

## Estimación de las emisiones provenientes de fuentes fijas en la ciudad Las Tunas



### Estimation of emissions from fixed sources in the city Las Tunas

<http://opn.to/a/WtV2K>

José Norlan Peña-Ojeda <sup>1\*</sup>, Armando Carracedo-Velázquez <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Meteorológico Provincial, Las Tunas, Cuba.

**RESUMEN:** Para evaluar y diagnosticar la emisión de los principales contaminantes emitidos se realizó un inventario de las fuentes fijas en la ciudad de Las Tunas, acorde a lo establecido en la norma cubana (NC 1049: 2014). Se logró determinar cuál es la industria que más emite, así como los gases que más afectan la calidad del aire en la zona poblacional afectada. Se caracterizaron las condiciones meteorológicas y el comportamiento de las variables que a escala local influyen en el transporte y dispersión de contaminantes a través de métodos de observación y la utilización del modelo meteorológico WRF. Con la utilización de los modelos de dispersión CALPUFF y AERMOD, se simuló los efectos temporales y espaciales, de las condiciones meteorológicas en el transporte, la transformación y la deposición de contaminantes en la atmósfera, logrando conocer cuáles son las características de la dispersión en la ciudad y su influencia en la calidad del aire de los consejos populares afectados. Como elemento esencial, este estudio permitirá confeccionar posteriormente un pronóstico para identificar situaciones de emergencias, monitorear la calidad del aire y la realización de estudios de impacto ambiental.

**Palabras clave:** Contaminación del aire, emisiones, fuentes fijas, modelación.

**ABSTRACT:** To assess and diagnose the emission of the main pollutants emitted, an inventory was made of the fixed sources in the city of Las Tunas, in accordance with the provisions of the Cuban norm (NC 1049: 2014). It was possible to determine which industry emits the most, as well as the gases that most affect air quality in the affected population area. The meteorological conditions and the behavior of the variables that locally influence the transport and dispersion of pollutants through observation methods and the use of the WRF meteorological model were characterized. With the use of the dispersion models CALPUFF and AERMOD, the temporal and spatial effects of the meteorological conditions on transport, transformation and deposition of pollutants in the atmosphere were simulated, getting to know what are the characteristics of the dispersion in the city and its influence on the air quality of affected popular councils. As an essential element, this study will allow a forecast to be subsequently drawn up to identify emergency situations, monitor air quality and carry out environmental impact studies.

**Key words:** Air pollution, emissions, fixed sources, modeling.

\*Autores para correspondencia: José Norlan Peña-Ojeda y Armando Carracedo-Velázquez. E-mail: [jose.norlan@ltu.insmet.cu](mailto:jose.norlan@ltu.insmet.cu), [armando.carracedo@ltu.insmet.cu](mailto:armando.carracedo@ltu.insmet.cu)

Recibido: 05/06/2018

Aceptado: 06/11/2018

## INTRODUCCIÓN

Conocer las características de los principales contaminantes atmosféricos que influyen a nivel regional y local sobre el medio ambiente atmosférico requiere del conocimiento de las emisiones (inventarios) y de su distribución a través del monitoreo y utilización de modelos de dispersión.

En el contexto nacional también se han desarrollado trabajos en este sentido, los que fundamentalmente se han dirigido a conocer las emisiones de gases de efecto invernadero, apareciendo reflejado en los trabajos de (López *et al.*, 2002, 2003, 2004, 2005; Valdes, A., 2014; Carrillo *et al.*, 2015; 2016), más reciente se han desarrollado los trabajos de (Rodríguez *et al.*, 2009; Cuesta *et al.*, 2010; Nuñez *et al.*, 2011 y Cuesta *et al.*, 2012 y 2016), estando encaminados estos últimos a cuantificar las emisiones de fuentes puntuales industriales.

La determinación cuantitativa de las emisiones de contaminantes y su dispersión en la atmósfera provocada por las principales fuentes fijas en el país y sus efectos potenciales en el medio ambiente, es un estudio necesario y urgente, que propone herramientas que pueden ser utilizadas en aras de proteger la salud de la población.

En nuestra provincia no se han realizado estos estudios, por lo que a partir del proyecto nacional en ejecución; Emisiones de contaminantes provenientes de fuentes fijas y su contribución a la contaminación atmosférica, del Dr. Osvaldo Cuesta Santos y colaboradores, se parte para el desarrollo de la investigación a la que se le da la primera parte del cumplimiento de los objetivos generales de la investigación que conlleva posteriormente el monitoreo de los contaminantes y un estudio por consejo popular y policlínicos de la incidencia de los mismos en la salud.

La modelación de la calidad del aire juega un papel importante en el establecimiento de legislaciones para el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos, determinando los valores máximos permitidos para los caudales y concentraciones de emisión; así como en la evaluación de estrategias de control de emisiones; en la selección de localizaciones de futuros focos emisores, con el fin de minimizar el impacto sobre el entorno; en el establecimiento

de planes de intervención inmediata en el control de episodios de elevada contaminación en determinadas regiones: sistemas de alerta y reducción de emisiones en tiempo real; la identificación de responsabilidades en los niveles de contaminación existentes en cada momento, mediante la evaluación de la interrelación directa entre el emisor y el receptor, entre otros (Hernández-Garcés, 2017).

