

**“SIMULACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE  
AMBATO EMITIDOS POR FUENTES FIJAS Y POR LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN  
TUNGURAHUA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LOS SOFTWARES AMBIENTALES  
ESPECIALIZADOS DISPER VERSIÓN 5.2 Y SCREEN VIEW”**

**DICIEMBRE 2011**

**Alcides Alberto Bustillos Ortiz<sup>1/</sup> y J. Ramiro Velasteguí Sánchez<sup>2/</sup>**

1/ Ing. Bioq, Carrera de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad  
Técnica de Ambato. alberto\_bustillortiz@hotmail.com

2/ Profesor, Ing. Agr., MSc, PhD, Carrera de Ingeniería Bioquímica, Facultad de  
Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. rvelasteguis@yahoo.com

Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería  
Bioquímica. Campus Huachi, Av. Los Chasquis y Río Payamino.  
Telf: 593-32400989, Fax 593-32400998  
Ambato – Ecuador

**RESUMEN**

Se realizó el estudio sobre la simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato, emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados Screen View y Disper 5.2, mediante el cual se obtuvo un diagnóstico general del cumplimiento de los parámetros del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULAS, así como de otros indicadores adicionales evidenciado en la Tabla 1. Se estableció los valores de la concentración por la dispersión y alcance de los contaminantes a nivel del suelo mediante simulación con Screen View y se profundizó el análisis de la simulación para las empresas que reportaban emisiones significativas de contaminantes mediante el uso del software Disper 5.2, evidenciados en la Tabla 2, así como en el Gráfico 1 al Gráfico 6.

Al no ser Disper 5.2 un modelo diseñado para la evaluación de penachos volcánicos, se realizaron dos pruebas del modelo gaussiano para simular la dispersión de las emisiones del volcán Tungurahua. Mediante ejercicios comparativos con imágenes satelitales de los flujos de ceniza reportados en el Gráfico 7 y Gráfico 8, se estableció la existencia de la relación con las emisiones del volcán Tungurahua de los datos de material particulado medidos en la estación de particulados de la Dirección de Higiene y Ambiente del Municipio de Ambato señalado en la Tabla 3 y se caracterizó la calidad del aire de acuerdo al índice ICAIRE de las zonas de influencia de las empresas estudiadas y evaluadas en la Tabla 4.

Palabras clave: Dispersión de contaminantes, fuentes fijas ciudad de Ambato, actividad volcán Tungurahua, simulación Disper 5.2 y Screen View.

**ABSTRACT**

The study was about the simulation of air pollution dispersion in Ambato city, emitted from stationary sources and by activity of the Tungurahua volcano, this simulation was made using Screen View and Disper 5.2, also, the research evaluated the compliance of ecuadorian environmental standards « Texto Unificado de Legislacion Ambiental Secundaria TULAS » as well as the study of others additional indicators shown on the List 1, the concentration ground-level was calculated using the software screen view. An advanced analysis was made using Disper 5.2 from the industries who had a significant pollutant emission, evidence on the List 2 and in the Figure 1 to Figure 6.

Taking in consideration that software Disper 5.2 is not a model designed for the evaluation of volcanic plumes, two comparative tests were made using Gaussian model in order to simulate the dispersion of emissions from Tungurahua volcano. By comparative exercises with satellite image of the ash plume reported in the Figure 7 and Figure8, it was established the existence of a link between Tungurahua volcano emissions and the PM10 measured by the air monitoring station reported on the List 3. The air quality was characterized according with the zones influenced by companies studied. On the List 4 was indicated the index ICAIRE.

## INTRODUCCIÓN

Los contaminantes del aire son sustancias que, cuando están presentes en la atmósfera, afectan de manera adversa la salud de humanos, animales, plantas o vida microbiana; dañan materiales, o interfieren con el disfrute de la vida y el uso de sus propiedades (Glynn y Heinke, 1999).

Cristian Bustos (2004) en la universidad de Chile realizó un estudio sobre la aplicación de modelos de dispersión atmosférica en la evaluación de impacto ambiental, en la cual describe todos los modelos existentes así como software informáticos que permiten simular y analizar los contaminantes.

González Vladimir (2008) director del Programa Calidad del Aire Ecuador de la Fundación Natura analizó el estado actual del monitoreo del aire y concluye que el país no tiene un sistema nacional de monitoreo, por tanto no existen indicadores nacionales del estado del recurso. Menciona también que a excepción de Quito, en 16 centros urbanos con más de 100 mil habitantes la información sobre el estado del recurso es escasa, discontinua y de calidad incierta.

El Ecuador además, tiene que evaluar fuentes contaminantes naturales existentes debido a las condiciones geográficas y la ubicación del país en el área denominada como “Cinturón de Fuego”, con alta probabilidad de erupciones volcánicas, deslizamientos de tierras por acción de movimientos telúricos y erosión de suelos. Tan solo en últimos cuatro años las ciudades de las Provincias de Pichincha, Tungurahua y Chimborazo fueron testigos de los impactos ambientales y socio - económicos tras las erupciones de los Volcanes: Guagua Pichincha, Tungurahua y Reventador (Organización Panamericana de la Salud, 2002).

