

Factores que caracterizan la dispersión del dióxido de azufre en el Centro Histórico de Riobamba

Factors that characterize the dispersion of sulfur dioxide in the Historic Center of Riobamba

Silvio Álvarez Luna¹, Silvia Iglesias León², Jenner Baquero¹, Oscar Tinoco¹

Recibido: Agosto 2015 - Aprobado: Diciembre 2015

RESUMEN

Se realizó la modelación de la dispersión del Dióxido de Azufre (SO₂) en el Centro Histórico de Riobamba, por cuanto no existe una semejante para la investigación proyectiva del caso; esto, para una pequeña ciudad ubicada en la Región Interandina, a 2754 msnm, que de a poco se proyecta hacia los suburbios, por la caótica coyuntura central.

Debido al parque automotor y al conglomerado de instituciones públicas y educativas, que a la vez concentra gran cantidad de gente en el sector en las horas laborables, se generaría enfermedades respiratorias según datos clínicos, producidos probablemente por inhalación de SO₂ y otros contaminantes.

Se realizaron a la vez, diversos monitoreos técnicos para determinar la prevalencia de los principales contaminantes en el ambiente; se analizaron los datos bajo el esquema del diseño de componentes principales para caracterizar tendencias de correlación; y, se estableció un modelo matemático de dispersión a partir del diseño descrito con fines proyectivos.

Palabras clave: dióxido de azufre (SO₂), índice de calidad del aire, Centro Histórico de Riobamba, modelo de dispersión de contaminantes del aire, ciencias ambientales.

ABSTRACT

Modeling of the dispersion of sulfur dioxide (SO₂) in the historic center of Riobamba was done, because there is no similar to the projective investigation of the case; this, for a small town located in the Interandina Region, 2754 meters above sea level, which is projected gradually to the suburbs, by the chaotic central juncture.

Because of the fleet and the conglomeration of public and educational institutions, which in turn concentrates lot of people in the sector in working hours, respiratory diseases would be generated by clinical data, probably caused by inhalation of so₂ and other pollutants.

Were performed at the same time, various technical monitoring to determine the prevalence of major pollutants in the environment; data were analyzed under the design scheme of main components to characterize trends correlation; and a mathematical dispersion model was established from the design described projective purposes.

Keywords: SO₂, air quality index, Historic Center of Riobamba, model dispersion of air pollutants, environmental science.

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. www.esepoch.edu.ec

² Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Email: upg.figmmg@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

La situación socio ambiental en lo referente al recurso aire en Riobamba, se basa en consecuentes efectos, riesgos y amenazas sobre la salud y el ambiente, debido al deterioro de la calidad del aire, causado por los problemas que se agudizan, debido principalmente a la falta de gestión ambiental de las actividades de los sectores productivos, comercio y servicios, tales como: industrial, comercio, distribución de combustibles, transporte, botadero de basura a cielo abierto, que originan y emiten contaminantes a la atmósfera sin control, así como el acelerado crecimiento poblacional, pautas de consumo, desarrollo tecnológico y económico, urbanización no planificada y su consecuente problemática de contaminación del aire.

Varias actividades antropogénicas influyen en la calidad del aire, diferenciadas como fuentes fijas y móviles, principalmente, constituyen el mayor aporte de la contaminación atmosférica, más que todo, en el centro histórico de la ciudad de Riobamba.

Una evaluación de los potenciales impactos en la salud relacionados con la contaminación del aire (Venegas et al), especialmente cuando se trata de sustancias que tienen una patología tóxica y peligrosa sobre la salud humana (Arya, 1999), ecosistemas y ambiente, así como de gases de efecto invernadero y agotadores de la capa de ozono, siendo a la vez agentes del cambio climático global, inciden en el deterioro del ambiente atmosférico en la ciudad de Riobamba – Ecuador.

El material particulado también constituye un importante contaminante atmosférico, por la continua erupción del volcán Tungurahua que se encuentra a 15 Km de la ciudad, lo cual afecta a la salud de las personas y seres vivos en general, que habitan en la zona.

La falta de estudios pertinentes sobre contaminación local, altos niveles de contaminantes, como: dióxido de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, material particulado, entre otros, está incidiendo en la salud de la población; es evidente las enfermedades respiratorias.

