013
Se obtiene resultados del análisis de laboratorio	Junio 2013
Revisión de proyecto final	Marzo 2014

---

## 5. CAPÍTULO 5. - ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

### 5.1. RELLENOS SANITARIOS Y EFECTOS EN SALUD

El manejo de los residuos sólidos genera interés creciente a nivel mundial, debido a las dificultades que implican su procesamiento y disposición final; la estrategia más utilizada ha sido la disposición de estos desechos en RS. Sin embargo, a pesar de contar con todas las especificaciones técnicas, los rellenos no son completamente inocuos para la salud humana. Varias investigaciones han detectado un incremento del riesgo de problemas de salud, entre las poblaciones que habitan cerca a los RS. (Fuente: Estudios del Coordinador del Proyecto CEPAL/GTZ.)

(Fabian Mendez, Julio, 2006) La relación entre contaminantes ambientales y la salud humana es un proceso complejo. Las exposiciones son de dosis bajas y los efectos en salud tienen lugar después de tiempos relativamente largos de exposición, lo cual contribuye a que esta asociación sea difícil de establecer. En consecuencia, el riesgo relativo por la exposición continua es posiblemente bajo, pero el riesgo atribuible en la población puede llegar a ser alto si la cantidad de personas expuestas es grande, lo que convierte este problema en un hecho muy importante en salud pública

La Organización Mundial de la Salud (OMS) actualmente recomienda que las mediciones del impacto de los rellenos sanitarios sean hechas en poblaciones vulnerables como mujeres embarazadas, en neonatos, en niños o en adultos mayores. La población infantil, por su constitución fisiológica y anatómica, sumada a patrones de comportamiento particulares, constituye una población especialmente susceptible al efecto de agentes externos, como son los contaminantes producidos por los rellenos.

- **Peso y Talla**

Factores determinantes. La velocidad de crecimiento y la talla y peso definitivos, son determinados en parte por factores genéticos, evaluados generalmente por la estatura de los padres, en especial por la talla materna. La ingesta adecuada de macro y micro nutrientes, es un determinante importante de la velocidad de crecimiento. Esta ingesta a su vez es determinada por múltiples condiciones sociales, culturales y económicas propias de cada grupo poblacional. (Fuente: Proyecciones DANE 2005-2020).

La presencia de comorbilidad, determina la velocidad de crecimiento, el peso y talla finales del individuo. Los episodios de enfermedad respiratoria y diarrea, por ejemplo, pueden disminuir temporalmente la velocidad de crecimiento, en particular la ganancia de peso, y si estos episodios son muy frecuentes, es posible que el niño no alcance a recuperarse lo que afectaría su talla y peso definitivos.

Algunas investigaciones han detectado un incremento del riesgo de diversos problemas de salud entre las poblaciones que habitan cerca a los rellenos sanitarios. Uno de los sitios más estudiados en cuanto a contaminación causada por un RS ha sido el Love Canal en New York. La ruta de exposición de ese sitio no pudo ser bien determinada. El agua potable no estaba contaminada y los químicos detectados fueron principalmente solventes orgánicos, ácidos clorinados e hidrocarburos, incluyendo benceno, vinil clorado, bifenil policlorinados, dioxinas, toluenos, tricloroetileno y tetracloroetileno. (ATSDR, 2001).

- **Síntomas respiratorios en niños**

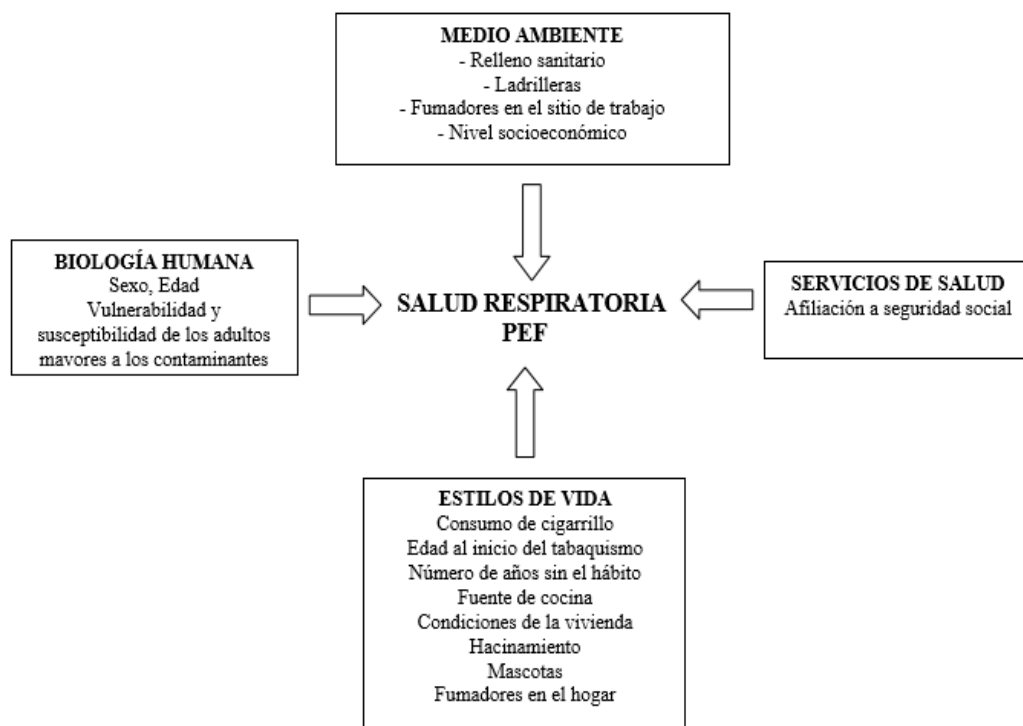
La ocurrencia de síntomas respiratorios bajos e irritativos en niños se ha encontrado asociada a factores individuales, familiares, intradomiciliarios y ambientales. Entre los factores individuales se ha encontrado un mayor riesgo de ocurrencia en niños en edad preescolar, con privación de la lactancia materna y falta de vacunación. (Fuente: Proyecciones DANE 2005-2020).

Con relación a la educación de los padres y el estado socioeconómico de la familia, un estudio realizado en Latinoamérica, reportó menor morbilidad por síntomas respiratorios a mayor estrato socioeconómico; mientras que, respecto a la educación materna, se reportó mayor riesgo de enfermedad respiratoria en niños cuya madre tiene alguna educación comparados con niños cuya madre no tiene ningún nivel de escolaridad. Sin embargo, la protección que brinda el nivel educativo de los padres se manifiesta principalmente en estratos socio-económicos con mayor poder adquisitivo. (Fuente: Proyecciones DANE 2005-2020).

Actualmente las investigaciones sobre factores causales de enfermedad respiratoria han enfatizado la evaluación del papel de la contaminación ambiental como causa de alteraciones en la salud respiratoria. Entre los factores ambientales, el PM<sub>10</sub> se ha

encontrado asociado a una mayor prevalencia de tos, producción de esputo y rinorrea en niños, así como a efectos acumulativos que se manifiestan en la edad adulta. Algunos autores han relacionado la ocurrencia de síntomas respiratorios con la cercanía a rellenos sanitarios. Así, en estudios de carácter retrospectivo, se ha sugerido una relación entre los niveles de sulfuro de hidrógeno encontrados en el aire de comunidades residentes cerca de rellenos sanitarios y el reporte consistente de dolores de cabeza, de garganta y de irritación en los ojos. (ATSDR, 2001).

Figura 23. Modelo del Campo de la Salud de Marc Lalonde 1974 aplicado a los factores asociados a la ocurrencia de síntomas respiratorios y alteraciones en el Flujo Espiratorio Pico.



Fuente: Evaluación del impacto del relleno sanitario Doña Juana en la salud

Tabla 17. Niveles promedio a 24 horas de SO<sub>2</sub> y partículas en suspensión y sus efectos sobre la salud

SO <sub>2</sub> mcg/m <sup>3</sup>	PARTÍCULAS mcg/m <sup>3</sup>	EFFECTOS	GRADO DE CALIFICACIÓN DE EFECTOS
200	200 (gravimetría, PTS)	Disminución ligera y transitoria en la función pulmonar (FVC, FEV <sub>1</sub> ) en niños y adultos que puede durar 2 – 4 sem	Moderados
250	250 (humos negros)	Aumento de la Morbilidad respiratoria en los adultos susceptibles y posiblemente entre los niños	Moderados
400	400 (humos negros)	Mayor incremento en la Morbilidad respiratoria	Graves
500	500 (Humos negros)	Aumento de la Morbilidad entre los ancianos y enfermos crónicos	Graves

Fuente OMS 1990

Algunos de los efectos encontrados para las exposiciones a material particulado (PM10) son presentados en la Tabla 18.

Tabla 18. Estimación de los efectos asociados a los niveles medios diarios de contaminación atmosférica por partículas en suspensión.

INDICADOR DEL EFECTO SOBRE LA SALUD	% DE CAMBIO DEL INDICADOR DE EFECTO ASOCIADO A UN INCREMENTO DE 10 mcg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub>
<b>Incremento de la mortalidad diaria</b>	
- Muertes por todas las causas	1.0
- Muertes por causas respiratorias	3.4
- Muertes por causas del S. circulatorio	1.4
<b>Incremento de la demanda de atención hospitalaria (Enf. Respiratorias)</b>	
- Ingresos	0.8
- Urgencias	1.0
<b>Exacerbación del asma</b>	
- Crisis asmáticas	3.0
- Uso de broncodilatadores	2.9
- Visitas a urgencias	3.4
- Ingresos hospitalarios	1.9
<b>Disminución de la función pulmonar</b>	
- Volumen espiratorio máximo por segundo	0.15

Fuente: Dockey y Pope 1994

Recientes estudios mencionan una asociación existente entre exposiciones prolongadas a contaminación del aire y deterioro en la función pulmonar, tanto en sujetos con síntomas respiratorios como en sujetos libres de ellos y la magnitud del efecto encontrado ha sido similar tanto en población fumadora como en no fumadora.

---

### 5.1.1. AIRE

### 5.1.2. Compuestos orgánicos Volátiles COVs

Los análisis realizados en este estudio, indican que el biogas generado por la descomposición de materia orgánica en el relleno sanitario de Pírgua hay presencia de tres compuestos volátiles (tolueno, monóxido de carbono y materia particulada). Estas mediciones corresponden a cuatro puntos externos al relleno sanitario. El tolueno puede afectar el sistema nervioso los niveles bajos o moderados pueden producir cansancio, confusión, debilidad, pérdida de la memoria, náusea, pérdida de apetito y pérdida de la audición y la vista. Estos síntomas generalmente desaparecen cuando la exposición termina. Es por eso que excede los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud en 2.73 ppm. (La concentración máxima permitida de los vapores del tolueno en los lugares de trabajo es de 50 ppm (partes por millón) (192 mg/m<sup>3</sup>). Los COV detectados son de naturaleza tóxica (hidrocarburos aromáticos). Algunos tienen impacto debido a que son de olor ofensivo que sobrepasan los límites en un 3,73ppm) de tolerancia propuestos por la OMS. Los compuestos identificados se clasifican como contaminantes primarios perjudiciales para el ambiente ya que reaccionan fotoquímicamente produciendo principalmente radicales libres y ozono (contaminantes secundarios) en la troposfera. En la estratosfera reaccionan los compuestos de mayor estabilidad destruyendo la capa de ozono. (Fuente: Departamento de Salud de New Jersey).

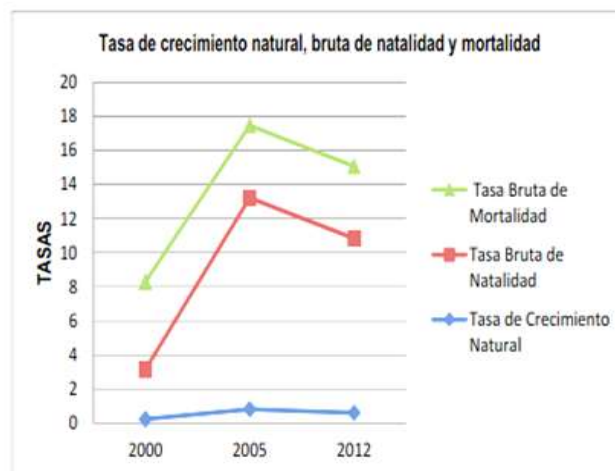
Puede haber transporte de los contaminantes emitidos hacia otros lugares fuera de Oicata teniendo en cuenta la dirección y velocidad del viento que predomina en el relleno. Se puede decir que el relleno es una fuente fija de emisión en la cercanía y hasta donde el viento pueda transportar los contaminantes. En este viaje, algunos COV pueden sufrir degradaciones fotoquímica produciendo contaminantes secundarias y otros pueden persistir reaccionando de la misma manera en sitios más alejados. Otros son más estables y tiene periodos de vida más largos y pueden reaccionar en la estratosfera influenciados por la alta radiación de esta zona.

Del total de gases emitidos a la atmósfera por un RS el Metano (CH<sub>4</sub>) representa entre el 45 al 50%<sup>19</sup> y hace parte de los hidrocarburos cuya presencia además de ser uno de los causantes del efecto invernadero, actúa sobre la salud humana generando problemas en el sistema nervioso central, irritación ocular, visión borrosa y dificultad respiratoria. La exposición a bajos niveles ocasiona sensación de hormigueo, mareo, convulsiones y coma.

Implementar sistemas de extracción activa para las zonas más recientes en el relleno. Adicionalmente se debe limpiar el biogás de los contaminantes que lo acompañan por varias razones. Para utilizarlo como fuente de energía y si no es rentable destruirlo térmicamente evitando la formación de dioxinas.

Partiendo de lo anterior se analizara la dinámica demográfica del municipio de Oicatá. Como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 24. Comparación entre la Tasa de Crecimiento natural y las Tasas Brutas de Natalidad y Mortalidad. Oicatá, 1993, 2005, 2012



Fuente: Proyecciones DANE 2005-2020

Para el municipio de Oicatá la tasa de Crecimiento Natural presenta un leve aumento en el año 2005 con relación al año 2000 pero desciende en el 2012, la tasa Bruta de Natalidad y la tasa Bruta de Mortalidad presentan un comportamiento similar pero presentando un aumento superior en el año 2005 y disminuyen notablemente en el año 2012.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) actualmente recomienda que las mediciones del impacto de los rellenos sanitarios sean hechas en poblaciones vulnerables como



---

mujeres embarazadas, en neonatos, en niños o en adultos mayores. La población infantil, por su constitución fisiológica y anatómica, sumada a patrones de comportamiento particulares, constituye una población especialmente susceptible al efecto de agentes externos, como son los contaminantes producidos por los rellenos.