Aunque, a pesar de su utilidad, los modelos de calidad de aire no son la solución final al problema de la contaminación atmosférica, sí permiten suplir las carencias que tienen las medidas de campo en cuanto a resolución espacial y temporal, puesto que una red permanente de sensores automáticos, con la resolución espacial que pueden proporcionar algunos modelos, resultaría extremadamente costosa de instalar y mantener de forma permanente en correcto funcionamiento.

Igualmente viabilizan la identificación de errores en la medición de la contaminación, ya sea por fallos en el sistema de medida o por una localización incorrecta del instrumento; esto último implica que los modelos de calidad del aire son una herramienta muy útil en la definición de redes óptimas de seguimiento de la contaminación atmosférica.

Por lo que nos proponemos lograr resolver el siguiente **objetivo**, determinar la emisión de contaminantes atmosféricos a la atmósfera en la ciudad de Las Tunas y su comportamiento según las condiciones meteorológicas imperantes a través de la modelación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características generales de la provincia de Las Tunas

La provincia Las Tunas está ubicada en la zona oriental del país, entre los 200 30', 210 27' de latitud norte y los 770 48', 760 58' de longitud oeste, Limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con el Golfo Guacanayabo y la provincia Granma, al este con la provincia Holguín y el oeste con Camagüey. Tiene un área de tierra firme de 6 583.7 km<sup>2</sup>, 537 241 habitantes. Su superficie agrícola es el 70% (463.5 miles de ha) del total y la cultivada el 37.4% de esta. Predominan las llanuras, la Mayor elevación es

Alturas de Cañada Honda con 219 metros de altura (ONE, 2016).

Para la realización de la investigación se seleccionaron 16 fuentes fijas del municipio Las Tunas (Figura 1), tomando como año base el 2016. La selección de estas localidades se basó en la existencia de diversas fuentes fijas industriales emisoras de contaminantes a la atmósfera debido a su potente actividad industrial.

Se seleccionó por su importancia económica y el incremento de la actividad industrial la empresa Acinox. La misma se encuentra ubicada en una de las zonas industriales más importantes del país, a 4,0 km del centro de Las Tunas, ciudad de 125 000 habitantes y capital de la provincia Las Tunas, distante 700,0 kms al este de Ciudad de La Habana. Su localización en la región oriental del país la sitúan en el entorno de las plantas niquelíferas; a 130 kms de Nicaro y 280 km de Moa.

### Contaminantes primarios que se estudiaron

- Gases Nitrosos (NOx)
- Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)
- Material particulado hasta 10 µm (PM10)
- Material particulado hasta 2.5 µm (PM2.5)
- Monóxido de carbono (CO)

- Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM)

### Inventario de emisiones

López (2006), los estimados de emisiones son normalmente reunidos en bases de datos denominadas “inventarios de emisiones”. Constituyen un listado de las emisiones de contaminantes por fuentes emisoras o categorías de fuentes, compilado para un área geográfica establecida y para un intervalo de tiempo específico. En estos, se incluye entre otras las siguientes informaciones:

- Catastro de Fuentes emisoras por rubro o actividad. Área geográfica cubierta por el inventario.
- Caracterización del tipo de fuente. Desagregación para cada fuente por tipo de combustible u otras características.
- Características de diseño, modelo y año de fabricación.
- Ciclo y horas de operación de los diferentes procesos involucrados.
- Consumo de materias primas y combustibles por unidad de tiempo. Composición química de estas y propiedades físicas.
- Tipo de producto y cantidad diaria u horaria producida.



Figura 1. Ubicaciones de las fuentes fijas en la ciudad Las Tunas. (ARCGIS)

- Factores de emisiones.
- Mediciones en la fuente.

Los datos fueron captados durante los años 2015-2016 acorde a lo establecido en la Norma Cubana relacionada con esto (NC 1049: 2014) “Guía de datos tecnológicos para el inventario de emisiones de los contaminantes atmosféricos desde fuentes industriales estacionarias”.

### **Método de los Factores de Emisión. Modelo Básico Simplificado para un Estimado de Emisión**

El método empleado para los cálculos contempla el empleo de los denominados “factores de emisión” (CUJAE, CUBAENERGIA, EPA, CORINAIR).

Cuando se utiliza un factor de emisión “controlado” (obtenido tomando en cuenta la técnica instalada para la reducción de emisiones) (López, 2006 y Cuesta *et al.*, 2014). Por lo que se utilizó la ecuación básica para el cálculo de la tasa de emisión que está basada en:

$$E=A*FE$$

donde:

E - Emisión (ton/año)

FE - Factor de emisión (ton/m<sup>3</sup>)

A - Nivel de intensidad de la actividad (consumo de combustibles, producción), en unidades de masa o volumen por tiempo (m<sup>3</sup>/año).

### **Modelación**

Los modelos de calidad del aire (MCA) no son más que ecuaciones que facilitan la realización de un grupo de actividades fundamentales que forman parte de la gestión de la calidad del aire (López, 2006).

Para la modelación se utilizaron los modelos CALPUFF y AERMOD para simular los efectos, temporales y espaciales, de las condiciones meteorológicas en el transporte, transformación y la deposición de contaminantes en la atmósfera.

### **Importancia**

- a. Simular los procesos relacionados con la calidad del aire, fundamentalmente la dispersión en la atmósfera de gases y partículas.
- b. Relacionar las emisiones de contaminantes a la atmósfera con las concentraciones esperadas

en el aire ambiente así como las deposiciones que pueden recibir los receptores.

