

Desarrollo y prueba de algoritmos de Machine Learning para procesar imágenes SEM-EDX

Boris Galvis, Angie Zambrano, David Restrepo, Olga Quintero, Néstor Rojas, Elena Montilla, José Duque



UNIVERSIDAD DE

LA SALLE



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



UNIVERSIDAD
EAFIT

Presentador: Boris Galvis

En marco del proyecto “Estimación de la polución urbana mediante el uso de mediciones y asimilación de datos en superficie, in situ y de detección remota (4DAir-MOLIS)”.



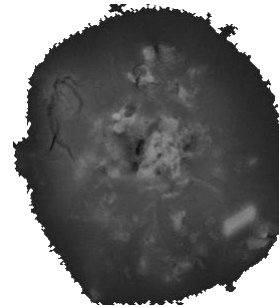
El conocimiento
es de todos

Minciencias

INTRODUCCION

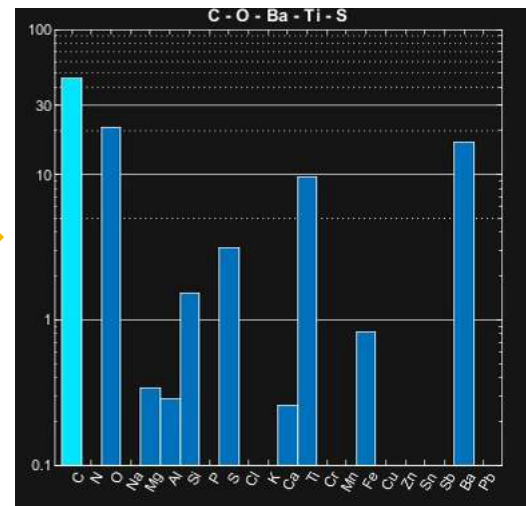
Como podemos combinar técnicas de microscopia electrónica para atribuir cuantitativamente fuentes de material particulado urbano?

SEM
Microscopia
electrónica de barrido



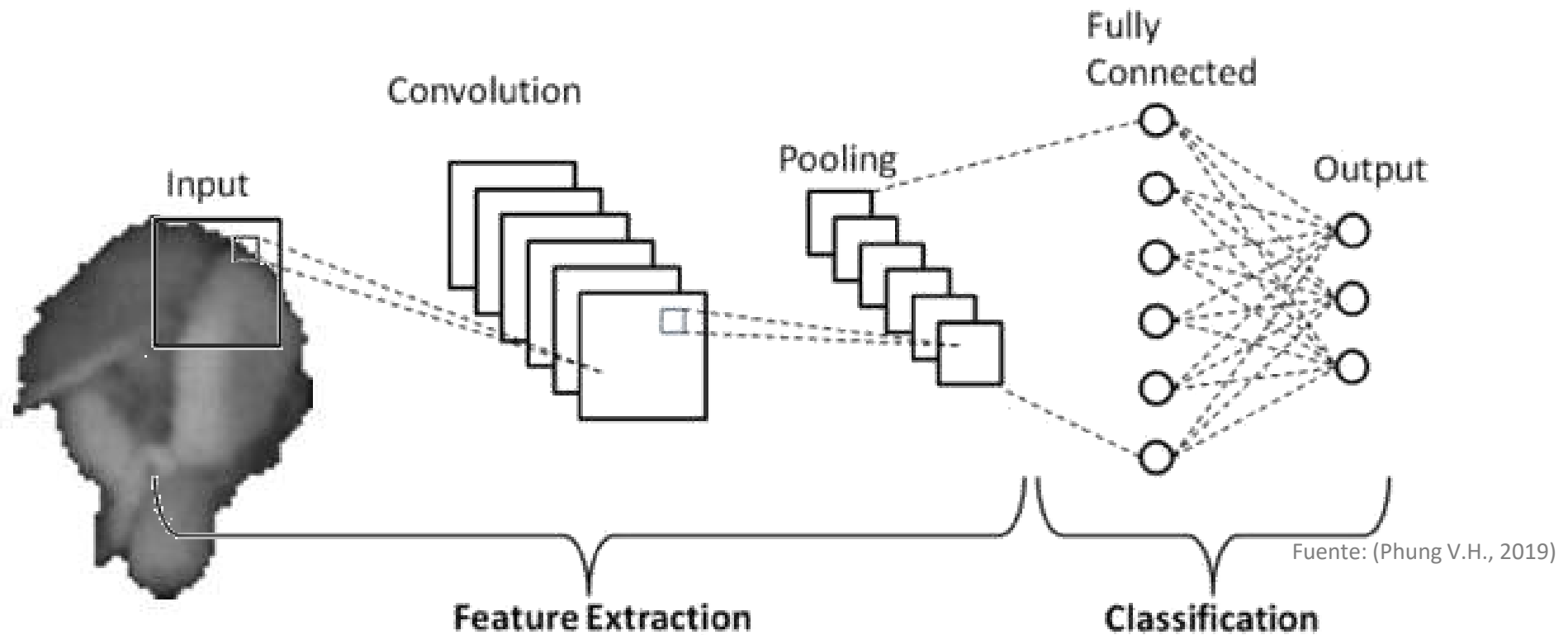
Características Morfológicas de las partículas