La ciudad de Ambato al ser una ciudad industrializada e influenciada por la actividad del volcán Tungurahua, muestra la necesidad de un programa integral de monitoreo y control del aire. El I. Municipio de Ambato (IMA) y su Departamento de Higiene y Ambiente cuentan con un estudio de diagnóstico relacionado a las emisiones de contaminantes por fuentes móviles ejecutado en 2007-2008 (Medina et al., 2008). Sin embargo, en el 2009 no existía aún un estudio de las emisiones causadas por fuentes fijas (Velasteguí, 2009), el mismo que luego fue ejecutado en 2010-2011 en base a un proyecto de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica en alianza estratégica con el IMA.

El presente trabajo que fue la simulación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, constituye parte del proyecto mencionado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Softwares ambientales: Screen View, Disper 5.2.

### Métodos Analíticos

Los análisis de los gases de combustión de la muestra de 42 empresas fueron realizados durante el proyecto 2010-2011 por laboratorios acreditados por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano OAE, entre ellos tenemos Grupo Consultor CHEMENG CIA. LTDA, Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTA, Laboratorio Margoth Cifuentes, laboratorio CENERIN que posee un registro de laboratorio ambiental del Distrito Metropolitano de Quito y el laboratorio SOLINEC, que cuenta con un certificado de calibración externo.

Los datos meteorológicos utilizados fueron los reportados por la estación meteorológica del aeropuerto “Chachoan” de la ciudad de Ambato, siendo los principales temperatura del aire, dirección y media de la velocidad del viento y nubosidad.

La simulación de la dispersión se realizó con Screen View que usa el modelo Gaussiano de dispersión, requiere factores de la fuente de emisión y datos meteorológicos para evaluar la concentración de contaminantes emitidos por una fuente continua.

Se profundizó el análisis mediante el uso del software Disper 5.2, el cual está basado en el modelo ISCST3 de la Agencia de Protección Ambiental norteamericana (EPA). En dicho modelo, la contaminación del aire producida por chimeneas emisoras se modela mediante penachos gaussianos independientes del tiempo (en régimen estacionario).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos reportados por los laboratorios acreditados y el diagnóstico general del cumplimiento de los parámetros del Texto UNIFICADO de Legislación Ambiental Secundaria TULAS se encuentran evidenciados en la Tabla 1. Los valores de la concentración por la dispersión y alcance de los contaminantes a nivel del suelo mediante simulación con Screen View y el análisis de la simulación para las empresas que reportaban emisiones significativas de contaminantes mediante el uso del software Disper 5.2, se evidencian en la Tabla 2, así como en el Gráfico 1 al Gráfico 6.

Los ejercicios comparativos con imágenes satelitales de los flujos se reportan en el Gráfico 7 y Gráfico 8, la relación con las emisiones del volcán Tungurahua de los datos de material particulado medidos en la estación de control de la calidad del aire de la Dirección de Higiene y Ambiente del Municipio de Ambato se señalan en la Tabla 3 y la caracterización de la calidad del aire de acuerdo al índice ICAIRE de las zonas de

influencia de las empresas estudiadas son evaluadas en la Tabla 4.

Se seleccionó del catastro de la ciudad de Ambato las empresas industriales y de servicios consideradas fuentes fijas de contaminación del aire, y se fijó una muestra de 42 empresas evidenciadas en la Tabla 1.

Se analizó la concentración de los contaminantes emitidos por las mencionadas empresas así como por la actividad del volcán Tungurahua. El análisis de las fuentes fijas se reporta en la Tabla 1. De las fuentes fijas seleccionadas, Ceticuero, Disama, Lavatintex, Pastificio Ambato, Curtiduría Aldás, Suiza Dajed, Planhofa, Panificadora Ambato, Panadería Moderna y Panadería Buen Pan cumplen con todos los parámetros evaluados y las empresas Pollos de Campo, Pollo Listo 1, Pollo Listo 2, Parrilladas el Gaucho, Asadero Tungurahua y Panadería Tecnipan son las empresas que mayor parámetros incumplidos reporta dentro del estudio realizado.

Mediante análisis estadístico se identificó un incremento promedio en el mes de abril y mayo por la actividad volcánica en la concentración de material particulado en el aire de la ciudad de Ambato de 30.29 ug/m<sup>3</sup>. En las fechas 26/4/2011, 27/4/2011, 28/4/2011, 1/5/2011 y 2/5/2011 dicho incremento muestra relación con los reportes de actividad volcánica del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Se identificó dos concentraciones de material particulado PM10 en el aire de la ciudad que presentan valores fuera del límite típico y que de acuerdo a reportes no se encuentran relacionados con la actividad del volcán Tungurahua.

