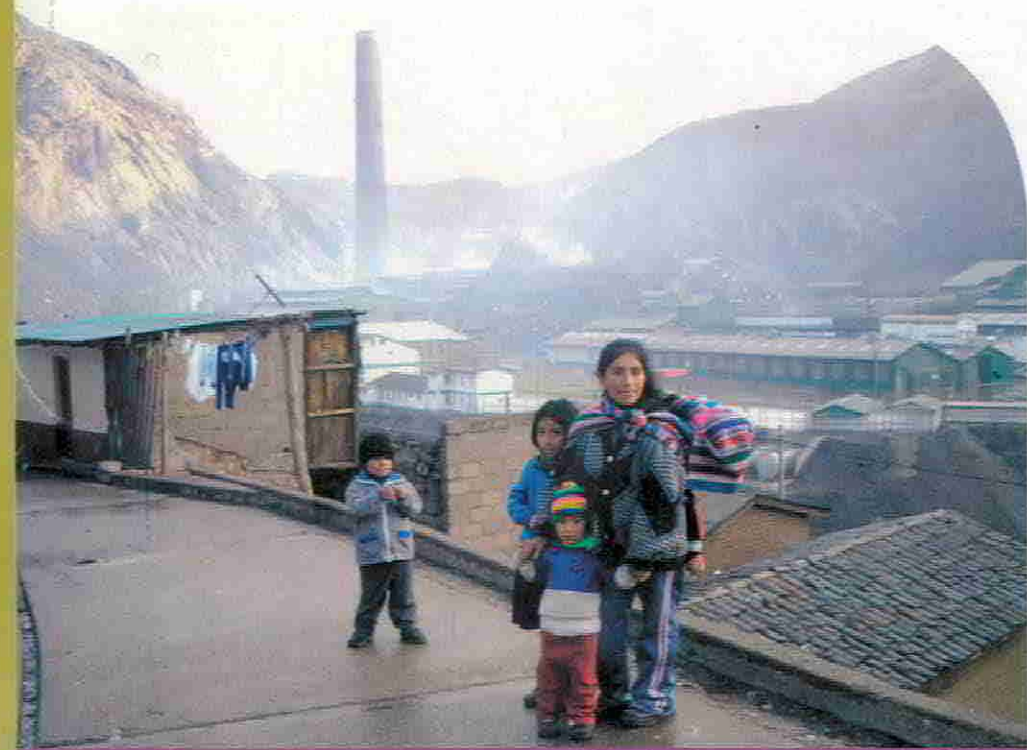




Diagnóstico de línea de base de calidad del aire de La Oroya



USAID | PERU
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

Esta publicación ha sido auspiciada por la
Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional - USAID

Av. Guardia Civil 205, San Borja
Teléfono: (511) 225-5370 Fax: (511) 225-5369
Correo electrónico: conam@conam.gob.pe ser.centro@conam.gob.pe
Web: www.conam.gob.pe

GESTIA ZONAL DEL AIRE

GESTIA ZONAL DEL AIRE

363.7392
C740

MFN 1051



Diagnóstico de línea de base de calidad del aire de La Oroya



GESTA ZONAL DEL AIRE



1397

DIAGNOSTICO DE LÍNEA DE BASE DE CALIDAD DEL AIRE DE LA OROYA

© Consejo Nacional del Ambiente

Primera edición: diciembre 2004

Impresión: Edición Gráfica Industrial I.E.R.L.

Carlos Loret de Mola

Presidente del Consejo Directivo – CONAM

Mariano Castro Sánchez - Moreno

Secretario Ejecutivo - CONAM

Edición:

Carlos Alberto Rojas Marcos – SER Centro CONAM

Milagro del Rocío Malpartida Reynoso – SER Centro CONAM

Contenidos:

Gesta Zonal del Aire de La Oroya / Decreto del Consejo Directivo N° 029-2001- CD/CONAM/

Ministerio de Salud – Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA

Participantes en la elaboración del diagnóstico de línea de base conducido por el Gesta Zonal del Aire de La Oroya.

Institución	Representante
Miembros oficiales	
Asociación de Juntas Vecinales Yauli La Oroya	Clemente Galarza Rojas
	Evaristo Barreto Huamán
	Ignacio Maldonado Ventosilla
	Miguel Flores
	Pablo Fabián Martínez
	Richard Romero Chavez
Arzobispado de Huancayo/ Parroquia de La Oroya	Liliana Cárhuaz
	Olinda Parra
	Oswaldo Tene
	Yolanda Zurita
Colegio Médico del Perú Consejo Regional	Jesús Díaz Matos
Cámara de Comercio La Oroya	Octavio Rodas Díaz
Consortio UNES (Cooperación, CENCA, Filomena Tomayra)	Ivan Gora Robles
	Héctor Guardamino
	Marisol Acuña Portillo
	Maribel Chávez Velásquez
	Nelly Ingaroca Maldonado
	Mary Luz Chávez
Rosa Güere Arenas	
Consejo Nacional del Ambiente – CONAM - Secretaria Ejecutiva Región Centro	Carlos Alberto Rojas Marcos
	Milagro Malpartida Reynoso
Dirección Regional de Salud Junín	Cristian Fraioli Huerta
	Cecilia Hurtado Séenz
	Norma Córdova
	Rosa Palomino
Dirección Regional de Transportes Junín	Anibal Bendezú Mayorca
	David Vilcahuaman
Dirección Regional de Agricultura Junín	Gloria Delzo
	Vilma Yupanqui

Dirección Regional de Educación Junín	Herber Ríos Chihuan
	Irma Aranda
	Simón Cajachagua
Doe Run Perú División La Oroya	Juan D'Ambrosio
	Jorge Miranda
	Jose Mogrovejo
	Luis Zárate
	Cristobal Pinche
Empresas de Transporte	Lorenzo Felix Bujaico
Municipalidad Provincial de Yauli La Oroya	Agustín Mamani Mayta
	Clarisa Amanzo Sosa
	Julio Suarez
	Mario Enriquez
	Walter Chanca Garcia
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI	Eusebio Sánchez Paucar
	Víctor Rosas Payano
Universidad Nacional del Centro del Perú – UNCP (Facultad de Química)	Aureo Tapara
Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Instituto de Investigaciones en Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas (IIGEO)	Flor de Liz Maldonado
	Fredy Moran Valencia
	Gianmarco Molina Castillo
	Gustavo Mayor
Otros participantes regulares	
Asamblea Popular	Carlos Callupe Ortiz
	Gilber Osorio Cevallos
Asociación de Delegados Ambientales (ADMA)	Susana Cipriano
Colegio de Ingenieros del Perú – Junín	Iris Carrasco Díaz
Comité de Defensa de La Oroya	Guillermo Quispe Baldoceca
	Miguel Angel Curi Osorio
	Manuel Salazar
	Eduardo Mayta Zurita
	Wenceslao Carhuallanqui
Comité de Gestión Ambiental y Mesa de Diálogo	Esperanza Reyes Miliano
	Guillermina Córdova Yapias
	Nora León Ayala
Ministerio del Interior - Sub Prefectura	Marina Navarro Ortega
	Máximo Córdor Huaranga
	Paulina Palomares Grados
Movimiento por la Salud de La Oroya (MOSAO)	Rosa Amaro Toykin
Ong VIDA/ Radio La Oroya	Jacinto Figueroa Yauri
Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial - SENATI	Washington Gutierrez
Sindicato de trabajadores metalúrgicos	Enrique Villaverde Cuadros

Contenido

Lista de tablas

Lista de gráficos

1. Definición de los límites geográficos de la zona de atención prioritaria.	9
1.1. Geografía y clima.	9
1.1.1. Delimitación de la cuenca atmosférica.	9
1.1.2. Características meteorológicas	9
1.1.3. Características hidrográficas.	11
1.2. Transporte e industria.	15
1.2.1. Características de la estructura vial.	15
1.2.2. Características de uso del parque automotor.	15
1.2.3. Características del parque automotor.	16
1.2.4. Industria y otros sectores.	16
1.3. Población y desarrollo urbano.	17
2. Caracterización de emisiones.	20
2.1. Descripción de emisiones.	20
2.1.1. Fuentes móviles.	20
2.1.2. Fuentes fijas.	21
2.1.3. Fuentes naturales.	23
2.2. Metodología empleada.	23
2.2.1. Metodología fuentes móviles.	23
2.2.2. Metodología fuentes fijas.	26
2.3. Estimación de emisiones.	27
2.3.1. Fuentes móviles.	27
2.3.2. Fuentes fijas.	28
2.4. Descripción de resultados.	31
3. Evaluación de la calidad del aire.	31
3.1. Monitoreos realizados.	31
3.1.1. Estudio de calidad de aire, ciudad de La Oroya 1999, DIGESA.	31
3.1.2. Estudio de calidad de aire, ciudad de La Oroya 2001-2002 DIGESA, Doe Run Perú.	31
3.1.3. Estudio de calidad de aire, ciudad de La Oroya, marzo-setiembre 2003, DIGESA.	32
3.1.4. Estudio de dispersión realizado por DIGESA agosto 2001	32
3.1.5. Monitoreo continuo de la empresa Doe Run Perú.	32
3.2. Metodología empleada	32
3.2.1. Monitoreos de DIGESA	32
3.2.2. Monitoreo de Doe Run Perú	34
3.3. Recolección y procesamiento de datos	35
3.3.1. Recolección	35
3.3.2. Procesamiento	35
3.4. Resultados del monitoreo	35
3.4.1. Contaminantes del reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.	35
3.4.2. Contaminantes como valores referenciales del reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire	44

3.4.3.	Otros contaminantes no considerados por el reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire	45
4.	Evaluación del impacto social	50
4.1.	Estudios de plomo en sangre	50
4.1.1.	Estudio de plomo en sangre en una población seleccionada de La Oroya en 1999 DIGESA	50
4.1.2.	Evaluación de niveles de plomo y factores de exposición en gestantes y niños menores de 3 años de la ciudad de La Oroya, UNES	51
4.1.3.	Estudio de niveles de plomo en sangre de población de La Oroya, Doe Run Perú 2001	51
4.2.	Impactos de dióxido de azufre SO ₂ en la Salud	53
4.2.1.	Evaluación de la morbilidad específica de infección respiratoria aguda, IRA	53
4.2.2.	Correlación, niveles de calidad de aire y número de infecciones respiratorias agudas IRA	54
5.	Conclusiones y recomendaciones	55
5.1.	Conclusiones	55
5.2.	Recomendaciones.	55
	Referencias	56

Lista de tablas

01	Metales procesados en el complejo metalúrgico La Oroya.	17
02	Población a nivel distrital de la provincia de Yauli, La Oroya.	18
03	Población total por sexo según grupos de edad. Distrito de La Oroya.	18
04	PEA según grupos de edad.	19
05	Uso de la tierra al 2002.	19
06	Fuentes de área.	23
07	Parque automotor estimado para la ciudad de La Oroya. Incluye de uso particular, transporte urbano e interdistrital.	24
08	Tamaño muestral para diferentes valores de precisión.	25
09	Tamaño de muestra calculado para el parque automotor privado, transporte público urbano, interdistrital y parque automotor interprovincial de la ciudad de La Oroya.	25
10	Tamaño de muestra por cada estrato.	27
11	Valores de emisiones contaminantes totales generados por parque automotor.	27
12	Valores de emisiones totales de contaminantes generados por el parque automotor.	29
13	Interpretación de resultados.	31
14	Calidad del aire setiembre de 1999 para el SO ₂ en µg/m ³ .	35
15	Calidad del aire marzo del 2003 para el SO ₂ en µg/m ³ .	36
16	Calidad del aire setiembre 2003 para el SO ₂ en µg/m ³ .	37
17	Calidad del aire promedios anuales para el SO ₂ en µg/m ³ .	38
18	Calidad del aire marzo del 2003 para el PM 10 en µg/m ³ .	39
19	Calidad del aire promedios anuales 2001-2002 para el PM 10 en µg/m ³ .	39
20	Calidad del aire setiembre 2003 para el NO ₂ en µg/m ³ .	40
21	Calidad del aire promedios anuales 2001-2002 para el plomo en µg/m ³ .	41
22	Calidad del aire agosto 2001 plomo en PM 2.5 en µg/m ³ .	42
23	Calidad del aire promedios anuales para el plomo en µg/m ³ .	43
24	Calidad del aire agosto 2001 para el PM 2.5 en µg/m ³ .	44
25	Calidad del aire marzo 2003 para el PM 2.5 en µg/m ³ .	45
26	Calidad del aire promedios anuales para PTS en µg/m ³ .	46
27	Calidad del aire promedios anuales para arsénico en µg/m ³ .	47
28	Calidad del aire agosto 2001 arsénico en PM 2.5 en µg/m ³ .	47
29	Calidad del aire promedios anuales para cadmio en µg/m ³ .	48
30	Calidad del aire agosto 2001 cadmio en PM 2.5 en µg/m ³ .	49
31	Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya. DIGESA 1999.	51
32	Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya. UNES.	51
33	Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya. Doe Run Perú	52
34	Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya Antigua. Doe Run Perú	52
35	Morbilidad específica de infección respiratoria aguda, IRA por grupos etéreos.	53
36	IRA totales versus promedio anual de dióxido de azufre So ₂ .	54

Lista de gráficos

01	Cuenca atmosférica de La Oroya.	10
02	Cuenca atmosférica de La Oroya. Rosa de vientos. Año 2003. A las 07 horas	12
03	Cuenca atmosférica de La Oroya. Rosa de vientos. Año 2003. A las 13 horas	13
04	Cuenca atmosférica de La Oroya. Rosa de vientos. Año 2003. A las 19 horas.	14
05	Capacidad de uso de tierras (Hectáreas).	19
06	Esquema de evaluación rápida OMS.	24
07	Predicción de cargas de una determinada fuente.	26
08	Emisiones totales fuentes móviles.	28
09	Emisiones totales fuentes móviles por categorías.	28
10	Emisiones totales fuentes de área.	29
11	Emisiones totales fuentes de área.	29
12	Emisiones totales fuentes puntuales.	30
13	Emisiones totales fuentes puntuales.	30
14	Calidad del aire setiembre de 1999 para el SO_2 .	36
15	Calidad del aire marzo 2003 para el SO_2 .	
16	Calidad del aire setiembre 2003 para el SO_2 .	37
17	Calidad del aire promedios anuales para el SO_2 .	38
18	Calidad del aire marzo 2003 para el PM 10.	39
19	Calidad del aire promedios anuales 2001-2002 para el PM 10.	40
20	Calidad del aire setiembre 2003 para el NO_2 .	41
21	Calidad del aire promedios anuales 2001-2002 para el plomo.	42
22	Calidad del aire promedios diarios agosto 2001 para el plomo en PM2.5.	43
23	Calidad del aire promedios anuales para el plomo.	43
24	Calidad del aire promedios diarios agosto 2001 para el PM2.5.	44
25	Calidad del aire marzo 2003 para el PM 2.5.	45
26	Calidad del aire promedios anuales para el PTS.	46
27	Calidad del aire promedios anuales para arsénico.	47
28	Calidad del aire promedios diarios agosto 2001 para el arsénico en PM2.5.	48
29	Calidad del aire promedios anuales para cadmio.	49
30	Calidad del aire promedios diarios agosto 2001 para el cadmio en PM2.5.	50
31	Niveles de plomo en sangre de pobladores de la cuenca atmosférica de La Oroya.	53
32	Número de casos de IRA por años en la población de la cuenca atmosférica de La Oroya.	54
33	Correlación IRAs concentraciones de SO_2 .	54

1. DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA ZONA DE ATENCIÓN PRIORITARIA.

1.1. Geografía y clima.

1.1.1. Delimitación de la cuenca atmosférica.

El ámbito geográfico¹ de la cuenca atmosférica de La Oroya comprende parte de los distritos de La Oroya, Paccha, Huayhuay, Chacapalpa y la totalidad del distrito de Santa Rosa de Sacco de la provincia de Yauli, La Oroya. Ocupa en promedio de 3 775 a 5 020 m.s.n.m., se encuentra entre las siguientes coordenadas: 8740000 N, 3800000E; 8740000 N, 4230000E; 8695000N, 3800000E; 8695000N, 4230000E. y tiene los siguientes límites:

Por el norte : Territorios del distrito de Paccha.

Por el sur : Territorios del distrito de Huayhuay, y la provincia de Jauja.

Por el este : Provincia de Tarma.

Por el oeste : Territorios de los distritos de Yauli y Morococha.

Así mismo la cuenca atmosférica comprende una cuenca ampliada y un área urbana: Los principales impactos en salud son generados en la área urbana, no obstante se midieron niveles apreciables de concentraciones de contaminantes del aire en el área de la cuenca ampliada²; por ello; se decidió ampliar el tamaño de la cuenca atmosférica.

La cuenca atmosférica ampliada tiene una extensión de 85 332,71 Ha de las cuales corresponden al área de atención urbana 2 467,35 Ha. **Gráfico N° 1.**

1.1.2. Características meteorológicas:

- a. **Precipitación.** En el área de la cuenca, así como en toda la sierra central del país, el inicio de la mayor precipitación pluvial se da en los meses de octubre y noviembre, cobrando mayor intensidad entre febrero y marzo, conocido como periodo de lluvias; descendiendo en los meses de junio a agosto, periodo de estiaje. Según la estación meteorológica ubicada en el distrito de Santa Rosa de Sacco (SENAMHI) en el año 2003, la precipitación máxima alcanzó un valor aproximado de 800 mm en la zona de Chacapalpa y menores precipitaciones al norte de Paccha y La Oroya con valores de 450 a 500mm. El promedio de humedad relativa es de 76% con un valor mínimo de 65% y un máximo de 82%.
- b. **Temperatura.** Como característica general, el clima es seco y frío, siendo la temperatura promedio de 12°C. La temperatura se comporta casi inversamente proporcional a las precipitaciones pluviales. La mayor temperatura se registra en los meses de lluvia (octubre-abril) donde la temperatura máxima asciende hasta los 22.5°C. En los meses de mayo a julio las temperaturas mínimas descienden por debajo de los 0°C. (DIGESA).

¹ Para la delimitación del área geográfica de la cuenca atmosférica de La Oroya se ha tomado la información técnica del estudio realizado por el Consorcio UNES (Filomena Tomaira, Cooperación y Cenca) sobre dispersión de la contaminación. SENAMHI, en ejercicio de sus competencias ha validado la delimitación de la cuenca atmosférica, siendo luego asumido por el Gesta. Esta propuesta tiene imágenes satelital (Landsat, escala 1/50000, combinación de bandas 4, 5 y 7) sobre cobertura vegetal y áreas con presencia de contaminación (grados: alto, medio y bajo), del mismo modo se utilizó información de la Carta Nacional a escala 1/100000 para la delimitación del área por curvas de nivel (4200) y por ríos o quebradas.

² Estudio de dispersión de contaminantes DIGESA, agosto 2001

c. Vientos. El viento es un elemento meteorológico que representa en la atmósfera el transporte de aire, intercambios de calor, vapor de agua y todo cuerpo o gas que se encuentre en suspensión. La información analizada corresponde a datos observados de las 07, 13 y 19 horas, en forma diaria durante el año 2003, para determinar el flujo de aire en la cuenca atmosférica de Yauli La Oroya, se ha visto por conveniente tratarla en forma trimestral.

Según los **Gráficos N° 2, 3 y 4**, Rosa de Vientos, para las 07, 13 y 19 horas, se observa que la dirección predominante en los horarios de 07 y 19 horas, es de sur a norte con intensidad de 1.5 a 3 m/s. Sin embargo, a las 13 horas el viento sopla de norte a sur y de noreste a suroeste, con intensidad en promedio de 3.0 a 4.5 m/s.

