



Revista Cubana de Meteorología

ISSN: 0864-151X

ISSN: 2664-0880

Instituto de Meteorología

Portal-Castillo, Danelis  
Análisis de las emisiones provenientes de la Refinería Sergio Soto  
y su influencia en la calidad del aire en el municipio Cabaiguán  
Revista Cubana de Meteorología, vol. 24, Esp., e08, 2018  
Instituto de Meteorología

DOI: <https://doi.org/opn.to/a/gbl7R>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977487008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UDEM  
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## Análisis de las emisiones provenientes de la Refinería Sergio Soto y su influencia en la calidad del aire en el municipio Cabaiguán



### Analysis of emissions from Refinery Sergio Soto and its influence in air quality in Cabaiguan Municipality

<http://opn.to/a/gbl7R>

Dianelis Portal-Castillo <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Meteorológico Provincial, Sancti Spíritus, Cuba

**RESUMEN:** Con el objetivo de trazar las bases de una adecuada gestión ambiental en la provincia de Sancti Spíritus se realizó el inventario de las fuentes fijas provinciales de acuerdo a la Norma Cubana (NC: 1049-2014). Fueron identificadas y caracterizadas las fuentes emisoras más representativas, así como sus emisiones, logrando conocer sus características de dispersión. El objetivo esencial de este estudio es analizar los impactos a la calidad del aire que trae consigo el proceso de refinación de petróleo de la refinería Sergio Soto ubicada en el municipio de Cabaiguán en la provincia Sancti Spíritus, para sentar las bases para la elaboración de pronósticos de calidad del aire y la realización de estudios de impacto ambiental mediante el uso de técnicas informáticas.

**Palabras clave:** emisiones, calidad del aire, técnicas informáticas.

**ABSTRACT:** In order to lay the foundations for an adequate environmental management in the province of Sancti Spíritus, an inventory of the provincial fixed sources was carried out according to the Cuban Standard (NC: 1049-2014). The most representative emission sources, as well as their emissions, were identified and characterized, and their dispersion characteristics were known. The essential objective of this study is to analyze the air quality impacts of the oil refining process of the Sergio Soto refinery located in the municipality of Cabaiguán in Sancti Spíritus province, to lay the foundations for forecasting of air quality and the performance of environmental impact studies through the use of computer techniques.

**Keywords:** emissions, air quality, computer techniques.

\*Autor para correspondencia: Dianelis Portal-Castillo. E-mail: [dianelis.portal@ssp.insmet.cu](mailto:dianelis.portal@ssp.insmet.cu)

Recibido: 18/07/2018

Aceptado: 29/10/2018

## INTRODUCCIÓN

La Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán, es un consolidado donde se atiende la refinación, distribución de combustibles, lubricantes y el transporte de los mismos. La refinería en sus orígenes en el año 1947 se construyó en las afueras de la zona residencial del poblado de Cabaiguán, con el desarrollo urbanístico e industrial hoy se localiza cerca de la zona residencial, las viviendas más cercanas solo distan de ésta 20 ó 30 m, es por ello que las emanaciones gaseosas que se generan no solo afectan a los trabajadores sino a una importante masa poblacional lo que ha originado quejas de la población y multas a la entidad por la contaminación del aire, así como la intervención del Ministerio de Salud Pública y el gobierno con el objetivo de convocar a la empresa a la solución de estos problemas.

Durante el proceso de refinación del petróleo se generan emisiones de gases que provocan graves problemas medioambientales, debido a que en la unidad de destilación al vacío se generan compuestos, sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), causando este proceso la generación de gases, hidrocarburos volátiles además, olores desagradables y toxicidad siendo la causa originaria de enfermedades respiratorias y del agravamiento de las personas que padecen estas enfermedades. El crudo refinado en esta instalación presenta altos contenidos de azufre, ya que son crudos nacionales. Las fuentes principales de emisiones estacionarias a la atmósfera en la refinería son los equipos de combustión (hornos y calderas) que utilizan fuel oil y mezclas de estos con diésel en el proceso de generación de vapor. Estas pueden contener como contaminantes fundamentales:

- Compuestos Sulfurosos.
- Compuestos Nitrogenados.
- Compuestos Orgánicos Volátiles.
- Partículas Suspendidas.