Existió el interés científico, académico, social y ambiental de los involucrados en la

problemática (Hernández, 2010), así como de las instituciones que prestan su apoyo en la búsqueda de soluciones para responder las preguntas que dan origen a la investigación, como son: ¿Cómo impactan las condiciones meteorológicas sui géneris de Riobamba en la concentración de los contaminantes atmosféricos? ¿Cuál es dicha concentración? ¿Qué fuentes las provocan? ¿Qué tipo de modelo representa mejor la dispersión de los contaminantes?

La importancia de la presente investigación se basa en que el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba, la Dirección Provincial del Ministerio del Ambiente, entes reguladores (2011), y sobre todo la población que vive en la ciudad, que son los beneficiarios directos, dispongan de una información confiable sobre la calidad del aire, que permitirá trabajar a corto plazo en políticas ambientales de control.

La investigación fue viable, pues se dispuso de los recursos necesarios para llevarla a cabo. El Gobierno Descentralizado del Cantón Riobamba, apoyó con la seguridad para los muestreos, lo cual facilitó realizar el monitoreo (recolección de datos).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación: Aplicada, a las ciencias atmosféricas; de diseño experimental, en los niveles exploratorio, descriptivo, explicativo y predictivo; de temporalidad longitudinal.

2.3 Unidad de análisis

Concentración de los parámetros químicos y meteorológicos del punto de monitoreo del centro histórico de Riobamba.

2.4 Población de estudio

20 puntos potenciales de monitoreo del CHR.

2.5 Tamaño muestral

Puntos de monitoreo: La Merced, la Plaza Roja y la Estación del Ferrocarril, tomados aleatoriamente

2.6 Técnicas de recolección de datos

Técnicas e instrumentos de monitoreo

- Técnica 1: Monitoreo longitudinal mediante el cual se determinarán las condiciones meteorológicas en el Centro Histórico de Riobamba durante 3 años.
- Técnica 2: Monitoreo activo de la calidad del aire del CHR.

2.7 Instrumentos

- Estación de monitoreo meteorológico
- Sensores tipo industrial para velocidad y dirección del viento.
- Sensores tipo industrial para medir temperatura y humedad ambiental.
- Sensores tipo industrial para medir presión atmosférica
- Sensores tipo industrial para evaluar pluviosidad
- Sensores tipo industrial para determinar radiación solar UV.
- Estación de muestreo activo.- (aislación térmica, panel eléctrico, dispositivos de seguridad, estabilizador de voltaje, cargador de batería, sistema de APS con capacidad para al menos seis horas de reserva, sistema de iluminación, sistema eléctrico de toma de tierra, conector de electricidad externo y sistema acondicionador de aire), sistema de almacenamiento de datos continuo, instrumentos de lectura directa;
- Sonda de aspiración.
- Tuberías de teflón o vidrio

2.8 Técnicas e instrumentos de recogida de datos

- Observación estructurada
- Inventario

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis, Interpretación y Discusión

Estadísticamente se realizó el diseño de componentes principales articulado al diseño factorial; en cuanto al monitoreo de variables físicas el desarrollo fue el siguiente: Los análisis fueron realizados por el laboratorio AFH SERVICES con

acreditación ISO 17025, de la ciudad de Quito según la siguiente lógica:

- a) Monitoreo
 - Ubicación del Área de Monitoreo
Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Centro Histórico de la ciudad de Riobamba.
- Ubicación de los Puntos de Muestreo

3.2 Control de Calidad

El control de calidad de los resultados obtenidos se realizará aplicando lo que se señala dentro del Procedimiento AFHPE15 en su punto 11.- Control de Calidad, que consta en el Anexo 5.3- Procedimiento de Medición del Laboratorio, entre las actividades contempladas, están:

Calibración de los equipos de monitoreo.- Anualmente se realiza la calibración en el laboratorio.

Equipos.- Antes de empezar el monitoreo en cada punto se realiza la Calibración en cero y Span utilizando MRC Certificado y Trazables NIST o EPA, así como el Generador de Aire Cero y Dilutor.