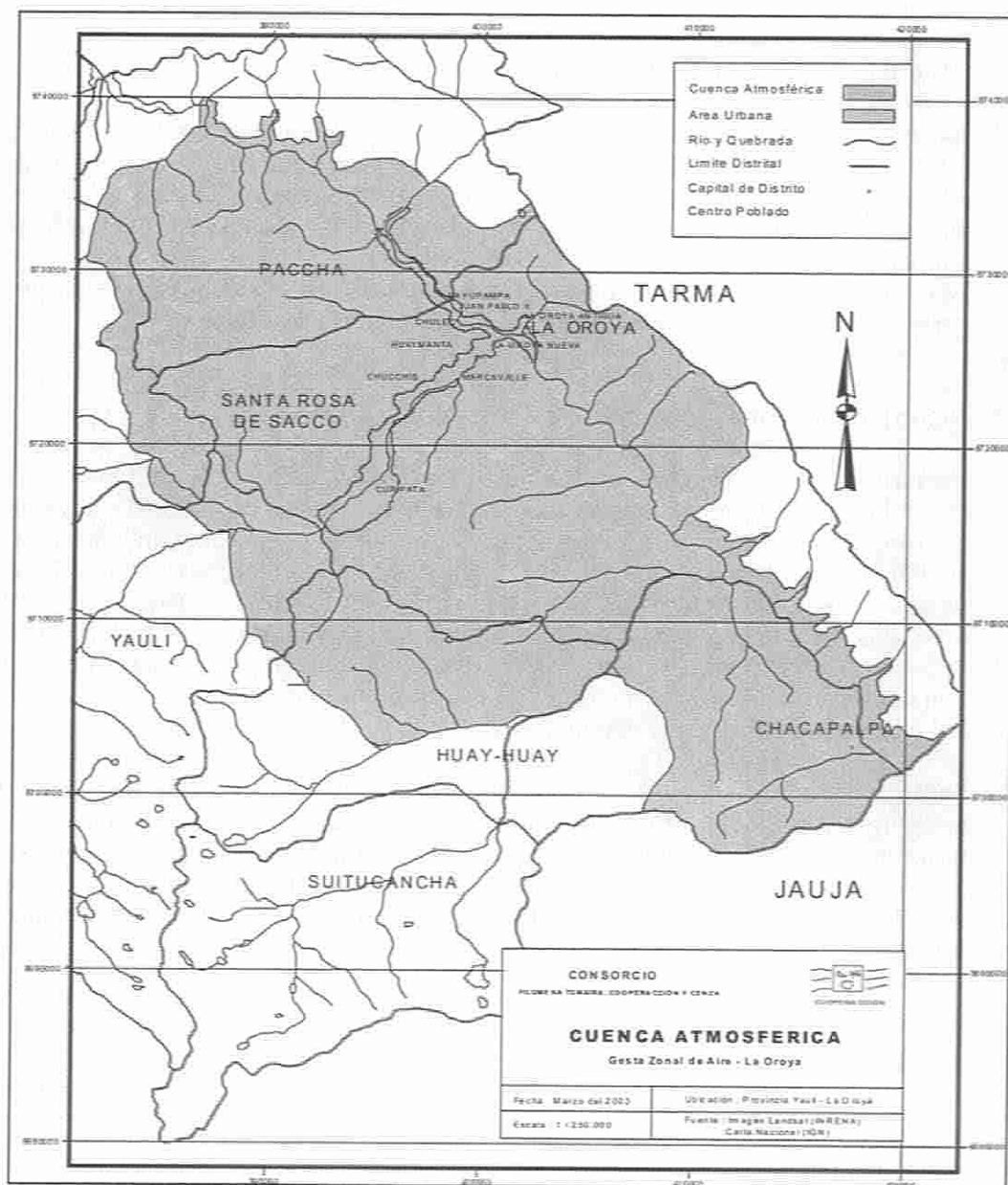


Gráfico N° 1. Cuenca atmosférica de La Oroya validada por SENAMHI

d. **Estructura Vertical de la Atmósfera.**³ Considerando la base de La Oroya con una cota cero, en relación a la estructura vertical de la atmósfera, se puede afirmar que la capa límite se encuentra entre los 700 y 800 m, según las observaciones efectuadas con el SODAR Remtech de DRP; sin embargo, esta estructura vertical es variada durante el día y la noche, así mismo entre el periodo húmedo y seco. Debajo de esta capa límite se produce un fenómeno natural conocido como inversión térmica, que también varía por estos factores, siendo mayor el impacto en la calidad del aire en el periodo seco, donde la inversión térmica generalmente se hace frecuente al final del día entre las 18 y 19 horas, extendiéndose hasta las 09 y 10 horas del día siguiente, presentando máximos al amanecer, bajo estas condiciones estables los impactos en la calidad del aire por las emisiones son más críticas. Por otro lado en horas de la tarde la atmósfera se hace inestable por el incremento de la intensidad del aire, por lo que el impacto en la calidad del aire disminuye.

1.1.3. Características hidrográficas.

- a. **Río Yauli.** El ámbito geográfico de la cuenca atmosférica comprende el río Yauli, que recorre los centros urbanos de los distritos de Santa Rosa de Sacco y La Oroya. Presenta una coloración amarillo-naranja debido a la contaminación generada por la actividad minero-metalúrgica en las unidades mineras ubicadas en los distritos de Morococha y Yauli. Sus aguas también son contaminadas por los residuos sólidos urbanos y aguas residuales, provenientes de las poblaciones aledañas, mencionadas como parte de la actividad minera, también se tiene a Calera Cut Off, anexo de San Miguel, Yauli poblado, Curipata, Huaynacancha, Santa Rosa de Sacco y La Oroya nueva.
- b. **Río Andaychagua-Huari.** Forma un estrecho valle con un microclima propicio para la realización de actividades agrícolas y pecuarias, pero su desarrollo se ve limitado debido a la contaminación de sus aguas y suelos causados por la actividad minero metalúrgica, así como por lo agreste de su topografía en ciertas zonas. Al río Andaychagua se le conoce con diferentes nombres a lo largo de su recorrido; así, en el poblado de Huayhuay se le conoce como río Huayhuay, y al llegar al poblado de Huari se le denomina como río Huari. Sus aguas son contaminadas por vertimientos minero metalúrgicos provenientes de la unidad minera de Andaychagua; sin embargo, al unirse con las aguas de gran volumen del río Suitucancha, mejora su calidad antes de unirse con el río Mantaro a la altura del poblado de Huari. Sus aguas también son contaminadas por los residuos sólidos urbanos y aguas residuales, provenientes de las poblaciones aledañas, Suitucancha, Huayhuay, Colpa y Huari.
- c. **Río Mantaro.** Este río nace en la represa de Upamayo, recibe los residuos sólidos de Santa Bárbara de Carhuacayan, central hidroeléctrica de Mal Paso, central hidroeléctrica HIDRO-OROYA (ELECTROANDES), distrito de Paccha y La Oroya. Atraviesa el ámbito geográfico de la cuenca atmosférica de Norte a Sur haciendo su paso por los distritos de Paccha y La Oroya. El río Mantaro recibe las aguas del río Yauli a la altura del puente Jorge Basadre (Km 175 de la carretera central), en la ciudad de La Oroya y del río Andaychagua-Huari en la localidad de Huari. Sus aguas presentan contaminación generada principalmente por la actividad minera de las provincias de Pasco, Yauli y Morococha, de las operaciones metalúrgicas de la ciudad de La Oroya, también son contaminadas por los residuos sólidos urbanos y aguas residuales provenientes de las poblaciones a lo largo de su recorrido.

³ Fuente: E. Culqui Diaz, Estudio de la contaminación potencial del aire en la Zona de Morococha y La Oroya

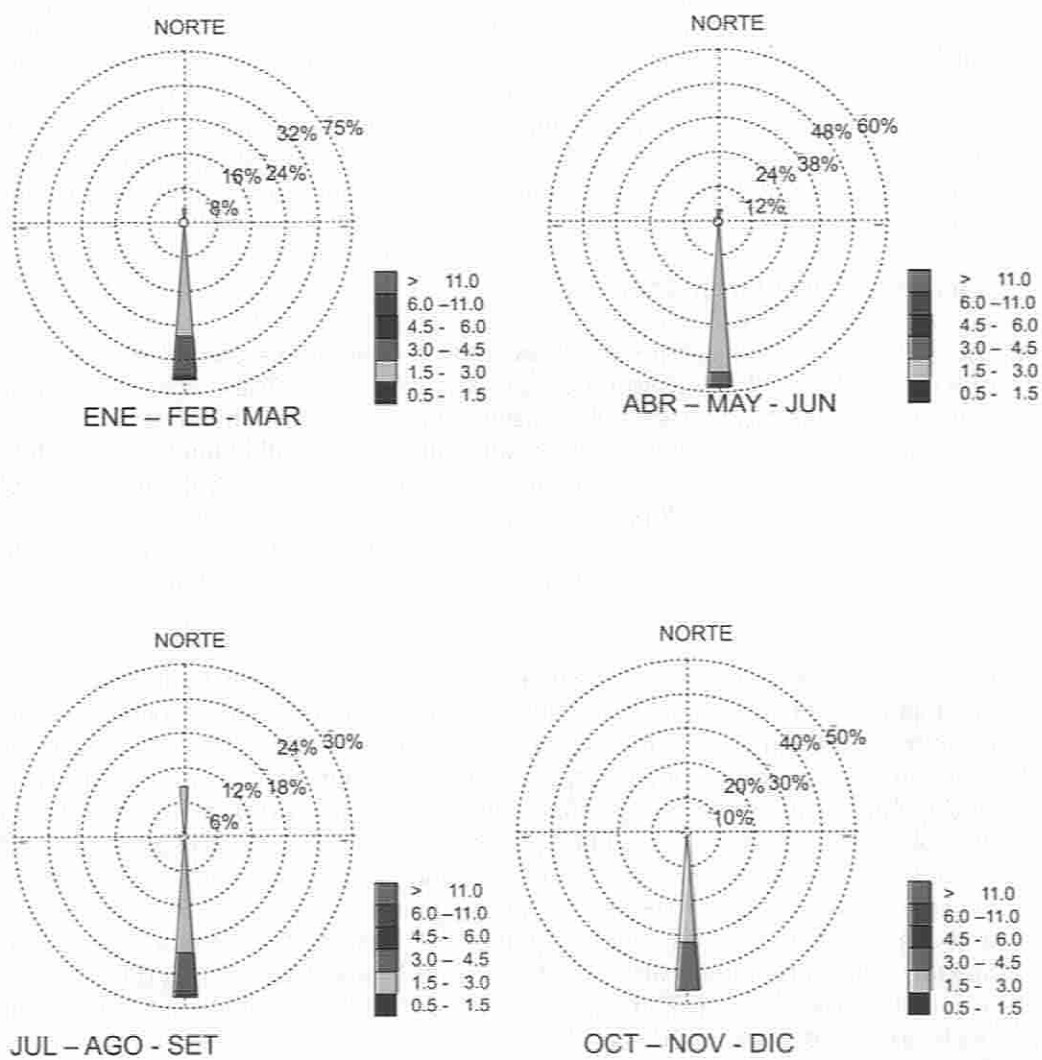


Gráfico N° 2 : Cuenca atmosférica de La Oroya. Rosa de vientos.
Año 2003 a las 07 horas, Fuente: SENAMHI

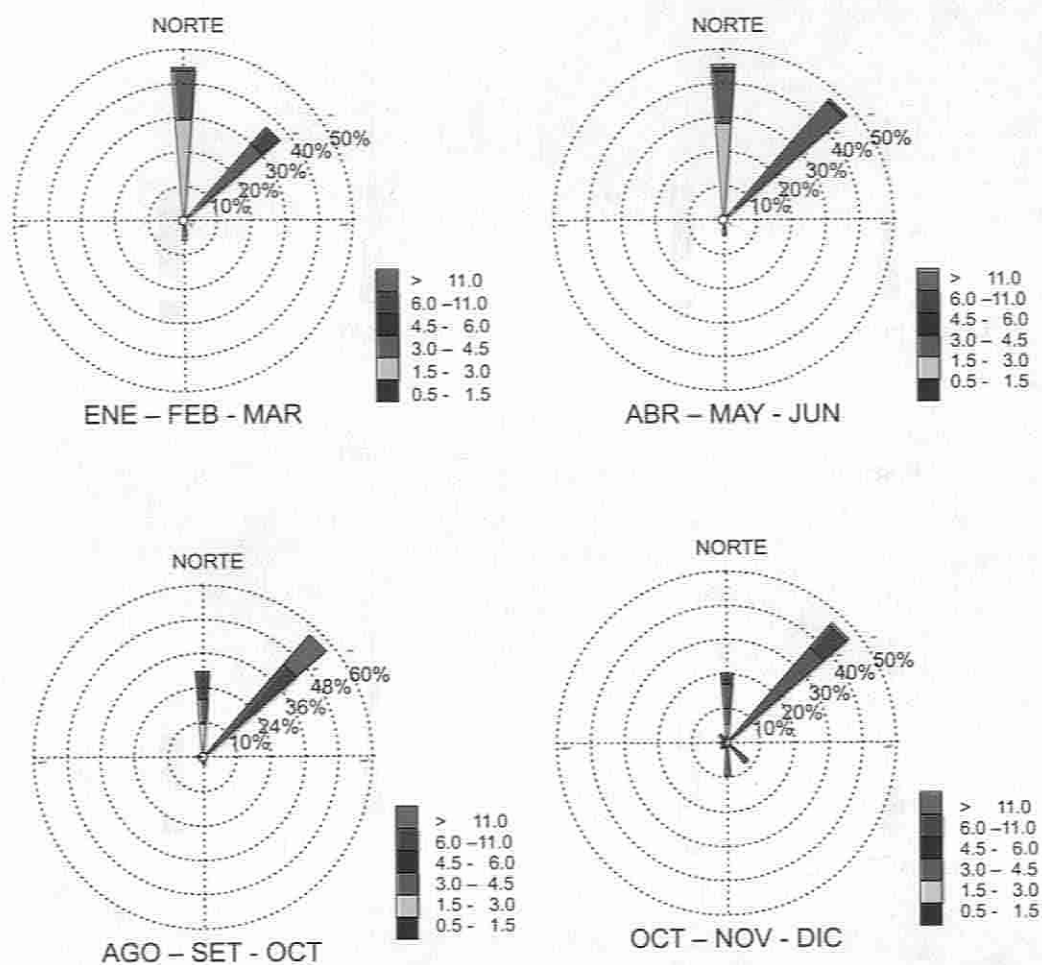


Gráfico N° 3 : Cuenca atmosférica de La Oroya. Rosa de vientos.
Año 2003 a las 13 horas, Fuente: SENAMHI

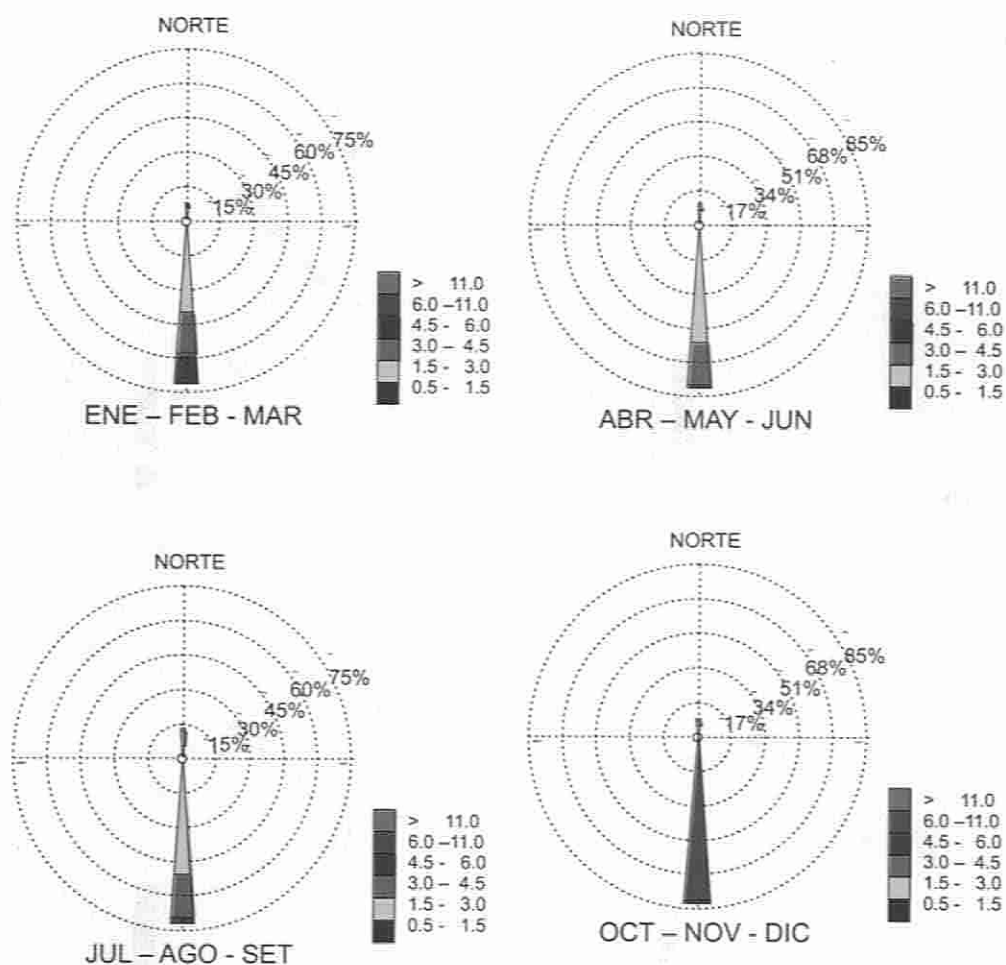


Gráfico N° 4: Cuenca atmosférica de La Oroya. Rosa de vientos. Año 2003, a las 19 horas, Fuente: SENAMHI

1.2. Transporte e industria.

1.2.1. Características de la estructura vial.

La Oroya es el centro urbano principal de la zona de estudio y se constituye en el centro estratégico donde confluyen las principales vías de comunicación del centro del país. Hacia el Oeste, el tramo de la Carretera Central vía del nivel nacional, comunica con la Costa y Lima. Hacia el Sur, el tramo de la Carretera Central comunica con Huancayo y Valle del Mantaro; además de comunicar con Huancavelica, Ayacucho, Cusco y todo el Sur del país. Hacia el Norte, la carretera comunica con Pasco, Huanuco, y Ucayali, con un ramal hacia Tarma y la Selva Central (Chanchamayo, Oxapampa, Satipo)

La intersección de dichas vías es un punto crítico de congestión vehicular, situación que se agrava por el cruce con la vía férrea. A lo largo de la Carretera Central, se desarrollan los centros poblados, donde no se tiene una adecuada sección vial. Esta situación se complica en el tramo a lo largo de la refinería, en La Oroya Nueva, y la fundición, en La Oroya Antigua. En la actualidad existen propuestas para construir dos vías de evitamiento para vehículos de carga o de pasajeros que no necesitan hacer escala en la ciudad de La Oroya: rutas Lima a Huancayo; Lima a Cerro de Pasco, Huanuco y Tarma – Selva Central.

Línea férrea La Oroya. El sistema ferroviario administrada por la empresa Ferrovías Central Andina FVCA, se usa exclusivamente para carga, entre Cerro de Pasco, La Oroya y Lima; y ocasionalmente de pasajeros de Lima a la ciudad de Huancayo. El desplazamiento de trenes a distintas áreas del día transportando minerales y otros productos de la región origina confluencia y conflictos con el transporte carretero al momento de utilizar los cruces de trenes.

1.2.2. Características de uso del parque automotor.

El transporte urbano e interurbano es normado y controlado por la Municipalidad Provincial de Yauli, La Oroya. Los terminales de transporte interprovincial en vías de regularización están ubicados en la jurisdicción de la municipalidad distrital de Santa Rosa de Sacco.

El transporte urbano se realiza a lo largo de la conurbación urbana: La Oroya, Santa Rosa de Sacco, Curipata y por el otro lado Paccha, con recorridos longitudinales, en el eje de la carretera central. El servicio lo brindan empresas locales, en general el parque automotor es antiguo, la emisión de monóxido de carbono es frecuente, incrementando la contaminación. Las líneas de transporte urbano cobran S/. 0,50 el pasaje entero y S/. 0,20 el pasaje escolar. Las líneas que operan están registradas en la municipalidad y cumplen con los siguientes requisitos: póliza de seguro; tarjeta de circulación.

La mayor parte de unidades de servicio urbano e interurbano salen de La Oroya Antigua, específicamente del terminal municipal que tiene un área muy pequeña y se halla totalmente saturado, por lo que las unidades deben usar las calles aledañas al terminal. (NE.- al momento de edición se encuentra en curso la construcción de un nuevo terminal terrestre a fin de ordenar este servicio). La concentración de unidades de transporte público es mayor porque La Oroya es punto de interconexión a otras ciudades. Actualmente existen 4 terminales informales en el

distrito de Santa Rosa de Sacco de unidades que generalmente son autos con destino a Huancayo, Tarma, Lima, Cerro de Pasco y Huanuco entre otros destinos. En La Oroya existe superposición de flujos de transporte local público y privado, flujos interurbanos, interprovinciales y extraregionales que han generado algunos nodos conflictivos para la circulación, sobretodo en los cruces con la vía férrea y en las intersecciones de vías.

1.2.3. Características del parque automotor.

El Parque automotor de la ciudad está comprendido por la siguiente clasificación:

- a. **Vehículos que transitan en la zona urbana e interurbana:** El total de vehículos que transitan en la zona urbana es de aproximadamente 1163 unidades, de los cuales 502 vehículos son de transporte público urbano e interurbano a estos se suman los de la empresa Doe Run Perú. De acuerdo a información proporcionada por la empresa, la flota de vehículos es en total 92, con una antigüedad promedio de 5 años. El uso de combustible en mayor porcentaje es de gasolina de 84 octanos (37%), seguido de petróleo diesel (35%).
- b. **Vehículos que pasan por la ciudad. Transporte Interprovincial:** El promedio del total de vehículos que pasan por La Oroya es de 3 164 por día. La antigüedad promedio de los vehículos es de 10 años. La gran mayoría de los vehículos usa combustible diesel (85%), seguido de gasolina de 90 octanos (15%).