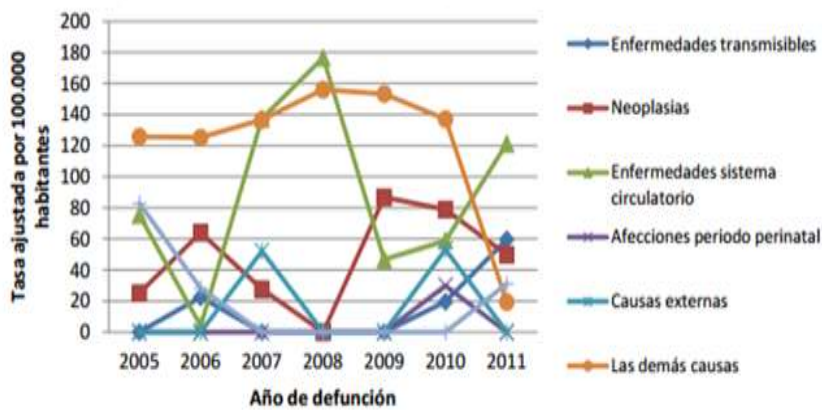
(Matsuko 1999). Algunas empresas depositan las cenizas de la incineración en rellenos sanitarios o de seguridad. De hecho, en los líquidos lixiviados provenientes de los rellenos se han podido hallar contaminantes provenientes de las cenizas allí enterradas, Se encontró también que debido a que el relleno sanitario de pigua no tiene manejo adecuado de lixiviados que se forman a partir de la descomposición de todas las basuras y que contienen sustancias peligrosas para la salud tales como:

1. **Benceno:** esta sustancia es cancerígena, ocasiona daños en el sistema nervioso central y el sistema inmunológico.
2. **Etilbenceno:** Efectos sobre el sistema nervioso central; daños en los riñones y el hígado; irritaciones en el sistema respiratorio, en los ojos y la piel.
3. **Tolueno:** Posible muta génico y cancerígeno; efectos sobre el sistema nervioso central y sistema cardiovascular; daños en los riñones y el hígado; irritaciones al sistema respiratorio, la piel y los ojos; alergias.

A los síntomas anteriores se determinó que a población de Oicatá presenta enfermedades asociadas al sistema circulatorio debido a que sus principales enfermedades son: insuficiencia cardiaca, Hipertensión arterial, circulación inadecuada, ataque cardiaco, arterioesclerosis, entre otras. (Evironmental Research oundation. 1998. The basics of landfills.)

En la siguiente grafica se muestra la Mortalidad general por grandes causas en la población de Oicatá.

Figura 25.Tasa de mortalidad ajustada por grandes causas Oicatá, 2005 – 2011

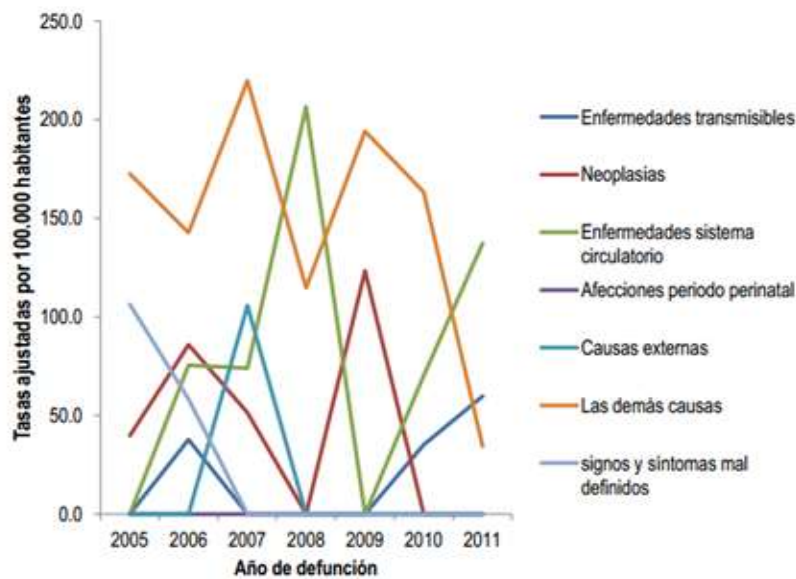


Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS.

Una de las enfermedades que mayor prevalece en el municipio y de las cuales se presenta una de las mayores mortalidades es por causas del sistema circulatorio, la cual empezó a tener un ascenso en los años 2007 con un pico en el 2008 y a pesar de su descenso en el 2009 y 2010 se mantiene estable, otra de las causas que también mantiene una gran aparición los las neoplasias y otro tipo de causas que se venía manteniendo desde el 2005 al 2010 y el cual presento un descenso, mientras que los que con menor presencia tenemos son las afección del periodo perinatal tuvo un pico leve sin embargo volvió a su descenso, sin embargo es un indicador muy importante para nuestro municipio y en especial de análisis para no volver a presentar este tipo de situaciones.

En la siguiente grafica se observa Tasa de AVPP por grandes causas lista 6/67 en las mujeres.

Figura 26. Tasa de AVPP por grandes causas lista 6/67 en las mujeres de Oicatá, 2005 – 2011



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS.

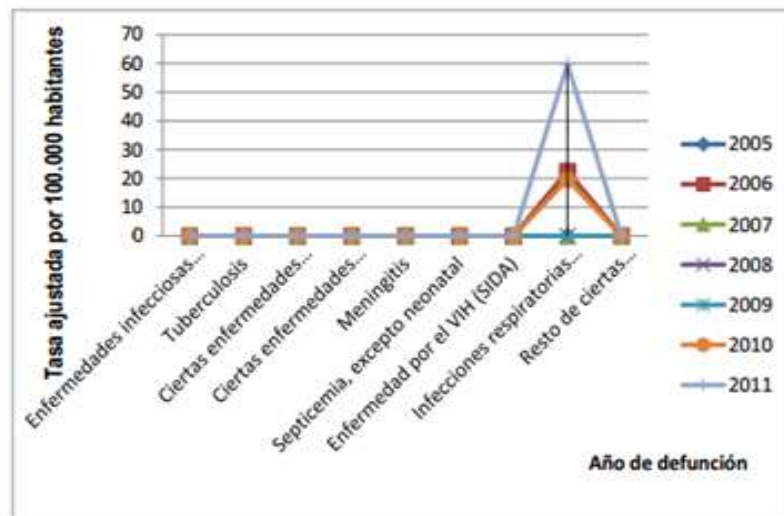
Esta grafica nos refleja Tasa de AVPP por grandes causas lista 6/67 en las mujeres de Oicatá, 2005 – 2011, podemos encontrar que al igual que para los hombres las enfermedades que con mayor frecuencia a la defunción de nuestra población, son las del sistema circulatorio y demás causas encontrando tasa de AVPP de 27.54 para el 2008 y tasa de 13.13 para 2011, como también por la demás causas con mayor presencia en el 2007 con 98.27 tasa, y 2009 con tasa de 32.66, sin embargo otra que también tiene mayor frecuencia son las neoplasias con un AVPP tasa de 21.04, seguido de 19.48 tasa para el 2006.

Se encontraron Síntomas respiratorios en la población de Oicatá, debido a que la ocurrencia de síntomas respiratorios bajos e irritativos se ha encontrado asociada a factores individuales, familiares, intra- domiciliario y ambiental.

Entre los factores individuales se ha encontrado un mayor riesgo de ocurrencia en adultos por falta de cuidados y en niños en edad preescolar, con de privación de la lactancia materna y falta de vacunación. Como parte de las características familiares, la tenencia de mascotas en la casa, específicamente el tener perros durante la infancia, se ha asociado

con dificultad Evaluación del impacto del relleno sanitario de pargua en la salud de grupos poblacionales en su área de influencia respiratoria, sin importar las diferencias por sexo, edad, exposición a tabaco y nivel educativo la morbilidad por síntomas respiratorios a mayor estrato socioeconómico; mientras que, respecto a la educación materna, se reportó mayor riesgo de enfermedad respiratoria en niños cuya madre tiene alguna educación comparados con niños cuya madre no tiene ningún nivel de escolaridad. En las siguientes figuras se muestra la incidencia.

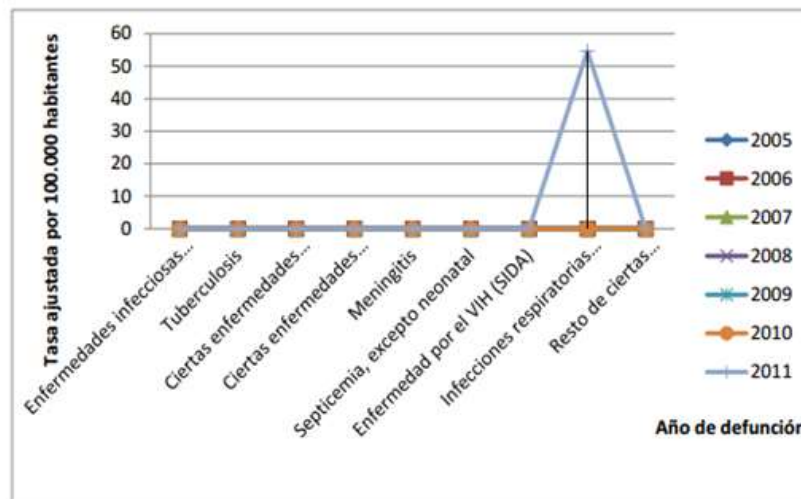
La Figura 27. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las enfermedades transmisibles Oicatá, 2005 – 2011



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS.

En cuanto a la mortalidad por enfermedades trasmisibles encontramos que solo se presentaron casos por Infección Respiratoria Aguda, la mayor tasa con un 60% se presentó en el año 2011, seguida de un 24% en el 2006 y un 20% en el 2010.

Figura 28. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las enfermedades transmisibles en hombres Oicatá, 2005 – 2011

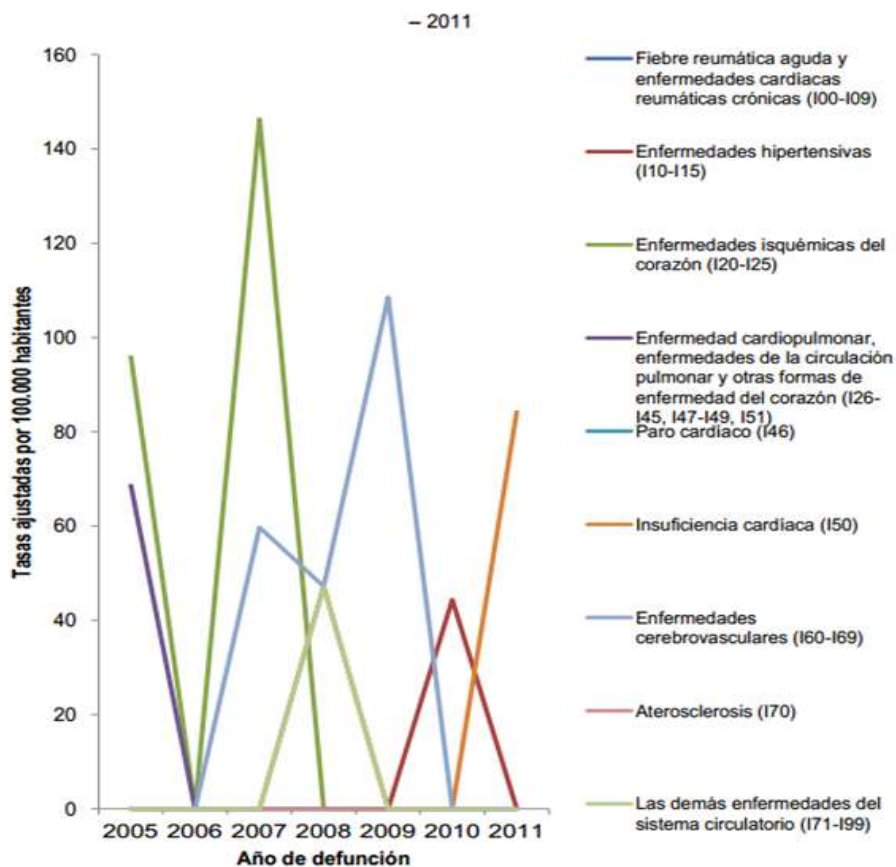


Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS.

En el municipio de Oicatá en el año 2011 se presentó una muerte de hombre por Infecciones Respiratorias dejando una tasa ajustada por edad del 53%, en los años 2005 a 2010 no se presentó ninguna otra muerte en hombres por enfermedades transmisibles.