Se simuló los flujos de contaminación emitidos por las fuentes fijas y por la actividad volcánica y su dispersión, mediante el uso de los softwares ambientales especializados Disper 5.2 y Screen View. Los resultados de la simulación de las fuentes fijas seleccionadas se señalan en la Tabla, mediante los cuales se determinó significancia en la emisión de material particulado PM10 en las empresas Pollo Listo 1, Pollo Listo 2, Pollos de Campo y Asadero Tungurahua que al realizar la simulación detallada con Disper 5.2 reportado en el Gráfico 1 al Gráfico 4, se confirmó que las empresas sobrepasan el valor norma. En el análisis de la simulación de óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> la empresa Pastelería El Manjar, reportó emisión significativa pero al simular con Disper 5.2 en el Gráfico 5 se evaluó que las emisiones no sobrepasan el valor norma. En el análisis de la simulación de dióxido de azufre, la empresa Hotel Ambato, reportó una emisión significativa que al simular con Disper 5.2 en el gráfico 6 fue confirmado que sobrepasa el valor norma. En el análisis de monóxido de carbono se comprobó que ninguna empresa en el estudio presenta una emisión significativa de monóxido de carbono. Para simular la erupción, se realizaron ejercicios comparativos con imágenes satelitales de los flujos de ceniza, con el fin de acercarse mejor a la dinámica de la erupción. Puesto que Disper 5.2 no es un modelo concebido para el estudio de una columna volcánica

con sus procesos asociados, los ejercicios son simplificaciones para rescatar el efecto regional de las emisiones de ceniza a la atmósfera. En el Gráfico 7 el penacho emitido el 27 de abril del 2011 por el volcán Tungurahua fue evaluado como una dispersión de área, se tomó en consideración únicamente el análisis del alcance y de la trayectoria que de una manera cualitativa se asemejó a la imagen satelital, se reportó un alcance de 177Km. En el Gráfico 8 el penacho emitido el 28 de abril del 2011 fue evaluado como una dispersión de área se reporta un alcance de 31Km en dirección a la ciudad de Ambato y los valores de concentración de PM10 reportados al ser comparados con la Tabla 3, se identificó que la influencia del volcán sobre los datos medidos en la estación de monitoreo de material particulado es de un aumento de 42ug/m<sup>3</sup> sobre el valor típico reportado, la simulación efectuada con Disper 5.2 predijo un aumento de 61.72 ug/m<sup>3</sup> de material particulado al nivel del suelo. Para establecer un factor de corrección del modelo se debe realizar un estudio más profundo para acoplar el modelo a la emisión de gases volcánicos.

Se determinó el índice de calidad del aire ICAIRE en los sectores de influencia de las fuentes fijas de contaminación. En la Tabla 4 se indica los valores calculados, el valor reportado por el Asadero Tungurahua de un índice de calidad ICAIRE de 67,41%, indicó que es la que genera mayor impacto en el aire dentro de las empresas evaluadas, se aclara que dicho impacto es el más alto en el estudio realizado pero no llega a generar aire contaminado fuera de los límites establecidos por Conesa, 1997.

## CONCLUSIÓN

Se realizó el estudio sobre la simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato, emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados Disper 5.2 y Screen View, mediante el cual se obtuvo un diagnóstico general del cumplimiento de los parámetros del Texto de Legislación Ambiental Secundaria TULAS así como de otros indicadores adicionales evidenciado en la Tabla 1. Se estableció los valores de la concentración por la dispersión y alcance de los contaminantes a nivel del suelo mediante simulación con Screen View y se profundizó el análisis de la simulación para las empresas que reportaban emisiones significativas de contaminantes mediante el uso del software Disper 5.2 evidenciados en la Tabla 2, así como en el Gráfico 1 al Gráfico 6. Se realizaron dos pruebas del modelo gaussiano para simular la dispersión de las emisiones gaseosas del volcán Tungurahua mediante ejercicios comparativos con imágenes satelitales de los flujos de ceniza reportados en el Gráfico 7 y Gráfico 8, se estableció la existencia de la relación con las emisiones del volcán Tungurahua de los datos de material particulado medidos en la estación de control de la calidad del aire de la dirección de higiene municipal señalado en la Tabla 3 y se caracterizó la calidad del

aire de acuerdo al índice ICAIRE de las zonas de influencia de las empresas estudiadas en la Tabla 4.

## REFERENCIAS

- Bustos C. 2004. Aplicación de modelos de dispersión atmosférica en la evaluación de impacto ambiental, Chile, páginas: 20 – 26.
- Conesa V. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, tercera edición, editorial Mundi-Prensa, páginas: 187-194.
- Glynn J; Heinke W. 1999. Ingeniería Ambiental, segunda edición, editorial Pearson, páginas 229-237, 548-560.
- González V. 2008. La calidad del aire en Ecuador, Expo-conferencia interamericana.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. 2011. La actividad del volcán Tungurahua, Servicio nacional de sismología y vulcanología.
- Medina J; Montesdeoca D y De la Rosa M. 2008. Estudio de la calidad del aire de la ciudad de Ambato, Universidad Central del Ecuador, Municipio de Ambato, Petroecuador.
- Núñez J. 2011. Cálculo de la concentración de material particulado PM10. Depto. Municipal de Higiene y Ambiente. I. Municipio de Ambato. Comunicación personal.
- Organización Panamericana de Salud (OPS). 2002. Gestión del Recurso Aire y aspectos técnicos-operativos, disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/fulltext/ecuador/capi2.pdf>