1.2.4. Industria y otros sectores.

La Oroya presentó un crecimiento económico y poblacional, sobre la base del desarrollo de la gran industria minera metalúrgica, luego que la fundición comenzara a operar en 1922.

- a. **Industria metalúrgica.** Doe Run Perú es una empresa de la industria metalúrgica que procesa concentrados polimetálicos de plomo y cobre con altos contenidos de plata y oro, así como concentrados de zinc. La empresa contaba a diciembre del 2001 con un total de 3 710 trabajadores entre directamente contratados por la empresa y los que provienen de empresas contratistas. A febrero del 2004 la empresa contaba con 3 086 trabajadores (2 493 de planilla y 593 de terceros incluyendo personal de proyectos; considerando un promedio de 6 dependientes se estima que dependerían económicamente en forma directa del complejo metalúrgico 21 602 personas)

Nivel de actividad y presencia en la zona. En el complejo metalúrgico de La Oroya se producen 11 metales y 9 sub-productos y 3 aleaciones. **Tabla N°1.**

Tabla N° 1: Metales procesados en el complejo metalúrgico La Oroya.		
Metales:	Sub-Productos:	Aleaciones
Zinc		
Plomo	Polvo de zinc	
Cobre	Acido sulfúrico	
Plata	Oleum	
Oro	Trióxido de arsénico	Plomo-antimonio
Bismuto	Sulfato de cobre	Plomo-calcio
Cadmio	Sulfato de zinc	Zamac
Indio	Concentrado de zinc - plata	
Telurio	Oxido de zinc	
Antimonio	Bisulfito de sódio	
Selenio		

- b. Otras actividades.** Existen ferias semanales y quincenales que se realizan coincidiendo con los días de pago de los trabajadores de las empresas privadas. En lo que se refiere al sector comercial se estiman en 987 establecimientos entre formales e informales.

Se han registrado 228 establecimientos en el rubro de restaurantes formales y vendedores informales de comida.

- c. Servicios.** En el sector de servicio existen 29 talleres mecánicos y de factorías dedicados a dar servicios a los transportistas. En tanto La Oroya, es el punto de paso obligado hacia el centro, sur andino y la región de la selva central existen varias empresas de servicio de transporte de pasajeros, constituyéndose, también, en un centro distribuidor del turismo regional.

Dado su dinamismo económico funcionan en la ciudad de La Oroya distintas instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Existen 35 instituciones públicas y privadas entre las que se destacan: Telefónica del Perú, Correos del Perú; Banco de la Nación, Banco de Crédito y Banco Continental; Cooperativas de Ahorro y Crédito Servicoop, Centrocoop; además existen diversas empresas dedicadas a las comunicaciones.

1.3. Población y desarrollo urbano.

La provincia de Yauli, La Oroya está conformado por diez distritos, siendo la ciudad de La Oroya ubicada en el distrito del mismo nombre, capital de la provincia.

Se estima una población total de 66093 habitantes (INEI,2004); Las principales características de la provincia por distritos se detallan en la **Tabla N° 2**.

Diagnóstico de Línea Base de la Calidad del Aire de La Oroya

Tabla N° 2: Población a nivel distrital de la provincia de Yauli La Oroya.

Provincia	Superficie (km ²)	Población (hab)	Densidad poblacional (hab/km ²)
YAULI	3617,35	66093	18.27
Distritos			
01. La Oroya	388.42	30234	77.84
02. Chacapalpa	183.06	1322	7.22
03. Huayhuay	179.94	2204	12.25
04. Marcapomacocha	888.56	1312	1.48
05. Morococha	265.67	6975	26.25
06. Paccha	323.69	2272	7.02
07. Santa Bárbara de Carhuacayán	646.29	1298	2.01
08. Santa Rosa de Sacco	101.09	12940	128.00
09. Suitucancha	216.47	799	3.69
10. Yauli	424.16	6737	15.88

Fuente: INEI –Estimaciones y Proyecciones de población año 2002 según Departamento, Provincias y Distritos 1990-2005

Las áreas urbanas de los distritos constituyen lo que denominamos la conurbación La Oroya y las relaciones existentes entre estos centros poblados conforman a su vez un sistema urbano integrado por los siguientes distritos: La Oroya, Santa Rosa de Sacco, Paccha, Huayhuay, Chacapalpa.


- a **Población económicamente activa.** Se considera P.E.A. a aquellas personas que contribuyen a la oferta de trabajo para la producción de bienes y servicios. Se incluye no sólo a los que laboran sino también a los que buscan empleo. **Tabla N°3 y Tabla N° 4**

Tabla N° 3: Población total por sexo según grupos de edad. Distrito de La Oroya.

Grupos quinquenales	Total	Sexo	
		Hombres	Mujeres
Total	30 009	14 971	15 038
De 0 a 3 años	1 896	977	919
De 4 a 7 años	2 572	1 316	1 256
De 8 a 11 años	3 070	1 597	1 473
De 12 a 15 años	2 980	1 547	1 433
De 16 a 19 años	2 546	1 272	1 274
De 20 a 23 años	1 980	941	1 039
De 24 a 27 años	1 949	897	1 052
De 28 a 31 años	2 008	952	1 056
De 32 a 35 años	2 082	956	1 126
De 36 a 39 años	1 898	913	985
De 40 a 43 años	1 751	859	895
De 44 a 47 años	1 229	636	593
De 48 a 51 años	1 067	523	544
De 52 a 55 años	836	439	397
De 56 a 59 años	654	372	282
De 60 a 63 años	467	251	216
De 64 a 67 años	372	182	190
De 68 a más años	652	341	311

Fuente: Estudio Socioeconómico 2001. Proyección en base al Estudio Socio Económico del distrito, Municipalidad Provincial Yauli La Oroya.

Diagnóstico de Línea Base de la Calidad del Aire de La Oroya

Tabla N° 4: PEA según grupos de edad.				
Grupo de Edad	PEA	No PEA	Total	
De 6 a 14 años	84	3 936	4 020	
De 15 a 29 años	1 525	3 433	4 958	
De 30 a 44 años	2 953	1 376	4 329	
De 45 a 64 años	1 901	588	2 489	
De 65 a más años	419	147	566	
Total	6 882	9 480	16 362	

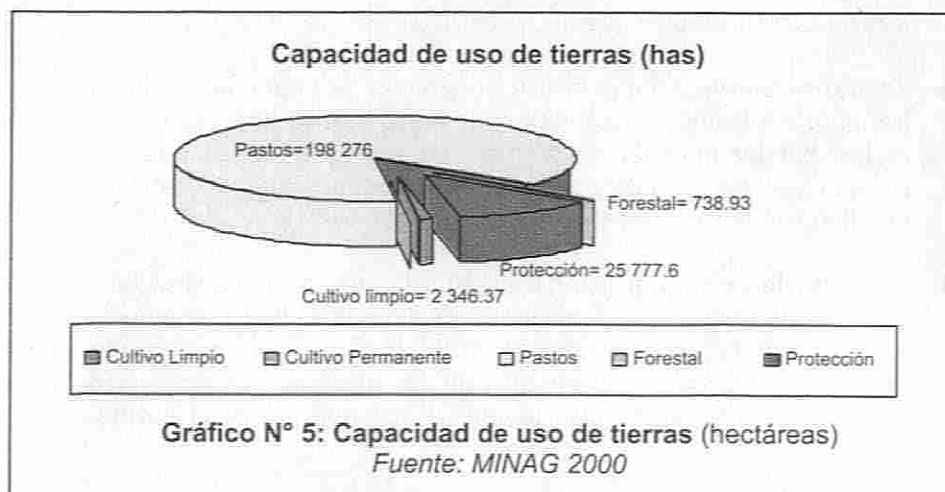
Fuente: <http://laoroya.com.pe/principal01> (2004)

- b. Migración.** Del total de 18,308 personas registradas en el estudio socio económico del distrito de La Oroya, el mayor conglomerado ha nacido en el Departamento de Junín (87,1%).

La procedencia de las migraciones externas son principalmente: Huancayo, Tarma, Huánuco, es importante indicar que la población de la conurbación representó casi el 54,0% del total de la población provincial, mientras que en 1,998 representaba el 65,0% aproximadamente.

- c. Uso de la tierra.** El principal uso de la tierra hacia el año 2002 corresponde a pastos con un 87,26 % seguido de áreas de protección con 11,34 %. El cultivo limpio corresponde sólo al 1,03 %. En la **Tabla N° 5** se observa los usos de la tierra registrados para el año 2002.

Tabla N° 5: Uso de la tierra al 2002.		
Uso	Hectáreas	%
Cultivo Limpio	2 346,37	1,03
Cultivo Permanente	84,72	0,04
Pastos	198 276,00	87,26
Forestales	738.93	0,33
Protección	25 777.61	11,34
Total	227 223.63	100.00



2. CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES.

2.1. Descripción de emisiones.

2.1.1. Fuentes móviles.

La ciudad de La Oroya se encuentra a lo largo de una estrecha faja de la "Carretera Central" (Lima-La Oroya), de unos 15 Km. desde Curipata a la antigua ciudad de La Oroya (La Oroya Antigua). En el centro de La Oroya, la Carretera Central toma dos direcciones, una al Norte: Pasco, Huanuco y Ucayali. y la otra al Sur-Este: Valle del Mantaro y Huancavelica. La ruta Norte también es usada por unos kilómetros para el tránsito vehicular hacia Tarma y la Selva Central. Todo tipo de vehículo de carga circula a través de la Carretera Central, desde automóviles hasta camiones con 5 ó 6 ejes. Casi toda la carga que se transporta desde el centro del país a Lima consiste en productos naturales, como frutas, verduras, café, madera y minerales; los alimentos y bebidas de origen industrial, además de otros productos industriales con fines productivos son los más comúnmente transportados desde Lima a la parte central del país. Más carga es transportada en la dirección de Lima, lo que significa que muchos camiones en el centro del país se encuentran vacíos. (MTC, 1999B).

No sólo carga, sino también muchos pasajeros son transportados a lo largo de la Carretera Central, por lo que recibe periódico mantenimiento. La Oroya tiene un terminal informal en Santa Rosa de Sacco, donde muchos ómnibus y automóviles salen en las tres direcciones (Lima, Huancayo y Cerro de Pasco). A su vez, muchos ómnibus sólo atraviesan La Oroya, sin detenerse. A parte de este transporte público interprovincial, hay también gran número de transporte interdistrital y transporte urbano. El transporte interdistrital consiste de "combis" y microbuses que salen desde un pequeño terminal en La Oroya Antigua, que transportan pasajeros hacia los pueblos circundantes de Morococha, Yauli, Paccha y viceversa. Este tipo de transporte es usado diariamente por escolares, vendedores, empleados de Doe Run Perú, entre otros. Debido a que en La Oroya se tiene una longitud de recorrido vehicular de 15 km, con gran variación de altitud de un distrito a otro (casi 250 m), los que se encuentran dentro de la ciudad frecuentemente usan el transporte urbano, (Consortio UNES, 1999). Este transporte consiste de dos tipos de vehículos, los auto-colectivo que transitan por la carretera central, con una capacidad de 4 pasajeros; y las "combis" que son camionetas rurales que casi recorren las mismas rutas de los autos-colectivos (pero tiene sus propios terminales) y tienen una capacidad de 14 a 20 pasajeros.

Los tipos de transporte vehicular en la ciudad de La Oroya son:

- a. **Transporte vehicular urbano.** Constituido por vehículos que prestan el servicio de transporte urbano (circulación por las zonas urbanas de la ciudad), realizando recorridos desde La Oroya Antigua hacia el norte de la ciudad (zonas del distrito de Santa Rosa de Sacco) y viceversa. Los vehículos que transitan para este tipo de servicio son automóviles, combis y microbuses.
- b. **Transporte vehicular interdistrital.** El transporte interdistrital consta de tres tipos de vehículos, los taxis, microbuses y ómnibus es cuyo recorrido es entre La Oroya y los distritos circundantes. Estos vehículos esperan en el terminal hasta que, gran número de personas ocupen el vehículo, antes de salir, mientras que los vehículos urbanos recorren el camino, de arriba hacia abajo, todo el tiempo.

- c. **Transporte vehicular interprovincial.** El tránsito vehicular interprovincial consiste en automóviles, microbuses y camiones. La Carretera Central es la ruta más importante para el transporte de carga de Lima hacia la parte central del Perú y viceversa. Los camiones varían desde pequeños con 2 ejes hasta remolques grandes con 6 ejes. El transporte de personas desde y hacia Lima, en el paradero de ómnibus de este camino, fundamentalmente es por las noches. Hay un terminal interprovincial, pero la mayoría de los ómnibus atraviesan La Oroya sin detenerse.

2.1.2. Fuentes fijas.

- a. **Fuentes puntuales.** Se identificó numerosas fuentes puntuales procedentes de los diversos procesos metalúrgicos de la Empresa Doe Run Perú, entre ellas se tienen las siguientes:⁴

Chimenea principal. Las emisiones generadas en los circuitos de fundición son descargadas a la atmósfera por la chimenea principal, además de 95 chimeneas secundarias de altura variable, de las cuales 33 están destinadas para gases de combustión, 39 para gases industriales y 23 para vapor de agua o aire. Esta chimenea es la fuente que genera considerables emisiones de contaminantes reportados hasta la fecha. La altura de esta chimenea es de 168 m; consta de equipos precipitadores electrostáticos para pre tratamiento.

Chimenea de planta de coque-baterías A y B. Los gases emitidos por las chimeneas de las baterías A y B son producto de la combustión, llevados a cabo en las cámaras de calentamiento del proceso de coquificación. La Chimenea de Coque Batería "A" tiene una altura de 19 m, no consta de equipo alguno para pre o post tratamiento. La Chimenea de Coque Batería "B" tiene una altura de 19 m, tampoco consta de equipo alguno para pre o post tratamiento.

Sistema de ventilación de ollas de bismuto-planta de residuos anódicos. La emisión de gases de las ollas de bismuto N° 4, 5 y 6 son producto de la oxidación y clorinación en la etapa de refinación de bismuto. Las emisiones gaseosas son previamente purificadas en un lavador de gases. La altura de esta chimenea es de 19 m; consta de un equipo lavador de gases para pre tratamiento.

Sistema de ventilación de convertidores-planta de residuos anódicos. La emisión de gases de los convertidores N° 1, 2, 3 y 4 son producto de la oxidación selectiva de antimonio y bismuto en los convertidores y de la reducción de bismuto en el reverbero N° 3. El material particulado que acompaña a los gases es previamente recuperado en tres unidades de filtros de bolsas. La altura de esta chimenea es de 19 m; consta de un equipo de filtros de bolsas para pre tratamiento.

Sistema de ventilación de copelas-planta de residuos anódicos. El sistema de ventilación de copelas permite la captura de humos metálicos de las copelas N° 1, 2 y 3, producto del proceso de oxidación selectiva de selenio, telurio y otros elementos menores los que son recuperados en un lavador de gases y precipitador electrostático húmedo. La altura de esta chimenea es de 15 m; consta de un equipo precipitador electrostático y filtros de bolsas para pre tratamiento.

Sistema de ventilación de tostadores de zinc. Las emisiones son de las unidades de perdigonación y tostación de cama fluida. Las emisiones están

4. Fuente: Doe Run Perú Reporte de resultados analíticos de emisiones secundarias en el complejo metalúrgico La Oroya. Año 2003.

constituídas por gases residuales de SO_2 , combustión y material particulado no recuperado en los lavadores de gases y filtros de los procesos de tostación y del manipuleo de materiales (concentrados, perdigones y calcina). La altura de esta chimenea es de 30 m; consta de equipos lavadores de gases y filtros de bolsas para pre tratamiento.

Otras fuentes identificadas son las siguientes:

Refinerías de cobre y plomo y otros. El sistema comprende un conjunto de 19 chimeneas ubicadas en la refinería de cobre, plomo, horno asarco y planta de alambión. En la refinería de cobre por la naturaleza del proceso de electrorefinación, producción de sulfato de cobre y lixiviación de lodos anódicos requiere elevar las temperaturas de los procesos, generando emisiones de vapor de agua y contaminantes menores de ácido sulfúrico y sulfato de cobre.

Las operaciones del horno asarco incluye el enfriamiento de las barras de cobre que producen emisiones de vapor de agua, que arrastran partículas inertes de bone ash (desmoldante). La planta de alambión emite vapor de agua (libre contaminación) producto del enfriamiento de los rollos de alambión.

En la refinería de plomo, las emisiones provienen del proceso de electrorefinación de plomo, generando vapor de agua y contenidos menores de ácido fluorsilícico. También hay emisiones de ácido fluorhídrico en la planta de ácido fluorsilícico. Durante la fusión de cátodos de plomo refinado, se desprenden vapores metálicos, que son captados por medios de campanas y derivados a filtros bolsas, evacuándose al ambiente los gases residuales. Los gases de combustión con su composición típica son evacuados al ambiente independientemente de los gases de fusión.

Emisiones fugitivas de la fundición de cobre. En la planta de preparación, se producen estas emisiones por arrastre de materiales sólidos fuera del alcance de las campanas y esto ocurre básicamente cuando excede la capacidad de los extractores. En la planta de tostadores, se producen emanaciones de gases SO_2 y sólidos que descargan al ambiente directamente desde el piso de carga, por falta de tiro en el ducto principal de evacuación. Así mismo se ha observado fugas de gases y polvos generados en las operaciones de descarga de los tostadores de cobre hacia los carros calcineros, al no ser captados por las campanas del sistema de ventilación. El inadecuado sistema de ventilación de los convertidores permite la fuga de polvo y emisiones de gases SO_2 , se difunden libremente por falta de un sistema de captación.

Emisiones fugitivas de la fundición de plomo. En los hornos de plomo se registran emisiones fugitivas, especialmente durante las operaciones de emergencia como parada de hornos, limpieza de columnas de hornos, cambios de tanques de asentamiento, entre otros y en las ollas de recepción y de decoperizado de la pluma de tratamiento de espuma por falta de sistema de captación. En el horno reverbero de tratamiento de espuma existen emisiones fugitivas especialmente durante las coladas del producto y carga de materiales.

Emisiones fugitivas del circuito de zinc. En la planta de tostadores de cama fluida y perdigonación se producen emisiones fugitivas de material particulado en los sistemas de transporte de calcina. Presencia de material particulado en el ambiente, procedentes de tostadores de lecho turbulento (TLR). Presencia de

vapor de agua con trazas de ácido sulfúrico en área de enfriamiento de la planta electrolítica de zinc. En la planta zileret existe emisiones de gases y material particulado durante la descarga de esponja de fierro del horno Kiln.

Residuos anódicos y refinería de plata. Existen emisiones gaseosas y material particulado durante la descarga del reverbero de fusión y en el trasvase de los materiales fundidos a los convertidores. Esta situación se agrava por la baja eficiencia de los sistemas de ventilación.

- b. Fuentes de área.** Se identificaron fuentes de área como establecimientos de comercio y servicios, dedicados a la venta o prestación de un servicio, cuyas actividades generan contaminación atmosférica.

La relación de establecimientos según la actividad generadora se muestra en la **Tabla N° 6.**

Tabla N° 6: Fuentes de área.		
Establecimiento	Actividad	Produce contaminación
Restaurante	Comercio	Kerosene, gas.
Pollerías	Comercio	Carbón, leña
Chicharronerías	Comercio	Kerosene, gas
Picanterías	Comercio	Kerosene, gas
Panaderías	Comercio	Petróleo, kerosene
Baños sauna/duchas	Comercio	Leña
Grifos	Comercio combustible	Gasolina de 84, 90, 95 y 97 octanos, petróleo diesel N° 2 y kerosene
Lubricante llantería	Comercio/servicio	Solventes orgánicos
Taller de baterías	Comercio/servicio	Electrolitos (ácidos)
Taller de metalmecánica	Servicio	Soldadura
Mecánica	Servicio	Soldadura
Taller planchado y pintura	Servicio	Solventes orgánicos y pinturas
Carpinterías	Comercio/servicio	Solventes orgánicos y pinturas
Vidrierías	Comercio/servicio	Solventes orgánicos
Zapaterías	Comercio/servicio	Solventes orgánicos

2.1.3. Fuentes naturales.

Dada las características geográficas y climáticas de la zona y debido a la escasa cobertura vegetal que presentan ciertas áreas de la cuenca atmosférica, el levantamiento de polvo ocasionado por los vientos se hace evidente, de la misma forma en vías de tránsito sin pavimentar, constituyen la principal fuente natural.

