

Incidence of changes in land use on nitrogen dynamics using the LOTOS-EUROS model for the Aburra Valley

Sanchez-Aguirre, Andres; Zapata-Correa, Juliana; Lopez-Restrepo, Santiago; Yarce-Botero, Andres; Pinel, Nicolas

DOI

[10.1109/CASAP54985.2021.9703433](https://doi.org/10.1109/CASAP54985.2021.9703433)

Publication date

2021

Document Version

Final published version

Published in

8th Congreso Colombiano y Conferencia Internacional en Calidad de Aire y Salud Publica, CASAP 2021 - Proceedings

Citation (APA)

Sanchez-Aguirre, A., Zapata-Correa, J., Lopez-Restrepo, S., Yarce-Botero, A., & Pinel, N. (2021). Incidence of changes in land use on nitrogen dynamics using the LOTOS-EUROS model for the Aburra Valley. In E. A. L. Barrera (Ed.), *8th Congreso Colombiano y Conferencia Internacional en Calidad de Aire y Salud Publica, CASAP 2021 - Proceedings* IEEE. <https://doi.org/10.1109/CASAP54985.2021.9703433>

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Green Open Access added to TU Delft Institutional Repository

'You share, we take care!' - Taverne project

<https://www.openaccess.nl/en/you-share-we-take-care>

Otherwise as indicated in the copyright section: the publisher is the copyright holder of this work and the author uses the Dutch legislation to make this work public.

Incidence of changes in land use on nitrogen dynamics using the LOTOS-EUROS model for the Aburrá Valley

1st Andrés Sánchez-Aguirre
Programa de biología
departamento de ciencias
Universidad EAFIT
Medellín, Colombia
asanch70@eafit.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-9200-6113>

2nd Juliana Zapata-Correa
Programa de biología,
departamento de ciencias
Universidad EAFIT
Medellín, Colombia
jzapat51@eafit.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-9192-5986>

3rd Santiago López-Restrepo
Department of Applied
Mathematics
TU Delft
Delft, Países Bajos
slopezr2@eafit.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-7637-1575>

4th Andrés Yarce-Botero
Department of Applied
Mathematics
TU Delft
Medellín, Colombia
ayarceb@eafit.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-1441-2367>

5th Nicolás Pinel
Biodiversidad, Evolución
y Conservación BEC
Universidad EAFIT
Medellín, Colombia
npinel@eafit.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-1304-3096>

Abstract—The change in land use promotes climate change and the loss of diversity, producing effects on the atmosphere, ecosystems and human health. Land use change scenarios, together with transport chemistry models (CTM) are effective tools to analyze the causes and consequences of atmospheric dynamics in various spatial or temporal scenarios. The objective is to evaluate the variables of dry deposition of NO_y and surface concentration of NO_x, calculated by the LOTOS-EUROS transport chemistry model, in different proposed city scenarios in the Aburrá Valley (AMVA), generating an approximation to evaluate and predict the consequences of the cover changes on the atmospheric dynamics of nitrogen in the AMVA and its possible effect on the surrounding ecosystems from a modeling perspective. A land use classification was made with the 23 categories of Global Land Cover (GLC) for Colombia resolution (0.3km * 0.3km), additional, this was modified using the QGIS program and the image © 2015 Google satellite in order to correct the classifications for important intra-urban, peri-urban and rural areas, proposing 6 hypothetical city scenarios on which LOTOS-EUROS were implemented, performing the analyzes with the MATLAB Software. The quantitative results show that the model has a good sensitivity to small changes, although quantitatively they do not seem to be significant, qualitatively if it has different behaviors in NO_y and NO_x. The nitrogen deposition that the urban area contributes to the surrounding ecosystems of the valley is verified depending on the scenarios proposed. Land uses with a wooded or mixed tree cover seem to have a barrier behavior, preventing nitrogen deposition, and urban or artificial land uses seem to increase deposition. According to what has been documented, it can have both a negative and positive effect, although there are more arguments to consider that there are more negative ones, highlights the little documentation in this regard for the tropical zone. The results suggest that the nitrogen deposition and transport dynamics for AMVA can hardly be generalized, since each scenario behaves differently. The resulting deposition prediction will be useful to define retention strategies for nitrogenous compounds coming out of the AMVA, for the conservation and protection of natural ecosystems in the interior and outskirts of the valley on which there is a high contribution of nitrogen.