- Monóxido de Carbono.
- Dióxido de Carbono.

El olor desagradable unido a la toxicidad de estos compuestos pueden ser una de las causas por las cuales aparezcan en la población enfermedades respiratorias o se agudicen las mismas, sin embargo no existe ningún estudio científico que evidencie las principales categorías de impacto relacionadas con estos contaminantes ([Consuegra, 2012](#)).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos analizados corresponden al inventario de emisiones de la Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán, fuente más representativa de este municipio.

El crudo refinado en esta instalación presenta altos contenidos de azufre, ya que son crudos nacionales. Las fuentes principales de emisiones estacionarias a la atmósfera en la refinería son los equipos de combustión (hornos y calderas) que utilizan fuel oil y mezclas de estos con diésel en el proceso de generación de vapor.

El contaminante analizado en el presente trabajo será el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) por ser el que más altos niveles de concentración que presenta. Luego de obtener el inventario de emisiones de la fuente se procedió a la modelación de la emisión con el modelo AERMOD.

El dióxido de azufre constituye uno de los agentes causantes el deterioro de monumentos históricos (mal de la piedra), induciendo igualmente alteraciones morfológicas y fisiológicas en los receptores vegetales. En estos últimos el SO<sub>2</sub>, tras penetrar por las estomas, causa daños en el mesófilo que conducen a la aparición de manchas necróticas de diferente color en función de la especie y la concentración. Estos daños, que afectan mayoritariamente a las hojas más jóvenes, se extienden en ambas caras (haz y envés), progresando desde la base hasta el ápice foliar ([Tarija, 2016](#)).

**Tabla 1.** Concentración de Contaminantes en emisiones de aire de la refinería Sergio Soto de Cabaiguán.

| Gases                                | Unidad          | Cantidad |
|--------------------------------------|-----------------|----------|
| Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) | gramos/segundos | 84.47    |

Fuente: Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán

**Tabla 2.** Efectos del dióxido de azufre sobre el hombre

| Concentración (ppm) * | Efectos agudos                                         |
|-----------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 - 6                 | Bronco constricción                                    |
| 3 - 5                 | Concentración mínima detectable por el olfato          |
| 8 - 12                | Irritación de la garganta                              |
| 12 - 20               | Irritación en ojos y tos                               |
| 50 - 100              | Concentración máxima para una exposición de 30 minutos |
| 400 - 500             | Mortal, incluso en exposición breve                    |

Fuente: Curso básico de Toxicología Ambiental. 1988. \* 1 ppm = 2856 µg/m<sup>3</sup>

La mayor parte de los efectos del SO<sub>2</sub> sobre el hombre están relacionados con la irritación del sistema respiratorio provocando la aparición de infecciones respiratorias agudas (IRA) y la ocurrencia de crisis agudas de asma bronquial (CAAB). El dióxido de azufre es muy soluble en agua, por lo tanto, su exposición irrita rápidamente las mucosas de la nariz, boca, faringe y bronquios. Adicionalmente también irrita las vías respiratorias reduciendo a su vez la capacidad pulmonar, causando ronquera, respiración entrecortada y presión del pecho. Estos efectos aumentan con el ejercicio. Los asmáticos son mucho más sensibles a la exposición de dióxido de azufre que el resto de una comunidad. Algunos estudios muestran respuestas críticas a la exposición de dióxido de azufre por 10 minutos a concentraciones de alrededor de 1 000 µg/m<sup>3</sup> y respuestas crónicas a las exposiciones a largo plazo hacia niveles de 100 µg/m<sup>3</sup> o más, OMS (1997). Sobre la base de las evidencias de la exposición a corto plazo del dióxido de azufre, la OMS recomienda que no se deba exceder el valor de 500 µg/m<sup>3</sup> por períodos promedios de diez minutos. Los estudios de exposición a largo plazo de dióxido de azufre en la población, muestran que el número de visitas diarias al médico aumentaron en un 10 por ciento para un promedio de aumento diario de 100 µg/m<sup>3</sup>, siendo las visitas por enfermedades respiratorias las que aumentaron más rápidamente, OMS (1992).