2.2. Metodología empleada.

2.2.1. Metodología fuentes móviles.

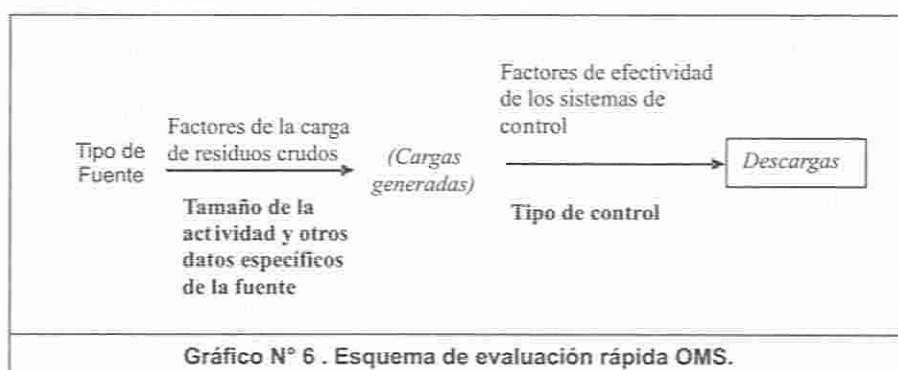
La metodología que se empleo fue la de evaluación rápida recomendada por la OMS⁵, ya que permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación

5. Economopoulos, Alexander P. (2002) "Evaluación de fuentes de contaminación del aire". Extraído de los capítulos 1,2 y 3 de evaluación de fuentes de contaminación de aire, agua y suelo. Guía sobre técnicas para el inventario rápido de fuentes y su uso en la formulación de estrategias para el control ambiental. Parte I: Técnicas para el inventario rápido de la contaminación ambiental. Serie de Tecnología Ambiental de la OMS, OPS/CEPIS, Lima.

del aire generadas por fuentes móviles dentro de la cuenca atmosférica de La Oroya. También permite evaluar la efectividad de las opciones alternativas para controlar la contaminación.

Este método se basa en experiencias previas documentadas sobre la naturaleza y la cantidad de contaminantes generadas por cada tipo de fuente, ya sea con o sin sistema de control, y como se indica en el Gráfico N° 6, hace uso constante de esta información para predecir las cargas de una determinada fuente.

La estimación de las cargas liberadas de una determinada fuente se basa en el uso de los factores adecuados de carga de residuos que reflejan la experiencia de la medición de fuentes similares. Cada factor de residuos, por ejemplo, se define como la carga normalizada liberada de contaminante expresada en Kg/(unidad de actividad) de una determinada fuente en estudio.



- a. **Determinación del universo de fuentes.** El parque automotor fue calculado tomando como base el Estudio Socio Económico 2001 del distrito de La Oroya, los vehículos de transporte público inscritos en la municipalidad provincial de Yauli, La Oroya y, también, a partir del conteo vehicular realizado por el personal de DESA Junín y Centro de Salud La Oroya. Los resultados se muestran en la **Tabla N° 7**.

Tabla N° 7: Parque automotor estimado para la Ciudad de La Oroya. Incluye de uso particular, transporte urbano e interdistrital.

Categorías	N° de Unidades	Distancia		
		Km/día	Km/año	Total (Km)
Automóvil	135	24	8 760	1 182 600
Station wagon	96	24	8 760	840 960
Taxi – automóvil	123	231	84 315	10 370 745
Taxi – station wagon	111	229	83 403	9 257 678
Camioneta pick up	167	48	17 520	2 925 840
Camioneta rural	189	173	63 197	11 944 260
Camioneta panel	19	12	4 380	83 220
Camión < 5 TM	44	24	8 760	385 440
Camión > 5 TM	70	24	8 760	613 200
Remolcador	14	24	8 760	122 640
Ómnibus < 24 asientos	74	74	27 010	1 998 740
Ómnibus > 24 asientos	46	74	27 010	1 242 460
Tren	1	72	26 280	26 280
Total	1 089			

b. **Determinación del tamaño muestral.** Uno de los aspectos que se planteó para realizar la encuesta por muestreo ha sido determinar el tamaño de muestra para obtener estimadores que sean lo suficientemente confiables para el presente estudio con intervalo de confianza de 95%. **Tabla N°8 y Tabla N°9.**

Tabla N° 8: Tamaño muestral para diferentes valores de precisión.

Error (d)	Tamaño calculado (n')	Tamaño muestral óptimo (n)
1%	10000	10000
2%	2500	2429
3%	1112	1098
4%	625	621
5%	400	399

Aplicando: $n' = 1/d^2$ $N = n'/(1+(n'/N))$

Para calcular el tamaño de muestra se determinó de la siguiente forma:

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot 1 \cdot a / 2}{\epsilon^2} \times C^2 \quad \dots (1) \quad n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad \dots (2)$$

Regla de decisión:

$$\frac{n_0}{N} < 0.05 \Rightarrow n = n_0 \frac{n_0}{N} \quad 0.05 \Rightarrow n = n \dots (3)$$

Donde:

n_0 = Tamaño de muestra inicial

n = Tamaño de muestra óptimo

N = Universo (conocido)

d = Error relativo (definido por el investigador)

$(1-\alpha)$ = Nivel de confianza (definido por el investigador)

p = Proporción esperada del parámetro a evaluar (asumimos $p=0.5$)

Cv = Coeficiente de variación (calculado para cada estrato) (asumimos $p = 0.5$)

Tabla N° 9: Tamaño de muestra calculado para el parque automotor privado, transporte público urbano, interdistrital y parque automotor interprovincial de la ciudad de La Oroya.

Categoría vehicular	TOTAL 2002	
	Local	Interprovincial
Automóvil	258	472
Station wagon	207	260
Camioneta pick up	167	293
Camioneta rural	189	127
Camioneta panel	19	57
Camión < 5 TM	44	446
Camión > 5 TM	70	513
Remolcador	14	326
Remolque – semiremolque	0	163
Ómnibus < 24 asientos	74	56
Remolque > 24 asientos	46	448
Motos – furgonetas	1	3
Total	1 089	3 164

Fuente: GESTA Zonal del aire La Oroya (2004). Inventario de fuentes móviles. Documento base.

- c. **Obtención de información.** La información necesaria para realizar el inventario se obtuvo mediante información proporcionada por diferentes instituciones públicas y privadas relacionadas con el tema, los que se mencionan a continuación:

Municipalidad Provincial de Yauli-La Oroya. Vehículos inscritos de transporte urbano 2000, 2001 y 2002.

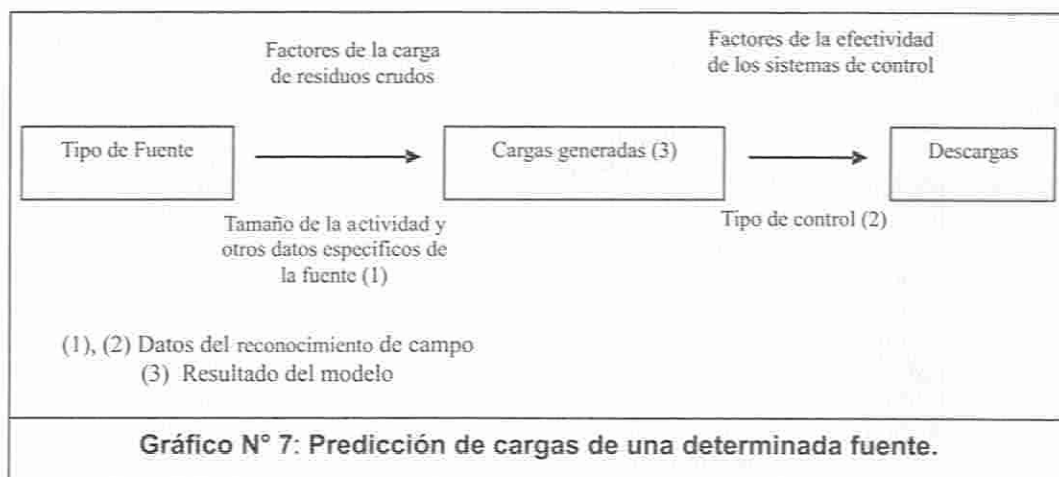
Ministerio de Energía y Minas. Calidad de la gasolina de 84, 90, 95 y 97 octanos y del Diesel D2 (contenido de Pb y S). Composición de la gasolina de 84, 90 95 y 97 octanos y del diesel D2 producidos en la refinería La Pampilla

Otros. Vehículos mayores registrados en Huancayo por año de fabricación según principales marcas 1995-2000. Parque automotor nacional estimado 1995-2000. Fórmula para la estimación del parque automotor.

Con la finalidad de hacer operativo el empleo de la técnica de evaluación rápida de la OMS, se tuvo que ajustar y calcular los datos requeridos para estimar las emisiones.

2.2.2. Metodología fuentes fijas.

Para las fuentes fijas puntuales se ha empleado la información del monitoreo de emisiones en la fuente que realiza Doe Run Perú y la estimación de emisiones empleando la metodología de evaluación rápida recomendada por la OMS, para el caso de las fuentes de área también se ha empleado la metodología de evaluación rápida recomendada por la OMS, que permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de la cuenca atmosférica de La Oroya. Este método se basa en experiencias previas documentadas sobre la naturaleza y la cantidad de contaminantes generadas por cada tipo de fuente, ya sea con o sin sistema de control, y como se indica en el **Grafico N° 7**, hace uso de esta información para predecir las cargas de una determinada fuente.



- a. **Determinación del tamaño muestra para las fuentes de área.** Se siguió el mismo procedimiento para el caso de las fuentes móviles, donde el tamaño para cada estrato se muestra en la **Tabla N° 10**. La población está determinada en función a la relación de establecimientos formales registradas en las municipalidades (sólo aquellas que funcionan en la actualidad).

Diagnóstico de Línea Base de la Calidad del Aire de La Oroya

Tabla N° 10: Tamaño de muestra por cada estrato.

N°	Estrato	Población N _i	Muestra n _i
1	Pollerías	20	16
2	Restaurantes	38	30
3	Chicharronerías	11	9
4	Panaderías	16	13
5	Saunas – duchas	5	4
6	Grifos	10	8
Total		100	79

b. Procedimiento de recopilación de información. Se solicitó a las municipalidades del ámbito de trabajo la relación de establecimientos formales, clasificándolos luego, según estratos y cantidad.

Priorización de fuentes fijas. De acuerdo a relación de establecimientos comerciales, se consideró aquellas de mayor cantidad, las que para sus actividades usan grandes cantidades de combustibles y por consiguiente generan mayor cantidad de emisiones.

Aplicación de encuestas. En DESA Junín, se diseñó un formato de encuestas apropiado para cada fuente, con el fin de obtener los datos necesarios para la estimación de emisiones.

2.3. Estimación de emisiones. Tabla N° 11, 12 y 13

2.3.1. Fuentes móviles.

Tabla N° 11: Valores de emisiones contaminantes totales generados por parque automotor según tipo de vehículo.

CATEGORIAS	EMISION (Ton/año)					
	PTS	SO ₂	NO _X	CO	COV	Pb
Automóvil	0.988	3.308	17.379	149.652	21.098	0.343
Station wagon	1.811	6.789	18.083	126.451	18.015	0.154
Camioneta pickup	0.580	2.189	8.946	52.958	7.522	0.039
Camioneta rural	1.631	6.535	9.688	37.907	5.366	0.134
Camioneta panel	0.029	0.108	0.536	3.589	0.496	0.016
Ómnibus	5.767	18.610	74.986	95.385	21.603	0.220
Camión	5.224	16.854	67.921	86.696	19.594	0.201
Remolcador	1.068	4.825	16.387	4.906	2.131	0.009
Remolque-semiremolque	0.481	1.581	7.329	1.148	0.888	0.000
Locomotora	0.038	0.126	0.582	0.091	0.071	0.000
Vehículos menores	0.002	0.001	0.001	0.357	0.244	0.000
Total	17.619	60.925	221.840	559.140	97.027	1.116

Fuente: Gesta Zonal Aire. La Oroya (2004) "Inventario de fuentes móviles". Documento base..

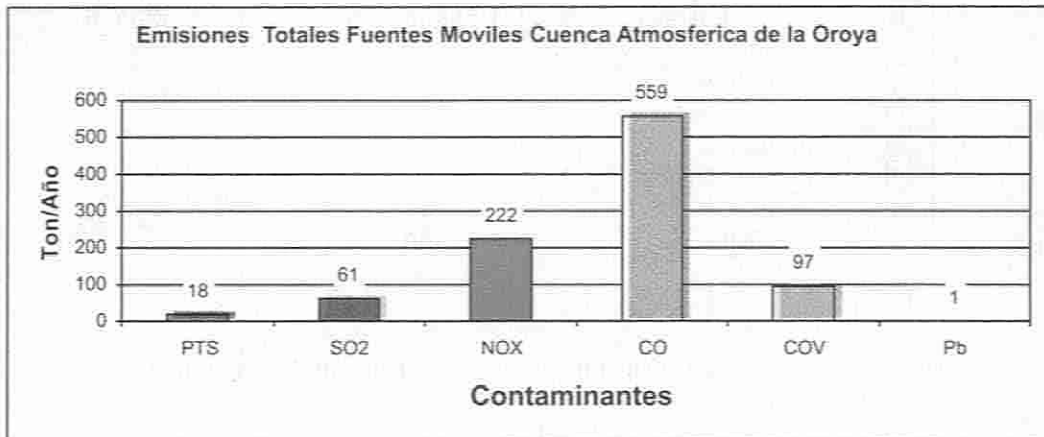


Gráfico N° 8: Emisiones totales fuentes móviles

Fuente: Informe inventario de Emisiones Gesta Zonal Aire – La Oroya

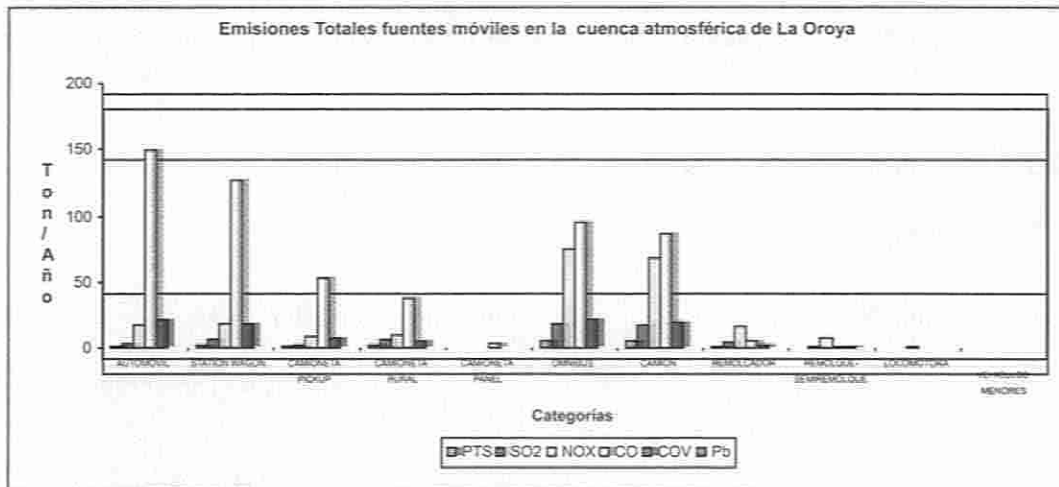


Gráfico N° 9: Emisiones totales fuentes móviles por categorías.

Fuente: Informe inventario de Emisiones Gesta Zonal Aire – La Oroya

2.3.2. Fuentes fijas

Para el caso del complejo metalúrgico se consigna las emisiones monitoreadas (chimeneas), mientras que para las emisiones fugitivas se han calculado mediante los factores de emisión empleados en la evaluación rápida recomendada por la OMS. Las fuentes pasivo no han sido estimadas por carencia de metodología estandarizada, debiendo ser incorporada como una actividad dentro del plan de acción.

Diagnóstico de Línea Base de la Calidad del Aire de La Oroya

Tabla N° 12: Valores de emisiones totales de contaminantes generados por fuentes fijas

Tipo de Fuente	Fuente	Ton/Año								
		PTS	SO ₂	NO _x	CO	COV	Pb	As	Cd	SO ₃
Fuentes Puntuales	DOE RUN Perú	8286.440	380074.500	****	142.505	****	845.726	423.049	42.504	****
Fuentes de Área	Pollerías	6.041	0.024	3.233	87.038	6.031	0.000	0.000	0.000	0.000
	Restaurantes	0.042	0.154	0.362	0.094	0.045	0.002	0.000	0.000	0.002
	Chicharronerías	0.007	0.026	0.051	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
	Panaderías	1.145	0.808	0.363	10.427	3.438	0.011	0.000	0.000	0.011
	Duchas-Sauna	0.517	0.003	0.042	1.527	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grifos	0.000	0.000	0.000	0.000	23.043	0.000	0.000	0.000	0.000
Total		8294.192	380075.515	4.050	241.605	32.664	845.740	423.049	42.504	0.014

*** No se tienen registrados los valores para NO_x, COV y SO₃, debido a que las emisiones para la fundición polimetálica fueron estimadas principalmente en base a las mediciones realizadas por la empresa.

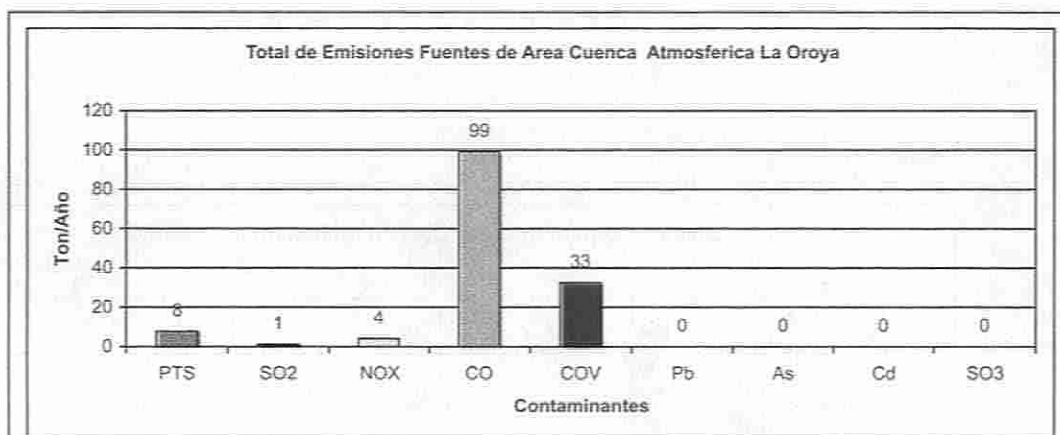


Gráfico N° 10: Emisiones totales fuentes de área.
Fuente: Gesta Zonal Aire – La Oroya