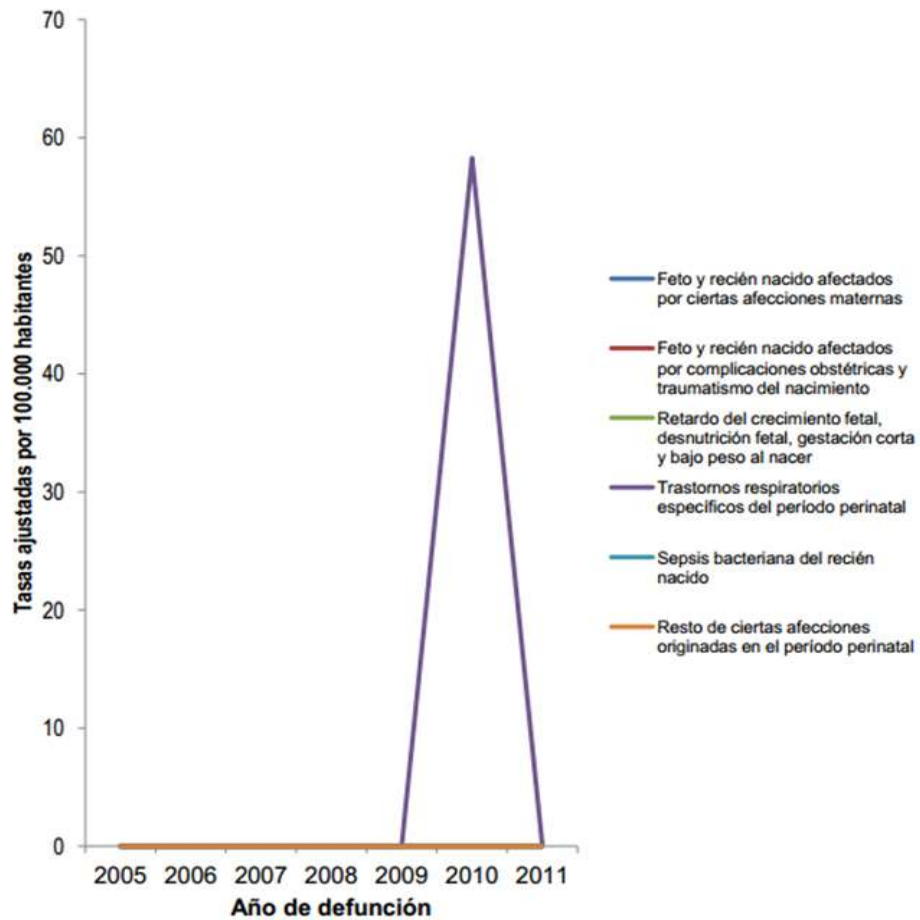
Figura 29. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las enfermedades del sistema circulatorio Oicatá, 2005

Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS.



En cuanto a las enfermedades del sistema circulatorio podemos encontrar que la que mayor se presenta son las enfermedades isquémicas del corazón, que venía presentándose con mayor presencia en el 2005 y tomo nuevamente aunque en el 2007 EN POBLACION MAYOR DE 50 AÑOS, seguidas de las enfermedades cerebro vasculares que fueron aumentando desde el 2007, con un pico para el año 2009 respectivamente para población mayor de 70 años.

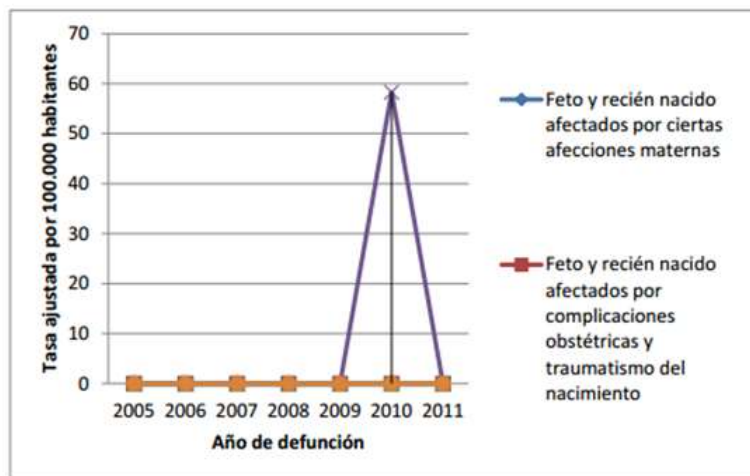
Figura 30. Tasa de mortalidad ajustada por edad para ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal Oicatá, 2005 – 2011



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS.

En el Municipio de Oicatá según la tasa de mortalidad ajustada por edad para ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal solo se presentó un caso en el año 2010 por trastornos respiratorios específicos del periodo perinatal.

Figura 31. Tasa de mortalidad ajustada por edad para ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal en hombres Oicatá, 2005 – 2011



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS

En el Municipio de Oicatá según la tasa de mortalidad ajustada por edad para ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal en hombres solo se presentó un caso en el año 2010 por trastornos respiratorios específicos del periodo perinatal.

Partiendo de lo anterior se evidencian sintomatología particulares de enfermedades con síntomas a la exposición a moho se ha asociado con la presencia de tos con flema, tos crónica, dificultad respiratoria y sibilancias. Así mismo, la exposición en edades tempranas a la presencia de humedad en la vivienda se ha encontrado asociada a la presencia de sibilancias, asma, rinoconjuntivitis y tos persistente con flema de igual forma algunas bacterias causantes de enfermedades en los menores (estreptococos). (Mc Gregor 1998)

Actualmente las investigaciones sobre factores causales de enfermedad respiratoria han enfatizado la evaluación del papel de la contaminación ambiental como causa de alteraciones en la salud respiratoria. De igual forma También los metales que se encuentran en los residuos que se depositan por su acides son transportados por los lixiviados, entre los metales que se encontraron fueron en el relleno sanitario y que pueden afectar la salud están:

1. **Mercurio:** Teratogénico; efectos sobre el sistema nervioso central, cardiovascular y pulmonar-respiratorio; daños en riñón y la vista.
2. **Cromo:** Cancerígeno; probable muta génico; efectos sobre el sistema pulmonar - respiratorio; alergias, irritación en los ojos.



---

Estas enfermedades no solo afectan a las personas que viven cerca al relleno sanitario sino también a los trabajadores que tienen que estar en contacto directo con las basuras. En estudios realizados en otros países se pudo detectar que las enfermedades que más afectan a los trabajadores de un relleno son las respiratorias e inflamación de las vías aéreas, problemas en la piel y enfermedades neurológicas. Son muchas las enfermedades causadas por el relleno sanitario y no solo eso sino que las personas se están viendo afectadas económicamente ya que no pueden vender sus predios por la ubicación del relleno. ( Friends of the Earth (1996)

De igual forma la contaminación del agua por el relleno se debe a que se filtran sustancias y estas contienen el agua superficial como la lluvia por lo cual todos los gérmenes de esos rellenos pasan al agua. Esta agua a su vez se va infiltrando a capas más profundas, verdaderos ríos subterráneos si se tiene en cuenta que el relleno sanitario al no tener su manejo adecuado filtra sustancias y estas contiene microorganismos patógenos que Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, gastroenteritis diversas, y hepatitis.

Por otra parte un ejemplo claro, es el polvo transportado por el viento desde un botadero a cielo abierto lleva consigo patógenos y materiales peligrosos; los contaminantes biológicos y químicos de los residuos son transportados por el aire, agua y suelos que contaminan residencias y alimentos ocasionando riesgos a la salud pública y contaminación de los recursos naturales. (SEDESOL, Manual de Rehabilitación y Clausura de Tiraderos a Cielo Abierto, 1996).

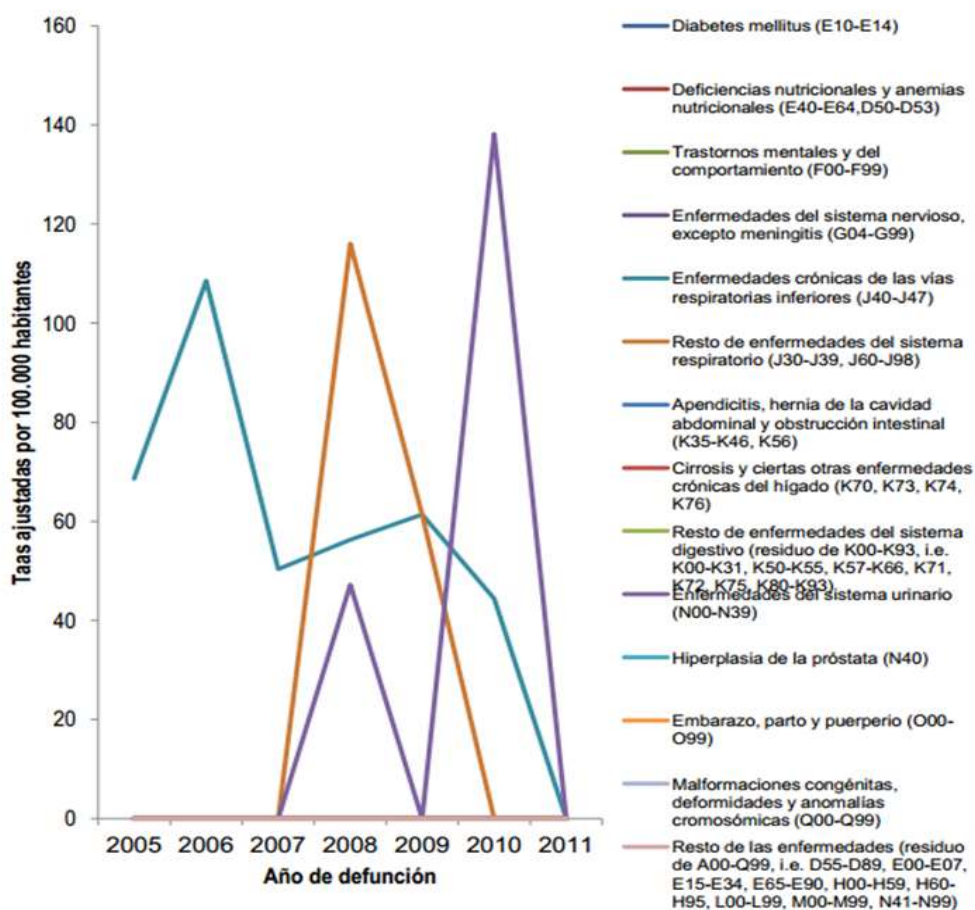
Mediante el Relleno Sanitario se logrará evitar todo tipo de sustancias orgánicas e inorgánicas producidas por los desechos sólidos que son perjudiciales a la salud humana y al ambiente natural Un número alto de enfermedades de origen biológico o químico están directamente relacionadas con la basura y pueden transmitirse a los humanos y animales por contacto directo de los desechos o indirectamente a través de vectores. Por otra parte se tienen en cuenta los Síntomas, signos y afecciones mal definidas. (Fuente: Amigos de la Tierra, 1996).

En cuanto a la tasa de mortalidad ajustada por edad para los síntomas, signos y afecciones mal definidas, encontramos para el 2005 la que con mayor frecuencia se presentaba era la enfermedad crónica de las vías respiratorias inferiores, la cual fue disminuyendo con los

años especialmente a la población mayor de 65 años, posteriormente el resto de enfermedades del sistema respiratorio, con gran presencia en el 2009, especialmente en la población mayor de 70 años, seguido de las enfermedades del sistema urinario con picos en el año 2008 y 2010 respectivamente, con gran presencia en población de 70 años y más. (Gelberg, 1997) (Ver grafica)

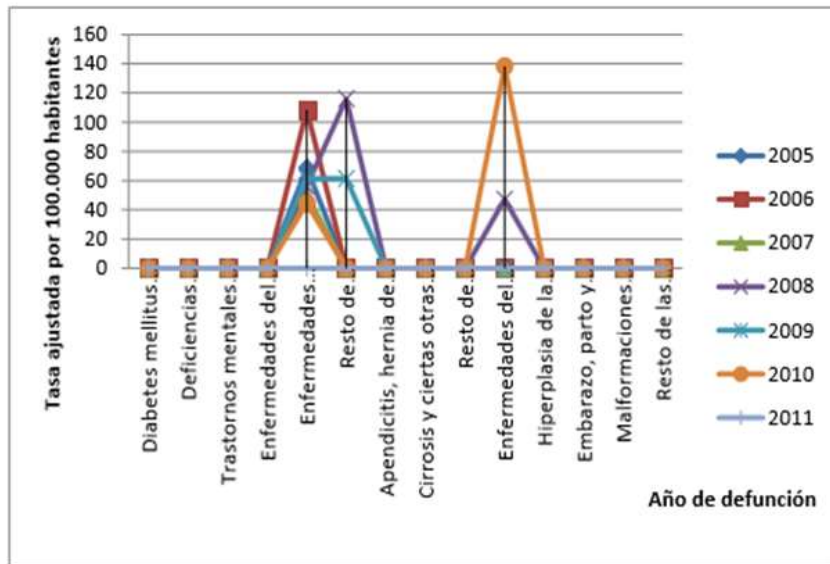
Las siguientes graficas muestran la mortalidad de la población del municipio de Oicatá.

Figura32. Tasa de mortalidad ajustada por edad para los síntomas, signos y afecciones mal definidas Oicatá, 2005 – 2011



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS

Figura 33. Tasa de mortalidad ajustada por edad para las demás enfermedades en hombres Oicatá, 2005 – 2011



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS

En cuanto a la tasa de mortalidad ajustada por edad para los síntomas, signos y afecciones mal definidas en hombres en el Municipio de Oicatá la que se encuentra con el pico más alto corresponde a enfermedades del sistema urinario en el año 2008, seguido de las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores la cual presenta su pico más alto en el año 2006 presentando un aumento con relación al año 2005 e iniciando un descenso para el año 2010, de igual manera se presentaron casos de resto de enfermedades del sistema digestivo en los años 2008 y 2009.

En el siguiente cuadro se observa las Condiciones transmisibles y nutricionales.

Tabla 19. Morbilidad específica en las condiciones transmisibles y nutricionales, Oicatá 2009 – 2012.