- c. Identificar y evaluar el nivel de control requerido para la solución de los problemas de la contaminación del aire.
- d. Diagnosticar y caracterizar la situación actual de contaminación, así como, pronosticar los niveles de concentración de contaminantes que pueden esperarse en diferentes escalas temporales y diferentes condiciones meteorológicas, o debido a la operación de nuevas fuentes, ampliaciones o modificaciones de las existentes, emisiones accidentales, etc.
- e. Una adecuada ubicación de las fuentes contaminantes en relación a las áreas de viviendas como parte de las actividades de planificación del uso de la tierra.
- f. La selección de los sitios más adecuados para la ubicación de estaciones de vigilancia de la contaminación atmosférica.
- g. Estimar los valores de emisiones máximas admisibles.

### **Características climáticas y situaciones sinópticas**

La contaminación atmosférica es en primer lugar un problema local, sin embargo, la atmósfera arrastra las impurezas alejándolas de sus fuentes. En esos procesos, las variables meteorológicas y los sistemas meteorológicos a media y gran escala juegan un rol determinante, pues producirá el arrastre de contaminantes desde regiones remotas (Munn and Bolin, 1971; López, 1978) citado por (Cuesta, 2014).

Se le hace un énfasis especial a la temporada invernal, ya que es en este período donde se registran los mayores valores de concentración de contaminantes del aire debido a las particularidades del tiempo y las variables meteorológicas, como puede ser la marcada estabilidad, valores bajos de la altura de la capa de mezcla, el registro de temperaturas mínimas notables, etc., al conjugarse determinadas características meteorológicas con las condiciones físico-geográficas del terreno (Cuesta, 2014). Por lo que se utilizó la marcha diaria de las variables meteorológicas temperatura, velocidad y dirección del viento, y humedad relativa (Figura 3-6) y las situaciones

sinópticas de los días 23, 24 y 25 del mes de febrero del 2017 (Figura 7-8).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 16 fuentes a las que se les realizó el inventario se determinó que la Empresa ACINOX, la Central Eléctrica Fuel Oil y la Central Eléctrica Diesel, son las que más contaminantes emiten (Tabla 1).

### Características de la zona objeto de estudio

La zona objeto de estudio se ubicó al noroeste de la ciudad por al encontrarse en ella las fuentes más emisoras del municipio Las Tunas, donde se ha incrementado la población en los consejos populares al oeste y al suroeste de las mismas (Figura 2).

Una de las fuentes más emisoras de contaminantes atmosféricos es la empresa ACINOX Las Tunas, productora de aceros

inoxidables, aceros al Carbono, barras de acero para refuerzo de hormigón. Está ubicada en una de las zonas industriales más importantes del país, a 4,0 km del centro de Las Tunas. Se tomó como objeto de estudio por su importancia económica para el país. Dicha empresa además a través de un convenio con Rusia incrementará su producción para el 2020 para entregar unas 177 mil toneladas de barras anuales.

En el estudio realizado para un periodo de diez años se constató que es la fuente más emisora de monóxido de carbono (CO), y el año de más emisión fue el 2012 (Tabla 2 y Figura 3).

### Características de la fuente

Producción: 130000 ton/año como promedio

Altura chimenea: 25,53 m

Temperatura Gas: 250 °C

Tabla 1. Emisiones por industrias (ton/año)

No.	Industrias	NOx	SO2	PM10	PM2,5	CO	COVDM	Total
1	Universidad de Ciencias Médicas Las Tunas	0,06	0,76	0,01	0,00	0,01	0,00	0,85
2	Tejar Cristino Barrera	1,58	21,15	0,68	0,51	0,17	0,01	24,11
3	Empresa de productos lácteos	3,04	40,59	1,31	0,98	0,32	0,02	46,26
4	UEB Pescatun	0,06	0,76	0,01	0,00	0,01	0,00	0,85
5	Universidad de Ciencias Pedagógicas Pepito Tey	0,07	0,82	0,01	0,00	0,01	0,00	0,91
6	UEB Pelayo Cusido	0,21	2,55	0,02	0,01	0,04	0,00	2,82
7	Hospital pediátrico Mártires de Las Tunas	0,23	2,67	0,18	0,01	0,04	0,00	3,13
8	UEB Embotelladora de Cerveza Las Tunas	2,39	31,91	1,03	0,77	0,25	0,02	36,37
9	Centro de elaboración Emilio Gonzáles	0,37	0,46	0,00	0,00	0,01	0,00	0,84
10	Fábrica de conserva Liberación	0,04	0,53	0,02	0,01	0,00	0,00	0,60
11	Hospital Dr. Ernesto Guevara de la Serna	28,28	349,54	2,61	1,80	4,87	0,40	387,50
12	Universidad Las Tunas Vladimir Ilich Lenin	0,07	0,83	0,01	0,00	0,01	0,00	0,92
13	Hogar de anciano Carlos E. Font Pupo	0,06	0,78	0,01	0,00	0,01	0,00	0,86
14	Empresa ACINOX Las Tunas	56,52	793,09	763,42	763,42	1099,59	2,51	3478,56
15	Central Eléctrica Fuel Oil Las Tunas	3072,94	1618,36	30,30	15,15	149,35	13,20	4899,32
16	Central Eléctrica diesel Las Tunas	555,97	523,26	1,00	4,09	47,09	5,89	1137,30
	Total	3721,89	3388,07	800,59	786,79	1301,80	22,06	10021,20