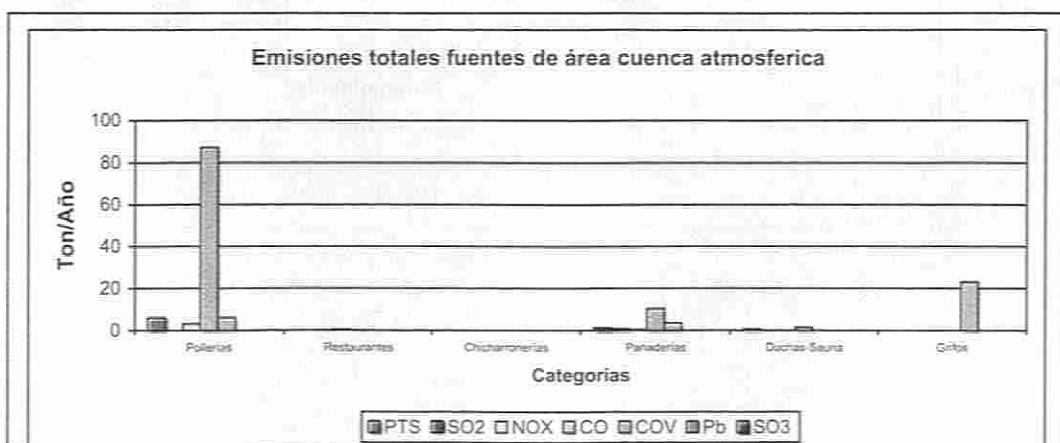
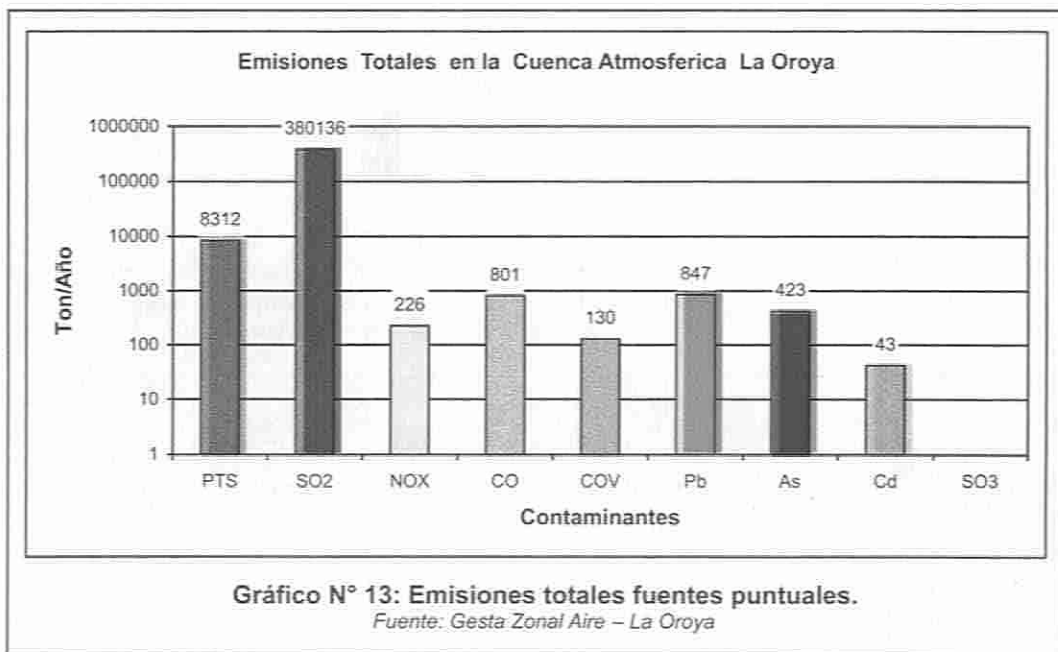
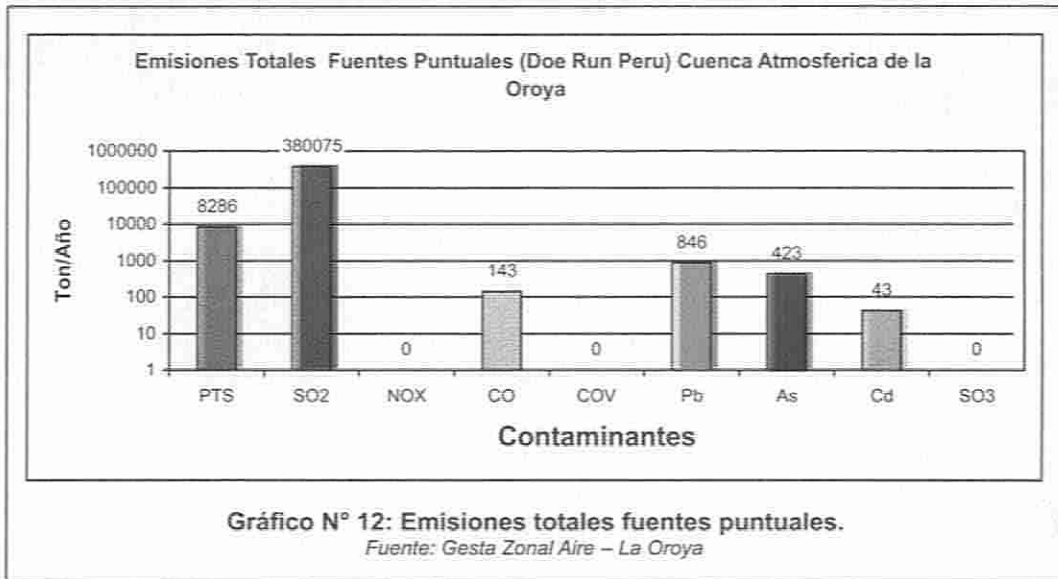


Gráfico N° 11: Emisiones totales fuentes de área.
Fuente: Gesta Zonal Aire – La Oroya



2.4. Descripción de resultados

Contaminante	Comentario
PTS	En orden de cantidad, es el segundo contaminante emitido por fuentes puntuales (8 286 Ton/Año) emitido por las fuentes puntuales.
SO ₂	Este contaminante es emitido en mayor cantidad, 380 075 Ton/año por las fuentes puntuales.
NO _x	Es emitido por las fuentes móviles siendo los principales emisores los ómnibus.
CO	Las fuentes móviles son los principales emisores siguiendo las fuentes de área para las fuentes puntuales no existe reporte en el año 2002.
COV	Emitidas en mayor cantidad por las fuentes móviles (97 Ton/año).
Pb	Son emitidas principalmente por las fuentes puntuales (846 Ton/año), para las fuentes de área es cero.
As	Son solamente emitidas por la fuentes puntuales (423 Ton/año).
Cd	Son solamente emitidas por la fuentes puntuales (43 Ton/año).
SO ₃	De acuerdo a la metodología aplicada sólo se determinó en las fuentes de área no obstante no se evaluó en las fuentes puntuales.

3. Evaluación de la calidad del aire.

Para la evaluación de la calidad de del aire en la cuenca atmosférica se consideró; el estudio de la calidad de aire en la ciudad de La Oroya realizado en 1999 por la DIGESA; estudio de dispersión realizado por DIGESA agosto 2001 en seis comunidades del entorno de la ciudad de La Oroya; monitoreo de la calidad del aire 2001-2002 promovido por el Grupo Técnico Aire Salud de La Oroya, con aporte de información de Doe Run Perú y el control de calidad de la DIGESA; los monitoreos realizados por DIGESA para el diagnóstico de línea de base en marzo y setiembre del 2003; y la información que reporta la empresa Doe Run Perú al Ministerio de Energía y Minas.

3.1. Monitoreos realizados.

3.1.1. Estudio de calidad de aire, Ciudad de La Oroya 1999, DIGESA.

Este estudio⁶, se realizó del 1 al 6 de setiembre de 1999, se ubicaron 4 estaciones en los siguientes puntos: E1 Centro de Salud de La Oroya; E2 Salud Ocupacional; E3 Centro Educativo Encinas; E4 Comercial Córdova.

Los parámetros evaluados fueron: dióxido de azufre (SO₂); dióxido de nitrógeno (NO₂); partículas totales en suspensión (PTS); metales: cobre, plomo, manganeso, cadmio; cromo, hierro y zinc; partículas sedimentables.

3.1.2. Monitoreo de la calidad de aire de la ciudad de La Oroya, años 2001-2002.

Este estudio fue promovido por el Grupo Técnico Aire Salud de La Oroya creado por el CONAM. Se realizó entre el 1 de enero del 2001 al 31 de julio del 2002, siguiendo un protocolo de monitoreo y de control de calidad concertado; se utilizaron datos de las cinco estaciones operadas por DRP: Sindicato; Huanchan; Hotel Inca; Cushurupampa y Casaracra; DIGESA puso los resultados a disposición pública a través de su página web.

6 La metodología empleada en este estudio se describe en el ítem 3.2.

Los parámetros evaluados fueron: dióxido de azufre (SO_2); partículas menores a 10 micras PM_{10} ; plomo en PM_{10} .

3.1.3. Estudio de calidad de aire de la ciudad de La Oroya, marzo y setiembre del 2003.

Este estudio lo realizó DIGESA de conformidad con el D.S. N° 074-2001 PCM. La primera campaña se realizó del 5 al 11 de marzo, la segunda campaña se realizó del 3 al 9 de setiembre. Se monitoreo en las siguientes estaciones: Escuela Estatal José Antonio Encinas; local comunal de la comunidad campesina Purísima Concepción de Paccha; municipalidad distrital Santa Rosa de Sacco; P.S. CLAS Huaynacancha

Los parámetros evaluados fueron: dióxido de azufre (SO_2); dióxido de nitrógeno (NO_2); partículas totales en suspensión (PTS); metales: cobre, plomo, manganeso, cadmio, cromo, hierro y zinc; partículas menores a 10 micras (PM_{10}); partículas menores a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$).

3.1.4. Estudio de dispersión realizado por DIGESA en agosto del 2001

Este estudio se realizó del 09 al 12 del mes de Agosto del 2001 en los distritos de: La Oroya Antigua, La Oroya Nueva y Santa Rosa de Sacco también en dos rutas de acceso y salida de la ciudad de La Oroya - Huancayo - Lima .

Los contaminantes analizados fueron $\text{PM}_{2.5}$, plomo, cadmio, arsénico, y partículas sedimentables; asimismo, se realizó en análisis de metales pesados en ichu, suelo y agua.

Para este estudio se consideraron el $\text{PM}_{2.5}$, plomo por estar comprendido en el reglamento de los estándares de calidad de aire (Anexo 1) también los niveles de cadmio y arsénico.

3.1.5. Monitoreo continuo de la empresa Doe Run Perú.

Este monitoreo continuo se realiza desde 1998 hasta la actualidad. Para fines del presente diagnóstico se considera la información anual desde 1998 hasta el 2003. Las estaciones de monitoreo son las siguientes: Sindicato; Huanchan; Hotel Inca; Cushurupampa; Casaracra.

Los parámetros que se monitorizan son: dióxido de azufre (SO_2); partículas totales en suspensión (PTS); metales: plomo, cadmio, arsénico; partículas menores a 10 micras (PM_{10}).

3.2. Metodología empleada.

3.2.1. Monitoreos de DIGESA.

En los monitoreos efectuado por DIGESA se usaron los mismos equipos que a continuación se detalla:

Equipos de monitoreo. Los equipos de monitoreo utilizados son los siguientes:

Dióxido de azufre (SO_2). Método automático. Equivalent Método EQSA-0779-039 fluorescencia ultravioleta. El método de monitoreo empleado en este equipo es automático y el principio de funcionamiento es el de la fluorescencia ultravioleta. Las concentraciones son determinadas en partes por billón (ppb) y por conversión se obtiene en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dióxido de azufre (SO₂). Método activo. Método de muestreo activo presentado por Thorin NILU, 1977; ISO 4221, 1983/1990. Es determinado por absorción del gas en solución de captación de peróxido de hidrógeno a razón de flujo de 2.3 a 2.5 litros por minuto, en un período de muestreo de 24 horas. El análisis químico se efectúa por turbidimetría, expresándose los resultados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dióxido de nitrógeno (NO₂). Método activo. Método de referencia activo de la EPA Capítulo N°1, CFR 40 Parte 53 Apéndice F. Se determina por el método del arsenito de sodio. Las muestras de aire contaminado son atrapadas en una solución de arsenito de sodio mas hidróxido de sodio, a una razón de flujo de 0.2 a 0.3 litros por minuto, por períodos usuales de muestreo de 24 horas. El análisis se efectúa por Colorimetría, los resultados son expresados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Partículas menores a 10 micras (PM₁₀). US. EPA equivalent designated PM-10 method (EQPM – 1090-079). De acuerdo con CFR 40, Parte 53. Para las mediciones de partículas menores a 10 micras, se empleó un equipo automático a tiempo real y cuyo principio de funcionamiento es el de la microbalanza oscilatoria (TEOM), el cual registra continuamente datos de concentraciones de material particulado en unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Partículas totales en suspensión (PTS). Método de Referencia Activo de la EPA Capítulo N°1, CFR 40 Parte 50 Apéndice B. Para el muestreo de las Partículas Totales en Suspensión, se emplea un equipo muestreador de alto volumen con un motor de aspersion de alto flujo ($1.5\text{m}^3/\text{min}$), el cual succiona el aire del ambiente haciéndolo pasar a través de un filtro de fibra de vidrio, el cual retiene partículas de hasta $0.3\ \mu\text{m}$ de diámetro. La concentración de las partículas suspendidas totales, se calcula determinando el peso de la masa recolectada y el volumen de aire muestreado.

Partículas menores a 2.5 micras (PM_{2.5}). Método activo. Método de referencia activo de la EPA Capítulo N°1, CFR 40, Parte 50, Apéndice J. El principio de funcionamiento de este equipo es similar al del muestreador de partículas totales en suspensión, con la excepción de que trabaja a solo $5\ \text{L}/\text{min}$ y está diseñado para seleccionar y capturar únicamente las partículas menores a 2.5 micras.

Metales: Cobre, plomo, manganeso, fierro, zinc. Método de referencia activo de la EPA Capítulo N°1, CFR 40 Parte 50 Apéndice G. Son obtenidos del filtro empleado en el muestreo de PTS, se tratan químicamente con ácido nítrico y luego de filtrar, evaporar y concentrar la muestra, se lee en el espectrofotómetro de absorción atómica.

En relación a los contaminantes a monitorear que señala el reglamento de los estándares de calidad de aire (DS 074-2001PCM) Anexo 1, no se ha monitoreado: monóxido de carbono, ozono, hidrogeno sulfurado, la metodología empleada para el caso del dióxido de nitrógeno no esta acorde a lo que establece el reglamento.

3.2.2. Monitoreo de DOE RUN PERÚ.

a. Equipos de monitoreo. Los equipos de monitoreo utilizados son los siguientes:

Partículas menores a 10 micras. Monitoreo continuo. Método referenciado EPA, monitor partículas menores a 10 micras (PM 10). Especificaciones técnicas: marca BAM 120 Metone Inst.; principio de medición, atenuación de radiación Beta (14C, 60 uCi); rango de 0 -10 mg/m³; resolución +2 mg/m³; exactitud +- 1% de indicación; cinta filtro, filtro de fibra de vidrio continuo; flujo, 17 l/m; almacenamiento de datos, 200 días una hora de muestreo.

Muestreador de alto volumen. Método referenciado EPA, monitor partículas menores a 10 micras Graseby PM10. especificaciones técnicas: marca Graseby GMW; punto de corte al 50%, 9.7 u; flujo real 1-13 m³/min (40 CFM); exactitud en el flujo de masa +-2.5% en el periodo de muestreo de 24 horas; registrador de flujo por 24 horas con charts circulares; timer electrónico programable; bomba de vacío.

Dióxido de azufre (SO₂). Método automático. Método referenciado EPA, monitor de dióxido de azufre (SO₂). Especificaciones técnicas: marca Horiba-APSA360; principio de medición, pulso de fluorescencia ultravioleta; rango de análisis, estándar 0-5000 ppb; temperatura de operación de 0 a 40° C.; repetibilidad 1% del rango; límite detectable, 0.01 ppb; Zero drift +- ppb/día; Flujo de muestreo, 800 cc/min; salidas digitales y analógicas, RS-232, voltajes 0-1, 0-5 cdc.

Análisis de plomo, cadmio y arsénico. Se usa un espectrómetro de absorción atómica y se desarrolla el procedimiento NIOSH Issue2 que consiste en: Colocar el vaso sobre la plancha a punto de hervir durante 30 minutos dentro de una campana; se retira y se deja enfriar hasta la temperatura del ambiente; seguidamente se transfiere la solución a un frasco volumétrico de 100 ml.; se deja enfriar sobre una enfriadora por 5 minutos y se enrasa a 100 ml con agua purificada; se tapa el frasco se agita hasta obtener una solución homogénea. Luego se procede a realizar las lecturas en el espectrómetro de absorción atómica.

Partículas totales en suspensión (PTS). Método de referencia activo de la EPA Capítulo N°1, CFR 40 Parte 50 Apéndice B. Muestreador de alto volumen con un motor de aspersión de alto flujo (1.5m³/min), el cual succiona el aire del ambiente haciéndolo pasar a través de un filtro de fibra de vidrio, el cual retiene partículas de hasta 0.3 µm de diámetro.

b. Control y aseguramiento de la calidad de datos.

Programa de calibración. Se realiza cada 3 meses, o después de cada mantenimiento del equipo que haya afectado el control de flujo. Además de ello tiene un programa de mantenimiento preventivo y un sistema de auditorías.

Programas de auditorías. Se realiza a los equipos de monitoreo de la calidad del aire que realiza una vez por año con el apoyo de la Gerencia de Asuntos Ambientales de DOE RUN COMPANY-USA.

3.3. Recolección y procesamiento de datos.

3.3.1. Recolección.

La información de DIGESA fue reportada al Gesta Zonal de Aire La Oroya. La información del monitoreo efectuado por Doe Run Perú fue remitida al GESTA Zonal de Aire La Oroya por la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas, la cual consta de los promedios anuales para dióxido de azufre, plomo, cadmio, arsénico. La información para el año 2001-2002 del monitoreo conjunto DIGESA- Doe Run Perú fue reportada al Gesta por DIGESA.

3.3.2. Procesamiento.

Con la información obtenida se elaboró cuadros comparativos con los estándar de calidad de aire (D.S. N° 074-2001-PCM). También se consideró contaminantes no enmarcados en el reglamento de los estándares de calidad de aire como el arsénico, cadmio y PTS, los cuales fueron comparados según lo que recomienda CEPIS.

3.4. Resultados del monitoreo.

3.4.1. Contaminantes del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

- a. **Dióxido de azufre (SO₂).** Las Tablas N° 14, 15, 16 y 17 así como los Gráficos N° 14, 15, 16 y 17 siguientes muestran los niveles alcanzados por el SO₂ en los monitoreos realizados por DIGESA y Doe Run Perú. Para el caso de DIGESA son los monitoreos puntuales realizados en tres monitoreos de saturación de una semana cada uno. Lo resultados de Doe Run Perú son el resultado del monitoreo continuo de su red de monitoreo reportado a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del MEM.

Tabla N° 14: Calidad del aire setiembre de 1999 para el SO₂ en µg/m³.

Día	Estación de monitoreo			
	E-1 C.S La Oroya	E-2 Salud Ocupacional	E-3 C.E. Encinas	E-4 Comercial Córdova
01 de set	***	264.46	***	1415.87
02 de set	757.67	665.96	684.57	735.87
03 de set	1020.16	472.65	764.07	817.95
04 de set	525.54	126.9	1052.59	513.73
05 de set	686.15	440.85	406.22	1186.35
Promedio	747.38	394.164	726.8625	933.954

*** Datos no registrados

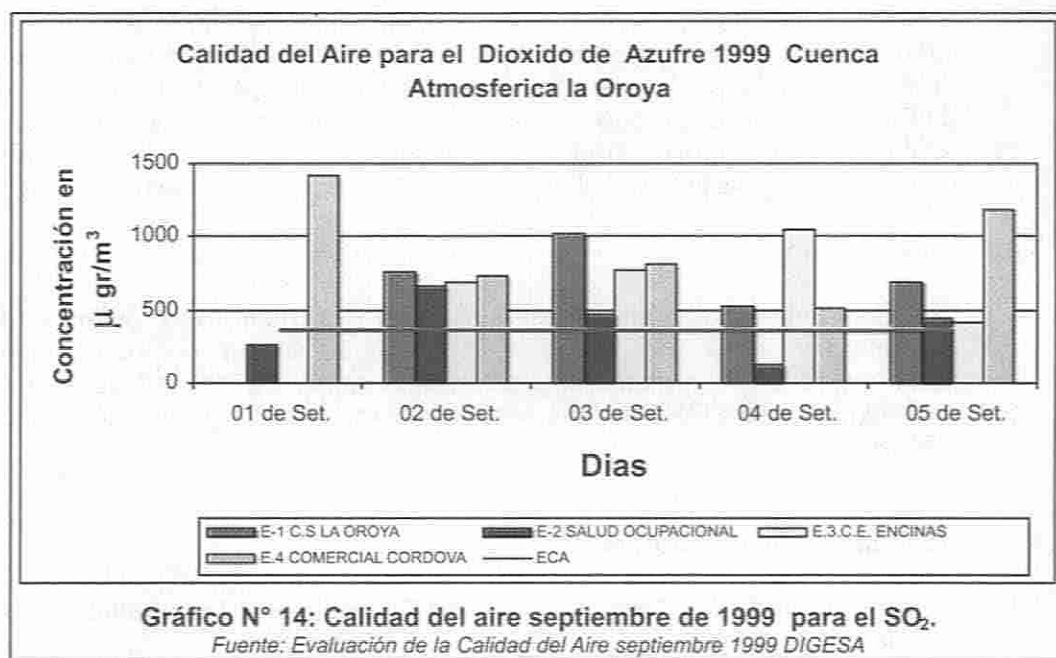


Tabla N° 15: Calidad del aire, marzo del 2003 para el SO₂ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Día	Estación de monitoreo			
	E-3 C.E. Encinas	E-2 Paccha	E-3 Sacco	E-4 Huaynacancha
05-mar	366.99	186.72	***	***
06-mar	186.32	416.87	477.16	262.43
07-mar	355.06	705.06	485.36	301.30
08-mar	121.96	138.00	278.11	245.14
09-mar	400.71	4.66	***	430.76
10-mar	523.03	626.45	316.84	271.56
11-mar	456.80	48.89	341.64	310.52
Promedio	344.41	303.81	379.82	303.62

*** Datos no registrados

Diagnóstico de Línea Base de la Calidad del Aire de La Oroya

Tabla N° 16: Calidad del aire setiembre 2003 para el SO ₂ en µg/m ³ .				
Día	Estación de monitoreo			
	E-3 C.E. Encinas	E-2 Paccha	E-3 Sacco	E-4 Huaynacancha
03 de set	91.19	***	12.41	***
04 de set	49.99	1.88	200.02	137.27
05 de set	76.09	14.82	45.22	49.36
06 de set	75.56	2.44	45.24	25.91
07 de set	314.54	14.81	60.38	77.27
08 de set	368.05	7.03	132.27	60.91
09 de set	364.26	9.74	63.60	50.88
Promedio	191.38	8.45	79.88	66.93