Keywords—Land Use, LOTOS-EUROS, Transport chemistry model, Air quality, Changes in land use, Valle de Aburrá, Nitrogen Deposition and transport.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, gran parte de la población habita en la ciudades, cifra que tiende a aumentar, lo que implica un incremento en la demanda de los recursos para alimentación, vivienda, transporte, etc. [1], [2]. Las urbes se convierten en los mayores focos de contaminación y fragmentación de hábitat, convirtiéndose en un objetivo importante para las ciencias de la conservación [3]–[6]. Al alterar y fragmentar estas áreas verdes, aumentan las emisiones de partículas y gases contaminantes a la atmosfera, afectando la calidad del aire y generando efectos adversos sobre la salud y bienestar de la población [7], causando además efectos negativos sobre los ecosistemas aledaños [8]. Uno de los mayores efectos producidos por el cambio del suelo es el aumento de ciertos contaminantes como óxidos de nitrógeno NO_x y compuestos orgánicos volátiles (COV) [9]. Las altas concentraciones de ozono troposférico tienen un efecto negativo sobre la salud humana, animal y comunidades vegetales naturales [9]–[11]. Los principales focos de emisión de los compuestos nitrogenados están relacionados con las actividades agropecuarias, como cultivos y ganadería y la ignición de combustibles fósiles utilizados transporte y la industria [12]. Tal ha sido la magnitud del impacto antropogénico que la cantidad de nitrógeno se ha duplicado en el último siglo [10], provocando una cascada de efectos ambientales como formación de ozono troposférico, la acidificación, eutrofización de ecosistemas y cambios en riqueza y diversidad de especies [13], [14].

El aumento de los cambios del uso del suelo de los ecosistemas y urbanización ha sido fenómeno en constante aumento en las ciudades en los últimos años [4], [15], [16]. Tal es el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), Colombia, en donde el crecimiento de la población e industrialización ha generado grandes transformaciones en su territorio, debido a que allí habita aproximadamente del 53-

58% de la población del departamento de Antioquia [17], [18]. Las altas concentraciones de material particulado han conllevado al incremento de las crisis ambientales de calidad del aire en el AMVA, relacionadas también con el ciclo de lluvias dictado por el paso de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) [19], además de diversos factores como la topografía, meteorología, usos del suelo y el aumento de emisiones provenientes de las fuentes fijas y móviles [20].

Se han realizado estudios en los que se relacionan variables de usos del suelo con diferentes temas relacionados con transporte atmosférico [17], [21], [22], que sugieren que el flujo de contaminantes tiene una fuerte dependencia del uso de coberturas que a su vez está relacionado con los usos del suelo. Teniendo en cuenta el aumento de compuestos nitrogenados en el AMVA, la dinámica atmosférica y el flujo de contaminantes que dependen de los usos del suelo, se pretende evaluar el efecto sobre la deposición simulada de compuestos nitrogenados (NO_x y NH_y) por medio del modelo de química de transporte LOTOS-EUROS, en escenarios de cambios de usos de suelo para el AMVA.

II. MATERIALES Y METODOS

A. Área de estudio

El trabajo se enfocó en el Área metropolitana del Valle de Aburrá. Esta área está atravesada por una importante fuente hídrica, conocida como río Medellín o Aburrá y está compuesta por 10 municipios.

B. Mapas Usos del Suelo

El uso del suelo hace referencia a la cobertura y es un indicador biofísico que describe los materiales que cubren un territorio [23]. La clasificación de usos del suelo utilizada son las categorías de Global Land Cover (GLC) a una resolución de 300m x 300m utilizada anteriormente por Yarce-Botero, López-Restrepo, et al., unpublished (Mapa Base) [24]. Se obtuvieron total de 6 escenarios modificados, además del Mapa Base y la corrección del mapa de usos del suelo para el Valle de Aburrá realizada con base en la imagen satelital ©2015 Google satélite (Mapa corregido). Los escenarios se eligieron según la importancia ecológica que representan o pueden representar y proyectos contenidos dentro del plan de ordenamiento territorial AMVA 2022. Los Mapas de Usos del suelo para los escenarios se elaboraron en el Software QGIS con el plugin Serval, las pruebas estadísticas y gráficos se realizaron en el software MATLAB. Se analizaron las diferencias entre cada uno de los escenarios vs Mapa corregido y Mapa base vs Mapa corregido, a los resultados del modelo se realizaron promedios semestrales, mensuales y semanales.