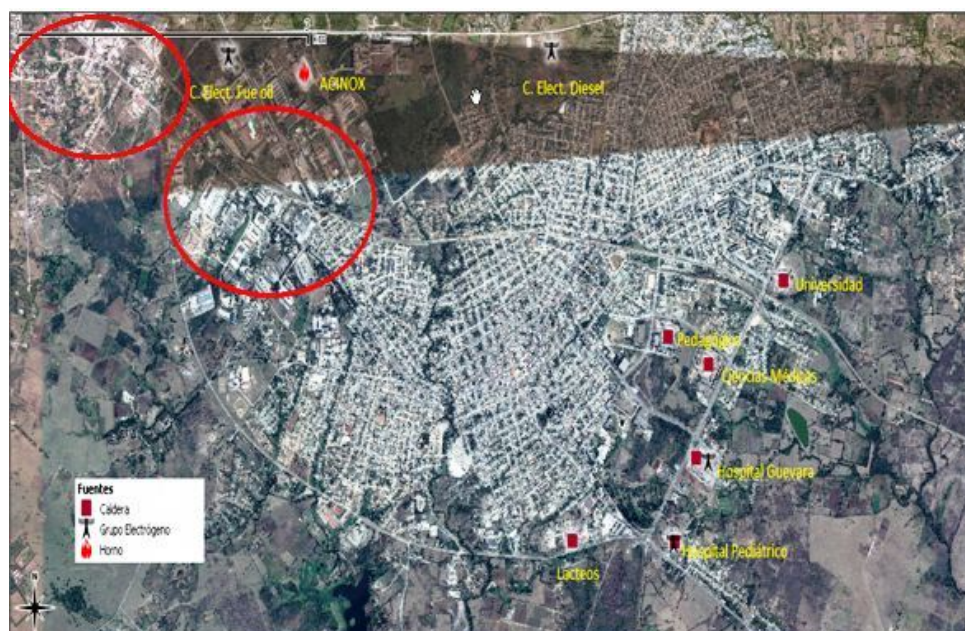


Figura 2. Zona de estudio

Tabla 2. Estimaciones de las emisiones de la empresa ACINOX 2007-2016 (ton/año)

Especies	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
NOx	84,76	84,99	88,51	0,00	93,45	104,21	96,91	96,86	0,01	86,35	80,36
SO2	2240,88	2246,90	2340,02	3,36	2470,61	2754,96	2562,04	2560,72	9,88	2282,87	2124,50
PM10	3595,30	3604,96	3754,36	8,66	3963,89	4420,10	4110,58	4108,46	25,44	3662,67	3408,58
PM2.5	3595,30	3604,96	3754,36	8,66	3963,89	4420,10	4110,58	4108,46	25,44	3662,67	3408,58
CO	5158,96	5172,83	5387,20	17,83	5687,86	6342,49	5898,35	5895,31	52,37	5255,63	4891,04
COVDM	11,81	11,85	12,34	0,00	13,02	14,52	13,51	13,50	0,00	12,03	11,20
H2S	1494,11	1498,13	1560,22	1,50	1647,29	1836,88	1708,25	1707,37	4,39	1522,11	1416,52

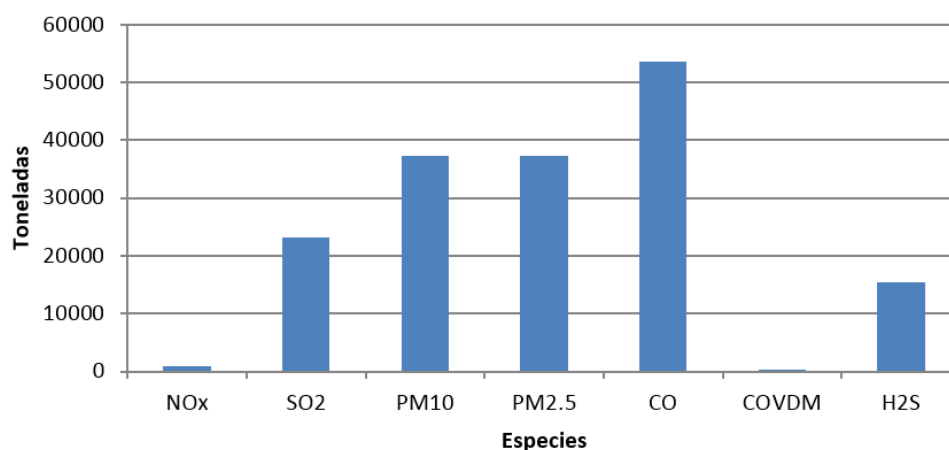


Figura 3. Emisión total en 10 años de ACINOX

### Comportamiento de las variables meteorológicas

Nuestra región se encuentra bajo la influencia del Anticiclón subtropical del Atlántico Norte, bajo la acción de los alisios. En el periodo seco somos afectados además por el Anticiclón

continental migratorio el que impone viento del norte al nordeste (Figura 6).

Se caracterizaron las variables temperatura, humedad relativa y velocidad del viento según la marcha diaria en el período 2017 (Figura 3-5).