*** Datos no registrados

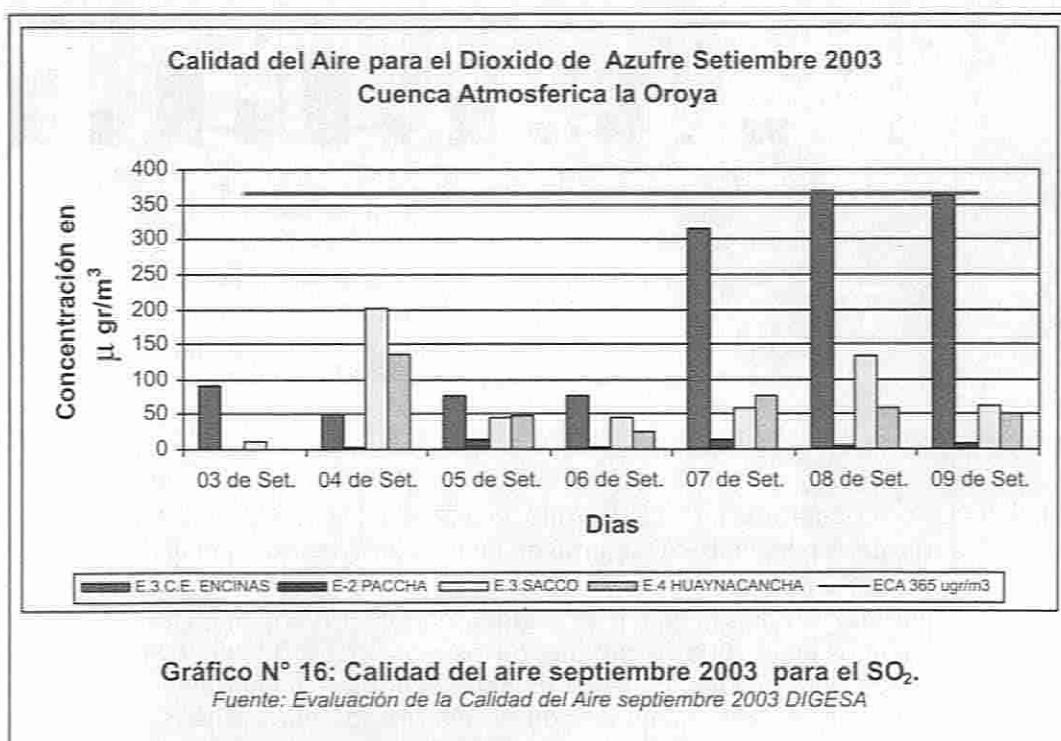
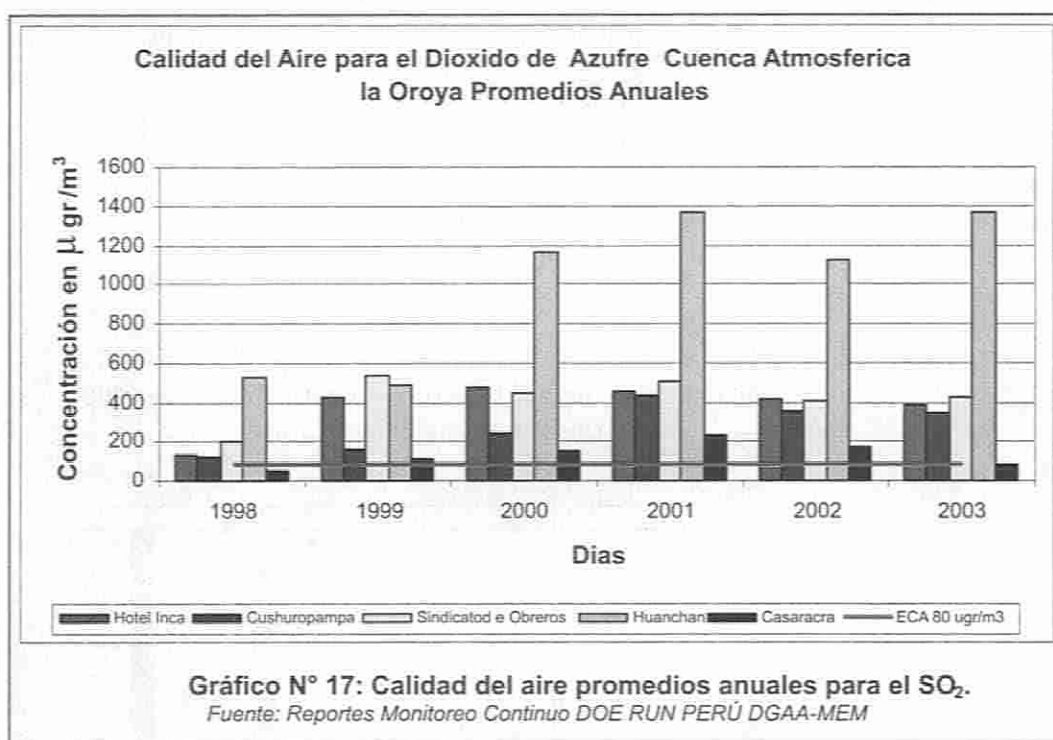


Tabla N° 17: Calidad del aire promedios anuales para el SO₂ en µg/m³.

Estación	Contaminante: SO ₂					
	Años					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Hotel Inca	129.895	424.394	477.271	460.263	411.41	380.891
Cushuropampa	120.473	157.149	244.37	433.382	357.566	344.796
Sindicato de Obreros	204.525	538.486	441.474	507.478	404.066	423.309
Huanchan	522.468	487.096	1168.256	1369.254	1126.01	1365.826
Casaracra	53.735	106.55	148.579	231.946	167.449	84.377



Las concentraciones de dióxido de azufre (SO₂) obtenidas en los monitoreos realizados por DIGESA superan en más de una oportunidad el ECA promedio diario para el SO₂, el cual es de 365 µg/m³. El ECA para SO₂ en setiembre de 1999 es superado en todos los días monitoreados. En los monitoreos de saturación realizados en el 2003 se superan en los días 05, 06, 07, 09, 10 y 11 de marzo y el 08 de setiembre. Según los reportes del monitoreo continuo de la empresa Doe Run Perú éstos se han incrementado en los últimos años superando ampliamente el ECA promedio anual 80 µg/m³ para de SO₂ en todas las estaciones

- b. **Partículas menores de 10 micras (PM 10).** Para el análisis de PM 10 se consideró la información reportada por DIGESA en el monitoreo realizado el mes de marzo del 2003. También se empleó la información del monitoreo que realizó DIGESA-Doe Run Perú entre los años 2001 y 2002. **Tablas N° 18 y 19, Gráficos N° 18 y 19.**

Tabla N° 18: Calidad del aire marzo del 2003 para el PM 10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.								
Monitoreo de Partículas Mayores de 10 Micras								
Día	05-mar	06-mar	07-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar
Promedio	120.05	146.07	75.34	193.18	56.38	112.88	183.85	85.88

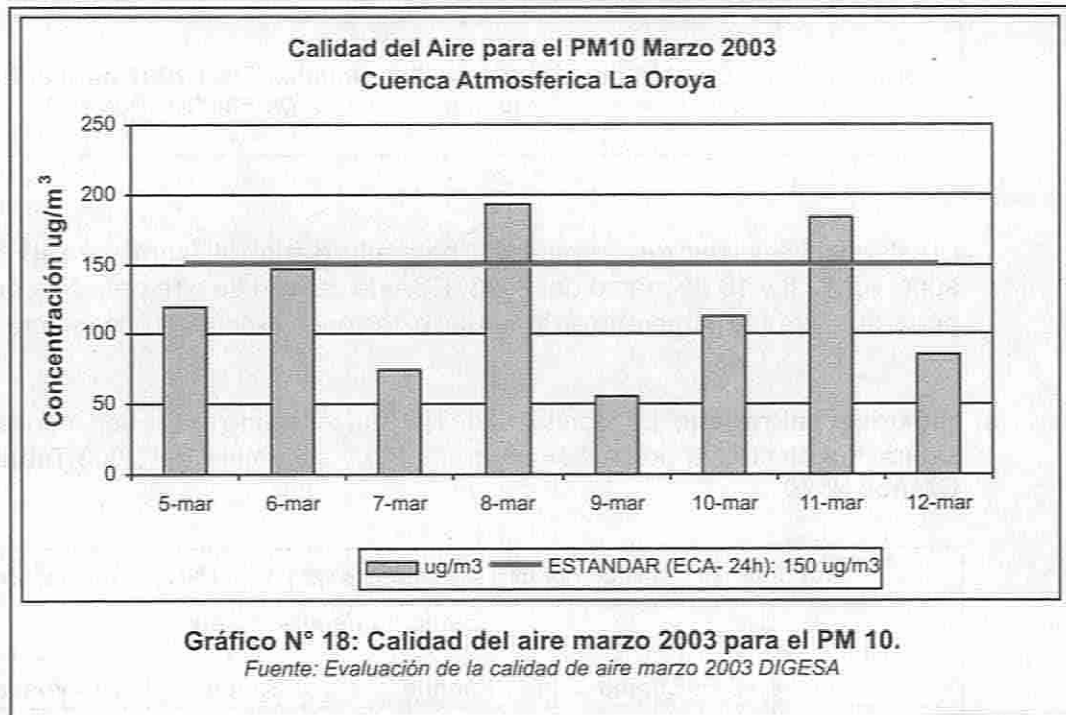
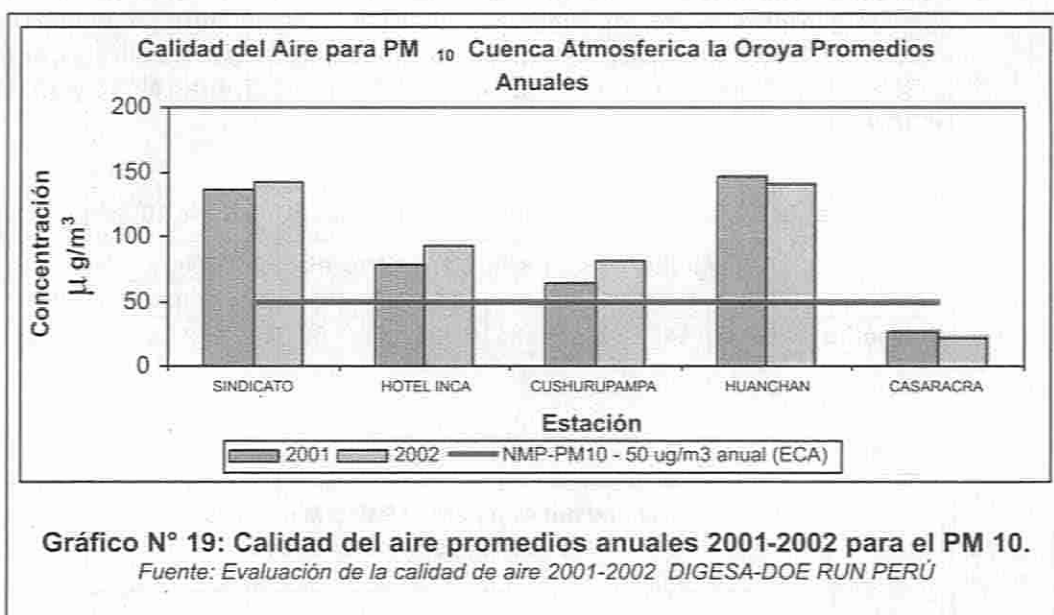


Tabla N° 19: Calidad del aire promedios anuales 2001-2002 para el PM 10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.			
Contaminante PM 10			
Estaciones	Años		
	2001	2002	
Sindicato	136.16	142.45	
Hotel Inca	78.45	92.04	
Cushurupampa	63.36	81.4	
Huanchan	146.31	140.57	
Casaracra	26.69	21.61	



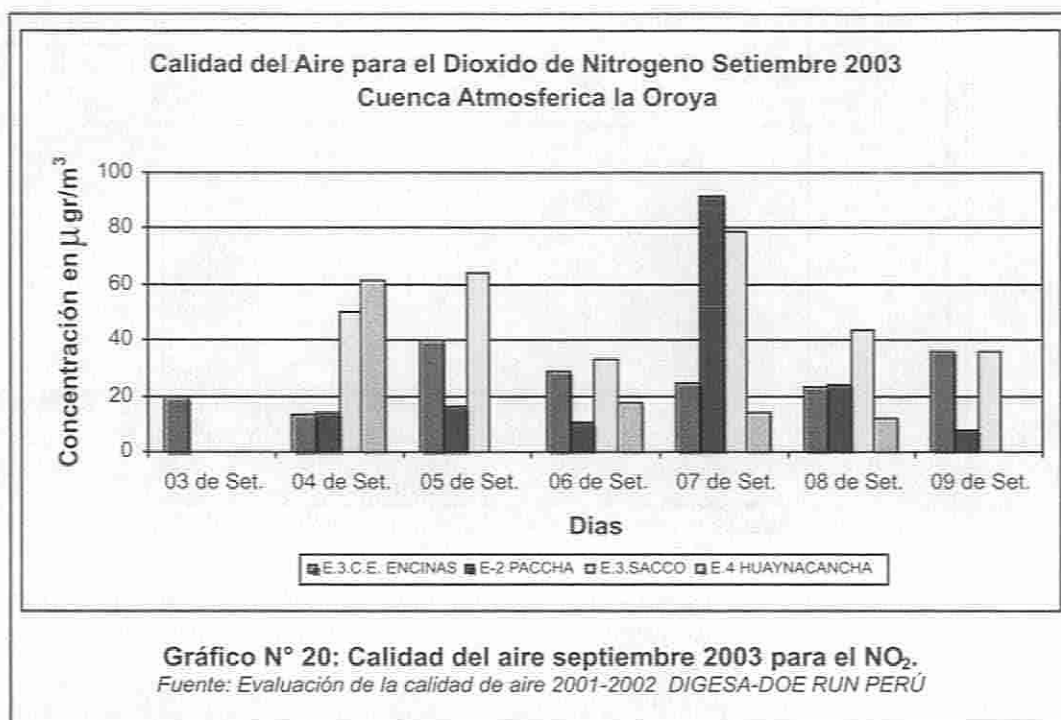
El estándar de calidad de aire para NO₂ promedio diario 150 µg/m³ para el PM 10 fue superado el 8 y 10 de marzo del 2003. ECA de calidad de aire para NO₂ promedio anual 50 µg/m³ fue superado en todas las estaciones excepto en Casaracra.

- c. **Dióxido de nitrógeno.** El monitoreo de NO_x fue realizado en los dos monitoreos de saturación efectuado por DIGESA en marzo y setiembre del 2003. **Tabla N° 20. Gráfico N° 20**

Tabla N° 20: Calidad del aire setiembre 2003 para el NO₂ en µg/m³.

Día	Estación de monitoreo			
	E-3 C.E. Encinas	E-2 Paccha	E-3 Sacco	E-4 Huaynacancha
03 de set	19.75	***	***	***
04 de set	13.28	14.21	50.28	60.95
05 de set	39.90	16.00	64.00	-
06 de set	28.91	10.42	33.15	17.95
07 de set	24.42	91.25	78.60	14.00
08 de set	23.58	24.20	44.00	12.31
09 de set	36.20	7.90	35.75	-
Promedio	26.58	27.33	50.96	26.30

*** Datos no registrados



Para los dos monitoreos de saturación los niveles de NO₂ se encuentran por debajo de los ECAS anual y horario, aunque no se haya monitoreado tanto horario como anual como lo señala el D.S. N° 074-2001-PCM.

- d. **Plomo.** Para el análisis del plomo en la cuenca atmosférica de La Oroya se utilizó la información proporcionada por el monitoreo continuo promedios anuales de Doe Run Perú, el monitoreo que realizó DIGESA - Doe Run Perú en el año 2001-2002 y el monitoreo realizado en el estudio de dispersión de contaminantes DIGESA (agosto, 2001). **Tablas N° 21, 22 y 23. Gráficos N° 21, 22 y 23**

Tabla N° 21: Calidad del aire promedios anuales 2001-2002 para el Plomo en µg/m³.

Contaminante Plomo		
Estaciones	Años	
	2001	2002
Sindicato	2.66	2.55
Hotel Inca	1.61	1.80
Cushurupampa	0.89	1.09
Huanchan	7.05	5.01
Casaracra	0.38	0.35

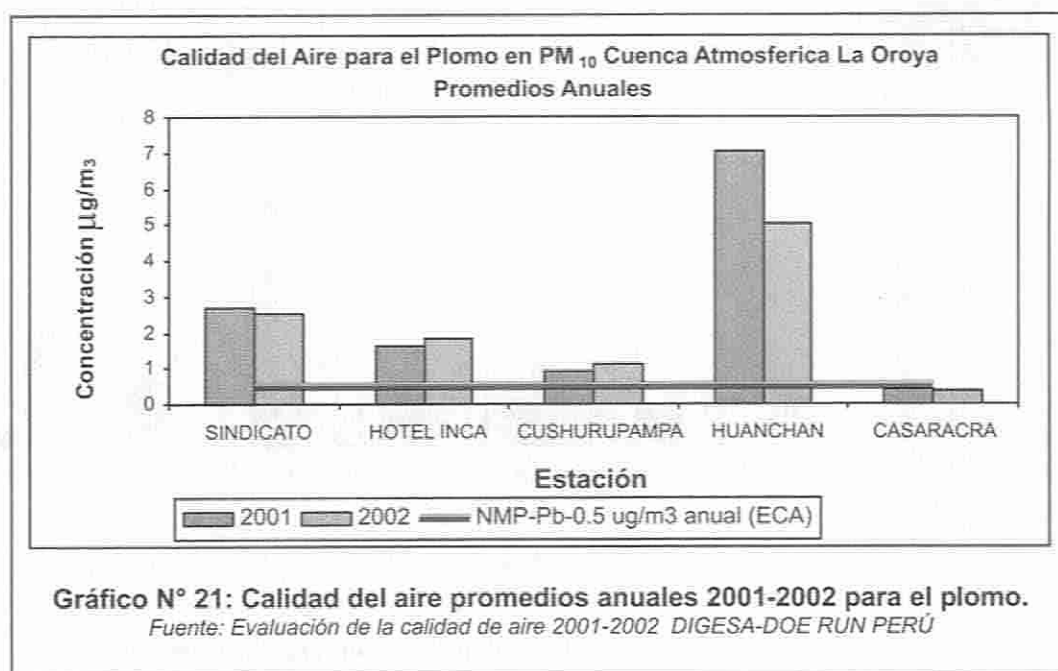


Tabla N° 22: Calidad del aire Agosto 2001 Plomo en PM 2.5 en µg/m³.

Día	Estación de monitoreo					
	E.3 S.R de Sacco	E-2 Paccha	E-3 S.J. De La Oroya	E-4 Huaynacancha	E-5 Chacapalca	E-5 Huari
04-Ago	0.34	0.33	****	0.61	****	****
05-Ago	0.34	0.32	****	0.35	2.39	2.75
06-Ago	0.34	0.32	****	0.37	0.32	0.29
07-Ago	0.68	0.38	0.31	0.76	0.37	0.31
08-Ago	0.34	0.36	2.07	0.4	***	2.61
09-Ago	0.34	0.33	1.71	0.45	3.75	4.65
10-Ago	0.34	0.41	3.48	0.2	2.3	4.43
Promedio	0.39	0.35	1.89	0.45	1.83	2.51

*** Datos no registrados

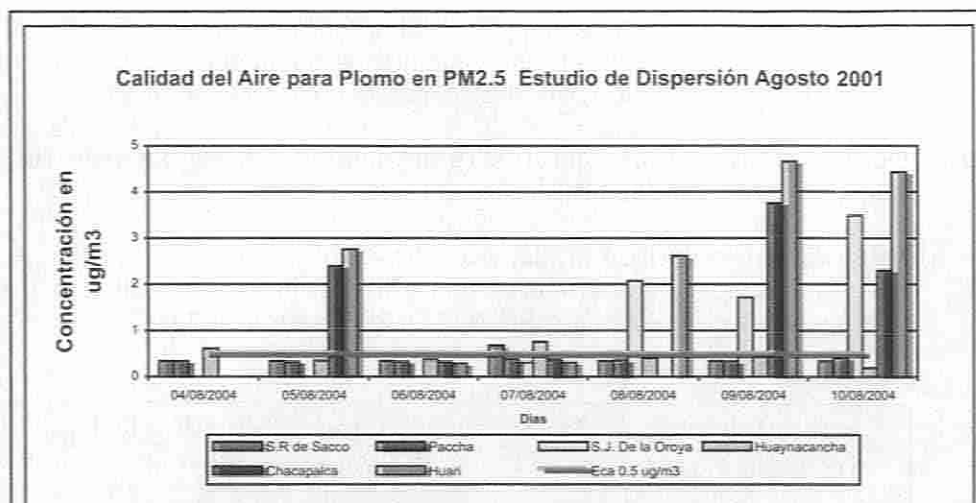


Gráfico N° 22: Calidad del aire promedios diarios agosto 2001 para el plomo en PM2.5.