## TABLAS Y GRÁFICOS

**Tabla 1. Resumen del análisis de gases de combustión**

PARÁMETRO →	PM <sub>10</sub>		NO <sub>x</sub>		SO <sub>2</sub>		CO	
	*mg/m <sup>3</sup>	Límite referencial TULAS 150 *mg/m <sup>3</sup>	*mg/m <sup>3</sup>	Límite referencial TULAS (a) 850, (b) 550 y (c) 400 *mg/m <sup>3</sup>	*mg/m <sup>3</sup>	Límite referencial TULAS 1650 *mg/m <sup>3</sup>	*mg/m <sup>3</sup>	Límite referencial (a)1800, (b)250 y (c) 100 *mg/m <sup>3</sup>
Ceticuero	13	Cumple	148	Cumple	83	Cumple	12.73	Cumple
Disama	54	Cumple	232	Cumple	444	Cumple	13.63	Cumple
Hotel Ambato	53	Cumple	76	Cumple	432	Cumple	522.54	No cumple
Hotel Miraflores	50	Cumple	152	Cumple	159	Cumple	25.48	Cumple
ILA	27	Cumple	76	Cumple	337	Cumple	772.45	No cumple
Lavatintex	11	Cumple	98	Cumple	94	Cumple	10.72	Cumple
Pastificio Ambato	31	Cumple	173	Cumple	334	Cumple	14.37	Cumple
Promepell	64	Cumple	91	Cumple	92	Cumple	337.73	No cumple
Curtiduría Aldás	32	Cumple	157	Cumple	99	Cumple	51.21	Cumple
Suiza Dajed	40	Cumple	77	Cumple	306	Cumple	14.79	Cumple
Planhofa	27	Cumple	108	Cumple	191	Cumple	32.14	Cumple

Plasticaucho	27	Cumple	291	Cumple	132	Cumple	1044.8	No cumple
Industrias Catedral	52.3	Cumple	89.8	Cumple	104.3	Cumple	372.50	No cumple
Bioalimentar 1	9.62	Cumple	105.7	Cumple	452.34	Cumple	9.46	Cumple
Bioalimentar 2	11.73	Cumple	158.06	Cumple	448.13	Cumple	11.59	Cumple
Lavanderías Nacionales	x	X	133	Cumple	495	Cumple	45.00	Cumple
Pan de casa	50	Cumple	118	Cumple	144	Cumple	21.37	Cumple
Panificadora Ambato	12	Cumple	96	Cumple	136	Cumple	21.34	Cumple
Panadería Moderna	48	Cumple	134	Cumple	213	Cumple	32.14	Cumple
Panadería Tecnipan	171.3	No cumple	101	Cumple	304	Cumple	1068.5	No cumple
Panadería y pastelería Servipan	71.41	Cumple	122	Cumple	127	Cumple	22.30	Cumple
Pastelería El Manjar	38.5	Cumple	102	Cumple	440	Cumple	33.05	Cumple
Panadería Buen Pan	137.2	Cumple	124	Cumple	631	Cumple	10.21	Cumple
Pollofino	x	X	134	Cumple	10	Cumple	805.04	No cumple
Rico Pollo 1	x	X	10	Cumple	10	Cumple	1162.6	No cumple
Rico Pollo 2	50.44	Cumple	123.24	Cumple	171.6	Cumple	427.43	No Cumple
Rico Pollo 3	43.29	Cumple	102.7	Cumple	143	Cumple	341.94	No Cumple
Rico Pollo 4	42.18	Cumple	102.7	Cumple	143	Cumple	341.94	No Cumple
American Pollo	x	X	109	Cumple	10	Cumple	1167.9	No cumple
Panadería y pastelería Calidad	x	X	136	Cumple	63	Cumple	1.23	Cumple
Panadería y pastelería Calidad 3	x	X	132	Cumple	741	Cumple	0	Cumple
Panadería California	x	X	2	Cumple	3	Cumple	0	Cumple
TecnoRizo 1	x	X	10	Cumple	10	Cumple	159.79	No Cumple
TecnoRizo 2	x	X	135	Cumple	10	Cumple	15.51	Cumple
TecnoRizo 3	x	X	10	Cumple	10	Cumple	1465.6	No cumple

Pollo Listo 1	2043.1	No cumple	10	Cumple	10	Cumple	5300.0	No Cumple
Pollo Listo 2	4509.7	No cumple	10	Cumple	10	Cumple	9085.8	No Cumple
Pollo Gus	x	X	2.8	Cumple	2.8	Cumple	526.44	Cumple
Pollos Miguelin	x	X	4	Cumple	0	Cumple	72.57	Cumple
Pollos de Campo	1363	No cumple	10	Cumple	10	Cumple	10073	No Cumple
Parrilladas El Gaucho	186	No cumple	152	Cumple	10	Cumple	8251.8	No Cumple
Asadero Tungurahua	8036.4	No cumple	10	Cumple	10	Cumple	23530	No Cumple

\*mg/m<sup>3</sup>: miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, 760 mmHg de presión y temperatura de 0 °C, en base seca y corregido a 7% de oxígeno

(a) Valor límite para sólidos, (b) Valor límite para diesel, (c) Valor límite para GLP ordenanza del DMQ

X = Análisis no reportado por la empresa

**Tabla 2. Simulación con Screen View de las empresas que presentan significancia en la dispersión de contaminantes.**

Empresa	Mayor concentración reportada a nivel del suelo (ug/m <sup>3</sup> )	Distancia a la que se encuentra la mayor concentración (m)	Contaminante significativo
Pollo Listo 1	1387	15	Material Particulado
Pollo Listo 2	3314	19	Material Particulado
Pollos de Campo	296.3	25	Material Particulado
Asadero Tungurahua	12200	15	Material Particulado
Pastelería El Manjar	332.4	5	Óxidos de nitrógeno
Hotel Ambato	509.9	12	Dióxido de azufre