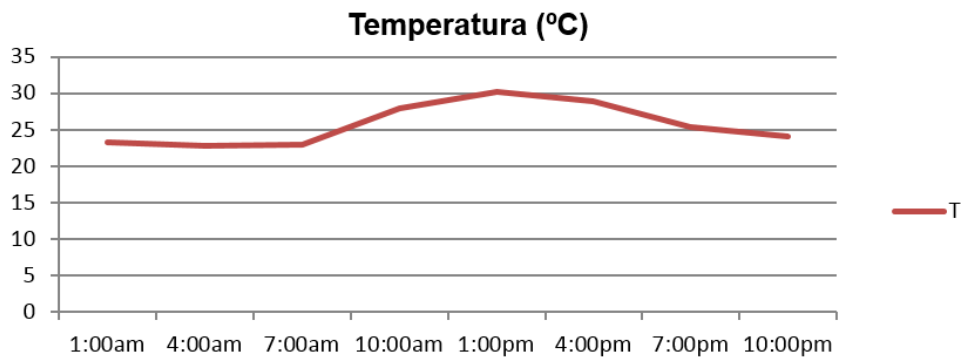


Figura 4. Marcha diaria de la temperatura

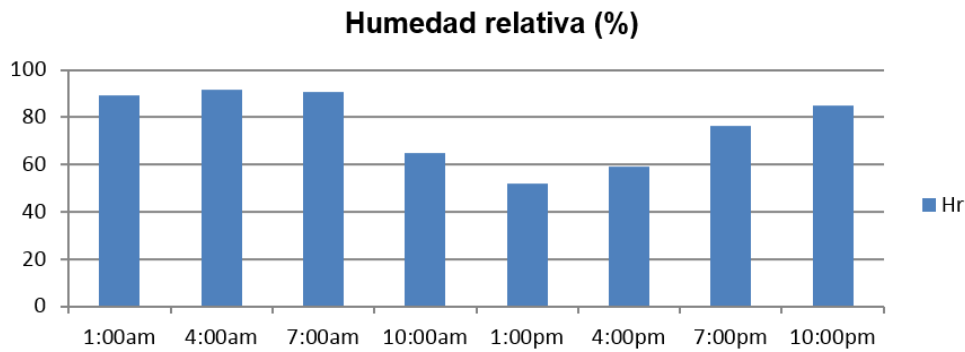


Figura 5. Marcha diaria de la humedad relativa

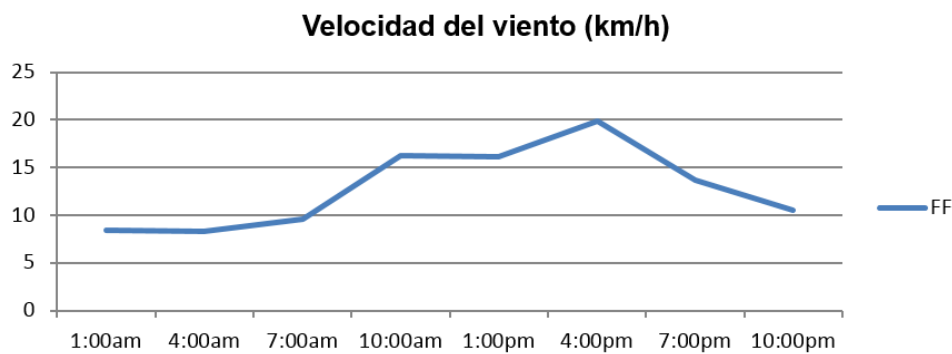


Figura 6. Marcha diaria de la velocidad del viento

**Descripción sinóptica de 23 al 25 de enero del 2017**

Se le hace un énfasis especial a la temporada invernal, ya que es en este período donde se registran los mayores valores de concentración de contaminantes del aire debido a las particularidades del tiempo y las variables meteorológicas, como puede ser la marcada estabilidad, valores bajos de la altura de la capa de mezcla, el registro de temperaturas mínimas notables, etc., al conjugarse determinadas características meteorológicas con las condiciones físico-geográficas del terreno. Cuesta (2014).

Se tomó como referencia la llegada del sexto sistema frontal a nuestro país en la temporada

2016-2017, como se muestra en las cartas de superficie (Figura 7 y 8).