Ciclo vital	Condiciones transmisibles y nutricionales	PROPORCIÓN 2009	PROPORCIÓN 2010	PROPORCIÓN 2011	PROPORCIÓN 2012	CAMBIO EN PUNTOS PORCENTUALES 2011 - 2012
Primera infancia (0 - 5 años)	Enfermedades infecciosas y parasitarias (A00-B99, G00, G03-G04, N70-N73)	35,29411765	21,92982456	16	23,07692308	7,076923077
	Infecciones respiratorias (J00-J06, J10-J18, J20-J22, H65-H66)	52,94117647	70,1754386	56	53,84615385	-2,153846154
	Deficiencias nutricionales (E00-E02, E40-E46, E50, D50-D53, D64.9, E51-E64)	11,76470588	7,894736842	28	23,07692308	-4,923076923

Infancia (6 - 11 años)	Enfermedades infecciosas y parasitarias (A00-B99, G00, G03-G04, N70-N73)	33,33333333	38,98305085	57,14285714	23,52941176	-33,61344538
	Infecciones respiratorias (J00-J06, J10-J18, J20-J22, H65-H66)	66,66666667	50,84745763	38,0952381	67,64705882	29,55182073
	Deficiencias nutricionales (E00-E02, E40-E46, E50, D50-D53, D64.9, E51-E64)	0	10,16949153	4,761904762	8,823529412	4,06162465
Adolescencia (12 - 18 años)	Enfermedades infecciosas y parasitarias (A00-B99, G00, G03-G04, N70-N73)	50	33,33333333	26,31578947	23,07692308	-3,238866397
	Infecciones respiratorias (J00-J06, J10-J18, J20-J22, H65-H66)	50	63,63636364	47,36842105	46,15384615	-1,214574899
	Deficiencias nutricionales (E00-E02, E40-E46, E50, D50-D53, D64.9, E51-E64)	0	3,03030303	26,31578947	30,76923077	4,453441296
Juventud (14 - 26 años)	Enfermedades infecciosas y parasitarias (A00-B99, G00, G03-G04, N70-N73)	28,57142857	31,46067416	31,03448276	24,24242424	-6,792058516
	Infecciones respiratorias (J00-J06, J10-J18, J20-J22, H65-H66)	57,14285714	61,79775281	44,82758621	54,54545455	9,717868339
	Deficiencias nutricionales (E00-E02, E40-E46, E50, D50-D53, D64.9, E51-E64)	14,28571429	6,741573034	24,13793103	21,21212121	-2,925809822

	Infecciones respiratorias (J00-J06, J10-J18, J20-J22, H65-H66)	50	54,54545455	51,06382979	51,02040816	-0,043421624
	Deficiencias nutricionales (E00-E02, E40-E46, E50, D50-D53, D64.9, E51-E64)	12,5	4,545454545	19,14893617	22,44897959	3,300043422
Persona mayor (> 60 años)	Enfermedades infecciosas y parasitarias (A00-B99, G00, G03-G04, N70-N73)	0	0	20	27,27272727	7,272727273
	Infecciones respiratorias (J00-J06, J10-J18, J20-J22, H65-H66)	100	0	48	54,54545455	6,545454545
	Deficiencias nutricionales (E00-E02, E40-E46, E50, D50-D53, D64.9, E51-E64)	0	0	32	18,18181818	-13,81818182

Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS

En el Municipio de Oicatá según la morbilidad específica en las condiciones trasmisibles y nutricionales se observa que en la primera infancia la proporción más alta se presentó en el año 2010 por infecciones respiratorias correspondiente a 70,17 y la menor proporción en el año 2010 por deficiencias nutricionales correspondiente a 7,89; en la infancia la mayor proporción se presentó en el año 2012 por infecciones respiratorias correspondiente a 67,64 y la menor proporción en deficiencias nutricionales donde no se registró ningún caso en el año 2009; en la adolescencia la mayor proporción se presentó en el año 2010 por infecciones respiratorias correspondiente 63,63 y la menor proporción en el año 2009 en deficiencias nutricionales donde no se registró ningún caso; en la juventud la mayor proporción se presentó en el año 2009 por infecciones respiratorias correspondiente a 57,14 y la menor proporción en el año 2010 en deficiencias nutricionales correspondiente a 6,74; en la adultez la mayor proporción se presentó en el

---

año 2010 por infecciones respiratorias correspondiente a 54,54 y la menor proporción en el año 2010 en deficiencias nutricionales correspondiente a 4,54 y en persona mayor la proporción más amplia se presentó en el año 2012 por infecciones respiratorias correspondiente a 54,54 y la menor proporción en el año 2009 por enfermedades infecciosas y parasitarias y deficiencias nutricionales donde no se registraron casos. (Ray et al, 2005)

En el siguiente cuadro se observa las Enfermedades no transmisibles

Tabla 20. Morbilidad específica en las enfermedades no transmisibles, en la primera infancia Oicatá 2009 – 2012

Ciclo vital	Subgrupo de causa de morbilidad Enfermedades no transmisibles	PROPORCIÓN 2009	PROPORCIÓN 2010	PROPORCIÓN 2011	PROPORCIÓN 2012	CAMBIO EN PUNTOS PORCENTUALES 2011 - 2012
Primera infancia (0 - 5 años)	Neoplasias malignas (C00-C97)	0	0	0	0	0
	Otras neoplasias (D00-D48)	0	0	0	0	0
	Diabetes mellitus (E10-E14)	0	0	0	0	0
	Desordenes endocrinos (D55-D64 excepto D64.9, D65-D89, E03-E07, E15-E16, E20-E34, E65-E88)	0	0	3,703703704	0	-3,703703704
	Condiciones neuropsiquiátricas (F01-F99, G06-G98)	0	0	0	0	0
	Enfermedades de los órganos de los sentidos (H00-H61, H68-H93)	0	0	0	4,545454545	4,545454545
	Enfermedades cardiovasculares (I00-I99)	0	0	0	0	0
	Enfermedades respiratorias (J30-J98)	42,85714286	39,21568627	62,96296296	68,18181818	5,218855219
	Enfermedades digestivas (K20-K92)	28,57142857	35,29411765	22,22222222	22,72727273	0,505050505
	Enfermedades genitourinarias (N00-N64, N75-N98)	14,28571429	9,803921569	3,703703704	4,545454545	0,841750842



Enfermedades de la piel (L00-L98)	0	5,882352941	0	0	0
Enfermedades musculoesqueléticas (M00-M99)	0	0	0	0	0
Anomalías congénitas (Q00-Q99)	14,28571429	9,803921569	7,407407407	0	-7,407407407
Condiciones orales (K00-K14)	0	0	0	0	0

Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS

En el Municipio de Oicatá según la morbilidad específica en las enfermedades no transmisibles en la primera infancia se observa que según el cambio en los puntos porcentuales en la que más casos se presentaron fue en las enfermedades respiratorias correspondiente a 5,21, seguido de las enfermedades de los órganos de los sentidos con 4,54, enfermedades genitourinarias con 0,084, enfermedades digestivas 050.

A Continuación se relaciona una tabla donde se resaltan algunos residuos peligrosos que pueden afectar la salud humana si no se controlan a tiempo. Donde se evidencia la Morbilidad de eventos de notificación obligatoria.

En el período de 2006 hasta 2011 el único evento de notificación obligatoria que presentó letalidad fue intoxicación por sustancias químicas, los demás eventos no registraron muertes.

Tabla 21. Tabla de semaforización de los eventos de notificación obligatoria Oicatá, 2006-2011

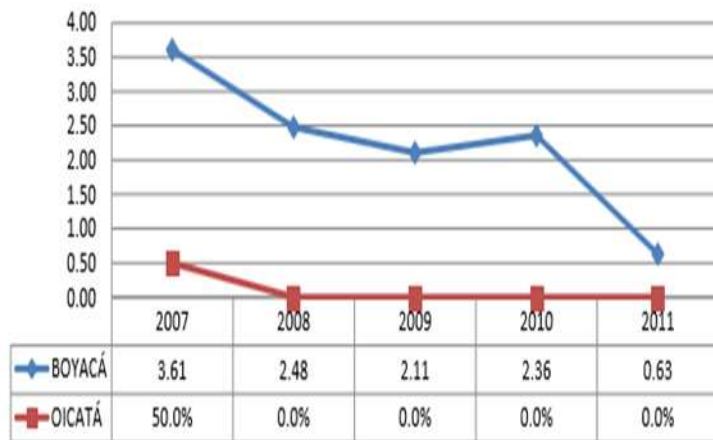
Eventos de Notificación Obligatoria	BOYACÁ	OICATÁ							
				2006	2007	2008	2009	2010	2011
Letalidad por intoxicaciones (plaguicidas, fármacos, Metanol, metales pesados, solventes, otras sustancias químicas, monóxido y otros gases, sustancias psicoactivas)	0,63	0		-	↗	↘	-	-	-

Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS

Según la semaforización y tendencia de los eventos notificación obligatoria en el Municipio de Oicatá en los años del 2006 al 2011 se mantuvo la misma tendencia al descenso que venía presentando en relación con los años anteriores, a excepción de letalidad por intoxicaciones donde aumenta en el año 2007 y en el año 2008 vuelve y disminuye y mantiene la misma línea hasta el año 2011.

Eventos de notificación. Letalidad por intoxicaciones (plaguicidas, fármacos, Metanol, metales pesados, solventes, otras sustancias químicas, monóxido y otros gases, sustancias psicoactivas)

Figura 34. Letalidad por intoxicaciones (plaguicidas, fármacos, Metanol, metales pesados, solventes, otras sustancias químicas, monóxido y otros gases, sustancias psicoactivas) Oicatá 2007 -2011



Fuente: Sistema Integral de Información de la Protección Social - SISPRO – MSPS

Según la letalidad por intoxicaciones en el Municipio de Oicatá se presentó un caso en el año 2007 lo que grafica que en el resto de años del 2008 al 2011 se mantuvo en cero en relación con la estadística del Departamento.

Análisis de la población en condición de discapacidad por alguna sustancia contaminante 2009 a 2012.

Tabla 22. Distribución de las alteraciones permanentes por grupo de edad en los hombres Oicatá 2009 al 2012

Según la distribución de las alteraciones permanentes por grupo de edad en los hombres del Municipio de Oicatá se observa que el mayor problema se presenta en el sistema nervioso con 33 casos, 28 en el movimiento del cuerpo, seguido por los ojos con un total de 27 hombres de las diferentes edades afectados, 12 de los oídos, 10 del sistema cardio-respiratorio, 4 de la digestión, 3 de la piel y 3 del sistema genital y reproductivo.

Grupo de edad	El sistema nervioso	La piel	Los ojos	Los oídos	Los demás órganos de los sentidos (olfato, tacto y gusto)	La voz y el habla	El sistema cardio respiratorio y las	La digestión, el metabolismo, las hormonas	El sistema genital y reproductivo	El movimiento del cuerpo, manos, brazos,	Ninguna
	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto	Número absoluto
0 a 4 años											
05 a 09 años											
10 a 14 años											
15 a 19 años	2		1			1					
20 a 24 años											

25 a 29 años											
30 a 34 años	1									1	
35 a 39 años											
40 a 44 años											
45 a 49 años			1								
50 a 54 años	1			1			1			1	
55 a 59 años	4		2				1	1		1	
60 a 64 años	3	1	4	3						4	
65 a 69 años	4		3				2	2	1	3	
70 a 74 años	5	1	5	1			1			5	
75 a 79 años	2		1				1			2	
80 años o más	11	1	10	7		1	4	1	2	11	

Fuente: Bodega de datos SISPRO (SGD) – Registro de Personas con Discapacidad.

Fuente: Bodega de datos SISPRO (SGD) – Registro de Personas con Discapacidad.

En la siguiente tabla se relaciona algunas sustancias peligrosas que causan daño a la salud humana y que pueden ser las principales causas de síntomas a las enfermedades descritas anteriormente.

Tabla 23. Ejemplos de residuos peligrosos y sus efectos sobre la salud humana

<b>RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>SÍNTOMA/ENFERMEDAD</b>
Bario	Efectos tóxicos en el corazón, vasos sanguíneos y nervios.
Cadmio	Acumulación en el hígado, riñones y huesos
Arsénico	Toxicidad crónica o aguda (por acumulación), pérdida de energía y fatiga, cirrosis, dermatitis. Se acumula en los huesos, hígado y riñones.
Benceno, hidrocarburos Insecticidas policíclicos Esteres fenólicos	Compuestos orgánicos cancerígenos
Cromo	Tumores de pulmón
Mercurio	Vómitos, náuseas, somnolencia, diarrea sanguinolenta, afecciones al riñón.
Pesticidas organofosforados organoclorados, carbamatos, clorofenóxidos	Afecciones al cerebro y sistema nervioso
Plomo	Anemia, convulsiones, inflamaciones.

Fuente: NIEHS, 2002.

La exposición a estos compuestos ha sido asociada con enfermedades como cáncer, leucemia, y daños neuronales y hepáticos. (NIEHS, 2002).

Analizando los datos estadísticos se puede determinar que la población que actualmente vive en cercanías al relleno sanitario ubicado en la vereda de pigua contigüidad a la población de Oicatá, se obtuvo los siguientes resultados:

El 85% de los encuestados afirmó que han vivido en la zona entre 21 y 30 años, mientras que el 8% solo lleva viviendo menos de un año en el lugar.

El 100% de los encuestados afirmó que casi durante todo el año se perciben olores desagradables y a esto añaden la presencia de fauna nociva, siendo muy molesto para ellos.

También se tuvo en cuenta la tasa de cobertura bruta en educación de la población, como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 24. Tasa de cobertura bruta de educación Oicatá, 2005 – 2012

	BOYACÁ	OICATÁ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Porcentaje de hogares con analfabetismo (DNP-DANE 2005)	21,4	23,27							
Tasa de cobertura bruta de Educación categoría Primaria (MEN 2012)	95,26	73,77	↘	↗	↗	↘	↘	↘	↗
Tasa de cobertura bruta de Educación Categoría Secundario (MEN 2012)	111,24	87,95	↘	↗	↘	↗	↗	↘	↘
Tasa de cobertura bruta de Educación Categoría Media (MEN 2012)	91,74	85,48	↘	↘	↘	↗	↗	↘	↗

Fuente: Ministerio de Educación Nacional

Según el porcentaje de hogares con analfabetismo el municipio se encuentra por encima del departamento con un 23,27 frente a un 21,4 del departamento reflejando un alto grado de analfabetismo en Oicatá, en cuanto a la cobertura de educación primaria, secundaria y media el municipio siempre se encuentra por debajo del departamento, lo que indica que el departamento refleja mejores coberturas de educación y en el municipio hay muchos niños y jóvenes que no terminan sus estudios de básica primaria y bachillerato.

---

Partiendo de lo anterior la mayoría de los encuestados relacionó enfermedades y/o malestares con la cercanía del relleno sanitario como lo son:

SÍNTOMA	PORCENTAJE
Vomito	12%
Hipertensión	12%
Dolor abdominal	12%
Miocárdica	12%
Dolor de cabeza	12%
Molestia nasal	13%
Estornudos	15%
Otros síntomas o molestias	Porcentaje restante

El 100% de los encuestados expresa que es una desventaja para la salud, el medio ambiente la ubicación del relleno sanitario tan cerca a la población de Oicatá.

El 52% de los encuestados afirmó que el servicio del relleno sanitario no es adecuado, únicamente aporta roedores y malos olores a la comunidad de Oicatá.