**Tabla**

**Tabla 3. Concentración de material particulado PM10 reportado por la estación de monitoreo de particulados del IMA**

<b>Tratamiento</b>	<b>Fecha</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>*Reporte de caída de ceniza en Ambato</b>
V1	1/3/2011	48.22	No reportado
V2	7/3/2011	73.23	No reportado
V3	10/3/2011	45.28	No reportado
V4	16/3/2011	38.76	No reportado
V5	21/3/2011	47	No reportado
V6	23/3/2011	50.44	No reportado
V7	25/3/2011	34.61	No reportado
V8	29/3/2011	41.56	No reportado
V9	31/3/2011	49.4	No reportado
V10	3/4/2011	66.06	No reportado
V11	5/4/2011	51.96	No reportado
V12	11/4/2011	32.02	No reportado
V13	13/4/2011	47.25	No reportado
V14	19/4/2011	47.34	No reportado
V15	26/4/2011	60.77	<b>reportado</b>
V16	27/4/2011	70.08	<b>reportado</b>
V17	28/4/2011	84.15	<b>reportado</b>
V18	1/5/2011	82.47	<b>reportado</b>
V19	2/5/2011	69.16	<b>reportado</b>
V20	4/5/2011	28.12	No reportado
V21	5/5/2011	45.22	No reportado
V22	9/5/2011	58.95	No reportado
V23	17/5/2011	15.86	No reportado
V24	19/5/2011	39.23	No reportado

Fuente: Nuñez J (2011); Instituto Geofísico EPN (2011)



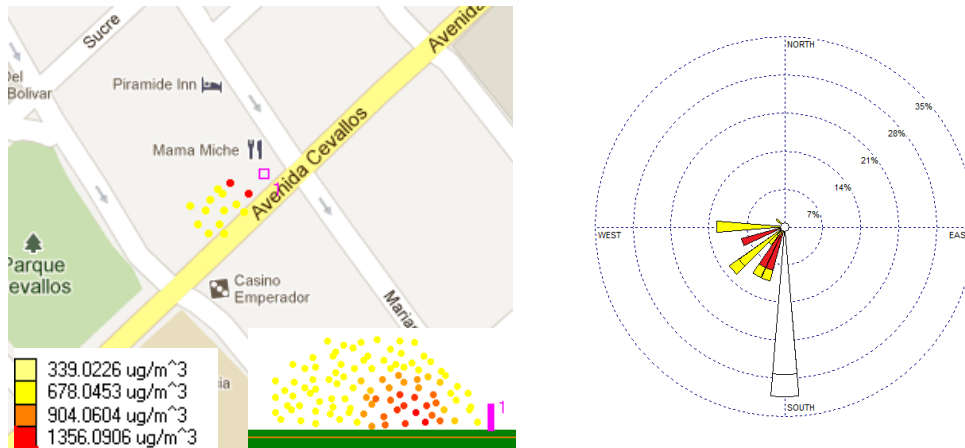
**Tabla 4. Valores calculados del Índice de Calidad del Aire ICAIRE**

<b>EMPRESA</b>	<b>MP<sub>10</sub> (%)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (%)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>CO (%)</b>	<b>ICAIRE (%)</b>	<b>*Límite emergencia ICAIRE &lt;50 (%)</b>
Ceticuero	100	83,43	100	100	95,58	Óptima
Disama	91,54	50,36	49	100	70,91	Buena
Hotel Ambato	84,8	68,2	35	100	70,13	Buena
Hotel Miraflores	42,64	68,08	76,69	100	69,98	Buena
ILA	100	87,2	67,87	100	88,02	Óptima
Lavatintex	100	75,42	92,03	100	91,32	Óptima
Pastificio Ambato	100	93,6	100	100	98,29	Óptima
Promepell	100	92,2	100	100	97,92	Óptima
Curtiduría Aldás	100	71,16	96,19	100	91,29	Óptima
Suiza Dajed	99,64	80	65,85	100	85,46	Óptima
Planhofa	100	98,96	100	100	99,72	Óptima
Plasticaucho	100	81,13	100	100	94,97	Óptima
Industrias Catedral	100	99,82	100	100	99,95	Óptima
Bioalimentar 1	100	97,33	96,17	100	98,27	Óptima
Bioalimentar 2	100	94,09	98,6	100	98,05	Óptima
Pan de casa	89,8	66,22	72,73	100	81,00	Óptima
Panificadora Ambato	100	85,08	98,86	100	95,72	Óptima
Panadería Moderna	97,84	73,03	75	100	85,57	Óptima
Panadería Tecnipan	93,28	90,17	90,22	100	92,98	Óptima
Panadería y pastelería Servipan	96,49	78,45	96,02	100	92,26	Óptima
Pastelería El Manjar	75,24	100	19,15	100	71,84	Buena
Panadería Buen Pan	88,86	80	58,37	100	80,59	Óptima
Rico Pollo 1	X	100	100	100	100,00	Óptima
Rico Pollo 2	100	87,66	100	100	96,71	Óptima
Rico Pollo 3	100	81,56	94,31	100	93,57	Óptima
Rico Pollo 4	100	78,84	88,91	100	91,40	Óptima
TecnoRizo 1	X	100	100	100	100,00	Óptima
TecnoRizo 2	X	93,92	100	100	97,79	Óptima
TecnoRizo 3	X	100	100	100	100,00	Óptima
Pollo Listo 1	3,47	100	100	88	71,86	Buena
Pollo Listo 2	0	100	100	78	68,93	Buena