Respaldo de datos.- Codificación adecuada de datos descargados de los equipos para permitir una rápida y correcta identificación de los archivos, así como el respaldo tanto en la computadora portátil, como en una memoria externa.

Personal Técnico Calificado.- Para el manejo e instalación de equipos, se contó con el personal calificado por el laboratorio para la realización del monitoreo.

Chequeo de equipos.- Se realizó un chequeo de equipos antes de salir del laboratorio, así como un chequeo constante durante la realización del monitoreo de 24 horas, para identificar posibles señales de alarma de los equipos y tomar las acciones correctivas que apliquen.

3.3 Correcciones Aplicables

Los datos recolectados en campo, están en condiciones de presión y temperatura de la localidad del monitoreo, para realizar la comparación respectiva con los límites máximos permitidos se llevaron estos valores a Condiciones de Referencia; esto es: a 25 °C de temperatura y 760 mm. Hg. de presión.

Para esta corrección se aplica la siguiente ecuación:
$$C_c = C_o * \frac{760 \text{ mmHg}}{P_{bl}} * \frac{(273.15 + T^\circ C) K}{298.15 K}$$

P1. La Merced

Tabla. N° 1: Punto de muestreo "La Merced"

Nombre de la empresa		Centro Histórico de Riobamba							
Periodo/Año		DESDE	1 de junio de 2015				HASTA	1 de junio de 2015	
Nombre del laboratorio		AFH Services							
Punto de muestreo	Fecha	CO	NOX	SO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	T S P	
P1 - La Merced, Calle Guayaquil y Eugenio Espejo		ppm	ppm	ppm	ppm	(ug/m ³)	(ug/m ³)	mg/cm ² x 30 d	
Valor obtenido	01/06/2015	1.59	0.0844	0.025	0.0121	41.94	12.58	N/R	
Valor obtenido relacionado con límite de cuantificación	al	1.59	0.08	0.02	menor al límite de cuantificación	41.94	12.58	N/R	
Valor corregido o con límite de cuantificación del laboratorio, (ug/m ³)		1817	158.7	64.6	49.1	58.46	17.54		
Norma (ug/m ³)		10000	200	125	100	100	50	1	
Cumplimiento	02/06/2015	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	--	

P2. Plaza Roja

Tabla. N° 2: Punto de muestreo "Plaza Roja"

Nombre de la empresa		Centro Histórico de Riobamba							
Periodo/Año		DESDE	2 de junio de 2015				HASTA	3 de junio de 2015	
Nombre del laboratorio		AFH Services							
Punto de muestreo	Fecha	CO	NOX	SO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	T S P	
P2 - Plaza Roja, calle José Veloz y Cristobal Colón		ppm	ppm	ppm	ppm	(ug/m ³)	(ug/m ³)	mg/cm ² x 30 d	
Valor obtenido	02/06/2015	0.64	0.0236	0.019	0.0143	25.16	4.19	N/R	
Valor obtenido relacionado con límite de cuantificación	al	0.64	0.02	0.02	menor al límite de cuantificación	25.16	menor al límite de cuantificación	N/R	
Valor corregido o con límite de cuantificación del laboratorio, (ug/m ³)		734	44.4	50	49.1	35.18	6.99		
Norma (ug/m ³)		10000	200	125	100	100	50	1	
Cumplimiento	03/06/2015	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	--	

P3. Estación del Ferrocarril

Tabla. N° 3: Punto de Muestreo "La Estación del Ferrocarril"

Nombre de la empresa		Centro Histórico de Riobamba							
Periodo/Año		DESDE	3 de junio de 2015				HASTA	4 de junio de 2015	
Nombre del laboratorio		AFH Services							
Punto de muestreo	Fecha	CO	NOX	SO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	T S P	
P3 - Estacion del Ferrocarril, Av. Daniel León Borja y Juan de la Valle		ppm	ppm	ppm	ppm	(ug/m ³)	(ug/m ³)	mg/cm ² x 30 d	
Valor obtenido	03/06/2015	0.71	0.0521	0.019	0.0128	16.77	4.19	N/R	
Valor obtenido relacionado con límite de cuantificación	al	0.71	0.05	0.02	menor al límite de cuantificación	16.77	menor al límite de cuantificación	N/R	
Valor corregido o con límite de cuantificación del laboratorio, (ug/m ³)		809.8	97.9	50.9	49.1	23.33	6.96		
Norma (ug/m ³)		10000	200	125	100	100	50	1	
Cumplimiento	04/06/2015	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	si cumple	--	

Fuente: AFH Services, Junio 2015.