Los modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA) son modelos estadísticos, utilizados en el análisis de series de tiempo, que utilizan variaciones y regresiones de datos estadísticos con el fin de encontrar patrones para una predicción hacia el futuro. Se trata de un modelo dinámico de series temporales, es decir,

las estimaciones futuras vienen explicadas por los datos del pasado y no por variables independientes ([Brooks, 2008](#)). La función `auto.arima` de la librería `forecast` de R, proporciona una opción rápida para construir pronósticos con series temporales, debido a que evalúa entre todos los posibles modelos, al mejor modelo considerando diversos criterios: estacionariedad, estacionalidad, diferencias. La función `auto.arima` devuelve el posible mejor modelo de entre todos los modelos y realiza transformaciones de la variable de ser el caso que no sea estacionaria; adicionalmente, evalúa presencia de estacionalidad en la serie.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

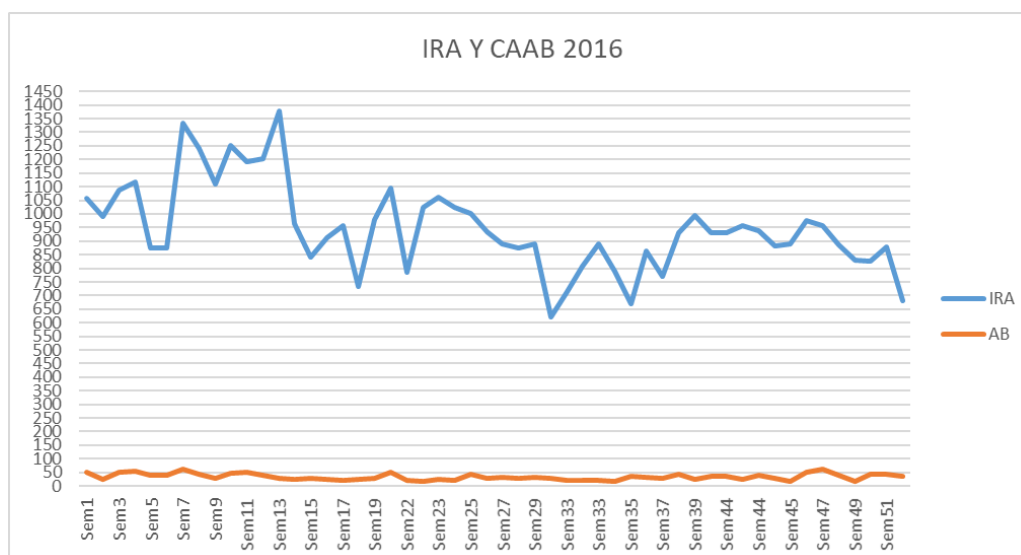
Para analizar los prejuicios causados a la salud humana por el SO<sub>2</sub> utilizaremos la base de datos del [2016 del Departamento de Estadísticas de la Dirección Provincial de Salud Pública de Sancti Spiritus](#).

En la figura anterior es posible observar el comportamiento de las IRA y de CAAB durante todo el año 2016, expresados los datos por semanas estadísticas método que es utilizado por Salud Pública. Para el estudio fueron tomados los datos mostrados en la [Tabla 3](#) por ser los de dos semanas donde se evidenciaron altos niveles de ocurrencia de IRA y CAAB.