EDX
Espectroscopía de
dispersión de energía



Composición química de las partículas

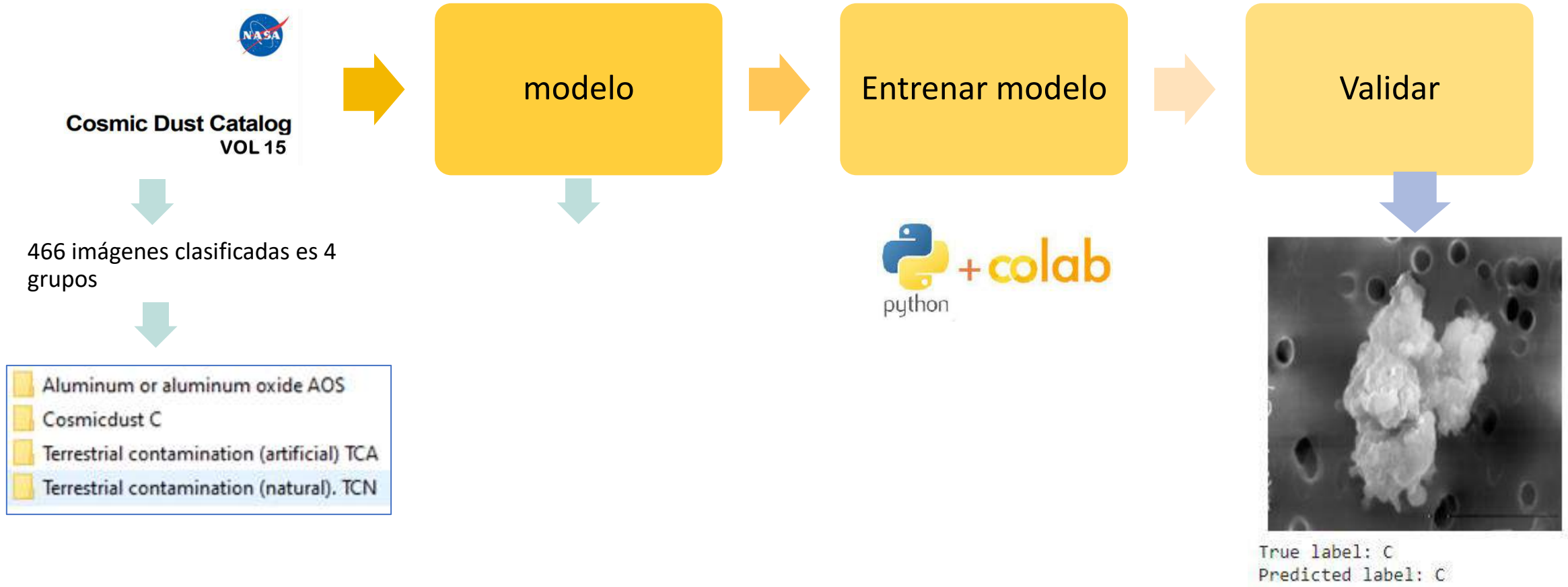
INTRODUCCION



Aplicando redes neuronales convolucionales (CNN) desarrollamos un clasificador de imágenes SEM/EDX de partículas de contaminación urbana que permita reducir tiempos e incrementar el número de partículas analizadas.