Elaboración: AFH Services, Junio 2015

Dónde: C_c = Concentración Corregida
C_o = Concentración Observada

P_{bl} = Presión Atmosférica Local
T°C = Temperatura Local

Reporte de Resultados

Los valores reportados en la siguiente tabla corresponden al valor promedio de datos recolectados durante el monitoreo continuo de 24, 8 y 1 hora, respectivamente, en el punto monitoreado.

Analizando las tablas 1; 2 y 3, observamos que no se supera las concentraciones máximas en todos los parámetros analizados de gases, PM_{10} y $PM_{2.5}$ en todos los puntos monitoreados. Los resultados presentados en la tabla 1, 2 y 3, corresponden a los valores reales de monitoreo, en algunos casos estos valores se ubican por debajo del límite de cuantificación del laboratorio, eso no quiere decir que los valores son irreales sino que se los declara debajo del rango de trabajo.

El valor que se anexa como incertidumbre de medida a cada punto, no puede ser declarado fuera del rango de trabajo del laboratorio, de acuerdo a lo que se señala dentro del anexo A de la Guía para la expresión de Incertidumbre, OAE G02-R00, del Organismo de Acreditación Ecuatoriano OAE; así mismo, dentro del punto 5.10.3.1 en su literal c) de la Norma ISO 17025: 2006, señala que cuando sea aplicable se debe anexar una declaración sobre la incertidumbre de medición estimada y señala que la incertidumbre es necesaria en los informes de ensayo cuando sea pertinente para la validez o aplicación de los resultados de los ensayos, cuando así lo requieran las instrucciones del cliente, o cuando la incertidumbre afecte al cumplimiento con los límites de una especificación; de ahí que el presente monitoreo, tiene como finalidad evidenciar el cumplimiento con el marco normativo legal, y al estar algunos valores aún por debajo del límite de cuantificación del laboratorio, el valor de la incertidumbre de medida expresado no influye en el cumplimiento o no con los límites a los cuales hacemos referencia para este presente estudio. Para los valores de NO_x la norma establece que el tiempo de monitoreo es de una hora continua, en donde el laboratorio realiza mediciones las cuales consisten en que el equipo integra las concentraciones cada diez minutos; por lo que, si empezamos el monitoreo en una

hora, el dato será tomado luego de 10 minutos, obteniendo así 6 valores durante una hora de monitoreo.

Cabe señalar que el monitoreo es puntual, durante 24 horas de monitoreo y sus resultados se comparan con los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 050 del MAE, que señalan valores Máximos Permisibles para el monitoreo.

Los datos de temperatura fueron recogidos de la Estación Meteorológica Davis.

Las condiciones meteorológicas en donde constan datos de: Temperatura, Humedad Relativa, velocidad y direccionalidad del viento, caída de lluvia, punto de rocío se presentan cada hora y un promedio durante todo el monitoreo en la tabla siguiente.