Fuente: Estudio de Dispersión de Contaminantes DIGESA

Tabla N° 23: Calidad del aire promedios anuales para el plomo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Estación	Contaminante: Plomo					
	Años					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Hotel Inca	2.976	2.751	1.921	1.633	1.757	1.814
Cushuropampa	2.328	3.242	1.400	0.934	1.067	1.069
Sindicato de Obreros	3.714	4.998	2.977	2.682	2.648	2.659
Huanchan	12.319	11.589	8.243	7.138	4.422	7.090
Casaracra	0.611	1.157	0.432	0.391	0.350	0.368

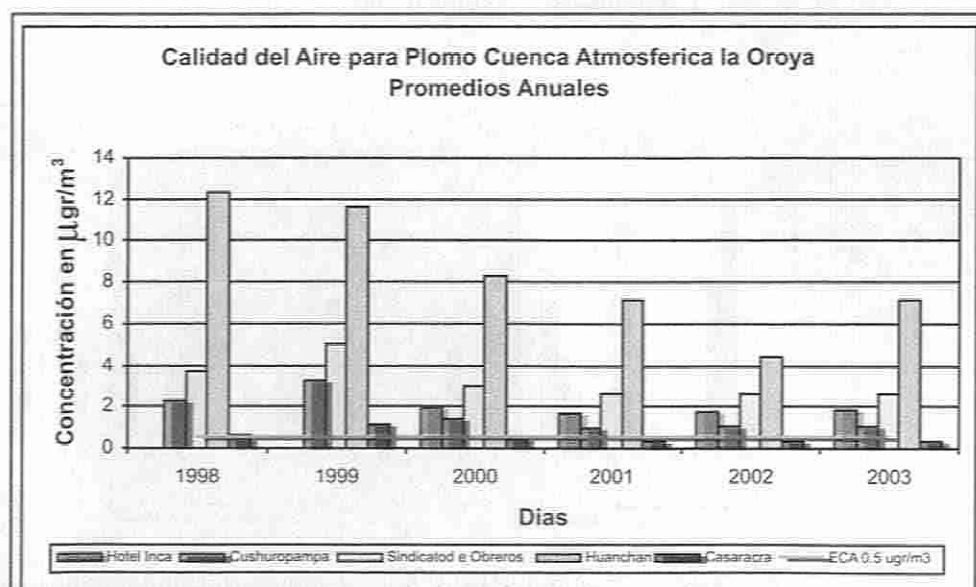


Gráfico N° 23: Calidad del aire promedios anuales para el plomo.

Fuente: Reportes monitoreo continuo DOE RUN PERÚ DGAA-MEM.

Diagnóstico de Línea Base de la Calidad del Aire de La Oroya

El estándar de calidad de aire para Plomo promedio anual $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fue superado ampliamente aunque existe una disminución hasta el año 2002. La única estación que registra niveles inferiores al ECA es la estación de Casaracra.

3.4.2. Contaminantes como valores referenciales del reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

- a. **Material particulado, PM 2.5.** Se consideró los dos monitoreos de saturación llevados a cabo por DIGESA en el año 2003 y el monitoreo realizado en el estudio de dispersión (Agosto, 2001). **Tabla N° 24 y 25. Gráfico N° 24 y 25**

Tabla N° 24: Calidad del aire Agosto 2001 PM 2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.						
Día	Estación de monitoreo					
	E.3 S.R de Sacco	E-2 Paccha	E-3 S.J. De La Oroya	E-4 Huaynacanc ha	E-5 Chacapa ca	E-5 Huari
04-Ago	50.8	32.9	***	***	***	***
05-Ago	50.8	***	***	***	17.1	32.4
06-Ago	50.8	***	15.7	15.1	18	***
07-Ago	***	***	***	***	16	28.7
08-Ago	16.9	18	18.8	19.8	***	***
09-Ago	33.9	16.4	***	15	17.1	58.1
10-Ago	16.9	41.1	***	14.4	23	***
Promedio	36.68	27.10	17.25	16.08	18.24	39.73

*** Datos no registrados

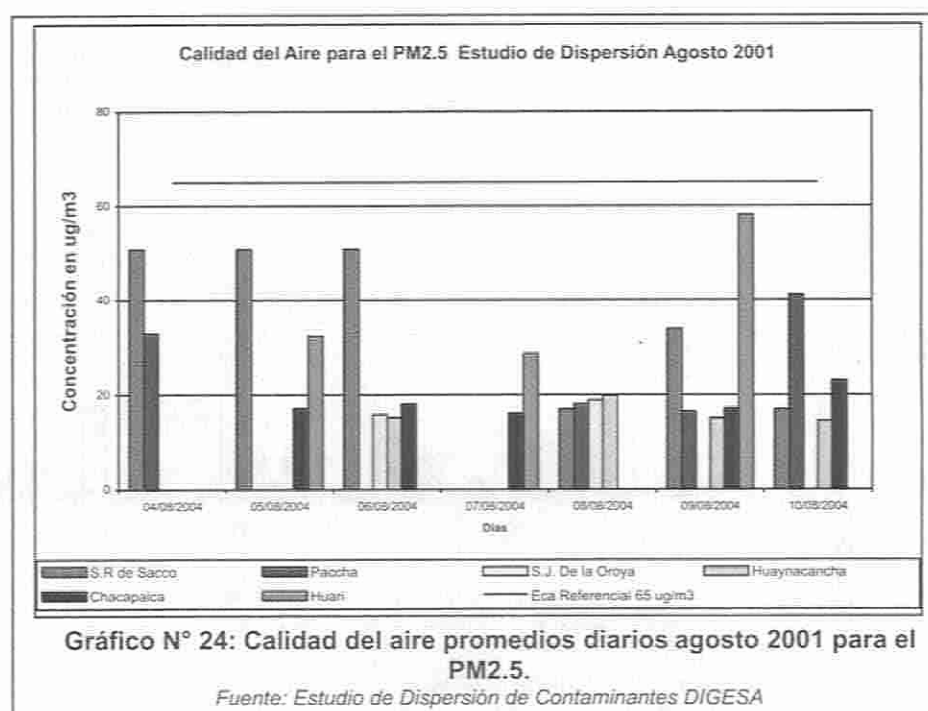
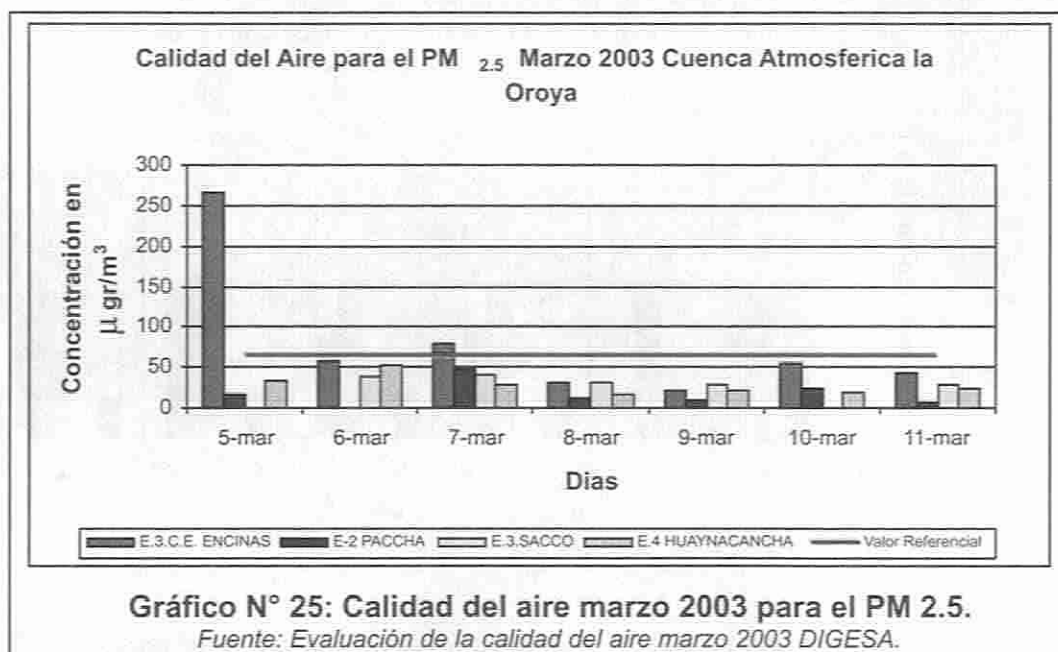


Tabla N° 25: Calidad del aire marzo 2003 para el PM 2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Día	Estación de monitoreo			
	E.3 C.E. Encinas	E-2 Paccha	E-3 Sacco	E-4 Huaynacancha
05-mar	266.12	17.71	***	33.52
06-mar	56.99	***	37.64	51.79
07-mar	79.42	49.15	40.74	28.32
08-mar	32.09	10.83	31.16	15.90
09-mar	21.67	10.12	28.24	20.87
10-mar	54.05	24.48	***	19.97
11-mar	42.98	8.01	29.80	23.21
Promedio	79.05	20.05	33.52	27.65



De los dos monitoreos realizados por DIGESA se superó el valor referencial para el PM 2.5 de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los días 5 y 7 de marzo del 2003.

3.4.3. Otros contaminantes no considerados por el reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

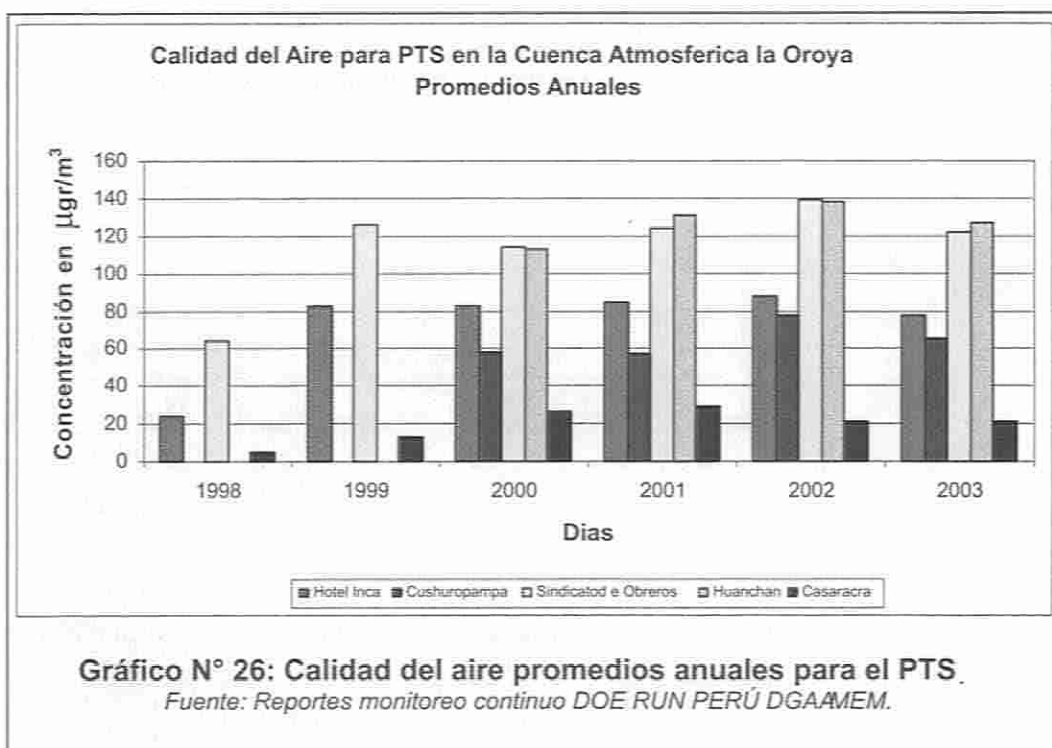
Se consideró el reporte de Doe Run Perú al Ministerio de Energía y Minas para PTS, arsénico y cadmio, los cuales no están considerados en el reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

- a. **Partículas totales en suspensión, PTS.** Los niveles de PTS evaluados en la cuenca atmosférica de La Oroya se muestran en las **Tabla N° 26** y el **Gráfico N° 26**.

Tabla N° 26: Calidad del aire promedios anuales para PTS en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Estación	Contaminante: PTS					
	Años					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Hotel Inca	24.469	82.853	82.734	84.921	87.908	77.15
Cushuropampa	***	***	58.836	57.744	77.42	65.528
Sindicato de Obreros	64.45	125.534	114.097	123.824	138.809	122.022
Huanchan	***	***	112.825	130.662	138.261	127.198
Casaracra	4.769	13.365	25.678	28.922	20.702	21.258

**** Datos no reportados



- b. **Arsénico.** El arsénico es considerado un contaminante peligroso en la calidad de aire⁷ por lo tanto sus niveles deben ser cero. Los niveles de arsénico alcanzados son los siguientes valores mostrados en las **Tabla N° 27 y 28 Gráficos N° 27 y 28.**

Diagnóstico de Línea Base de la Calidad del Aire de La Oroya

Tabla N° 27: Calidad del aire promedios anuales para arsénico en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Estación	Contaminante: Arsénico					
	Años					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Hotel Inca	1.403	1.684	1.766	1.870	2.160	1.838
Cushuropampa	1.176	1.564	1.110	1.126	1.279	1.000
Sindicato de Obreros	1.993	3.680	2.738	3.386	3.448	2.861
Huanchan	4.525	3.763	4.938	7.073	3.941	4.219
Casaracra	0.501	0.777	0.483	0.429	0.503	0.498

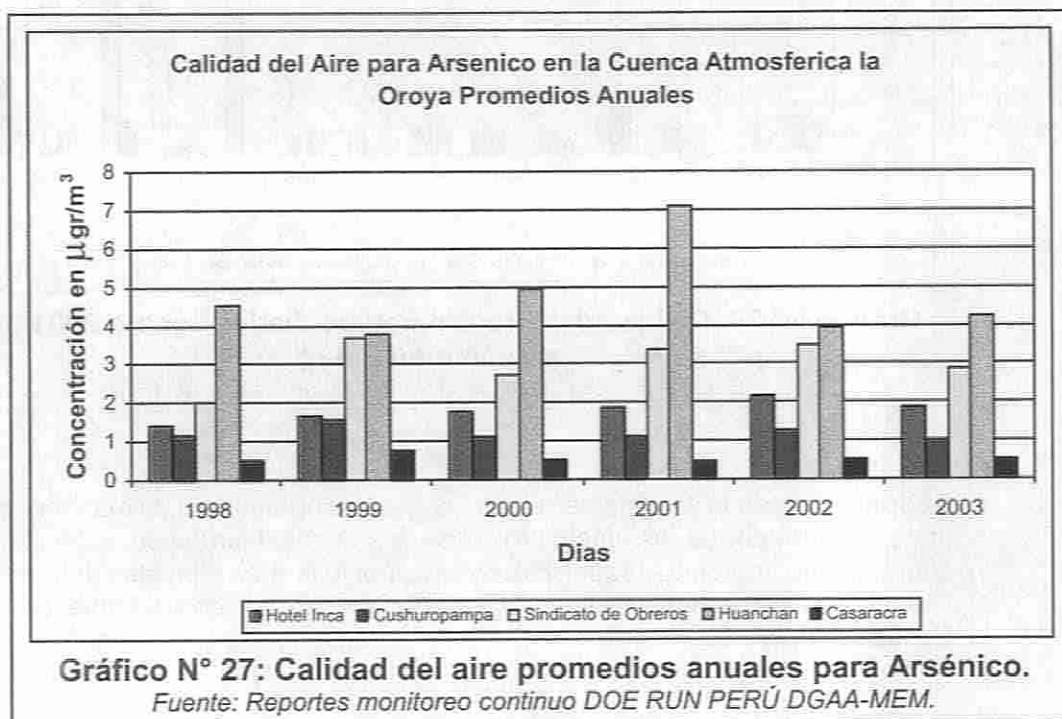
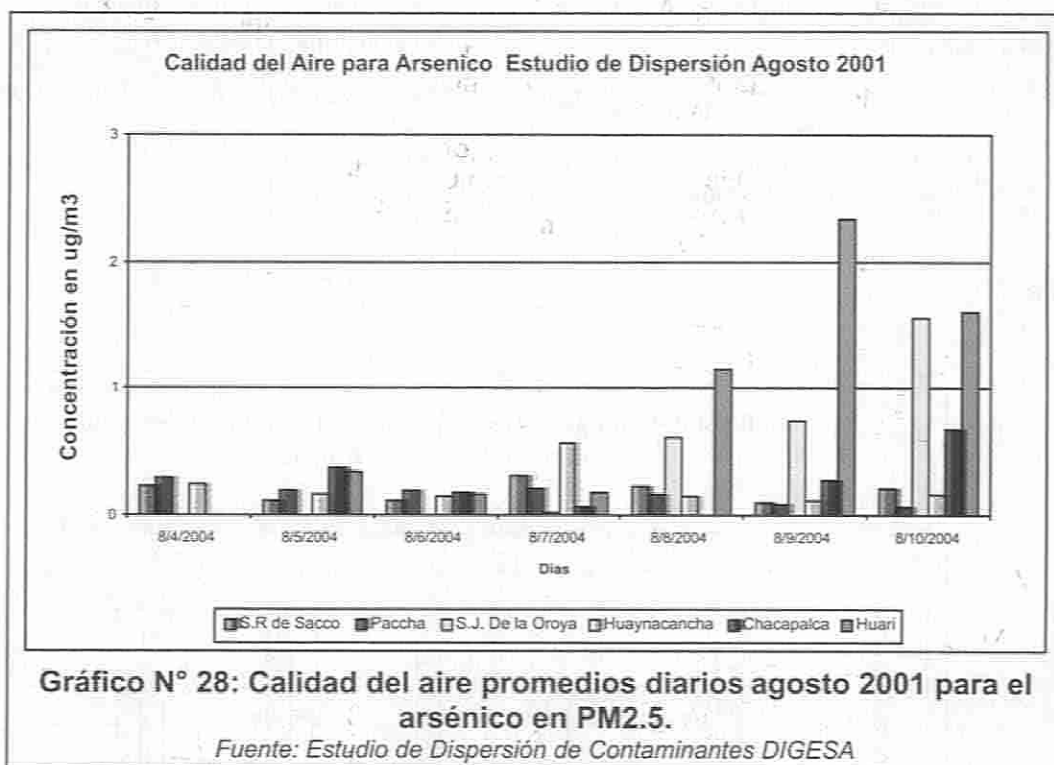


Tabla N° 28: Calidad del aire agosto 2001, arsénico en PM 2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dia	Estación de monitoreo					
	E.3 S.R de Sacco	E-2 Paccha	E-3 S.J. De La Oroya	E-4 Huaynacancha	E-5 Chacapaica	E-5 Huari
04-Ago	0.23	0.3	***	0.25	***	***
05-Ago	0.11	0.2	***	0.16	0.37	0.34
06-Ago	0.12	0.2	***	0.15	0.18	0.17
07-Ago	0.31	0.21	0.01	0.56	0.07	0.18
08-Ago	0.23	0.16	0.62	0.14	***	1.15
09-Ago	0.1	0.08	0.74	0.12	0.27	2.33
10-Ago	0.21	0.06	1.56	0.16	0.68	1.61
Promedio	0.19	0.17	0.73	0.22	0.31	0.96

*** Datos no registrados



- c. **Cadmio.** El cadmio es considerado un contaminante de mayor importancia en lo concerniente a los efectos tóxicos para la salud junto con: arsénico, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel, plata y zinc. por lo tanto sus niveles deben ser cero⁵. Los niveles de cadmio presentan valores mostrados en la Tabla N° 29 y 30 Gráficos N° 29 y 30.