METODOLOGÍA - Desarrollo Machine Learning

MODELOS INICIALES



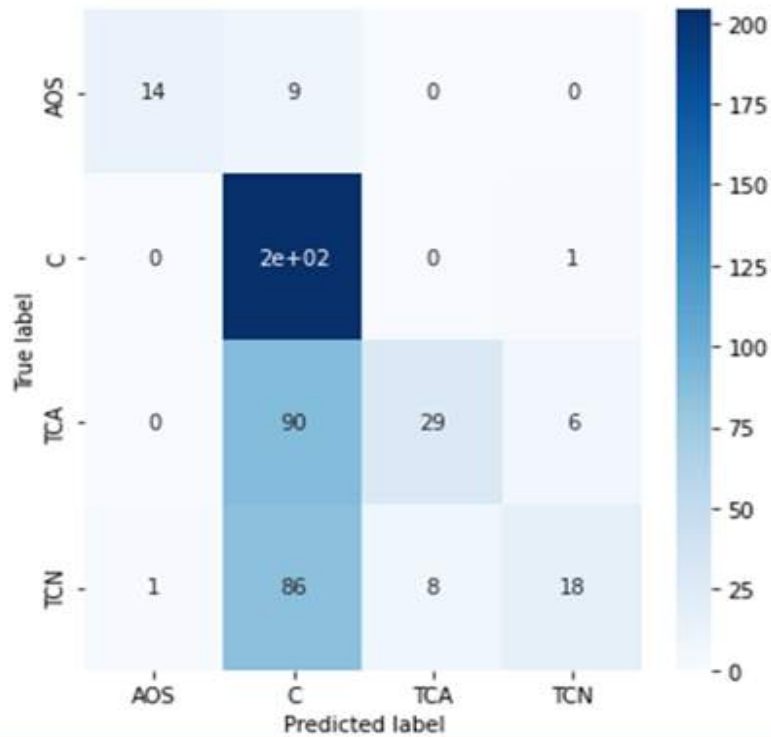
Se desarrollaron 5 modelos de 3 clases

- Desde cero
- TransferLearning
- TransferLearning pre-entrenados con conjunto de datos ImageNet

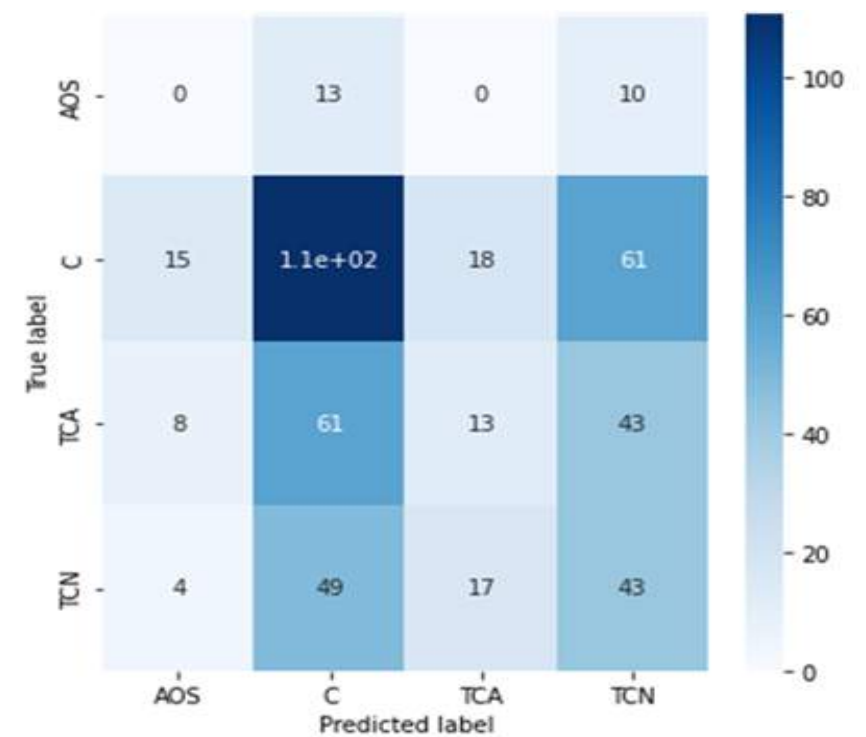
| MODELO | Total parameters | Trainable parameters | Non-trainable parameters |
|--------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| Desde ceros | 12,097,860 | 12,097,860 | 0 |
| VGG19 | 23,187,268 | 23,187,268 | 0 |
| ResNet | 23,508,548 | 8,196 | 23,500,352 |
| MobileNet | 4,370,884 | 7,172 | 4,363,712 |
| EfficientNet | 6,936,248 | 5,124 | 6,931,124 |