Tabla N° 4: Condiciones Meteorológicas

Parámetros Meteorológicos del Centro Histórico de Riobamba - P1							
Fecha	Hora	Temperatura, °C	Humedad Relativa, %	Velocidad del Viento, M/S	Dirección del Viento	Lluvia, Mm	Punto de rocío, °C
01/06/2015	16:00	19,2	51	1.8	S	0	8,8
01/06/2015	17:00	17,8	52	1.8	NE	0	7,8
01/06/2015	18:00	17,5	51	0.9	NE	0	7,2
01/06/2015	19:00	14,6	66	0.9	NNE	0	8,3
01/06/2015	20:00	13,8	72	0.0	---	0	8,8
01/06/2015	21:00	12,9	75	0.4	NNE	0	8,5
01/06/2015	22:00	12,1	76	0.0	---	0	8,0
01/06/2015	23:00	11,5	79	0.0	---	0	7,9
02/06/2015	0:00	10,3	79	0.0	---	0	6,8
02/06/2015	1:00	9,6	80	0.0	---	0	6,3
02/06/2015	2:00	8,9	81	0.0	---	0	5,8
02/06/2015	3:00	8,5	83	0.0	---	0	5,7
02/06/2015	4:00	8,0	83	0.0	---	0	5,3
02/06/2015	5:00	8,1	82	0.0	---	0	5,2
02/06/2015	6:00	8,7	81	0.0	---	0	5,6
02/06/2015	7:00	9,4	80	0.0	---	0	6,1
02/06/2015	8:00	10,7	79	0.0	---	0	7,2
02/06/2015	9:00	13,1	74	0.4	NNE	0	8,5
02/06/2015	10:00	15,2	66	0.4	NNE	0	8,8
02/06/2015	11:00	17,6	56	1.3	NNE	0	8,7
02/06/2015	12:00	18,4	51	1.8	S	0	8,0
02/06/2015	13:00	18,8	49	1.8	S	0	7,8
02/06/2015	14:00	19,2	51	1.8	S	0	8,8
02/06/2015	15:00	18,5	51	2.2	S	0	8,1
Promedio		13,4	68,7	0.0	S	0,0	7,4

Fuente: Laboratorio AFH Services

Análisis estadístico: diseño de componentes principales (DCP)

a) Análisis factorial

Tabla. N° 5. Estadísticos Descriptivos SO2 y parámetros meteorológicos

Estadística descriptiva			
	Media	Desviación Estándar	Análisis N
SO2 1	646,417	3,953,020	24
SO2 2	500,346	2,745,397	24
T1	134,333	407,886	24
T2	142,750	342,615	24
T3	128,042	211,916	24
VV1	64,583	802,702	24
VV2	,5833	,70072	24
VV3	,2500	,34262	24

La desviación estándar es más pronunciada en los puntos de monitoreo 1 y 2 por efecto del SO2 (Tabla N° 5).

Tabla. N° 6: Matriz de correlaciones

Matriz de Correlaciones									
		SO2 1	SO2 2	T1	T2	T3	VV1	VV2	VV3
Correlaciones	SO2 1	1,000	,607	,742	,632	,609	,714	,614	,446
	SO2 2	,607	1,000	,459	,623	,606	,514	,414	,463
	T1	,742	,459	1,000	,904	,847	,914	,916	,559
	T2	,632	,623	,904	1,000	,976	,878	,839	,655
	T3	,609	,606	,847	,976	1,000	,817	,767	,687
	VV1	,714	,514	,914	,878	,817	1,000	,924	,687
	VV2	,614	,414	,916	,839	,767	,924	1,000	,672
	VV3	,446	,463	,559	,655	,687	,687	,672	1,000
a. Determinante = 3,02E-006				Total	150	100%			

El determinante al acercarse a cero presenta una sinergia adecuada de los parámetros en el trabajo de componentes.

Tabla N° 7. Prueba KMO y Barlett de adecuación muestral

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		,743
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	247,870
	df	28
	Sig.	,000

La prueba KMO demuestra la adecuación muestral de los parámetros en la predicción de la varianza del modelo equivalente al 0,743, muy por encima del 0,5 requerido.

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en el modelo por causa de la componente; p mayor igual a 0,05.

Hi: Existen diferencias significativas en el modelo por causa de la componente; p menor a 0,05.

Decisión:

Como $p = 0,000$ se desecha Ho; por tanto existen diferencias significativas en el modelo por causa de la componente.

Tabla. N° 8. Comunalidades

Comunalidades		
	Initial	Extraction
SO2 1	1,000	,597
SO2 2	1,000	,434
T1	1,000	,877
T2	1,000	,912
T3	1,000	,855
VV1	1,000	,898
VV2	1,000	,823
VV3	1,000	,556
Método de extracción de componentes principales		

Al ser todas las comunalidades mayores a 0,4, la contribución de cada parámetro es la adecuada al modelo.