Tabla N° 29: Calidad del aire promedios anuales para cadmio en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Estación	Contaminante: cadmio					
	Años					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Hotel Inca	0.161	0.155	0.061	***	***	***
Cushuropampa	0.143	0.154	0.037	***	***	***
Sindicato de Obreros	0.240	0.228	0.095	***	***	***
Huanchan	0.995	0.617	0.407	***	***	***
Casaracra	0.041	0.063	0.021	***	***	***

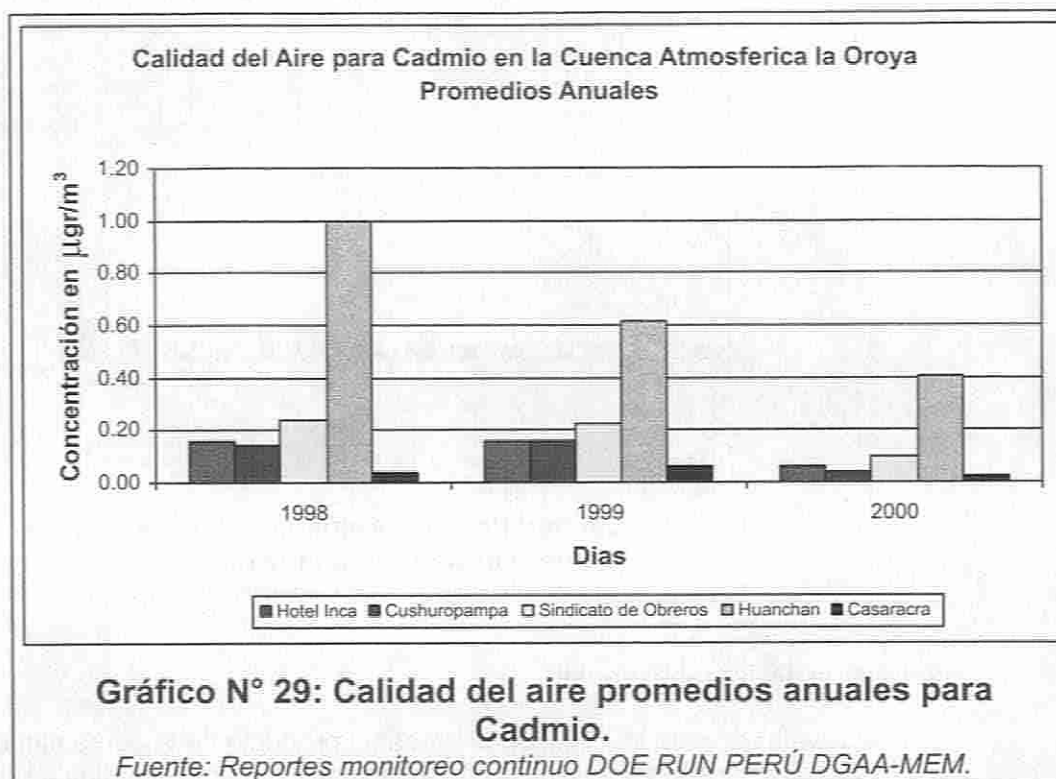
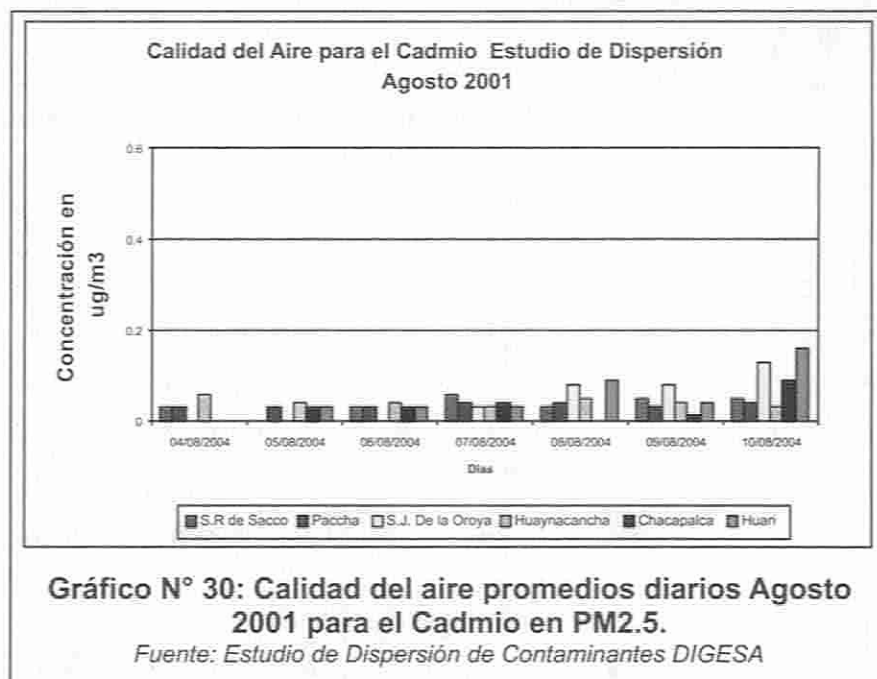


Tabla N° 30 Calidad del aire agosto 2001, cadmio en PM 2.5 en µg/m³.

Día	Estación de monitoreo					
	E.3 S.R de Sacco	E-2 Paccha	E-3 S.J. De La Oroya	E-4 Huaynacancha	E-5 Chacapalca	E-5 Huari
04-Ago	0.03	0.03	***	0.06	***	***
05-Ago	0	0.03	***	0.04	0.03	0.03
06-Ago	0.03	0.03	***	0.04	0.03	0.03
07-Ago	0.06	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03
08-Ago	0.03	0.04	0.08	0.05	***	0.09
09-Ago	0.05	0.03	0.08	0.04	0.013	0.04
10-Ago	0.05	0.04	0.13	0.03	0.09	0.16
Promedio	0.04	0.03	0.08	0.04	0.04	0.06



4. Evaluación del impacto social.

Para la evaluación de los impactos en salud producto de la contaminación por plomo en la cuenca atmosférica de La Oroya se consideró tres estudios de plomo en sangre realizados por: DIGESA en 1999; el consorcio UNES en 1999; y Doe Run Perú 2001. Se consideró la revisión de estos trabajos ya que es el segundo contaminante emitido a la atmósfera después del dióxido de azufre, por otro lado el ECA de plomo es superado ampliamente según los resultados de monitoreo de la calidad del aire.

Para el dióxido de azufre se relacionó el incremento de casos de enfermedades respiratorias agudas registradas en el Ministerio de Salud con el incremento de los niveles de concentración de SO_2 en la calidad del aire.

4.1. Estudios de plomo en sangre.

La contaminación por plomo se da de varias maneras pero, por los datos de calidad de aire, y los resultados de inventario de emisiones, una de las principales fuentes de contaminación por plomo en La Oroya es debido a las emisiones del complejo metalúrgico.

4.1.1. Estudio de plomo en sangre en una población seleccionada de La Oroya en 1999 DIGESA.

a. **Población estudiada.** Se realizó el estudio en 346 niños y 199 adultos en las localidades de La Oroya Antigua; La Oroya Nueva y Santa Rosa de Sacco. **Tabla N° 31**

b. **Diseño de muestra y metodología.** Los criterios para la selección fueron: nivel socio económico medio a bajo; en zonas de alto y bajo tránsito vehicular; zonas industriales; y zonas urbanas. Para el análisis se utilizó un equipo automático portátil.

Tabla N° 31: Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya. DIGESA 1999.

Edades	Promedio µg/dl
2 a 4 años	38.6
4 a 6 años	34.1
6 a 8 años	36.3
8 a 10 años	30.6

4.1.2. Evaluación de niveles de plomo y factores de exposición en gestantes y niños menores de 3 años de la ciudad de La Oroya, UNES.

Se realizó el estudio en 30 niños y 48 gestantes en las localidades de La Oroya Antigua, La Oroya Nueva y Santa Rosa de Sacco.

- Diseño de muestra.** La muestra fue calculada sobre la base de la población del año 1999 para establecimientos de salud de La Oroya Antigua y Santa Rosa para el año 1999 de la que se determinó una población de 48 gestantes y 30 niños.
- Método de análisis.** Las muestras de sangre fueron tomadas mediante técnica de venopuntura, empleando frasco de recolección de muestra entera fue lavada con heparina luego fueron almacenadas en cajas de conservación y enviadas para su análisis al Laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (CICOTOX), que utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica utilizando un equipo Modelo 3300 computarizado con lámpara de cátodo hueco específico para el equipo, una solución stock 1000 ppm y con un periodo de calibración cada 5 muestras.
- Resultados obtenidos.** Del total de la 78 muestras se obtuvo los resultados que se muestran en la **Tabla N° 32**.

Tabla N° 32: Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya. UNES.

Edades	Promedio µg/dl
Niños	41.81
Madres Gestantes	39.40

4.1.3 Estudio de niveles de plomo en sangre de población de La Oroya, Doe Run Perú 2001.

- Metodología.** Se tomaron muestras en 5 062 personas. Entre adultos y niños, las muestras de sangre se obtuvieron por punción venosa y estuvieron a cargo del personal de enfermería y laboratorio clínico del Hospital General de Chulec, siguiendo el protocolo establecido por el Nacional Institute Occupational Safety and Health-NIOSH- de los Estados Unidos.
- Diseño de tamaño de la muestra.** De acuerdo a los datos obtenidos en "El Plan Integral de Desarrollo Provincial" elaborado por INADUR y el Censo Nacional de Población y Vivienda de 1993, se consideró un universo de 50 268 habitantes estimados para La Oroya y comunidades de entorno.

La muestra usada represento el 10,07% de la población total se trabajó con un margen de error aceptable entre 1 y 2% para un intervalo de confianza aceptado de 95,55%.

- c. **Métodos de análisis.** Los métodos de análisis de laboratorio empleados para determinar plomo en sangre fueron espectrofotometría de absorción atómica (AAS) y voltametría de desprendimiento anódico (ASV), recomendados por la NIOSH de Estados Unidos. Los equipos utilizados fueron: un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer modelo 2380, doble haz y un voltímetro ESA modelo 30108.

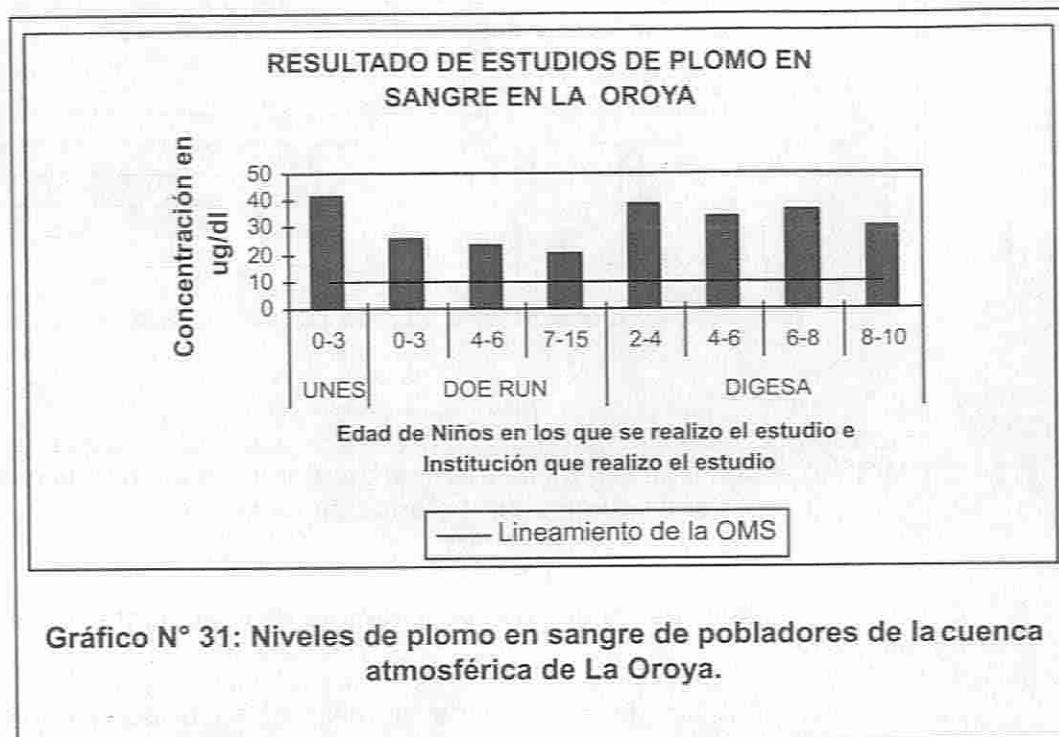
Las pruebas para asegurar la calidad de los resultados incluyen el uso de blanco de reactivos, método alternativo, estándares y estudios interlaboratorios.

- d. **Resultados obtenidos.** Del total de las 5 062 muestras, se obtuvieron los resultados mostrados en la **Tabla N° 33**. Este estudio determinó que los mayores niveles se encuentran en La Oroya Antigua como se observa en la **Tabla N° 34**.

Tabla N° 33: Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya. Doe Run Perú	
Edades	Promedio $\mu\text{g/dl}$
0 a 3 años	26.1
4 a 6 años	23.7
7 a 15 años	20.3
Más de 16	13.7

Tabla N° 34: Niveles de plomo en sangre en población de La Oroya Antigua. Doe Run Perú	
Edades	Promedio $\mu\text{g/dl}$
0 a 3 años	36.7
4 a 6 años	32.9
7 a 15 años	27.8
Más de 16	18.0

La información de los tres estudios fue comparada con los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud, OMS que es de 10 $\mu\text{g/dl}$. De acuerdo al **Gráfico N° 31** se puede apreciar que los valores encontrados superan el criterio sanitario de la OMS.



4.2. Impactos de SO₂ en la salud.

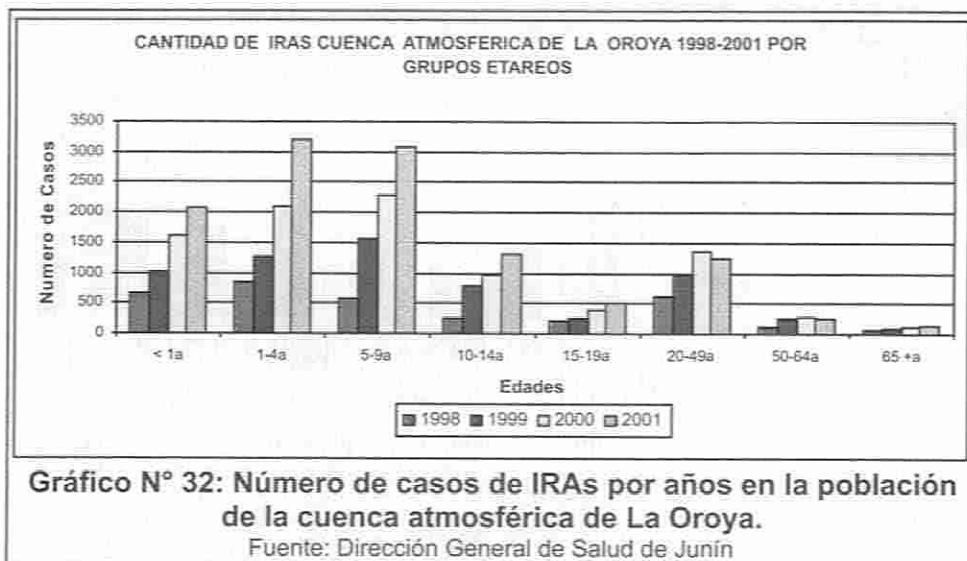
4.2.1 Evaluación de la morbilidad específica de infección respiratoria aguda, IRA.

Para determinar los impactos de SO₂ en salud se trabajó con la morbilidad específica por grupos etáreos, información que fue proporcionada por la Dirección General de Salud de Junín. Del análisis de la información se puede apreciar un considerable aumento en las IRAs en los últimos 4 años siendo los niños menores de 9 años quienes son los principales afectados. **Tabla N° 35 y Gráfico N° 32**

Tabla N° 35: Morbilidad específica de infección respiratoria aguda, IRA por grupos etáreos.

Años	Grupos Etáreos							
	< 1a	1-4 ^a	5-9a	10-14a	15-19a	20-49a	50-64a	>65 a
1998	672	848	570	246	198	624	118	70
1999	1 024	1 274	1 575	776	247	977	243	93
2000	1 604	2 086	2 272	960	382	1 369	279	120
2001	2 066	3 211	3 083	1 307	514	1 243	261	149

Fuente: Dirección General de Salud de Junín.



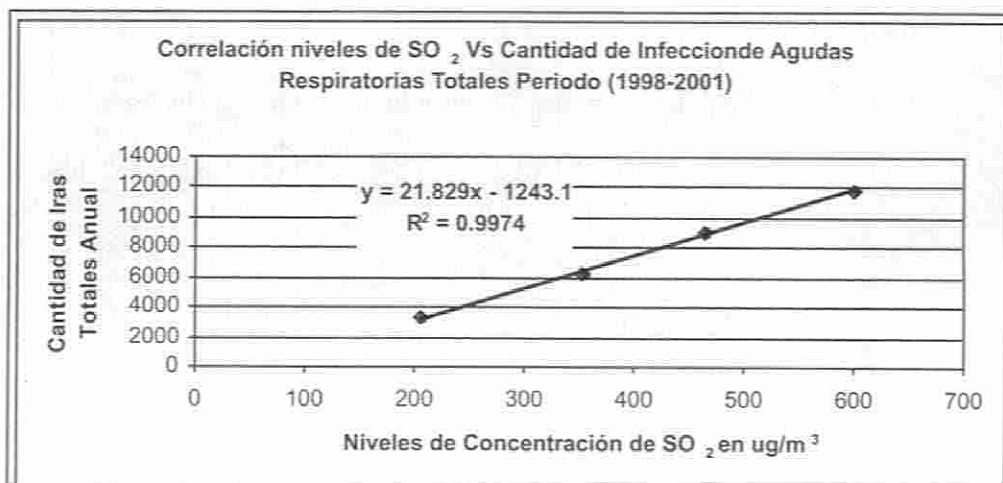
4.2.2. Correlación, niveles de calidad de aire y número de infecciones respiratorias agudas, IRAs.

Para la determinación de la curva de correlación, se utilizó los niveles de concentración de SO₂ promedio anual de las 5 estaciones ubicadas en La Oroya para los años comprendidos entre 1998-2001 y el número de total de IRAs registrados en los centros de salud, información que fue proporcionada por la Dirección General de Salud de Junín comprendidas entre los años 1998-2001. Como resultado se determinó: **Tabla N° 36. Gráfico 33**

Tabla N° 36: IRAs totales versus promedio anual de SO₂.

Variables	Años			
	1998	1999	2000	2001
IRAs	3346	6209	9072	11834
SO ₂	206.07	352.73	463.99	600.46

Fuente: Dirección General de Salud de Junín



5. Conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones.

La principal fuente de contaminación en la cuenca atmosférica de La Oroya es el complejo metalúrgico cuyo actual operador es la empresa Doe Run Perú y entre los principales contaminantes que emite de acuerdo a los criterios establecidos en el D.S. N° 074-2001-PCM destacan el dióxido de azufre, plomo, material particulado. Además la misma fuente presenta niveles considerables de arsénico y cadmio.

Con la base de la información obtenida, se determinó que las emisiones de las fuentes fijas en la cuenca atmosférica de La Oroya son aproximadamente de 3 312 Ton/año de PTS, 380136 Ton/año de SO₂, 226 Ton/año de NO_x, 801 Ton/año de CO, 130 Ton/año de COV, 847 Ton/año de Pb, 423 Ton/año de As, 43 Ton/año de Cd, todos ellos calculados para el año 2002.

Existen niveles considerables de contaminantes tóxicos en la cuenca atmosférica: cadmio y arsénico según el reporte de monitoreo de calidad del aire. La principal emisión de las fuentes móviles corresponde al monóxido de carbono siendo el cuarto contaminante en los niveles de emisión. Los principales emisores son los automóviles y las camionetas tipo station wagon.

El principal contaminante emitido por las fuentes de área es el monóxido de carbono siendo las pollerías las principales emisoras.

En la cuenca atmosférica de La Oroya los contaminantes que superan los estándares nacionales de calidad ambiental de aire son el SO₂, el Plomo, y el PM10. El contenido de Plomo en la sangre excede los lineamientos de la OMS en los tres estudios realizados tanto por DIGESA, DOE RUN PERÚ y UNES.

El deterioro de la calidad de aire en los últimos años tiene correlación con el incremento en las Infecciones Respiratorias Agudas. Los principales afectados por la contaminación por Plomo y SO₂ son los niños que residen en la cuenca atmosférica de La Oroya.

5.2. Recomendaciones.

Desarrollar e implementar el Plan a Limpiar el Aire en la cuenca atmosférica de La Oroya.

Diseñar y aplicar un plan de contingencia para los Estados de Alerta en la cuenca atmosférica, mientras se implementa el Plan a Limpiar el Aire La Oroya.

Diseñar y ejecutar estudio epidemiológico causa-efecto para el SO₂ y continuar con las investigaciones sanitarias asociadas al plomo en sangre en la cuenca atmosférica.

Implementar estudios epidemiológicos orientados a determinar el nivel de exposición al cadmio y arsénico.

Referencias.

1. "Curso introducción a la toxicología de la contaminación del aire" CEPIS
2. "Curso orientación para el control de la contaminación del aire" CEPIS
3. "Determinación de la cuenca atmosférica. Gesta Zonal de Aire La Oroya" Consorcio UNES La Oroya.
4. "Estudio de dispersión de contaminantes" La Oroya, Agosto 2001.
5. "Estudio de la calidad del aire en la ciudad de La Oroya". DIGESA, -La Oroya, marzo de 1999.
6. "Estudio de la calidad del aire en la ciudad de La Oroya". DIGESA, La Oroya, marzo 2003.
7. "Estudio de la calidad del aire en la Ciudad de La Oroya". DIGESA, La Oroya. Setiembre 2003.
8. "Estudio de plomo en la sangre en una población seleccionada". DIGESA, La Oroya. 1999.
9. "Estudio de niveles de plomo en sangre", Doe Run Perú. 2001, La Oroya.
10. E. Culqui Díaz. "Estudio de contaminación potencial de aire en zona de Morococha y La Oroya".
11. "Evaluación niveles de plomo y factores de exposición en gestantes y menores de 3 años de la ciudad de La Oroya". UNES, La Oroya (2001)
12. "Inventario de Emisiones. Gesta Zonal de Aire La Oroya", Gesta La Oroya, 2003.
13. "Plan de desarrollo sostenible de la Provincia Yauli, La Oroya". Municipalidad Provincial Yauli, La Oroya 2004.