En los dos primeros modelos todos los parámetros fueron entrenables, Los tres últimos modelos se desarrollaron con una red neuronal pre-entrenada.

RESULTADOS INICIALES



ResNet



EfficientNet

| MODELO | Exactitud |
|--------------|-----------|
| Desde ceros | 0,10 |
| VGG19 | 0,18 |
| ResNet | 0,57 |
| MobileNet | 0,32 |
| EfficientNet | 0,36 |

Los modelos de TransferLearning pre-entrenados con el conjunto de datos ImageNet, presentan los mejores resultados, modelos.

Campañas de muestreo


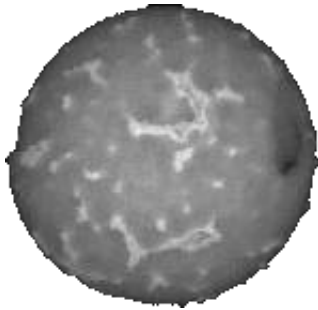


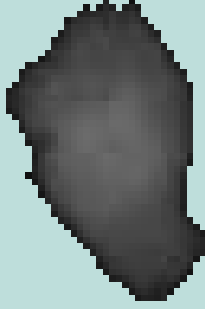



| CIUDAD | UBICACIÓN | FECHA DEL MUESTREO |
|----------|--|---|
| BOGOTÁ | Estación RMCAB—IDRD | 10 a 17 de febrero de 2022 |
| CALI | Estación DAGMA - Universidad del Valle | 8 al 16 de marzo de 2022 |
| MEDELLÍN | Estación Central—museo de Antioquia | 05 al 12 de octubre de 2021 3 al 15 de noviembre de 2021 |
| | Estación Tanque EPM - Girardota | 05 al 12 de octubre de 2021 3 al 15 de noviembre de 2021 |
| | Estación Tanque la Y | 05 al 12 de octubre de 2021 3 al 15 de noviembre de 2021 |

RESULTADOS – 6 grupos morfo - químicos

Las muestras de material particulado recolectadas en Bogotá, Cali y Medellín permitieron el análisis individual de 7420 partículas clasificadas en 6 grupos morfo-químicos

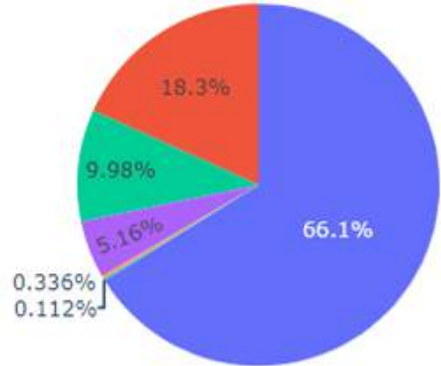


| | | |
|---|--|--|
| Biogénicas orgánicas  | Metálicas  | Minerales  |
| Desgaste de llanta  | Sales  | Pintura rica en Ti  |

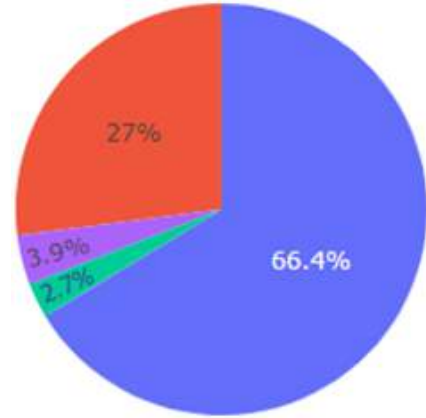
RESULTADOS Distribución de los grupos morfo-químicos