C. Lotos Euros

El modelo de transporte químico (CTM por sus siglas en inglés) LOTOS-EUROS (LE), tiene como finalidad la simulación de la dinámica de varios compuestos atmosféricos [25]–[27]. Se utilizó el supercomputador APOLO de la universidad EAFIT, permitiendo realizar varias simulaciones de un dominio anidado de alta resolución (1km x 1km) para un modelo regional de este tipo. La configuración del LE para las simulaciones realizadas se elaboraron con base en Lopez-Restrepo [20], es importante aclarar que todos los escenarios

usan exactamente el mismo inventario de emisiones, pese a que los cambios en el uso del suelo pueden cambiar las emisiones, no se consideró en este trabajo y queda como propuesta para un trabajo futuro. Se realizaron un total de 8 simulaciones (6 escenarios, Mapa Base, Mapa Corregido) y se analizaron dos variables de salida de modelo LE la deposición seca de NO_y (Fig. 1) y la concentración superficial de NO_x (Óxidos de nitrógeno) (Fig. 2), que nos dan idea de la deposición de nitrógeno y transporte de nitrógeno respectivamente. Estos archivos de salida contienen promedios diarios durante 180 días.

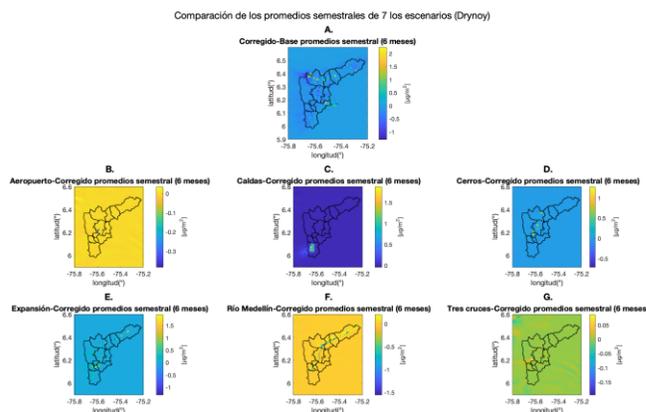


Fig. 1. Comparación de promedios semestrales deposición (NO_y) para los escenarios.

III. ESCENARIOS DE CAMBIOS

En cuanto a los resultados de los promedios se observa una gran diferencia en las magnitudes de la concentración para cada una de las variables al realizar el promedio sea semestral, mensual o semanal, pero no hay mucha diferencia de los promedios intersemanal o intermensual para cualquiera de las dos variables.

A. Escenario Cerros

Se propuso un escenario en que la zona urbana del municipio de Caldas, el municipio más al sur del Valle de Aburrá, nacimiento de la cuenca del Río Medellín, con buena cobertura natural de la cuenca alta del Río, se expande [29]. En este escenario se observó un aumento en la deposición seca y cambios en la concentración superficial regido por la dinámica de los vientos dentro del valle. La conformación del municipio con un casco urbano central (ubicado en el centro del municipio) parece generar que los compuestos nitrogenados sean atrapados por las coberturas en las zonas periurbanas y rurales (periferias), facilitando la deposición al interior de la zona urbana (Fig. 1-C, Fig. 2-C), como una barrera, lo cual destaca la gran importancia de conservar estas coberturas alrededor del municipio.

B. Escenario Tres Cruces

El cerro de las tres cruces se encuentra en la parte suroccidental de la ciudad de Medellín, su uso actual es de pastos, el objetivo de elegir este escenario como un posible cambio, es poder observar el comportamiento del modelo cuando se reforestan este tipo de espacios. Los resultados sugieren que áreas periurbanas pequeñas poseen un efecto marcado en el transporte de contaminantes hacia y fuera del

Valle (Fig. 2-G). Replicar este tipo de iniciativas a los alrededores es importante, debido a que pueden funcionar como escudo para ayudar a disminuir la carga de nitrógeno en ecosistemas sensibles a las afueras del Valle de Aburrá.