Existe una ruta de exposición a los efectos de la contaminación de los rellenos sanitarios que sería:

- **FUENTE:** relleno sanitario
- **MECANISMOS DE LIBERACION:** aire, agua, suelo
- **RUTAS DE EXPOSICION:** inhalación, ingestión, contacto
- **RECEPTORES POTENCIALES:** el ser humano

Con base en la ruta de exposición y los efectos causados por la contaminación en salud, se elaboran unas normas ambientales, cuyos valores máximos permitidos garantizan que no se presenten problemas de salud. Las normas establecidas para tal fin son:

1. Decreto 1594 de 1984: aplica para uso del recurso hídrico y para la disposición final de lixiviados ya sea a una fuente superficial o a un alcantarillado.
2. Decreto 475 de 1998: aplica para agua potable.
3. Decreto 02 de 1982 y Resolución 1208 de 2003 del DAMA: norma de calidad del aire – inmisión: aire respirable.

Con base en la normatividad y en los reportes en la literatura sobre los contaminantes más comunes encontrados en un RS, se determinaron los siguientes parámetros a monitorear:

1. Aire: PM10, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y los siguientes compuestos orgánicos volátiles: Benceno, Tolueno y Xileno.
2. Agua: Sólidos suspendidos totales (SST), pH, temperatura, grasas y aceites, nitratos, nitrato amoniacal, metales mercurio (Hg) y plomo (Pb), conductividad, color verdadero, turbiedad, oxígeno disuelto, dureza total, , hidrocarburos, alcalinidad total, sulfatos, hierro total, fenoles totales, cianuro total, pesticidas organoclorados, coliformes totales, e. coli, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y cloro residual

Según los datos anteriores se logró hacer una priorización de los efectos de salud.

### **5.1.3. Reconocimiento de los principales efectos de salud identificados previamente**

(M., 2008-2011) Luego de establecer los problemas identificados por dimensiones se encontró al jerarquizarlos que un punto débil del municipio son los discapacitados de los cuales no se tiene una base de datos actualizada, ni se adelantan programas ni grupos de apoyo para ellos, los estilos de vida poco saludables también se encuentran con el sedentarismo y el consumo nocivo de alcohol, poca asistencia por parte de la comunidad a programas desarrollados por la administración del municipio y la falta de orientación sexual en las Instituciones Educativas y la no asistencia a programas de promoción y prevención para planificación, pero cabe resaltar que otros problemas identificados su calificación no es alta porque o se cuenta con los recursos para actuar frente a ellos, pero



que ameritan una pronta intervención como lo es la cercanía al municipio del relleno sanitario de Pírgua, contaminación de fuentes de agua de abastecimiento por aguas residuales provenientes de servicios sanitarios de viviendas que no cuentan con servicio de alcantarillado, Falta de recursos económicos para adquirir alimentos, Presencia de hacinamiento que facilita la propagación de enfermedades trasmisibles etc.

Tabla 25. Priorización de los problemas de salud Oicatá, 201

Dimensiones	Problemas	RESULTADO
Salud ambiental	Cercanía del relleno sanitario de Pírgua con el municipio, el cual en épocas de verano emite olores pestilentes.	0
	Terrenos áridos que permiten la iniciación de incendios en épocas de verano.	0
	Contaminación de fuentes de agua de abastecimiento por aguas residuales provenientes de servicios sanitarios de viviendas que no cuentan con adecuado sistema de tratamiento final de aguas residuales, residuos líquidos y sólidos provenientes de fincas donde se realizan explotación de especies domésticas, uso indiscriminado de sustancias tóxicas como plaguicidas, fungicidas etc.	0
	En época de verano se presenta desabastecimiento de agua.	0
Vida saludable y condiciones no transmisibles	Sedentarismo	19,5
	Consumo nocivo de alcohol	19,5
	Dieta poco saludable	8
	Tabaquismo	12

Convivencia social y salud mental	Violencia intrafamiliar	5,5
	Baja autoestima	5
	Conflicto por invasiones territoriales	10,5
	Poca asistencia por parte de la comunidad a programas desarrollados por la administración del municipio	16,5
Seguridad alimentaria y nutricional	Falta de recursos económicos para adquirir alimentos	0
	Preferencia en la venta de productos cultivados en sus terrenos que su consumo	6,5
	Inadecuada manipulación de alimentos	0
	Inapropiado conservación y refrigeración de los alimentos	0
Sexualidad, derechos sexuales y reproductivos	Falta de orientación sexual en las Instituciones Educativas	15
	No asistencia a programas de promoción y prevención para planificación familiar	15
	Falta de apoyo de los hombres a que sus parejas planifiquen	5
	Inadecuada información sobre sexualidad en los hogares	7
Vida saludable y enfermedades transmisibles	Poca asistencia de la población a jornadas de vacunación	5
	No cumplimiento de las medidas de protección frente a enfermedades trasmisibles	6
	Presencia de hacinamiento que facilita la propagaación de enfermedades trasmisibles	0
	Mala estructura en las viviendas que permite ambiente propicio para aparición de enfermedades trasmisibles (Piso en tierra, paredes en adobe, uso de fogones para cocción de alimentos, falta de unidades sanitarias etc.)	0
Salud pública en emergencias y desastres	El municipio no cuenta con estación de bomberos	0
	El municipio cuenta con una E.S.E. de primer nivel que no cuenta con los recursos para enfrentar una emergencia	0
	Solo se cuenta con la capacitación de una persona para la adecuada conducción de la ambulancia de la E.S.E.	0
	Poca participación de la población en simulacros de emergencias	0
Salud y ámbito laboral	Aumento de trabajos informales en los cuales no se vinculan a salud, riesgos laborales, ni pensiones a los trabajadores	0
	Ladrilleras en las cuales no se cuenta con los elementos de protección personal	0
	Exposición de trabajadores agrícolas a plaguicidas y sustancias tóxicas	0
	Falta de personal capacitados en salud ocupacional en las empresas	0
		225

Fuente: E.S.E. Puesto de Salud Oicatá

#### 5.1.4. Emisión de contaminantes olorosos

Se invita realizar las mejores prácticas para una adecuada disposición de residuos sobre todo en el manejo y cubrimiento de celdas. Se evidenció que no se está realizando una cobertura diaria sobre los residuos dispuestos. La guía ambiental de residuos en el numeral 8.3 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial da unas recomendaciones valiosas que vale la pena citar:

Tabla 26. Manejo y cubrimiento de celdas

<b>Frente de Trabajo</b>	<p>El frente de trabajo es el área en la cual los vehículos descargan los residuos sólidos para la posterior construcción de la celda diaria.</p> <p>Con el propósito de garantizar las mejores condiciones de Operatividad, se tratará de mantener un área de maniobra para los vehículos en el frente de trabajo de 15 m. Para lograr una mejor compactación y distribución uniforme de los residuos en el relleno, esta área se dividirá en tres zonas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Zona de descargue.</li><li>▪ Zona de disgregación.</li><li>▪ Zona de compactación (los residuos se distribuyen en capas de 0.30 m y se compactan hasta alcanzar la densidad de compactación deseada).</li></ul>
<b>Celda Diaria</b>	<p>Las celdas diarias son unidades funcionales de los esquemas de manejo de los rellenos sanitarios donde son confinados los residuos que llegan al sitio durante una jornada de trabajo. Las celdas están conformadas básicamente por los residuos sólidos y el material de cobertura, y serán dimensionadas con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento, y con el fin de que proporcionen un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.</p>

	<p>Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La cantidad diaria de residuos sólidos a disponer.</li> <li>▪ El grado de compactación.</li> <li>▪ La altura de la celda más cómoda para el trabajo manual.</li> <li>▪ El frente de trabajo necesario que permita la descarga de los vehículos de recolección.</li> </ul> <p>La compactación es el proceso por el cual la basura ya depositada es aplastada por vehículos especiales. El grado de compactación deseado se logra combinando cuatro variables: el peso de la maquinaria, el número de pasadas que realiza, la pendiente y el espesor de la capa de basuras.</p> <p>La compactación aumenta la vida útil del relleno, al reducir los requerimientos de espacio; facilita el movimiento de vehículos; reduce el riesgo de asentamientos o movimientos de las basuras; reduce la presencia de moscas y parásitos; reduce el riesgo de fuegos en el interior del vertedero y los eventuales incendios superficiales. El frente de vertido debe ser lo bastante amplio como para permitir el acceso de la máquina compactadora al talud, preferiblemente desde su parte inferior. Esta situación se consigue reduciendo el ángulo <math>\alpha</math> del frente de vertido o, lo que es lo mismo, aumentando su amplitud L. Ver Figura 35, al final del presente numeral.</p> <p>Por otra parte, la Figura 36 al final del numeral, muestra la situación contraria, cuando el ángulo <math>\alpha</math> es demasiado grande, o lo que es lo mismo, cuando el frente de vertido tiene poca amplitud L. La máquina compactadora es incapaz de atacar directamente el talud, debiendo limitarse a operar en la parte superior de la plataforma. Esta circunstancia provoca que la compactación de los residuos sea menor. Se recomienda, por tanto, conformar frentes de vertido amplios. La interventoría técnica de operación del relleno así como el operador deben estar en capacidad de controlar los factores relacionados con el grado de compactación.</p>
<p><b>Control de la Densidad de las</b></p>	<p>Es importante hacer mínimo un chequeo mensual de la densidad de las basuras que llegan al relleno. Para determinar el volumen efectivo de basuras, se deben hacer medidas topográficas del material de cobertura</p>

<b>Basuras</b>	almacenado, tanto al principio del mes como al final para calcular el volumen de cobertura colocado sobre las basuras. Con este volumen efectivo de basuras y los datos obtenidos por medio de las básculas del peso de las basuras que entraron al relleno sanitario durante ese mes, se puede calcular la densidad promedio- mes de las basuras.
<b>Segregación de Residuos Sólidos no Putrescibles</b>	Materiales tales como paquetes o montones de hierbas no deben introducirse a las celdas del relleno sanitario. Se recomienda que las hierbas sean sometidas a un proceso de compostación sobre el relleno y sean usadas, posteriormente, en sitios potenciales de erosión. La compactación de hierbas se trata con más detalle en otra sección de este manual relacionada con residuos sólidos especiales
<b>Colocación de Materiales Voluminosos dentro de las Celdas</b>	Residuos sólidos tales como colchones y llantas deben colocarse en o cerca del fondo de la celda. Los residuos sólidos situados alrededor de los residuos voluminosos deben sobre compactarse con el fin de impedir la recuperación de volumen de los residuos no voluminosos y de compensar el grado de compactación total.
<b>Espesor de Regado</b>	Para asegurar que el peso del equipo de compactación y su capacidad para regar residuos sólidos son correctos, el espesor de la capa regada y compactada no debe exceder de 0.60 m.
<b>Pendiente del Frente de Trabajo</b>	La transformación del peso del equipo de energía de compactación, se reduce considerablemente cuando se intenta compactar residuos sólidos en pendientes muy pronunciadas. Los planos de operación deben ser elaborados considerando que la pendiente del frente de trabajo es tres (3) horizontal por uno (1) vertical, o sea de aproximadamente 18.5°. Sin embargo, en áreas donde no exista suficiente espacio para maniobrar, la pendiente del frente del trabajo puede incrementarse hasta 30° pero en estos casos se recomienda dar pases adicionales al equipo para conseguir la

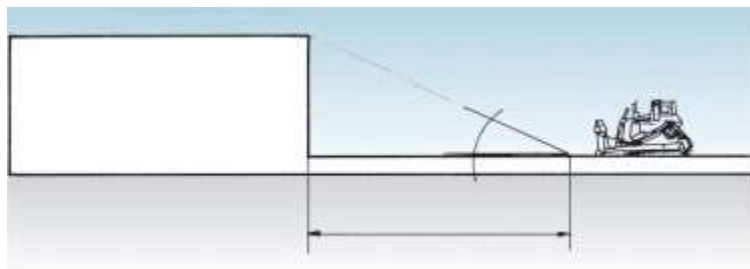
compactación deseada.

Algunos aspectos adicionales deben ser permanentemente recordados por el operador del relleno sanitario. Entre ellos los siguientes:

Es muy importante que el asentamiento total de cada celda se desarrolle uniformemente. Los asentamientos diferenciales son negativos por cuanto crean encharcamientos de agua, incrementan la necesidad de mantenimiento de vías industriales y del relleno sanitario terminado. . La minimización de los asentamientos diferenciales puede lograrse mezclando los residuos sólidos húmedos o blandos con residuos secos y duros antes de la compactación, excluyendo las hierbas de las celdas del relleno sanitario, desmenuzando y compactando los residuos voluminosos y colocando los residuos grandes y fuertes tales como trozos de árboles tan bajos como sea posible dentro de la celda. . Para minimizar la cantidad de material de cobertura requerido es importante que la corona y las partes laterales de la celda queden tan parejas y densas como sea posible. En estas zonas no deben quedar huecos ni resaltos por las razones antes expuestas.

La corona de las celdas no debe quedar completamente plana. Es importante tratar de que ésta tenga una pendiente de aproximadamente 2% para facilitar la escorrentía superficial en caso de lluvia. . Para iniciar la construcción de una celda sobre otra debe removerse de la inicialmente construida el material de cobertura en un área aproximada de 1 m<sup>2</sup> con el fin de interconectar físicamente las celdas para facilitar el flujo de gas hacia los sistemas de salida.

Figura 35. Compactación de máxima



Máxima eficacia: Frente amplio de vertido.

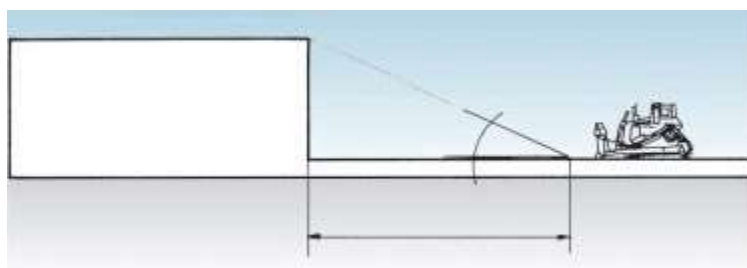


Figura 36. Compactación de baja eficacia: frente de vertido en fuerte talud

Tabla 27. Material de cobertura

<b>Cobertura Diaria</b>	Esta cobertura tendrá un espesor que va de 0.10 a 0.30 m y se colocará diariamente sobre los residuos dispuestos. Es la capa de tierra con espesores de tierra de 0.30 m colocada sobre la cobertura diaria, si no se disponen residuos sólidos sobre una celda dentro de los treinta (30) días siguientes.
<b>Cobertura Intermedia</b>	Este tipo de cobertura se adelantará en la zona donde se logren los niveles finales de diseño, su colocación se hará de la siguiente manera: La compactación del material de cobertura se efectuará con equipos mecánicos autopropulsados como Bulldozer DC-6 y superiores los cuales además desempeñaran las labores para la disgregación y homogeneización de los residuos sólidos y para la extendida de los materiales de cobertura.
<b>Cobertura Final</b>	En la Figura 36, se muestran las principales actividades del proceso de manejo y conformación de las celdas en la disposición de residuos sólidos. Los residuos son descargados en el frente de trabajo por los vehículos recolectores, posterior a esto los vehículos compactadores disgregan el material y lo compactan en capas para conformar la celda, luego de completar la altura de la celda se coloca el material de cobertura compactándolo a la vez.