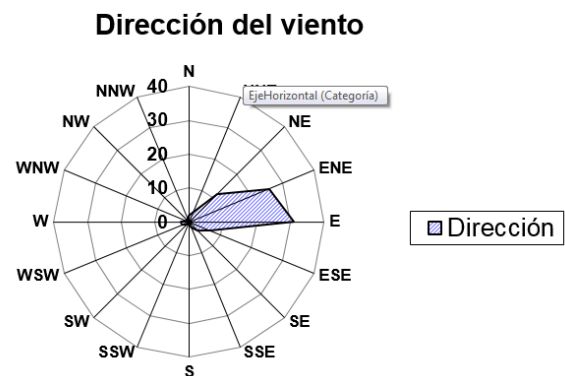


Figura 7. Dirección del viento

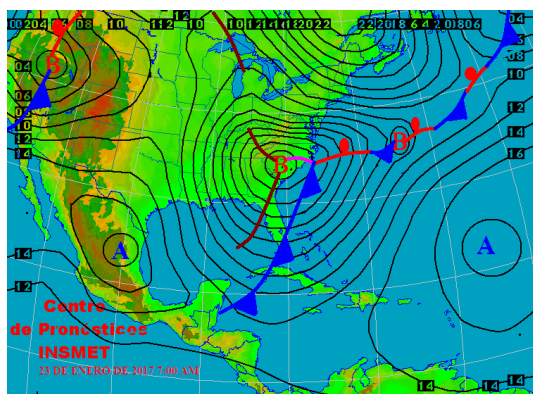


Figura 8. Mapa de Superficie 23-01-2017

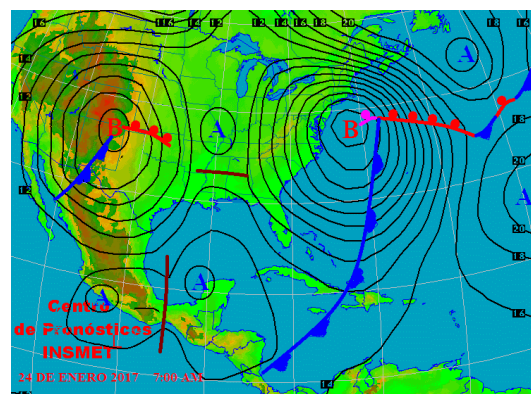


Figura 9. Mapa de Superficie 24-01-2017

- Llegada del 6° Frente Frío (clásico) de la temporada invernal 2016-2017.
- Los días caso de estudio, el viento giró por tercer cuadrante el primer día, luego por el cuarto y al final por el primer cuadrante.
- La velocidad del viento fue entre los 5 y 20 km/h.
- La nubosidad se mantuvo entre 1 y 6 octavos.
- Las temperaturas ligeramente frescas.
- Las precipitaciones fueron aisladas.

Se obtuvo el inventario de las emisiones de la Empresa Acinox en un periodo de 10 años, una de las fuentes fijas que más emiten en el municipio Las Tunas. Se caracterizó a través de la modelación la emisión de contaminantes en un periodo de un año y tres días como caso particular, a través de los modelos CALPUF, y AERMOD, lo que permitió conocer las características de los gases bajo la influencia de un sistema frontal.

- Como muestra la imagen en el transcurso del año caso de estudio, las concentraciones muestran un patrón del suroeste a sotavento de la fuente.
- Las zonas cercanas a los focos emisores (zona industrial) que están bajo los efectos de las inmisiones casi todo el año son el reparto Aguilera, y San Antonio del Cornito (Consejo Popular 15 y 17).
- Destacar que en esta zona existe un incremento poblacional.

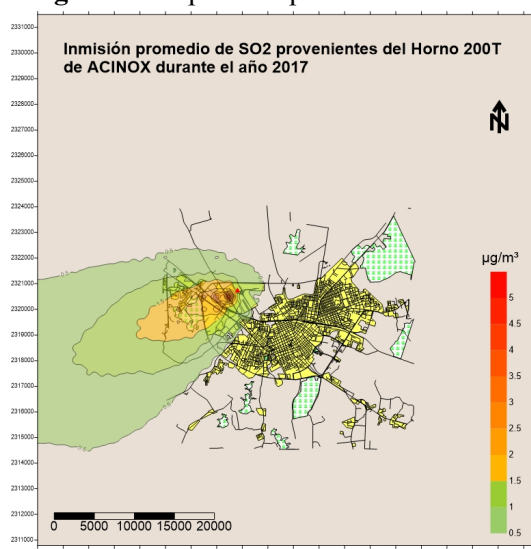


Figura 10. Inmisión total del Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) durante el 2017

Caso No. 1 (Figura 11)

Para la modelación de estos casos de estudio se analizó el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Como resultado se observa una alta variabilidad temporal en la dirección que adoptan los penachos de contaminantes, debido a los continuos rolamientos del viento en el horario de la tarde noche, lo que provoca una gran variabilidad en la dispersión de los contaminantes, además de la dispersión adicional generada por dicho rolamiento.

En este caso se observa el penacho con direcciones casi constantes (región noroeste al noreste a sotavento) y poco dispersos. Como se observa en esta zona casi no existen asentamientos poblacionales.

Caso No. 2 (Figura 12)

En este caso se observa el penacho (región este al suroeste a sotavento) y con gran dispersión, la inmisión afecta a toda la ciudad. Con valores de



hasta 9,5 microgramos por metros cúbicos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En este caso se observa el penacho hacia el suroeste con dispersión moderada.

Caso No. 3 (Figura 13)

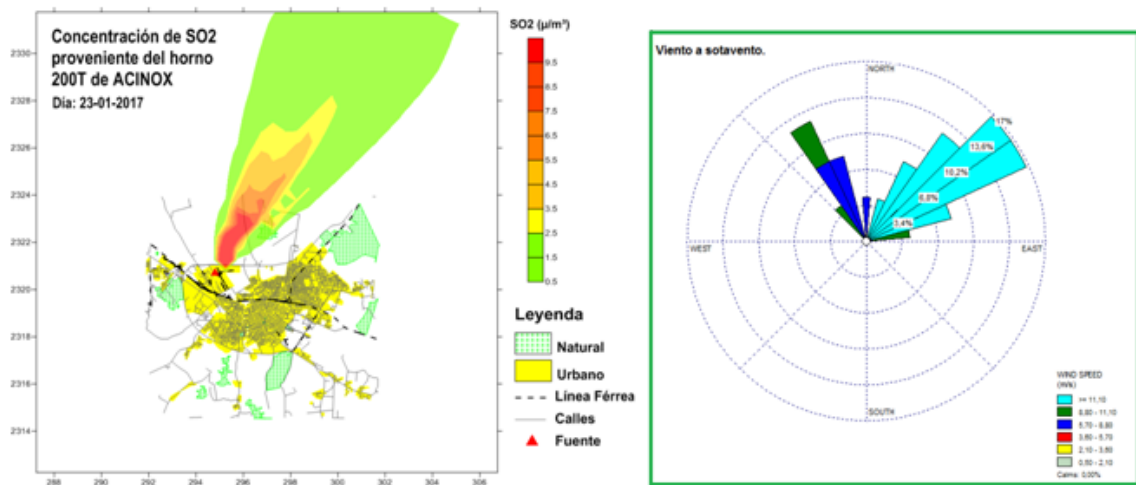


Figura 11. Simulación y comportamiento del viento a sotavento de la fuente para el día 23-01-2017