C. Escenario Río Medellín

La cuenca del río Medellín o Aburrá nace en el municipio de Caldas y atraviesa todos los municipios del Valle de Aburrá, debido a que el desarrollo del Valle de Aburrá se dio alrededor de esta, generando una alta deforestación en su cuenca y contaminación [29]. Este escenario, intenta recrear una visión de ciudad construida desde 2014 con la creación de los megaproyectos de Parques del Río Medellín. Se propuso este escenario para mostrar la importancia que puede significar para el valle el articular este tipo de iniciativas a lo largo de toda la cuenca. Como resultado, se pudo observar una mayor deposición en los alrededores de las áreas modificadas en comparación con la deposición al interior de estas (Fig. 1-F), esto explica porque es más apreciable la disminución del transporte del nitrógeno a lo largo de la cuenca. Este resultado obtenido sugiere que realmente dicho escenario de ciudad puede ayudar a disminuir considerablemente el aporte de nitrogenados a los alrededores del Valle de Aburrá o ecosistemas aledaños.

D. Escenario Expansión

Se planteo en base a la capa de clasificación de usos del suelo del AMVA, en dicha capa la clasificación se restringe a zona urbana, rural y expansión. La zona de expansión es una zona amortiguadora entre lo urbano y lo rural, esta restringe la expansión urbana en el AMVA. El objetivo fue observar el comportamiento del modelo de transporte en un escenario futuro, en el cual la expansión urbana pueda llegar a tal punto de establecerse en los límites y ocupar la zona de amortiguadora. En este escenario la disminución que se observa en cuanto al transporte superficial (Fig. 2-E) es explicada por el gran aumento de deposición en magnitud al interior de la zona urbana, debido al aumento de la superficie urbana que facilita la deposición de los compuestos nitrogenados.

E. Escenario Aeropuerto

Es un escenario que se basa en la conversión del Aeropuerto Olaya Herrera ubicado en la zona central de la ciudad a un parque público (Cobertura vegetal). Se observa una disminución de la deposición seca (Fig. 1-B) y un aumento del transporte (Fig. 2-B), resultados que posiblemente pueden ser atribuidos a la configuración lineal del área, así como su ubicación dentro del área urbana del valle.

Comparación de los promedios semestrales de 7 los escenarios nox

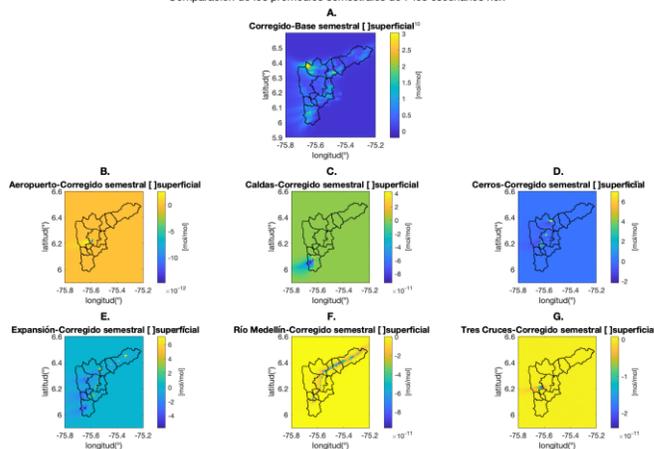


Fig. 2. Comparación de promedios semestrales transporte (NOx) para los escenarios.

Para cada conjunto de datos las pruebas estadísticas arrojaron que los datos no corresponden a una distribución normal (prueba lilliefors y gráficos normalidad), las muestras no eran significativamente diferentes (Prueba no paramétrica de Wilcoxon), para ninguno de los escenarios, esto se debe posiblemente a que el dominio utilizado fue muy grande, por lo que se realizaron una serie de subdominios con el fin de observar si las diferencias eran significativas en una escala local donde había mayor número de cambios para cada uno de los escenarios, pero los resultados del test también arrojaron que las muestras no eran significativamente diferentes. Pese a que estadísticamente no eran diferentes, cualitativamente se observan marcadas diferencias para cada escenario.

IV. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El modelo a pesar de una resolución máxima de 1km x 1km, tiene alta sensibilidad, lo que facilita que la herramienta pueda ser utilizada para monitoreo de deposiciones en el valle u otras zonas que lo requieran. Los cambios en usos del suelo que resultan ser más sensibles para el caso del Valle de Aburrá en términos de deposición cuando se localizan en las zonas central y periurbana, pero, el comportamiento de la deposición para el Valle de Aburrá difícilmente puede ser generalizado, es importante realizar este mismo rastreo y actualización de usos del suelo para alrededores y fuera del valle, debido que es posible que las nuevas zonas de industrialización y acelerado cambio del paisaje como el oriente antioqueño, pueden tener un impacto grande hacia el interior del valle, se pueden estar subestimado los resultados de carga de nitrogenados que aporta el Valle de Aburrá a ecosistemas vulnerables (Fig. 1-A, Fig. 2-A) [30], por lo cual se sugiere una nueva corrida del modelo a escala regional usando otra actualización de los mapas de usos de suelos.