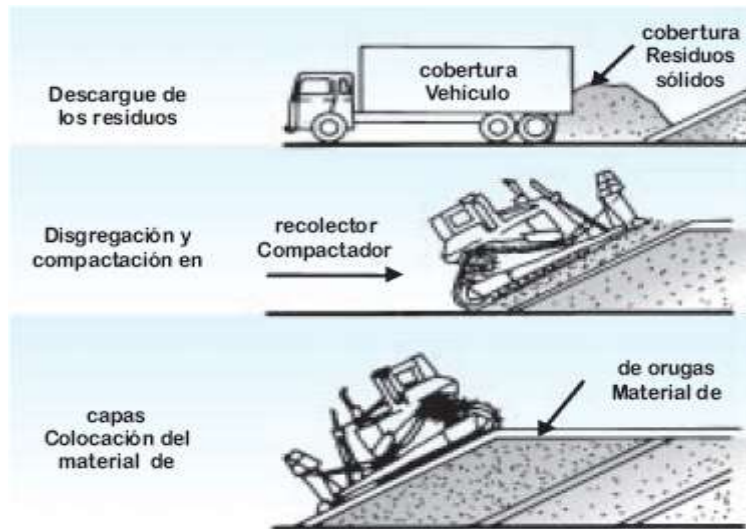


Figura 37. Manejo y cubrimiento de celdas

#### 4.1.3. Estado inicial y actual del relleno sanitario de pirgua.

Durante muchos años la prestación del servicio de aseo en Tunja obedeció a políticas que desconocían la verdadera dimensión de los efectos que causa el inadecuado manejo de los residuos sólidos. En especial, el componente de disposición final se convirtió en un conflicto ambiental sin precedentes, debido a que se utilizaban las zonas de cárcavas ubicadas en la periferia de la ciudad, incluso zonas de recarga del acuífero -surtidor del acueducto municipal- para depositar los residuos sólidos sin ningún tratamiento o manejo técnico, hecho que trajo consigo serios problemas de orden sanitario, social y económico por la generación de inmensos focos de contaminación en todos los niveles. (Fuente: Proyecciones DANE 2005-2020). (Fuente: Proyecciones DANE 2005-2020).

CIUDAD LIMPIA S.A. E.S.P. asumió la responsabilidad absoluta de la disposición final de las basuras de Tunja a partir del 2 de febrero de 1998, con el diseño, construcción y operación del Relleno Sanitario de Pirgua, primero en su género del país, el cual se constituye no sólo en una solución inmediata y definitiva al problema del manejo de residuos sólidos, sino en una fuente constante de recuperación y adecuado manejo de los recursos naturales de la zona.

El proceso de selección del área apropiada para ubicar el Relleno Sanitario demandó estudios de prefactibilidad 10 meses antes de la construcción, iniciados en 1997. Se



---

realizaron estudios de suelos, poblacionales, geológicos, hidrológicos, geoelectrónicos, topográficos, meteorológicos y sondeos eléctricos verticales, entre otros. Además se recopiló toda la información existente en la zona, incluyendo el estudio de las zonas de recarga de acuífero de Tunja.

El resultado de los estudios demuestra que la zona se encuentra en la formación Tilata, caracterizada por contener grandes estratos de material arcilloso que da un grado de impermeabilidad natural al terreno, hecho que a su vez impide el paso del agua a través del mismo.

Tras análisis de los estudios mencionados, se procede a la elaboración del Relleno Sanitario y el estudio de impacto Ambiental, el cual se entregó a Corpoboyacá, primera autoridad ambiental del Departamento, junto con los estudios de suelos realizados. El Relleno Sanitario se encuentra ubicado dos kilómetros al norte del perímetro urbano de la ciudad de Tunja en la vereda Pirgua. Cuenta con un área de 11.4 hectáreas, de las cuales cuatro son útiles para depósito de residuos. El área restante se destina a la generación de zonas verdes, construcción de vías de acceso y el montaje de las Plantas de Tratamiento de Gases y Lixiviados.

(BUSTAMANTE, 1999- 2009)El diseño está proyectado para seis zonas de explotación, con un área promedio de 5.000 metros cuadrados. Cada zona contará con varios alvéolos hasta alcanzar la altura total del diseño. Alrededor de cada alvéolo se construyen canales para evacuar las aguas lluvias y evitar que entren en contacto con los residuos. Se estima un vida útil de 8 a 10 años, que depende del equipo utilizado para compactar y del tonelaje de residuos a ingresar que, para el caso de Tunja, son 110 toneladas diarias.

RAZONES POR LAS CUALES EL RELLENO SANITARIO DE TUNJA ES CONSIDERADO COMO EL MEJOR DE COLOMBIA El sistema de disposición, confinamiento, compactación y cubrimiento de los residuos permiten una operación adecuada que evita la proliferación de malos olores -vectores de transmisión de enfermedades- y ayuda a mantener el relleno en forma organizada y visualmente agradable a quienes lo visiten. Se realizan monitoreos y controles permanentes de la calidad de las aguas superficiales, subterráneas, así como del gas a recolectar a través del sistema de pozos, que garantiza una evacuación eficiente con el fin de comprobar la protección del medio ambiente.

El plan de recuperación de las zonas verdes, reforestación y empadricación contemplado para el relleno se expande hacia el contorno del mismo, de tal manera que se llegue a tener la primera vereda ecológica de la región. Existe un control y chequeo permanente de ingreso de los residuos al relleno, lo cual permite que no se presenten descargas ilegales y personales ajenas a la operación.

Durante el proceso de concepción se ha trabajado con la comunidad, a quien se le presentó el proyecto y cuyo respaldo ha convertido a Ciudad Limpia en fiel amiga y protectora de los derechos ambientales y del ser humano. Además se realiza una labor investigativa sobre las necesidades de la región, atendiendo y solucionando requerimientos tales como la educación con la implementación de la escuela de esta vereda, y de servicios básicos como luz y agua. Combina además, de manera técnica y acertada, la obra civil, la labor social y los requerimientos ambientales, entre ellos la Licencia Ambiental, que para el Relleno Sanitario fue otorgada por Corpoboyacá el 24 de diciembre de 1998 bajo la Resolución No 0967, haciendo de este un gran gestor integral del proceso de disposición final de residuos sólidos.

El Relleno, que ha sido avalado por técnicos especializados en el área, no solo a nivel nacional sino internacional, tiene sus puertas abiertas para quien desee conocerlo y verificar por qué es el mejor Relleno Sanitario de Colombia. De acuerdo a lo anterior se dice que es el mejor relleno que cumple con toda la normatividad vigente el mejor de Colombia entonces por qué se presentan los siguientes inconvenientes.

(Memdoza, 2013) Los mayores problemas, tienen que ver con el inconformismo de los habitantes de la zona rural de Oicatá y Tunja que se quejan por los malos olores y el bajo costo de venta de sus predios, pues asegura la comunidad que nadie quiere vivir cerca de un basurero.

La ubicación del relleno como se demuestra en el plano (Ubicación) hace parte de la zona centro donde Tunja como capital recibe actualmente cientos de toneladas de residuos, que son transportados en volquetas, sin que se cumplan los requisitos básicos de transporte para este tipo de residuos, contrario a los escándalos que por el mismo sistema de transporte se hicieron en los medios de comunicación para el caso de Bogotá, la mayor parte de municipios que disponen sus basuras lo hace en condiciones anti técnicas y con enormes costos de transporte.

---

## Mapa 6. Ubicación

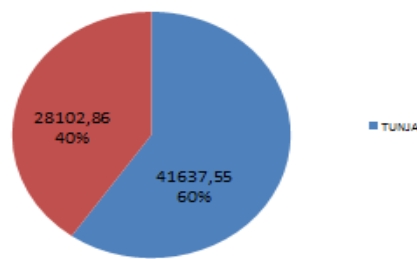


Fuente: Google Earth 21 Noviembre 2013-2014

(RUBIANO, 9 de diciembre de 2013) La Contraloría Municipal, para esta vigencia busca tratar nuevos temas como: Los avances del Plan de Desarrollo de la Alcaldía Municipal 2012-2015, la ejecución del Plan Maestro de Alcantarillado en lo que tiene que ver con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la Gestión Ambiental de las empresas responsables de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. Así como se analizará el estado actual del Relleno Sanitario de Pírgua. Debido a que los escenarios planteados por la empresa con la tasa de crecimiento del 0.87% de disposición del Municipio de Tunja muestran la vida útil del relleno con base en las disposiciones que se están realizando en la actualidad, esto demuestra que a octubre del año 2014, la capacidad de las 183.293 toneladas que son las proyecciones máximas en lo que resta del área, se estaría agotando el área libre del relleno, lo que pone en riesgo la situación de la disposición de basuras, no

solo para Municipios sino la disposición de los residuos de la ciudad de Tunja, un hecho que ha llamado la atención de la Procuraduría frente al riesgo sanitario que se estaría generando para la ciudad y el resto de los 65 municipios que dependen del Rellano de Pírgua.

**DISPOSICIÓN FINAL RELLENO SANITARIO  
PIRGUA TUNJA VS OTROS MUNICIPIOS – AÑO  
2013**



(Espinosa, 2013) El plano (Diagnostico) muestra el área en café, señalado por flechas que corresponden a la ocupación propuesta en la modificación del POT, del relleno sanitario y que corresponden a 84 hectáreas, y que es un plan a largo plazo de vida útil según licencia ambiental 2752 de 2010, que iría por 49 años de vida útil para el relleno sanitario, esta decisión queda en suspenso por ahora con la no aprobación de la modificación excepcional del Plan de ordenamiento de la ciudad de Tunja ¿podría ser este un punto de discusión, en la modificación proyecto POT, y se permita aprobar los demás componentes, por parte del concejo de Tunja.

Mapa 7. Diagnostico



Fuente: servitunja

El gráfico por capas abajo demuestra el comportamiento del área intervenida del relleno, como ha evolucionado desde 1998 ha la fecha, el área superior la franja en blanco centro es el área disponible para disposición de los residuos y que es parte de la discusión que se presenta en este momento.

## ESCENARIO DE INGRESO DE 65 MUNICIPIOS

Tasa de crecimiento 0,87%

mes	65 municipios	mes	65 municipios	mes	65 municipios	
1	6068	10	6561	19	7094	
2	6121	11	6618	20	7155	
3	6174	12	6676	21	7218	
4	6228	13	6734	22	7281	
5	6228	14	6792	23	7344	
6	6337	15	6852	24	7408	
7	6392	16	6911	25	7473	
8	6448	17	6971	26	7538	Octubre 2014
9	6504	18	7032		<b>183245</b>	

Fuente: Servitunja S.A E.S.P

**Capacidad remanente: 183.293 Ton**

## ESCENARIO MUNICIPIOS ZONA CENTRO

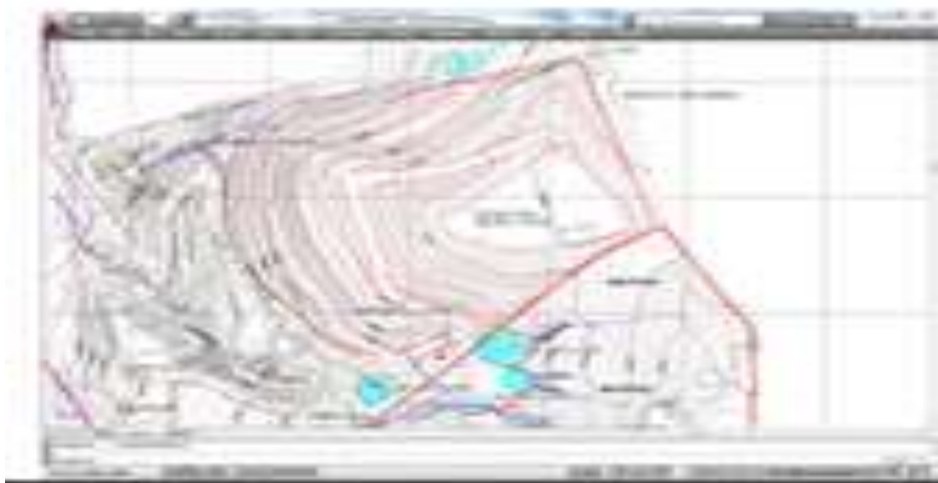
Teniendo en cuenta la metodología aplicada por Servitunja S.A E.S.P y considerando el escenario mas crítico para zona centro la vida útil del relleno sanitario va hasta el 30 de Noviembre de 2015

TASA	FECHA FIN	SUMA TON
Tasa a) 0,32 %	13-ABR-2016	183.261
Tasa b) 0,46 %	05-ABRIL-2016	183.332
Tasa c) 0,87 %	30-NOVIEMBRE-2015	183.352

Fuente: Servitunja S.A E.S.P

Por otra parte la Recolección y Transporte los residuos se hace así: Se tienen establecidas 14 microrutas de recolección, 7 de día y 7 de noche, con una frecuencia interdiaria en los sectores residenciales y diarios en sectores comerciales y centro histórico. Se cuenta con 6 vehículos compactadores 4 en operación y dos de reserva, cada micro ruta cuenta con dos operarios y un conductor, en el momento de la verificación todos los operarios se encontraron uniformados y con los elementos de protección personal, los vehículos están debidamente identificados con el logo de la empresa, cuentan con extintor y botiquín y sistema de emergencia para detener la compactación, no se observa derrame de lixiviados ni residuos sobre la vía. El mantenimiento preventivo de los vehículos corre por cuenta de la Empresa y es realizado cada 400 horas en el taller de mantenimiento ubicado en la sede administrativa de la Empresa. Finalmente esta empresa desea ampliar el relleno sanitario, como lo demuestra el siguiente gráfico sin importar as consecuencias que esto acarree.