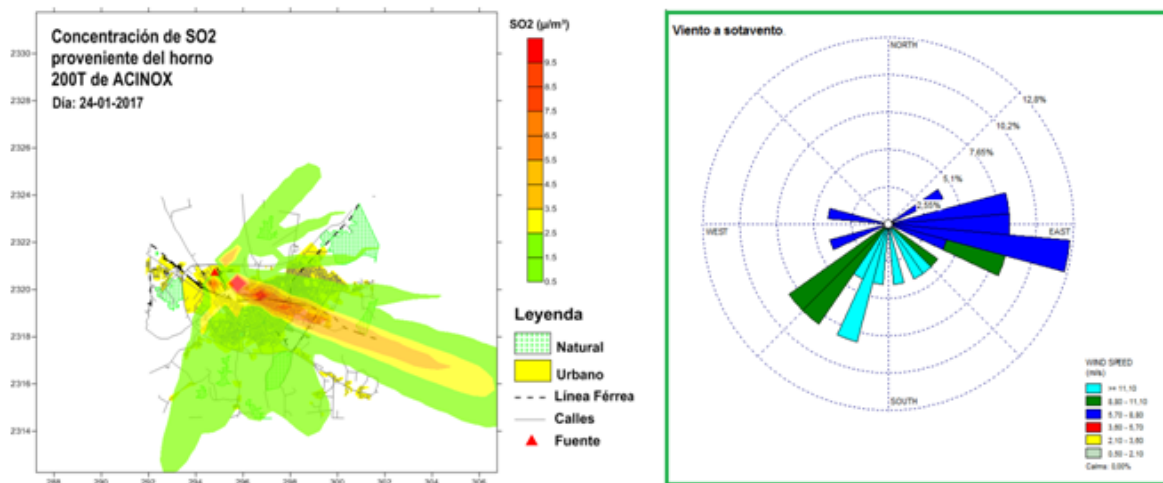


Figura 12. Simulación y comportamiento del viento a sotavento de la fuente para el día 24-01-2017

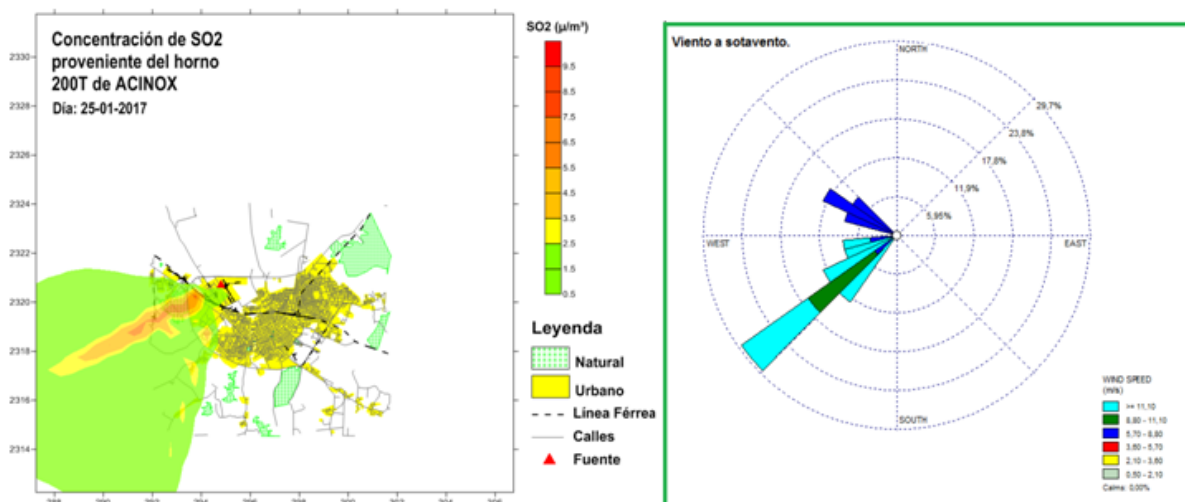


Figura 13. Simulación y comportamiento del viento a sotavento de la fuente para el día 25-01-2017

## CONCLUSIONES

1. Las fuentes contaminantes que más emiten en la ciudad de Las Tunas son Central eléctrica Fuel Oil Las Tunas, Empresa ACINOX Las Tunas y Central Eléctrica diesel Las Tunas con 9515,08 (ton/año).
2. Se logró estimar la emisión de la Empresa Acinox en un periodo de 10 años, donde el periodo de mayor emisión fue el 2012, siendo el Monóxido de Carbono (CO) y los Materiales Particulados (PM 2.5 y PM10) los más emitidos.
3. La zona ubicada al oeste y al sur suroeste a sotavento de las fuentes emisoras que más emiten son las más perjudicadas en cuanto a recepción de contaminantes, teniendo en cuenta que allí se encuentran asentamientos poblacionales, asociado a la acción de los vientos del nordeste al este (Reperto San Antonio, Aguilera y la misma zona industrial).
4. Cuando estemos bajo la acción de vientos del oeste noroeste al norte (bajo la influencia de un Anticiclón Continental o la llegada de un sistema frontal), la concentración afectaría toda la ciudad, al encontrarse la misma al sudeste de la fuente.