Pollos de Campo	42,49	100	100	91	82,86	Óptima
Parrilladas El Gaucho	95,31	87,99	100	97	94,95	Óptima
Asadero Tungurahua	0	96,54	100	75	67,41	Buena

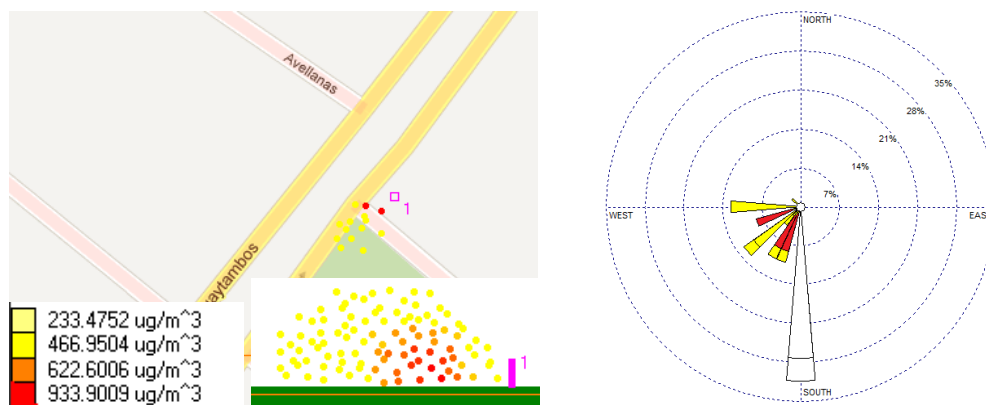
\* Límite reportado por Conesa, (1997)

**Gráfico 1. Simulación de la dispersión de material particulado PM10 con el software DISPER 5.2 de la empresa Pollo Listo 1.**



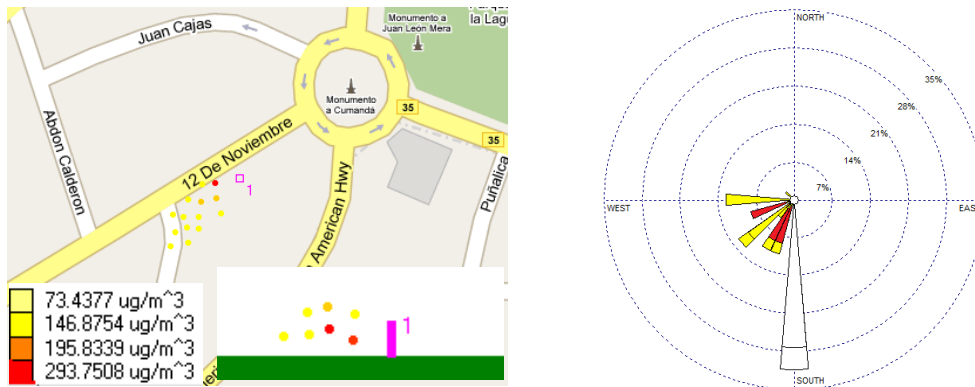
Concentración máxima= 1356.090588 ug/m<sup>3</sup> valor que sobrepasa la norma TULAS que indica un límite de 150ug/m<sup>3</sup>.  
 Coordenada X del punto de concentración máxima= 17 m  
 Velocidad del viento= 1.44 m/s  
 Temperatura del aire T= 289.5 K  
 Dirección hacia la que sopla el viento (de 0 a 360 grados)=210  
 Altura efectiva del penacho= 5.24 m  
 Penacho dominado por flotación, atmósfera inestable o neutra

**Gráfico 2. Simulación de la dispersión de material particulado PM10 con el software DISPER 5.2 de la empresa Pollo Listo 2.**



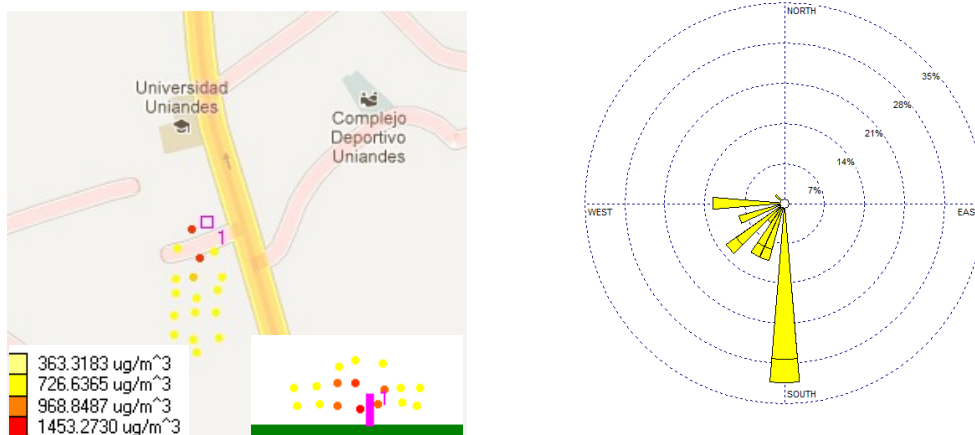
Velocidad del viento= 1.44 m/s  
 Dirección hacia la que sopla el viento (de 0 a 360 grados)= 210  
 Temperatura del aire T= 289.5 K  
 Concentración máxima= 933.900878 ug/m<sup>3</sup> valor que sobrepasa la norma  
 Coordenada X del punto de concentración máxima= 22m  
 Altura efectiva del penacho= 9.49 m  
 Velocidad del viento en el punto de salida= 1.44 m/s  
 Penacho dominado por flotación, atmósfera inestable o neutra.