Mapa 8. Ampliación relleno sanitario.



Fuente: servitunja

El plano inferior polígono demarcado con línea roja muestra la ampliación del relleno que se estaría proponiendo en el actual proyecto 050 de 20013, o modificación excepcional del plan de ordenamiento territorial, que estaría otorgando los usos del suelo, para que entraran a operar.

#### **5.1.5. Indicador 13: cantidad de residuos sólidos- generación de residuos solidos**

Al relleno sanitario de pargua llegan cerca de 200 toneladas de desechos llegan al día y al mes la cantidad sobrepasa las 6.000 toneladas procedentes de 62 municipios del departamento. El conocimiento de las cantidades de residuos sólidos generados es fundamental en el contexto del manejo integral de residuos y en la evaluación del impacto social y ambiental que representa su manejo. (Fuente: servitunja).

El relleno sanitario de Pargua en el año 2012, recibió 72.321.06 Toneladas de residuos, de 77 municipios incluido Tunja. Durante el año 2012, se realizó la disposición de residuos sólidos. El caudal promedio de lixiviados en el año 2012 fue de 0,40 l/s teniendo una producción promedio mensual de 1.036m<sup>3</sup>, que arroja un volumen anual de producción de lixiviados de 12.432m<sup>3</sup>. La planta de tratamiento presentó normalidad durante la

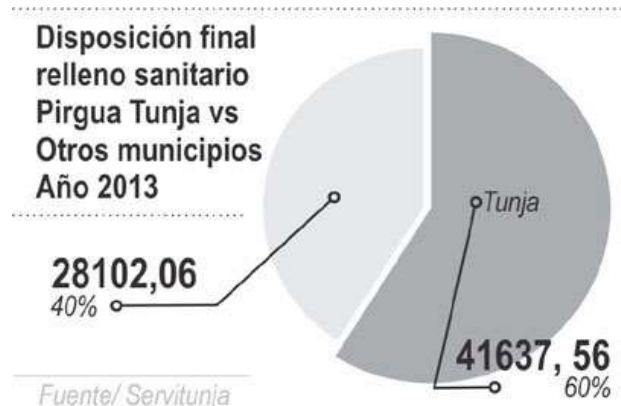
operación del año 2012, garantizando el tratamiento fisicoquímico y biológico del total de lixiviados generados por el relleno sanitario. El sistema de tratamiento de lixiviados del Relleno Sanitario de Pirgua de Tunja cumple con la remoción en carga superior al 80% en demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos (SS), requerida por la norma de vertimientos (Artículo 72 decreto 1594 del 26 de Junio de 1984 expedido por el Ministerio de Agricultura). El sistema de tratamiento de lixiviados del Relleno Sanitario de Pirgua de Tunja cumple con la remoción en carga superior al 80% en demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos.

Fuente: CONTRALORIA MUNICIPAL DE TUNJA NIT. 800107701-8 Control fiscal un compromiso social. Informe Final Auditoria Gubernamental Modalidad Especial al Medio Ambiente y los Recursos Naturales del Municipio de Tunja vigencia de 2012.

El indicador permite obtener datos cuantificados y espaciales con los cuales es posible tomar decisiones que mejoren el desempeño ambiental del manejo de los residuos sólidos en el país. Como se muestra en la gráfica, en los últimos 7 años desde la entrada en operación de las restricciones al manejo de basuras en los municipios, se duplicó el número de los que buscan en el relleno de Pirgua de Tunja una alternativa, lo que genera dudas sobre la eficiencia y los costos de los mismos. Los escenarios planteados por Servitunja, con la tasa de crecimiento del 0.87% de disposición del Municipio de Tunja, muestran que la vida útil del relleno, a octubre del año 2014, (la capacidad de las 183.293 toneladas que son las proyecciones máximas en lo que resta del área) se estaría agotando, lo que pone en riesgo la situación de recepción de basuras para todos los municipios, incluida Tunja. (Fuente: servitunja)

Aunque el municipio de Tunja ha venido exigiendo límites a las cantidades de residuos, llegando a plantear un acuerdo donde solo se recibirán residuos a 15 municipios, lo que permitiría alargar la vida útil, hasta noviembre del año 2015, como se puede ver en el cuadro, bajando las tasas de disposición; sin embargo, no resuelve en el fondo la dificultad que ahora requiere solución de corto plazo.





#### 4.1.4 Indicador 14: contaminación fuentes de agua- causas de la contaminación de las fuentes.

(OICATA, 2013) En la actualidad el municipio de Oicatá cuenta con cuatro plantas de tratamiento optimizadas en las veredas centro y Forantiva que beneficia las zonas rurales. ACUO entidad privada es el otro prestador del servicio de Acueducto en el Municipio la cual posee una cobertura de 86.70% de la población rural El IRCA (Índice de Riesgo en la Calidad del Agua), siempre ha sido ALTO. La calidad del Agua en la zona urbana tiene un IRCA Medio.

Las fuentes de agua para los acueductos que abastecen a la población urbana y algunos sectores rurales, “La Mecha” ubicada en la vereda la Concepción del municipio de Cómbita; “Las Cebollas” ubicada en la vereda centro del municipio de Oicatá y Pozo profundo ubicada en la vereda centro del municipio de Oicatá. Las fuentes que abastecen a los acueductos rurales, “La Peña-Rio de Piedras ubicada en la vereda Santa Bárbara del municipio de Cómbita y la Pozo Profundo ubicado en la vereda Forantivá del municipio de Oicatá, son susceptibles de sufrir alteraciones en las característica físicas, químicas y microbiológicas por acción de fenómenos naturales como el invierno y la inadecuada disposición de agua individuales provenientes de vertimientos líquidos de viviendas y fincas, cultivos, y otras actividades artesanales.

La cabecera municipal se abastece de nacederos de pequeñas quebradas que se ubican en el Municipio de Combita Vereda la Concepción parte baja y la gran parte de la zona rural se abastece de agua que proviene de un acueducto del Municipio de Arcabuco

denominado la Mecha el cual no cuenta con planta de tratamiento. En la cabecera municipal de OICATA la fuente de abastecimiento del agua la constituye la bocatoma de la quebrada La Mecha (Municipio de Combita) y la quebrada Las Cebollas y un pozo profundo ubicado en la vereda centro, el agua es transportada por gravedad de la primera y por gravedad y bombeo de la segunda hasta un desarenador de alta tasa ubicado en el área urbana contiguo al tanque de almacenamiento y la procedente de la estación de bombeo (Quebrada La Mecha), al tanque de almacenamiento, destacando que existen plantas de tratamiento de origen convencional y en las cebollas una compacta.

En el ámbito rural, la cobertura del acueducto es amplia. De manera general las corrientes del municipio son suficientes para el consumo humano y en cuanto a la calidad bacteriológica y físico - químico es objetable aun cuando el grado de contaminación en un primer examen visual no es alto, y esto se prueba mediante los análisis de muestras que realiza la secretaria de salud de Boyacá y el Laboratorio Control Microbiológico contratado por el Municipio. La cabecera Municipal presenta un acueducto que tiene un abastecimiento de la quebrada Las Cebollas, con 0.65 LPS y una segunda fuente de la quebrada La Mecha jurisdicción del Municipio de Combita, con 1.0 LPS.

La parte rural cuenta con un acueducto administrado por La Asociación de usuarios campesinos, de los cuales no se tiene información detallada pues no cuenta con los estudios, diseños y planos de obras civiles ejecutados.

El Abastecimiento de Las cebollas, proveniente de la microcuenca de las Cebollas, la cual tiene un área de captación aproximado de 40 Hectáreas presentando una baja cobertura vegetal y una gran invasión de cultivos ganadería en el área de influencia. Ubicada en la vereda Centro, posee una bocatoma de fondo a la cual confluyen aguas captadas del drenaje de la misma y es conducida al tanque de almacenamiento en un primer plano por gravedad y el segundo por bombeo hasta el tanque de almacenamiento en una tubería de PVC de 2" en una longitud aproximada de 1400 metros. En su recorrido se han autorizado puntos de agua los cuales afectan de una u otra forma el normal movimiento del flujo. En cuanto al caudal de conducción cabe decir que en épocas críticas el flujo es de hasta 0.2 LPS los cuales son insuficientes para este tipo de servicios. Se han realizado reforestaciones cerca de la cuenca para el manejo y conservación y no disminuir el acuífero.

(BUSTAMANTE, 1999- 2009)El Abastecimiento de La Mecha, presenta la misma acción antropica del abastecimiento de las Cebollas; es obtenida de la quebrada de La Mecha por medio de una bocatoma de fondo de allí es conducida por una tubería de 2" en un tramo aproximado de 2600 metros de extensión hasta la planta de tratamiento municipal y

---

actualmente se encuentra en buen estado, en épocas críticas su caudal disminuye considerablemente.

Contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua por aguas residuales provenientes de:

- Servicios sanitarios de las viviendas que no cuentan con adecuados sistemas de tratamiento final de aguas residuales.
- Residuos líquidos y sólidos provenientes de fincas en donde se realizan explotación de especies domésticas (bovinos, caprinos, aves, etc.) cuyos vertimientos son dispuestos a los cuerpos de agua.
- Uso indiscriminado de sustancias tóxicas como plaguicidas, fungicidas, etc., que son aplicados en los cultivos. Los residuos son dispuestos en los cuerpos de agua o a través del viento en el momento de la aspersión.
- Falta de tratamiento final de aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado del municipio de Oicatá que podría eventualmente contaminar fuentes de agua subterráneas, aljibes, manantiales, nacimientos de agua.
- El Relleno sanitario de Tunja en donde se disponen los residuos sólidos provenientes de Tunja y un elevado número de municipio del departamento de Boyacá, por la descomposición orgánica produce “LIXIVIADOS” que eventualmente podrían contaminar fuentes de agua con la quebrada “Las Cebollas” u otras.
- Las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado de Tunja que son vertidas en el río la vega sin tratamiento previo.
- Por disposición de residuos líquidos y sólidos provenientes de otras actividades industriales y agropecuarias.
- Otro factor de riesgo en el municipio son los incendios forestales, debido a lo árido del terreno y los periodos de sequía que se presentan en el mismo.

En la tabla 28 se evidencia las principales fuentes hídricas del municipio de Oicatá

Tabla 28. Principales fuentes hídricas del municipio.

CUENCA	FUENTE	CAUDAL - LPS				ÁREA Km	LONG. ML	DESCRIPCIÓN
		Q1	Q2	Q3	X			
Río Chicamocha	RIO CHULO					59,34	12000	<p>Esta es la gran microcuenca del Municipio de OICATA pues la gran mayoría de los drenajes van a desembocar allí. Es la Fuente más contaminada de la Cuenca alta del río Chicamocha pues en su paso por el municipio de OICATA confluyen las aguas servidas de la Capital del Departamento.</p> <p>Su cuidado y estudio al igual que sus planes de conservación se realizaron en el estudio de riego del Alto Chicamocha y en los que ha efectuado CORPOBOYACA. Los planes de Manejo, Conservación hasta el momento no se han divulgado ni mucho menos puesto en marcha. Es la principal fuente de regadío en áreas aledañas a su lecho, dedicadas a ganadería intensiva.</p> <p>Se presentan inconvenientes en salud de la zona de influencia del río, actualmente se atiende una demanda con el Municipio de Tuta pues se quejan que este municipio esta recibiendo las aguas servidas de OICATA.</p>
	Cebollas	1.0	0.6	0.5	0.7		1400	<p>Actualmente esta microcuenca es la principal fuente de abastecimiento de agua con que cuenta el Municipio. Carece de un estudio de plan de manejo y conservación además de ser la principal fuente de agua, el municipio compró una pequeña área en la parte de la bocatoma que lleva el agua a la red de conducción al Municipio. El nacimiento se ubica en los límites de OICATA con la ciudad de Tunja en las veredas de Centro y Pírgua respectivamente.</p> <p>Su entorno esta dedicado a pastizales y cultivos de papa lo cual se deduce que nace con ciertas limitaciones en cuanto a su calidad y conservación pues la acción de los cultivos avanza hacia los nacimientos de la quebrada. La vegetación que rodea su nacimiento es muy escasa y hasta ahora se están haciendo campañas de revegetalización en conjunto con el colegio municipal.</p> <p>Recomienda: Delimitar y aislar el área de influencia de la microcuenca, prohibir los cultivos en sus inmediaciones es decir reglamentar la franja de aislamiento, antes de seguir realizando labores de reforestación se recomienda hacer obras civiles tales como banqueteo, terrazas, trinchos para poder disminuir la acción</p>

ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPIO DE OICATA

								erosiva del agua en época de invierno. Las especies sembradas no han sido las más recomendadas pero se hace énfasis en el Retamo que ha presentado una gran capacidad invasiva, reproductiva y adaptación muy fácil a la pobreza de los suelos.
	La Mecha	2.2	1.6	1.8	1.8		3000	<p>Su zona de recarga son los límites de los municipio de Combita, Motavita y Tunja. Geográficamente se ubica en el Municipio de Combita. Su importancia radica en que surte con un gran caudal y en conjunto con La Cebollas son las que dan la totalidad del agua al municipio en la totalidad de la parte Urbana.</p> <p>Recomienda: Por estar geográficamente fuera del municipio se recomienda hacer un convenio intermunicipal con Combita para delimitar y aislar el área de influencia de la quebrada, priorizar sitios a comprar; reglamentar la franja de aislamiento, antes de realizar labores de reforestación se recomienda hacer obras civiles tales como banqueteo, terrazas, trinchos para poder disminuir la acción antropica y erosiva del agua en época de invierno.</p>

Fuente: Esquema de ordenamiento territorial municipio de Oicatá.

---

## 6. CONCLUSIONES

1. Con el trabajo de investigación se pudo determinar que el municipio de oicatà si se ve afectado por la ubicación del relleno sanitario de pigua debido a que este genera metales pesados, contaminantes como los COv, por malos olores y lixiviados, que afectan la salud humana, causando enfermedades respiratorias en niños y ancianos los cuales son más vulnerables debido a los déficits que presenta la comunidad en alteraciones o dificultades para respirar y esto se debe al funcionamiento inadecuado del relleno sanitario de pigua.