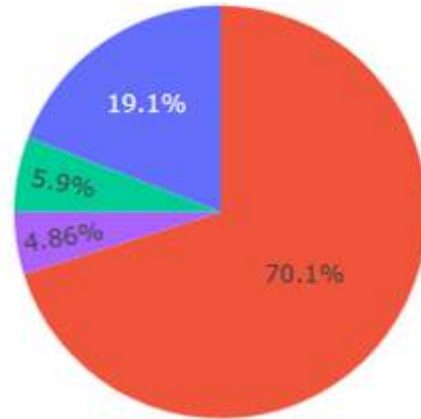
BOGOTÁ – IDRDR



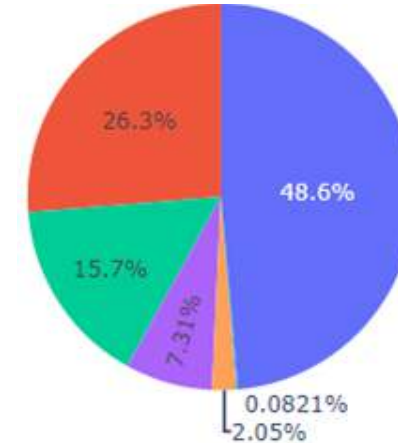
MEDELLIN –Girardota tanques EPM – M1



MEDELLIN – Rural Tanques la Y – M1

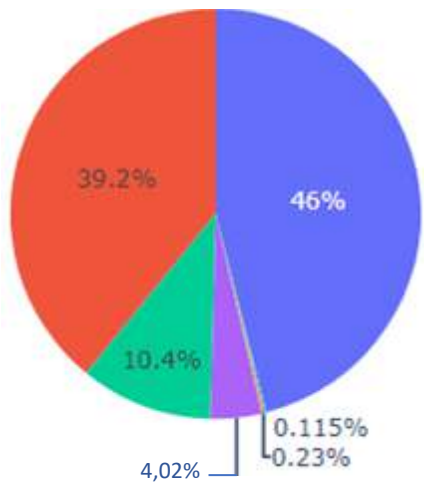


MEDELLIN – Museo de Antioquia – M1

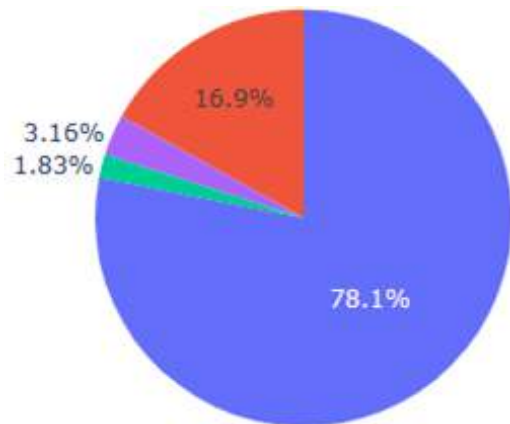


- Minerales
- Biogénicas orgánicas
- Desgaste de llanta
- Metálicas
- Sales
- Pintura rica en Ti.