**Gráfico 3. Simulación de la dispersión de material particulado PM10 con el software DISPER 5.2 de la empresa Pollos de Campo.**



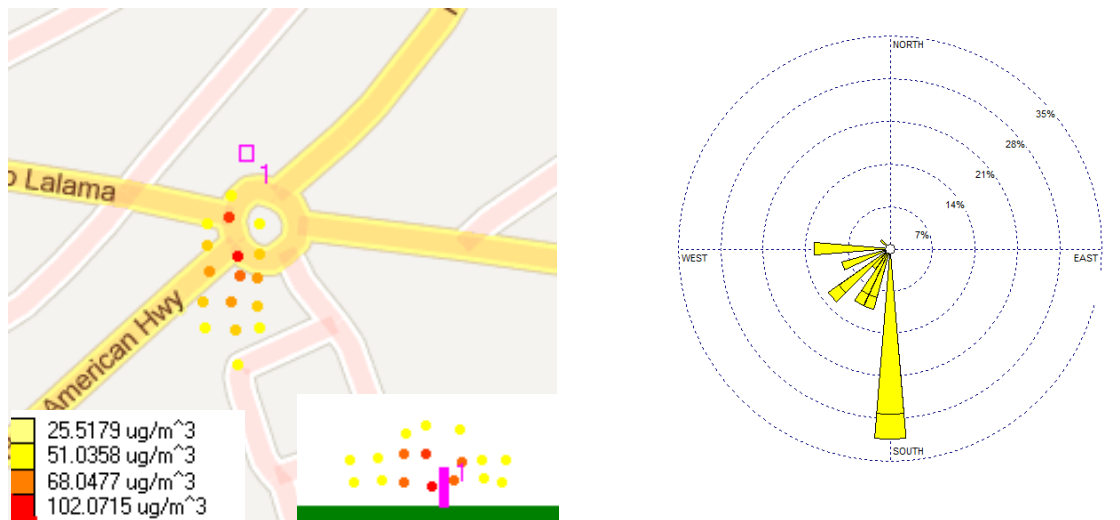
Concentración máxima= 293.750824 ug/m<sup>3</sup> valor que sobrepasa la norma TULAS que indica un límite de 150ug/m<sup>3</sup>.  
 Coordenada X del punto de concentración máxima= 31.88 m  
 Altura efectiva del penacho= 8.58 m  
 Velocidad del viento= 1.64 m/s  
 Dirección hacia la que sopla el viento (de 0 a 360 grados)= 220  
 Temperatura del aire T= 289.7  
 Dominado por flotación, atmósfera inestable o neutra  
 Penacho dominado por flotación, atmósfera inestable o neutra.

**Gráfico 4. Simulación de la dispersión de material particulado PM10 con el software DISPER 5.2 de la empresa Asadero Tungurahua.**



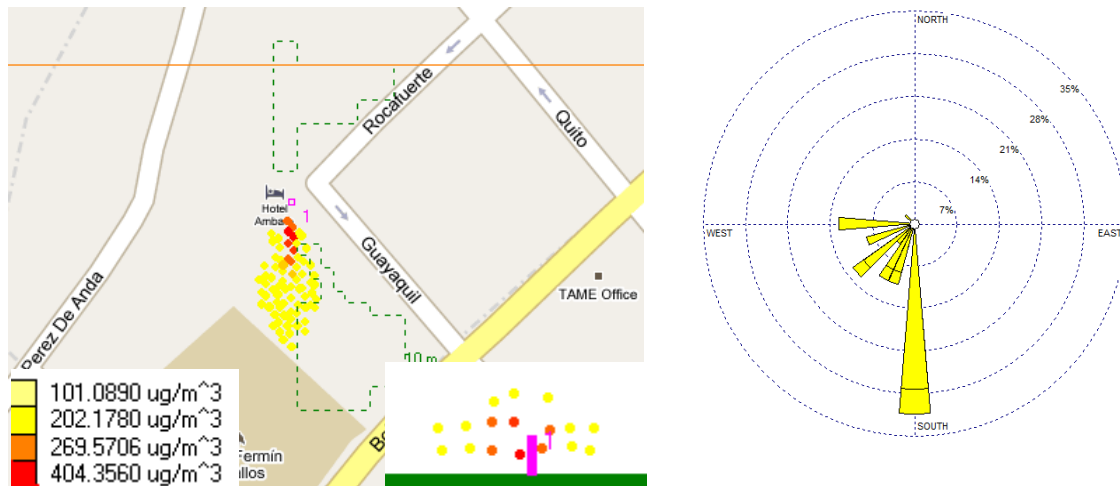
Velocidad del viento= 1.23 m/s  
 Dirección hacia la que sopla el viento (de 0 a 360 grados)= 180  
 Temperatura del aire T= 290.1 K  
 Concentración máxima= 1453.273030 ug/m<sup>3</sup> valor que sobrepasa la norma  
 Coordenada X del punto de concentración máxima= 20 m  
 Altura efectiva del penacho= 4.14 m  
 Penacho dominado por momento, atmósfera inestable o neutra