**Tabla 3.** Ejemplos de reportes de IRA y CAAB

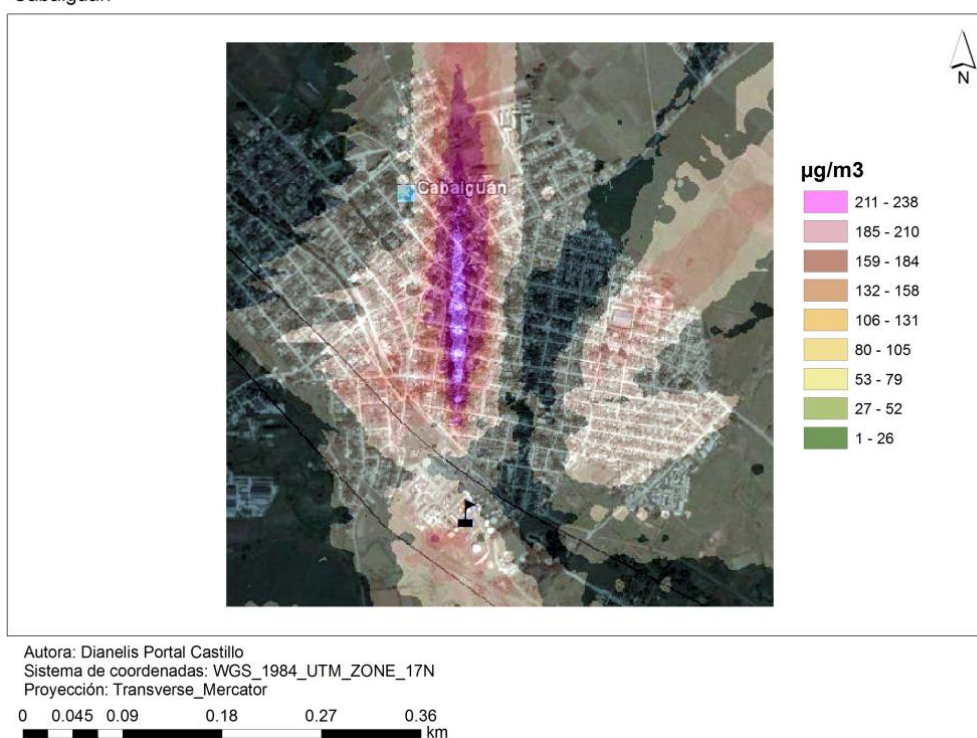
| Fechas       | Semana | IRA   | AB   |
|--------------|--------|-------|------|
| 14-20/2/2016 | Sem7   | 1332  | 60   |
| 6-12/3/2016  | Sem10  | 1251  | 48   |
|              | Anual  | 49283 | 1739 |

Se procedió a la modelación de SO<sub>2</sub> de los días relacionados en la [Tabla 3](#) mediante el modelo Aermod, obteniendo los siguientes resultados.