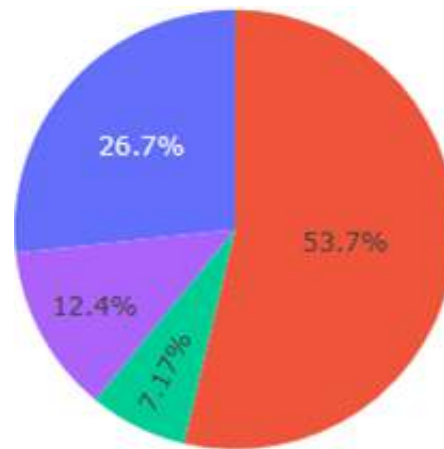
CALI – Univalle



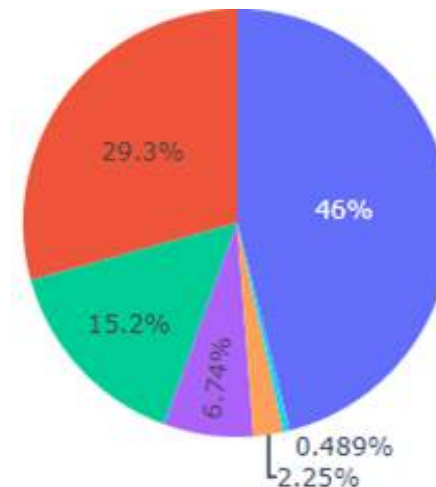
MEDELLIN –Girardota tanques EPM – M2



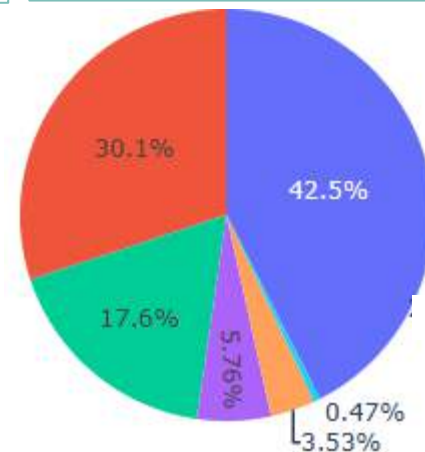
MEDELLIN – Rural Tanques la Y – M2



MEDELLIN – Museo de Antioquia – M2



MEDELLIN – Museo de Antioquia – M3



MODELOS FINALES



Análisis SEM/EDX

- Morfología
- Composición química



Segmentación en
grupos morfológicos.

7420 partículas
clasificadas en 6 grupos



imagenes SEMÉDX

6536 imágenes de partículas
clasificadas en los 4 grupos
que representan el 95 % de
cada muestra



Clasificador de
imágenes (Machine
Learning)

RESULTADOS

Base de datos

6536 imágenes de partículas
clasificadas en los 4 grupos

- Biogenic_Organic
- Metallic
- Mineral
- Tire_wear

Definición de modelos

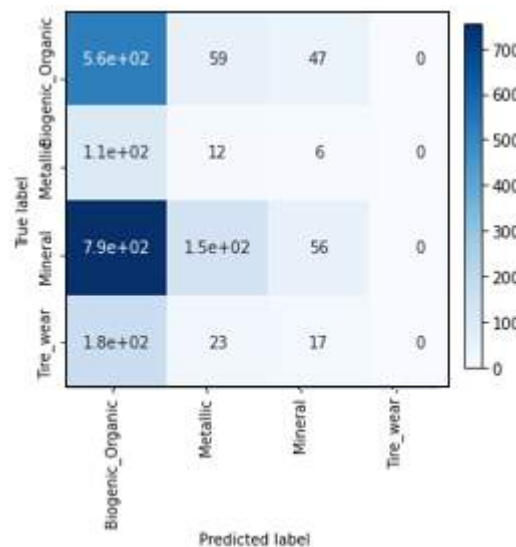
Modelos de TransferLearning pre-entrenados con
conjunto de datos ImageNet basados en EfficientNet y
ResNet

Entrenamiento

Validación

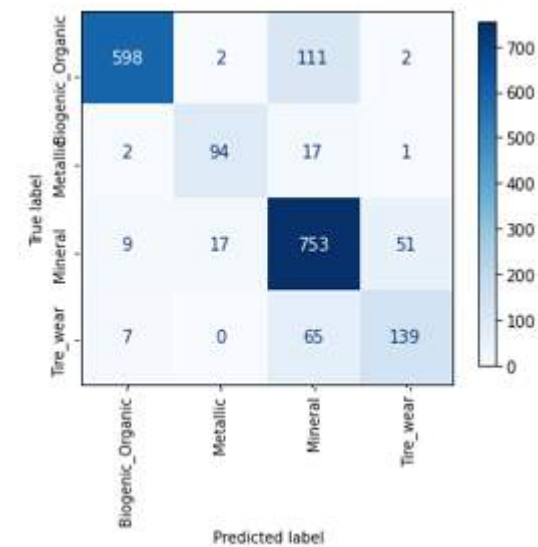
EfficientNet

Accuracy: 0,80



ResNet

Accuracy: 0,85



CONCLUSIONES

- Los modelos que generan mejores resultados son los desarrollados con una red neuronal pre-entrenada con el conjunto de datos ImageNet. Epecíficamente los modelos basados en ResNET y EfficientNet mostraron exactitudes de 85 y 80 % respectivamente.
- Las estaciones urbanas presentaron mayor presencia de partículas minerales y la estación rural de partículas biogénicas orgánicas.
- Las partículas de sal y de pinturas ricas en Ti no presentaron una presencia significativa en ninguna de las muestras recolectadas.