Tabla. N° 9. Varianza total

Explicación de la varianza total						
Compo nente	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative	Total	% of Variance	Cumulative
1	5,952	74,398	74,398	5,952	74,398	74,398
2	,759	9,492	83,890			
3	,591	7,384	91,274			
4	,394	4,930	96,204			
5	,201	2,512	98,716			
6	,068	,850	99,566			
7	,027	,337	99,903			
8	,008	,097	100,000			
Extraction Method: Principal Component Analysis						

La varianza del modelo es explicada por una sola componente con una potencia del 74,4 %, superando al 60% requerido.

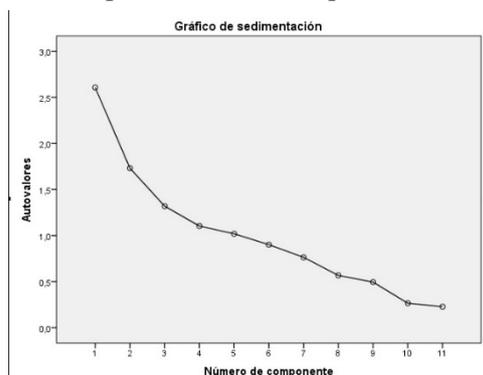


Figura N°1. Eigenvalores

La componente 1 supera ostensiblemente a las otras en la explicación de la varianza del modelo de dispersión del SO₂ en el CHR.

Tabla. N° 10. Componente 1

Matriz de componentes	
	Componente 1
T2	,955
VV1	,947
T1	,936
T3	,924
VV2	,907
SO2 1	,773
VV3	,746
SO2 2	,659

La componente única está conformada por los parámetros: Temperatura, Velocidad del viento, y Concentración del SO₂ en los puntos de monitoreo 1 y 2.

Tabla. N° 11. Matriz de componentes

Matriz de componentes (Score)	
	Componente
SO ₂ 1	,130
SO ₂ 2	,111
T1	,157
T2	,160
T3	,155
VV1	,159
VV2	,152
VV3	,125

El modelo de regresión de la dispersión del SO₂ en el CHR es el siguiente:

$$Y (\text{dispersion}) = 0,130 X1 \text{ SO}_2 (P1) + 0,111 X2 \text{ SO}_2 (P2) + 0,157 X3 T1 + 0,160 X4 T2 + 0,155 X5 T3 + 0,159 X6 W1 + 0,152 X7 W2 + 0,125 X8 W3$$

Comentario: Efectivamente como se había teorizado en el apartado correspondiente de la presente investigación, fue posible modelar y caracterizar la calidad del aire a partir de los datos documentales y monitoreados en la investigación.

IV. CONCLUSIONES

- 1 El nivel de concentración de los parámetros monitoreados, no sobrepasa lo señalado en la normativa correspondiente; los factores meteorológicos, como la dirección del viento e inversiones térmicas, sitúan la concentración de contaminantes más intensa fuera del Centro Histórico de Riobamba. Hay que tomar en cuenta, que ésta urbe se encuentra en un valle a 2754 metros sobre el nivel del mar, en el cual sopla un viento cuya dirección preponderante es Noreste-Suroeste por lo cual otros sectores de la ciudad se verían impactados por la presencia de contaminantes.
- 2 El diseño de componentes principales, efectivamente determina que la dispersión del SO₂ explica eficazmente la calidad del aire del Centro Histórico de Riobamba. El aire ambiente en el Centro Histórico de Riobamba, si bien no supera las normativas establecidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, tampoco es bueno, pues la dispersión del SO₂ lo caracteriza, cuando no debería ser determinante para el caso.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las autoridades de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica por su colaboración y difusión de esta investigación. A las autoridades de la Escuela Superior de Chimborazo por su apoyo a la realización de esta investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arya, S. (1999). *Air Pollution Meteorology and Dispersion*. Oxford. Oxford University Press.
2. Hernández, Roberto. (2010). *Metodología de la Investigación*. México. McGraw – Hill, cuarta edición.
3. Ministerio de Ambiente Del Ecuador. (2011) *Acuerdo 092 correspondiente al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito. MAE
4. Venegas, Laura; Mazzeo, Nicolás. *La Velocidad del Viento y la Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional Avellaneda. Avellaneda, Argentina. Universidad Tecnológica Nacional.