**Figura 1.** Reporte de IRA y CAAB 2016, Cabaiguán

Cabaiguán



**Figura 2.** Modelación de la dispersión del SO<sub>2</sub> de la semana 7

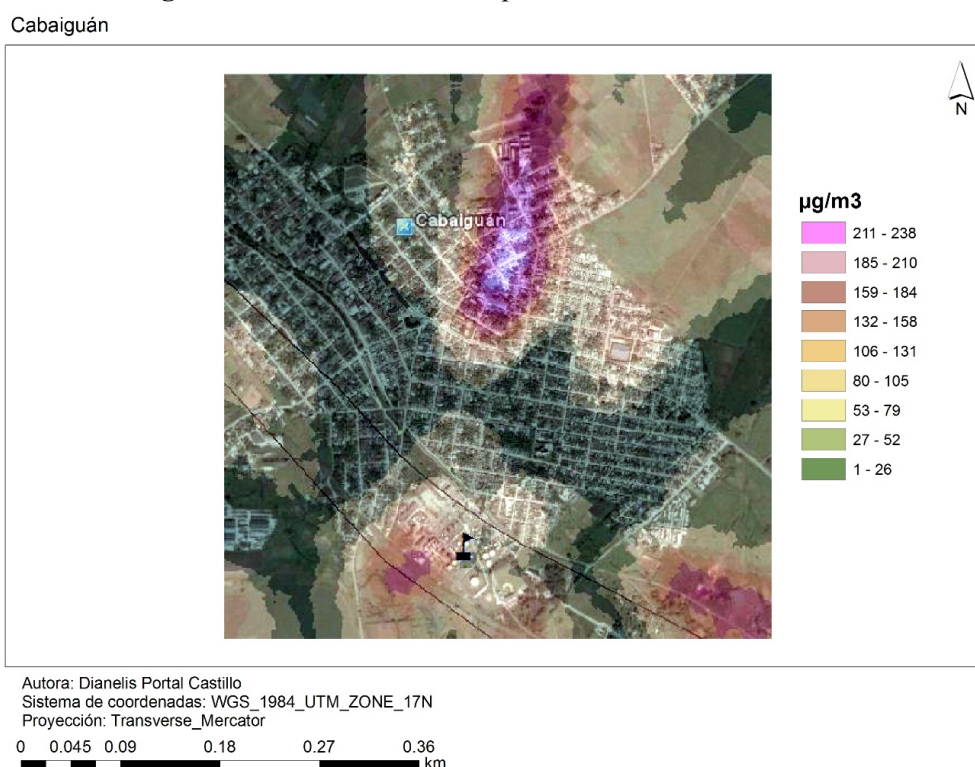
Se observa que la dispersión de SO<sub>2</sub> ocurre principalmente hacia la trama urbana del municipio incidiendo en la aparición de IRA y en la ocurrencia de CAAB. Con estos datos obtenidos se procedió al análisis de las mismas mediante el uso de paquetes del lenguaje R para sentar las bases para la elaboración de pronósticos de calidad del aire. Fue utilizada la función `auto.arima` de R: ya que proporciona una opción rápida para construir pronósticos con series temporales, debido a que evalúa entre

todos los posibles modelos, al mejor modelo considerando diversos criterios: estacionalidad, diferencias, entre otras. Cuando se pronostica con un modelo ARIMA simple, este usa valores pasados de la serie de tiempo de estudio para predecir valores futuros. Este tipo de modelo es recomendado para hacer predicciones a corto plazo porque la mayoría de ellos ponen mayor énfasis en el pasado reciente que en el pasado distante (Aguado, 2016). En el caso de estudio es posible observar que el uso de este tipo de