El escenario Caldas deja en evidencia la fuerte necesidad de conservar las áreas boscosas a los alrededores del casco municipal, ya que esta retiene en gran medida las deposiciones, igualmente pasa con el escenario del Río Medellín, ya que evidencia que es posible disminuir a la cantidad de nitrógeno transportado fuera del valle. Para mejorar la predicción del

modelo es necesaria una actualización de los parámetros utilizados en el modelo LE para la deposición seca, actualizar el inventario de emisiones y actualización de las especies vegetales (colombianas) asociadas a cada uso del suelo que utiliza el modelo para las emisiones biogénicas

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos ellos que han hecho posible que este trabajo llegará a culmino.

REFERENCIAS

- [1] M. D. P. Arroyave Maya, M. I. Posada Posada, D. J. Nowak, and R. E. Hoehn, "Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá," *Colomb. For.*, vol. 22, no. 1, pp. 5–16, 2018, doi: 10.14483/2256201x.13695.
- [2] Royal Society, *Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications*, no. October. 2008.
- [3] M. Alberti, J. Marzluff, E. Schulenberge, G. Bradle, C. Ryan, and C. Zumbunne, "integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems.," *Bioscience*, vol. 53, no. 12, pp. 1169–1179, 2003.
- [4] D. Hope *et al.*, "Socioeconomics drive urban plant diversity," *Urban Ecol. An Int. Perspect. Interact. Between Humans Nat.*, vol. 100, no. 15, pp. 8788–8792, 2003, doi: 10.1007/978-0-387-73412-5_21.
- [5] C. Kremen and A. M. Merenlender, "Landscapes that work for biodiversity and people," *Science (80-.)*, vol. 362, no. 6412, 2018, doi: 10.1126/science.aau6020.
- [6] J. Padullés Cubino, J. Vila Subirós, and C. Barriocanal Lozano, "Biodiversidad Vegetal Y Ciudad: Aproximaciones Desde la Ecología Urbana," *Boletín la Asoc. Geógrafos Españoles*, vol. 68, pp. 83–107, 2015.
- [7] A. González-Pantoja, "Evaluación de la remoción de contaminantes atmosféricos y la captura de carbono por parte de los Cerros Nutibara y Volador de Medellín," UNIVERSIDAD EIA, 2019.
- [8] Y. Serengil *et al.*, "Adaptation of forest ecosystems to air pollution and climate change: A global assessment on research priorities," *JForest*, vol. 4, no. APRIL, pp. 44–48, 2011, doi: 10.3832/for0566-004.
- [9] J. B. Beltman, C. Hendriks, M. Tum, and M. Schaap, "The impact of large scale biomass production on ozone air pollution in Europe," *Atmos. Environ.*, vol. 71, pp. 352–363, 2013.
- [10] D. Fowler *et al.*, "The global nitrogen cycle in the Twentyfirst century," *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 368, no. 1621, 2013, doi: 10.1098/rstb.2013.0164.
- [11] C. Hendriks, N. Forsell, G. Kiesewetter, M. Schaap, and W. Schöpp, "Ozone concentrations and damage for realistic future European climate and air quality scenarios," *Atmos. Environ.*, vol. 144, pp. 208–219, 2016, doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.08.026.
- [12] P. Wintjen, F. Schrader, M. Schaap, B. Beudert, and C. Brümmer, "Validation of nitrogen dry deposition modelling above a mixed forest using high-frequency flux measurements," 2020, doi: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-3559>.
- [13] J. N. Galloway *et al.*, "Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions," *Science (80-.)*, vol. 320, no. 5878, pp. 889–892, 2008, doi: 10.1126/science.1136674.
- [14] C. M. Clark and D. Tilman, "Loss of plant species after chronic low-level nitrogen deposition to prairie grasslands," *Nature*, vol. 451, no. 7179, pp. 712–715, 2008, doi: 10.1038/nature06503.