2. Partiendo de la propuesta de investigación realizada se puede analizar que la contaminación por olores expedidos tales como putrefactivo, corrosivo, y por descomposición afectan la respiración humana, afectan la piel y causan enfermedades graves que no son detectadas inicialmente pero que con el tiempo afecta o altera el sistema nervioso central, además se ha analizo que la contaminación del relleno sanitario de pigua sobre la comunidad de Oicatá causa enfermedades de diarrea crónica por consumo de alimentos cosidos con agua contaminada.

3. Teniendo en cuenta los análisis realizados en campo se ha determinado que el relleno sanitario emite contaminantes por encima de la norma establecida en general para el funcionamiento de los rellenos sanitarios y además según acción de tutela impuesta puede verificar que el relleno sanitario de Pigua no cumple con la normativa legal vigente, y de igual forma se hace evidente que su licencia de funcionamiento esta únicamente hasta diciembre del año 2014, debido a que no da abasto para el recibimiento de los residuos sólidos de los 23 municipios que traen sus residuos a este relleno sanitario.

4. según los análisis obtenidos y la verificación de información se analizó que el relleno sanitario no cumple con los parámetros ambientales, ya que el municipio de oicatà se ve afectado en su entorno tanto por olores, y la presencia de insectos y roedores que abundan alrededor de las viviendas cercanas a menos de un kilómetro del mismo.

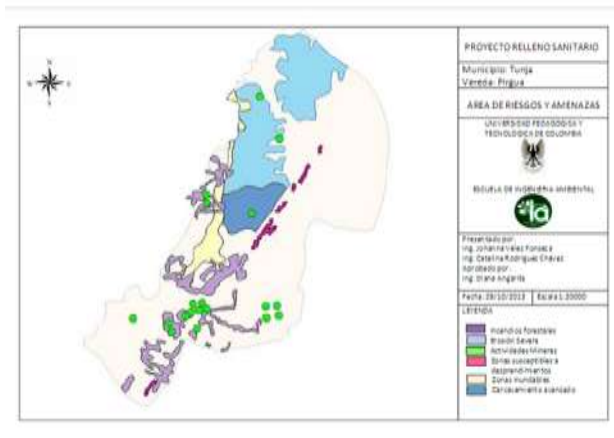
5. En visitas realizadas al relleno sanitario se pudo observar y determinar que este no cuenta con un sistema apropiado de funcionamiento y que hasta el momento hay habitantes que viven demasiado cerca al relleno sanitario con pequeñas parcelas las cuales son enriquecidas por la materia orgánica generada del relleno sanitario y sus contaminantes de igual forma no solamente el municipio de Oicatá reclama que se realice

ajustes al funcionamiento del relleno sino la comunidad de los diferentes barrios en cercanías al relleno que se ven afectados por las oleadas de malos olores que son trasportados por los vientos.

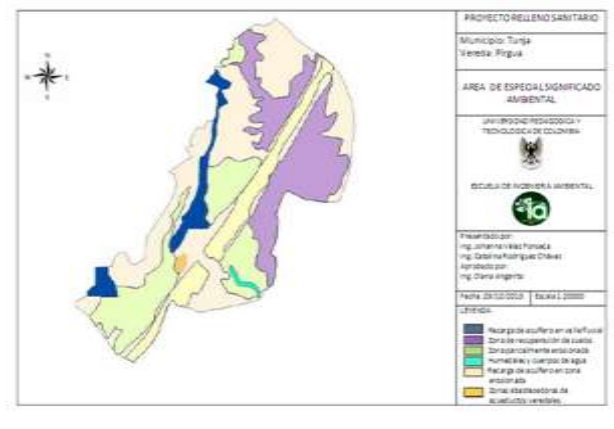
## **7. RECOMENDACIONES**

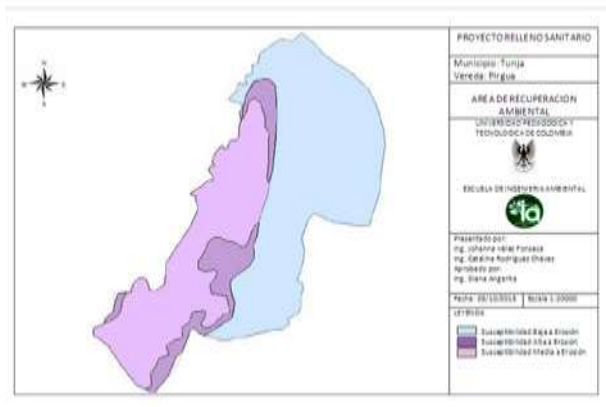
1. Finalmente se recomienda que todos los municipios se hagan partícipes en la implementación y ejecución de rellenos sanitarios y que se verifique que los rellenos sanitarios cumplan con la normatividad legal vigente.
2. Se recomienda que se realicen campañas para promover el reciclaje desde la fuente y la recuperación de materiales que se puedan reutilizar, reciclar y reparar. Se desea promover que los gobiernos, empresas, e instituciones educativas se unan a generar campañas que promuevan conciencia en beneficio ambiental.
3. Se recomienda que la comunidad sea participé de las decisiones tomadas por los entes encargados en el momento de las licitaciones para la ejecución de rellenos sanitario y de esta forma lograr que estos no afecten a las poblaciones cercanas, si no que sean ubicados en lugares donde no contaminen cumpliendo con toda la normativa que se exige para su funcionamiento y así lograr una actitud amigable con el ambiente fomentando el uso razonablemente con los recursos naturales.
4. Se recomienda que el municipio de Oicata tome medidas legales sobre el funcionamiento del relleno sanitario y que implemente un plan de manejo ambiental que pueda mitigar el impacto causado debido a que el relleno no cumple la norma legal y es una fuente alta de contaminación sobre la población debido a los contaminantes generados por los lixiviados y de igual forma por las fincas que quedan en límites con el relleno sanitario.

**ANEXOS**



Fuente: UPTC facultad de ingeniería ambiental





Fuente: UPTC facultad de ingeniería ambiental

## BIBLIOGRAFÍA

Appelo, C.A.J., Postma, D. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Ed. Balkema, Brookfield, Rotterdam, 536 pp. 1996.

Aubreville, A.: *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*, París, Soc. De Editions Géographiques Maritimes et Coloniales, 1949.

Bowman, K. P., and Krueger, A. J. *A global climatology of total ozone from Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer*. J. Geophys. Res. 90:7967-7976. 1985.

Bowman, K.P. *Global patterns of the quasi-biennial oscillation in total ozone*. J. Atmos. Sci. 46:3328- 3343. 1989.

Barry, R.G. & Perry, A.H. *Statistical Methods Synoptic Climatology: Methods & Applications*. Methuen & Co., London, 433 pp. 1973.

Campbell, I.M. *Energy and the atmosphere: A physical-chemical approach*, 2nd edn. John Wiley & Son Ltd., Chichester, England, 337pp. 1986.

Carter, V.G.; T. Dale: *Topsoil and civilization*. Univ. Oklahoma Press, 1955  
 “Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en Africa”. Secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, 1999.  
<http://www.unccd.de>



---

CCD- FI 14 “Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en Africa”. Secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación; ficha informativa 14, 1999.

CEPAL. Quiroga Martínez, Rayén, consultora de la división de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Indicadores de Desarrollo Sustentable: estado del arte y perspectivas, documento borrador para diagrama e imprenta. Santiago de Chile, marzo de 2001.

Chandra, S., and McPeters, R.D. *The solar cycle variation of ozone in the stratosphere inferred from Nimbus-7 and NOAA-11 satellites*. J. Geophys. Res. 99:20665-20671. 1994.

Chapra, Steven C. *Surface Water Quality Modeling*. McGraw Hill. 1997.

Dessler, A. E.; Burrage, M. D.; Groob J.-U.; Holton, J. R.; Lean, J. L.; Massie, S. T.; Schoeberl, M. R.; Douglass, A. R., and Jackman, C. H. *Selected science highlights from the first five years of the Upper Atmosphere Research Satellite –UARS– program*, Rev. Geophys., 36, 183-210. 1998.

Hollandsworth, S. M., McPeters, R. D., Flynn, L. E., Planet, W., Miller, A. J. and Chandra, S. *Ozone trends deduced from combined Nimbus-7 SBUV and NOAA-11 SBUV/2 data*, Geophysical research Letters, 22, 905-908. 1995.

Hollandsworth, S. M, Bowman K. P. and McPeters R. D. *Observational study of the quasi-biennial oscillation in ozone*, Journal of Geophysical Research, 100, 7347-7361. 1995.

IDEAM: Datos sobre los perfiles verticales de ozono en Bogotá, obtenidos con ozonosondas de tipo ECC. 1998-2001.

León, G. La climatología del ozono en Colombia. IDEAM-METEO/ 002-01. IDEAM. Bogota, Colombia. 2001.

McPeters, R.D., Hollandsworth, S.M., Flynn, L.E., Herman, J.R. and Seftor, C.J. *Long-term ozone trends derived from the 16 year combined Nimbus-7/ Meteor-3 TOMS Version-7 record*. Geophys. Res. Lett. 23:3699-3702. 1996

NASA: Datos de ozono total obtenidas con el Espectómetro Cartográfico Total de Ozono (*Total Ozone Mapping Spectrometer –TOMS–*) portados por los satélites Nimbus-7, Meteor-3 y Earth Probe. 1978-1999.

Newman, P: *An Introduction to Stratospheric Ozone. The Stratospheric Ozone Electronic Textbook. Atmospheric Chemistry and Dynamics Branch of NASA's Goddard Space Flight Center.* NASA. *Studying Earth's Environment From Space.* June. <http://see.gsfc.nasa.gov/edu/SEES/>. 2000.

Shine, K, Derwent, R.G., Wuebbles, D.J. and Morcette, J.J. *Radiative forcing of climate. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment Houghton, J.T., Jenkins, G.J. & Ephraums, J.J. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge,* pp. 41-68. 1990.

Stolarski, R.S., Bloomfield, P., McPeters, R.D. and Herman, J.R. *Total ozone trends deduced from Nimbus-7 TOMS data. Geophys. Res. Lett.* 18:1015- 1018. 1991

Stolarski, R., Bojkov, R., Bishop, L., Zerefos, C., Staehelin, J. and Zawodny, J. *Measured trends in stratospheric ozone. Science.* 256:342-349. 1992.

*United Nations Environment. Programme Environmental Effects of Ozone Depletion, 1991 update. Nairobi: UNEP.* 1991.

Freeze, R.A., Cherry J.A., *Groundwater. Prentice -Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA,* 604 pp. 1979.

Hem, J.D., *Study and Interpretation of the Chemical characteristics of Natural Water, 3rd edn. US Geological Survey Water - Supply paper 2254. US Government Printing Office, Washington D.C.* 1992.

Custodio, E., Llamas, M.R., *Hidrología Subterránea.* Tomo I. Ed. Omega. 1157 pp. Barcelona, 1983.

IDEAM. El Medio Ambiente en Colombia. Versión para Internet año 2000.

Ministerio del Medio Ambiente - Universidad de los Andes. Informe de Avance Plan Decenal Aguas Residuales. 2002.

Orjuela, Luz Consuelo. Tesis: Estimación de la afectación en el balance de oxígeno disuelto, causada por materia orgánica biodegradable en diferentes tramos de la cuenca Magdalena - Cauca. IDEAM - Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo.

---

Ramirez, A. Y Viña G. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. BP - Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. 1998.

Salazar, Alvaro. Contaminación de recursos hídricos, Modelos y Control.

Instituto de Hidrología de España / UNESCO. Métodos de cálculo del balance hídrico, Guía internacional de investigación y métodos, versión española. Rafael Heras, 1981.

UNESCO / ROSTLAC. Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur, Montevideo-Uruguay, 1982.

IDEAM. El Medio Ambiente en Bogotá, Colombia, 2000.

Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Indicadores ambientales, una propuesta para España –series monografías–. Madrid, España, 2000.

IDEAM. Estudio Nacional del Agua, balance hídrico y relaciones de demanda-oferta de agua en Bogotá, Colombia. Versión 2000.

Control de olores en el manejo de biosólidos EPA 832-F-00-067 Septiembre de 2000

Deshidratación por centrifugación y espesamiento EPA 832-F-053 Septiembre de 2000

Filtro presa de bandas EPA 832-F-00-057 Septiembre de 2000

Filtro prensa de placa EPA 832-F-00-058 Septiembre de 2000

Estabilización alcalina de biosólidos EPA 832-F-00-052 Septiembre de 2000

O’Dette, R.G., 1996. Determining the Most Cost Effective Option for Biosolids and Residuals Management. In *Proceedings of the 10th Annual Residuals and Biosolids Management Conference: 10 Years of Progress and a Look Toward the Future*. Alexandria. Water Environment Federation.

Sopper, W.E., Seaker, E.M., and Bastian, R.K., Editors, 1982. *Land Reclamation and Biomass Production and Municipal Wastewater and Sludge*. University Park. The Pennsylvania State University Press.

U.S. Environmental Protection Agency, 1995. *Amendments to the Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge (40 Code of Federal Regulations Part 503)*. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency, 1994. *Biosolids Recycling: Beneficial Technologies for a Better Environment*. EPA 832-R-94-009. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

U.S. Environmental Protection Agency, 1993. *Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge (40 Code of Federal Regulations Part 503)*. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency, 1991. *National Pretreatment Program: Report to Congress (EPA 21 W-4004)*. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency, 1986. *Sewage Sludge Management Primer, Technology Transfer Series*. Cincinnati. U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency, 1984. *Environmental Regulations and Technology, Use and Disposal of Municipal Wastewater Sludge (EPA 625/10-84- 003)*. Cincinnati. U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency, 1983. *Process Design Manual Land Application of Municipal Sludge (EPA 625/1-83- 016)*. Cincinnati. U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency, 1981. *Interagency Policy on Beneficial Use of Municipal Sewage Sludge*. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency

Water Environment Federation, 1997. *National Outlook – State Beneficial Use of Biosolids Activities*. Washington, D.C. Water Environment Federation.