**Figura 3.** Modelación de la dispersión del SO<sub>2</sub> de la semana 10

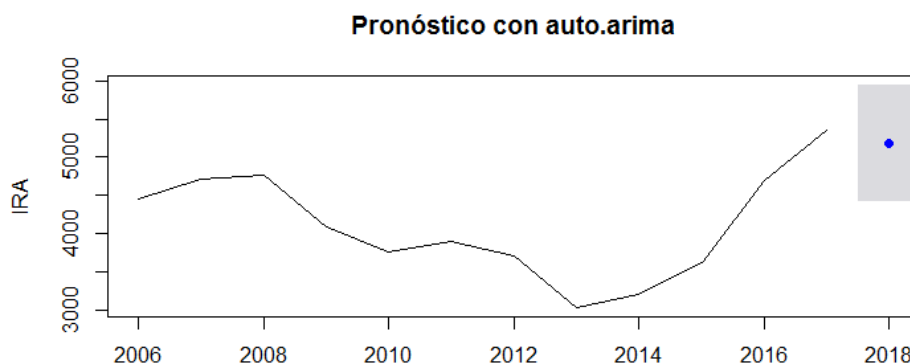


**Figura 4.** Modelación de la dispersión del SO<sub>2</sub> anual

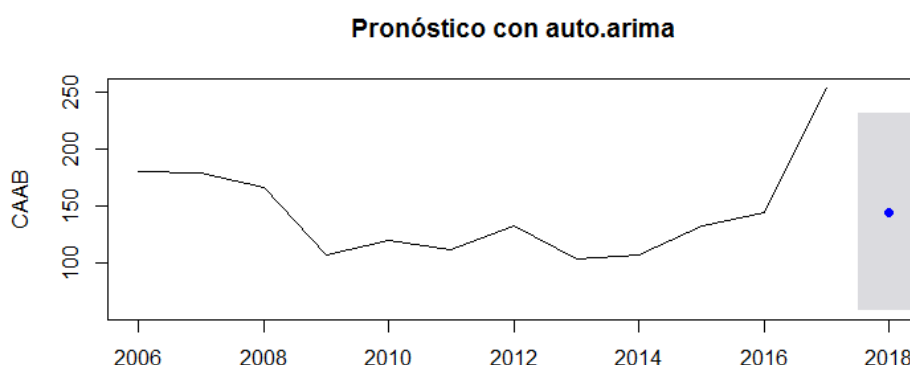
modelos indica la tendencia al aumento de casos de IRA y de CAAB

La función auto.arima es más una ayuda que un instrumento final, debido a que es necesario que cada quien, evalúe las series en estudio paso a paso, y en base a la experiencia y a lo que dicta

la teoría econométrica (estacionalidad, evaluación del modelo, capacidad predictiva, stress testing, entre otros.), se elaboren los modelos. De todas formas, la función auto.arima no deja de ser útil y de fácil entendimiento.



**Figura 5.** Análisis de la serie temporal de IRA



**Figura 6.** Análisis de la serie temporal de CAAB

## RECOMENDACIONES

Se considera necesario la introducción de técnicas y herramientas de aprendizaje multinstancia y aprendizaje multi-etiqueta para lograr una mayor explotación de los datos existentes como podrían ser los paquetes de R

- milr: realiza una regresión logística de datos multinstancia con la técnica Lasso Penalty
- mlr: realiza análisis, exploración y manipulación de conjuntos de datos multietiquetas.

## CONCLUSIONES

Las emisiones de SO<sub>2</sub> de hornos y calderas de la Refinería Sergio Soto en el período estudiado causan efectos negativos a las zonas aledañas a dicha planta. Este efecto negativo se potencia por el olor desagradable y penetrante que es comúnmente percibido por la población.

Contaminantes como el SO<sub>2</sub> minan nuestra salud de una manera silenciosa, se sabe que estos contaminantes existen, sin embargo, no se puede hacer mucho por evitarlos, ya que son gases que se respiran junto con el oxígeno que se necesita para vivir. Este gas en especial, suele desatar ataques de asma y todo tipo de enfermedades respiratorias.

## REFERENCIAS

- Aguado-Rodríguez, G. Javier et al. Predicción de variables meteorológicas por medio de modelos ARIMA. *Agrociencia* [online]. 2016, vol.50, n.1 [citado 2018-11-19], pp.1-13. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952016000100001&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000100001&lng=es&nrm=iso) . ISSN 1405-3195.

- Albert, L. A.: "Curso básico de toxicología ambiental". ECO/OPS, Metepec, México. 1988.
- Brooks, C. 2008. Introductory econometrics for finance. 2a ed. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 648 p.
- Carslaw, D.C. and Kart Ropkins, (2012) openair- an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.
- Datos históricos 2016. Departamento de Estadísticas de la Dirección Provincial de Salud Pública de Sancti Spíritus
- Rodríguez Consuegra, C. 2012. Análisis de Ciclo de Vida en la refinería "Sergio Soto" del municipio Cabaiguán, provincia Sancti Spíritus. Universidad Central "Marta Abreu " de Las Villas.
- El dióxido de azufre y sus efectos sobre plantas <http://cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu1.pdf>
- R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- 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.
- OPS/OMS: "Oxidos de azufre y partículas en suspensión". Criterios de Salud Ambiental 8. Publicación científica No. 424, Washington, 1982.
- TARIJA, G. A. D. D. T. Y. G. A. M. D. 2016. Auditoría De Desempeño Ambiental Sobre La Contaminación Atmosférica En La Ciudad De Tarija. Informe De Auditoría Ambiental K2/ AP04/O15-E1.

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/)