- [15] D. Ortiz and W. González, "El diálogo de saberes en investigaciones de ecología urbana: narrativas locales, cotidianidad e interdisciplinariedad," *Rev. Espaço Acadêmico*, vol. 17, no. 198, pp. 14–24, 2017.
- [16] N. Rodríguez, D. Armenteras, and A. Retana, "Land use and land cover change in the Colombian Andes: Dynamics and future scenarios.," *J. Land Use Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 154–174, 2013, doi: 10.1080/1747423X.2011.650228.
- [17] L. Flórez, J. F. Jiménez, and A. Ochoa, "Simulación de diferentes escenarios de cobertura urbana en el balance de energía superficial de una ciudad tropical de montaña. Caso de estudio: Medellín (Colombia)," Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [18] F. Zapata, "Consideraciones históricas sobre la expansión del Area Metropolitana del Valle de Aburra," *Actas del Habitat*, vol. 1, no. 1, pp. 74–76, 2009.
- [19] S. Lopez-Restrepo, A. Yarce, N. Pinel, O. L. Quintero, A. Segers, and A. W. Heemink, "Forecasting PM10 and PM2.5 in the Aburrá Valley (Medellín, Colombia) via EnKF based data assimilation," *Atmos. Environ.*, vol. 232, no. May, 2020, doi: 10.1016/j.atmosenv.2020.117507.
- [20] S. Lopez-restrepo, A. Yarce, N. Pinel, O. L. Quintero, and A. Segers, "Spatial Disaggregation of Particulate Matter Emission Inventory in the Metropolitan Area of Aburrá Valley for Air Quality Modelling." unpublished.
- [21] L. A. Londoño and J. E. Cañón, "Metodología para la aplicación de modelos de regresión de usos del suelo en la estimación local de la concentración mensual de PM10 en Medellín – Colombia," *Rev. Politécnica*, vol. 11, no. 21, pp. 29–40, 2015.
- [22] D. Velásquez Ciro, J. E. Cañón Barriga, and I. C. Hoyos Rincón, "Estimación del efecto marginal de la vegetación urbana en la remoción de PM2.5 en Medellín, Colombia.," *Rev. Iberoam. Ambient. Sustentabilidad*, vol. 2, no. 2, pp. 61–70, 2019, doi: 10.46380/rias.v2i2.50.
- [23] J. Borrás, J. Delegido, A. Pezzola, M. Pereira, G. Morassi, and G. Camps-Valls, "Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes sentinel-2," *Rev. Teledetec.*, vol. 2017, no. 48, pp. 55–66, 2017, doi: 10.4995/raet.2017.7133.
- [24] A. Yarce-Botero, S. López-Restrepo, N. Pinel, O. Quintero, S. Arjo, and A. Heemink, "4DnVar Data Assimilation of TROPOMI NO2 atmospheric column measurements into LOTOS-EUROS for estimating NOx emission parameters over the Colombian territory." Unpublished.
- [25] A. M. M. Manders-Groot *et al.*, "LOTOS-EUROS v2.0 Reference Guide. TNO 2016 R10," *TNO Innov. life*, 2016, doi: TNO Report TNO2016 R10898.
- [26] A. M. M. Manders *et al.*, "Curriculum Vitae of the LOTOS-EUROS (v2.0) chemistry transport model," *Geosci. Model Dev. Discuss.*, pp. 1–53, 2017, doi: 10.5194/gmd-2017-88.
- [27] M. Schaap *et al.*, "LOTOS-EUROS : Documentation," p. 107, 2005.
- [28] J. Vásquez-Muñoz and G. Castaño-Villa, "Identificación De Áreas Prioritarias Para La Conservación De La Avifauna En La Zona Urbana Del Municipio De Medellín, Colombia," *Boletín Científico. Cent. Museos. Mus. Hist. Nat.*, vol. 12, no. 1, pp. 51–61, 2008.
- [29] A. F. Marín and J. F. Barros, "Modelación de tránsito de crecientes en el río Aburrá-Medellín para una propuesta de su restauración," *Rev. ELA*, vol. 13, no. 26, pp. 153–168, 2016, [Online]. Available: <https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.165>.
- [30] A. Yarce-Botero *et al.*, "Determination of vulnerability areas from the simulated deposition of atmospheric pollutants using LOTOS-EUROS chemical transport model in North West South America," pp. 1–23.