REFERENCIAS



- [Zhou, W., Apkarian, R., Wang, Z. L., & Joy, D. \(2007\). Fundamentals of scanning electron microscopy \(SEM\). Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications, 1-40.](#)
- Mohammed, A., & Abdullah, A. (2018, November). Scanning electron microscopy (SEM): A review. In Proceedings of the 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics—HERVEX, Băile Govora, Romania (Vol. 2018, pp. 7-9).
- Bell, D. C., & Garratt-Reed, A. J. (2003). Energy dispersive X-ray analysis in the electron microscope. Garland Science.
- Albawi, S., Mohammed, T. A., & Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET). doi:10.1109/icengtechnol.2017.8308186
- Sommer, F., Dietze, V., Baum, A., Sauer, J., Gilge, S., Maschowski, C., & Gieré, R. (2018). Tire abrasion as a major source of microplastics in the environment. Aerosol and Air Quality Research, 18(8), 2014–2028. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.03.0099>
- [Rausch, J., Jaramillo-Vogel, D., Perseguers, S., Schnidrig, N., Grobety, B., & Yajan, P. \(2022\). Automated identification and quantification of tire wear particles \(TWP\) in airborne dust: SEM/EDX single particle analysis coupled to a machine learning classifier. Science of the Total Environment, 803. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149832](#)
- National Aeronautics and Space Administration NASA. (1997) Cosmic Dust Catalog Volume 15.
- Hao, H., Guo, R., Gu, Q., & Hu, X. (2019). Machine learning application to automatically classify heavy minerals in river sand by using SEM/EDS data. *Minerals Engineering*, 143(August), 105899. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.105899>
- Li, C., Wang, D., & Kong, L. (2021). Application of Machine Learning Techniques in Mineral Classification for Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS) Images. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 200(November 2020), 108178. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.108178>
- Kharin, A. Y. (2020). Deep learning for scanning electron microscopy: Synthetic data for the nanoparticles detection. *Ultramicroscopy*, 219(June), 113125. <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2020.113125>
- Phung, V.H.; Rhee, E.J. A High-Accuracy Model Average Ensemble of Convolutional Neural Networks for Classification of Cloud Image Patches on Small Datasets. *Appl. Sci.* 2019, 9, 4500. <https://doi.org/10.3390/app9214500>
- Shao, L., P. Liu, T. Jones, S. Yang, and et all. (2022). "A review of atmospheric individual particle analyses: Methodologies and applications in environmental research". In: Gondwana Research (xxxx). doi: 10.1016/j.gr.2022.01.007. url: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.01.007>
- Girão, A., G. Caputo, and M. Ferro (June 2017). "Application of Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)". In: doi: 10.1016/bs.coac.2016.10.002. thermofisher (n.d.). Scanning electron microscopy: Electrons in SEM: Thermo Fisher Scientific - US. url: <https://www.thermofisher.com/co/en/home/materials-science/learning-center/applications/sem-electrons.html#:~:text=Backscattered%20electrons%20are%20reflected%20back,electron%20beam%20and%20the%20sample..>
- Pipal, A. S., A. Kulshrestha, and A. Taneja (2011). "Characterization and morphological analysis of airborne PM2.5 and PM10 in Agra located in north central India". In: *Atmospheric Environment* 45 (21), pp. 3621–3630. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.03.062. url: <https://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.03.062>
- Kavuran, G. (2021). "SEM-Net: Deep features selections with Binary Particle Swarm Optimization Method for classification of scanning electron microscope images". In: *Materials Today Communications* 27 (February), p. 102198. doi: 10.1016/j.mtcomm.2021.102198. url: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102198>
- Hao, H., R. Guo, Q. Gu, and X. Hu (2019). "Machine learning application to automatically classify heavy minerals in river sand by using SEM/EDS data". In: *Minerals Engineering* 143 (August), p. 105899. doi:10.1016/j.mineng.2019.105899. url: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.105899>



Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science