## REFERENCIAS

- Bello, I. O. 2018. "Acinox Las Tunas ya sueña con su nuevo laminador". *Periódico 26*, 1 March, Las Tunas, ISSN: 1606-4984, Available: <http://www.periodico26.cu>, [Consulted: March 2, 2018].
- Cabrera, C. M. L. 2006. Introducción a la gestión de la Calidad del Aire. call no. 583 - 2007, La Habana, Cuba.
- Carrillo, E.; Manso, R.; Sosa, C.; González, Y.; León, A.; Guevara, A.; González, C.; Boudet, D.; Amárala, M. & López, R. B. I. 2015. "Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990-2010". *CITMA/AMA/ Instituto de Meteorología. La Habana*.
- Chávez, J. M. O. 2013. *Otra vez récord productivo en Acinox- Las Tunas*. Radio Rebelde, Available: <http://www.radiorebelde.cu/noticia/otra-vez-record-productivo-acinox--tunas-20131222/>, [Consulted: April 3, 2017].
- Cuesta, O.; Aranda, A. C.; Jaime, Y. G.; Vitale, E. C.; Pérez, C. S.; Suárez, R. M.; Navarro, P. S.; Sánchez, A. V.; Jiménez, R. M.; Águila, L. B.; Lee, R. L.; Valdés, E. G.; García, G. M. & Saranova, A. A. 2012. *Inventario de emisiones de las fuentes fijas industriales de La Habana*. Resultado de Proyecto, no. Resultado 01, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología (INSMET).
- Enciclopedia Colaborativa Cubana EcuRed.d. "ACiNOX Las Tunas - EcuRed". In: *EcuRed*, Available: [https://www.ecured.cu/ACiNOX\\_Las\\_Tunas](https://www.ecured.cu/ACiNOX_Las_Tunas), [Consulted: April 3, 2017].
- Garcés, A. H. 2015. "Evaluación con el modelo CALPUFF de la dispersión de contaminantes atmosféricos en Cienfuegos". .
- Garcés, A. H.; Jáuregui-Haza, U.; González, J. A.; Casares-Long, J. J.; Saavedra-Vázquez, S.; Guzmán-Martínez, F. & Torres-Valle, A. 2016. "Aplicaciones del modelo lagrangiano de dispersión atmosférica CALPUFF". *Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 17(1): 32-44.
- Haynes, A. R. 2017. "Firma Acinox Las Tunas contrato con empresa rusa para construcción de un nuevo laminador". *Periódico 26*, 4 November, Las Tunas, ISSN: 1606-4984, Available: <http://www.periodico26.cu>, [Consulted: April 3, 2018].
- Jaime, Y. G. 2015. "Aspectos generales de la modelación de dispersión de contaminantes expulsados por fuentes fijas con el modelo AERMOD". .
- Oficina Nacional de Estadística e Información 2016a. *Anuario Estadístico de Cuba 2015*. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI).
- Oficina Nacional de Estadística e Información 2016b. *Anuario Estadístico de Las Tunas 2015*. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI).
- Oficina Nacional de Normalización 2004. *Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en*

- asentamientos humanos*. no. NC 111:2004, [Consulted: Junio 12, 2018].
- Oficina Nacional de Normalización 2014a. *Concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables*. no. NC 1020:2014.
- Oficina Nacional de Normalización 2014b. *Guía de datos tecnológicos para el inventario de emisiones de los contaminantes atmosféricos desde fuentes industriales estacionarias*. no. NC 1049:2014.
- Oficina Nacional de Normalización 2014c. *Metodología para modelar las afectaciones de la calidad del aire a escala local debido a las emisiones de contaminantes atmosféricos desde fuentes fijas*. no. NC 1059:2014.
- Oficina Nacional de Normalización 2017. *Emisiones máximas admisibles de contaminantes a la atmósfera en fuentes fijas puntuales de instalaciones generadoras de electricidad y vapor*. no. NC TS 803:2017.
- Pontificia Universidad Católica de Chile.n.d. *Modelación de la calidad del aire con el modelo de dispersión CALPUFF*. Educación Profesional Ingeniería UC, Available: <https://educacionprofesional.ing.uc.cl/?curso=modelacion-de-la-calidad>.
- Rodríguez, D.; Echevarría, L.; Cuesta, O.; Collazo, A.; Sánchez, A. & Gato, A. 2012. “Métodos teóricos para calcular parámetros tecnológicos de emisión de contaminantes atmosféricos producidos por fuentes fijas. Caso de estudio ciudad de Pinar del Río”. *Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 4: 19-30, ISSN: 1888-8550.
- Rodríguez, E. C. 2017. “Rompe récord productivo Empresa Acinox Las Tunas”. *Periódico 26*, 15 April, Las Tunas, Available: <http://www.periodico26.cu>, [Consulted: April 20, 2017].

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)