**Gráfico 5. Simulación de la dispersión de óxidos de nitrógeno con el software DISPERS 5.2 de la empresa Pastelería El Manjar.**



Velocidad del viento= 4 m/s  
 Dirección hacia la que sopla el viento (de 0 a 360 grados)= 180  
 Temperatura del aire T= 288.2 K  
 Concentración máxima= 102.071542 ug/m<sup>3</sup>, no sobrepasa el valor norma  
 Coordenada X del punto de concentración máxima= 7 m  
 Altura efectiva del penacho= 1.54 m  
 Velocidad del viento en el punto de salida= 4.00 m/s  
 Dominado por flotación, atmósfera inestable o neutra

**Gráfico 6. Simulación de la dispersión de dióxido de azufre con el software DISPERS 5.2 de la empresa Hotel Ambato.**

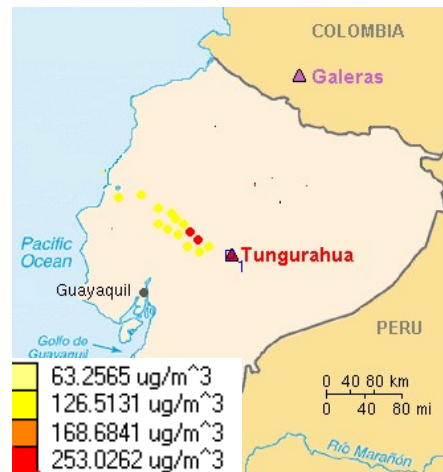


Concentración máxima= 293.750824 ug/m<sup>3</sup> valor que sobrepasa la norma  
 Coordenada X del punto de concentración máxima= 31.88 m  
 Altura efectiva del penacho= 8.58 m  
 Velocidad del viento= 1.64 m/s  
 Dirección hacia la que sopla el viento (de 0 a 360 grados)= 180  
 Temperatura del aire T= 289.7  
 Dominado por flotación, atmósfera inestable o neutra

**Gráfico 7. Dispersión de la ceniza del volcán Tungurahua reportado el 27 de abril del 2011**



(a)

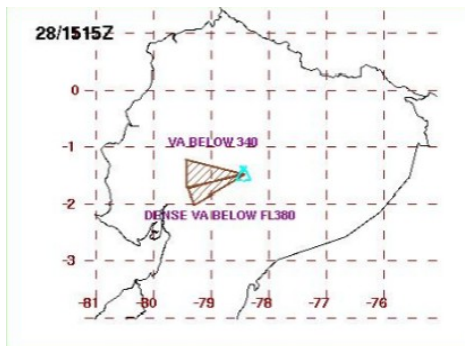


(b)

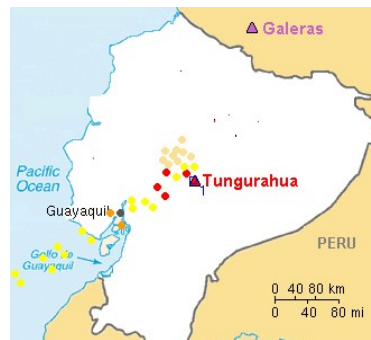
(a) Imagen satelital reportada por Volcanic Ash Advisory Center (VAAC), (2011).

(b) Imagen obtenida mediante la simulación y reporte de las concentraciones expresadas en MP10, con DISPER 5.2.

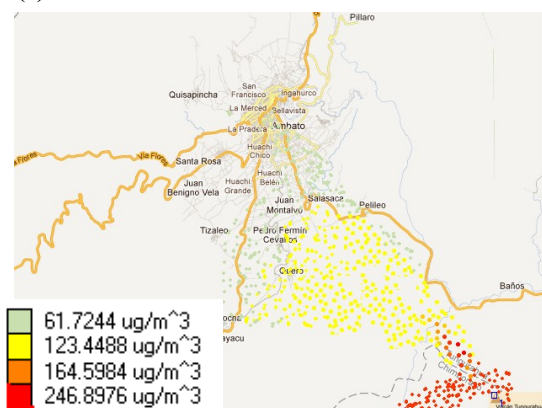
**Gráfico 8. Dispersión de la ceniza del volcán Tungurahua reportado el 28 de abril del 2011**



(a)



(b)



(c)

(a) Imagen satelital reportada por Volcanic Ash Advisory Center (VAAC), (2011).

(b) Imagen obtenida mediante la simulación y reporte de las concentraciones a nivel del suelo expresadas en MP10, con DISPER 5.2.

(c) Simulación del efecto regional en la ciudad de Ambato de la emisión de gases del volcán Tungurahua.