

Artículo Original

## **Firmas espectrales en el cálculo de absorción del dióxido de carbono por *Eucaliptus Globolus* caso Moho, Puno** **Spectral signatures in the calculation of carbon dioxide absorption by *Eucalyptus Globolus* case Moho, Puno**

**\*Marín Mamani, G.<sup>1</sup>; Huichi Atamari, E.<sup>1</sup>; Lozada Vilca, R. A.<sup>2</sup>; Curro Pérez, F.<sup>3</sup>; Bolívar Espinoza, N<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ingeniería. Perú

<sup>3</sup>Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba. Facultad de Ingeniería. Perú

<sup>4</sup>Universidad Nacional de Juliaca. Facultad de Ingeniería. Perú

### **RESUMEN**

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica ha supuesto un avance notable en los estudios del medio físico, por la ventaja de manejar un gran volumen de información. El objetivo de presente artículo fue cuantificar la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> en toneladas para la planificación urbana del paisaje de Moho. La metodología aplicada usa al análisis de imágenes satelitales (raster) a través de la clasificación supervisada de firmas espectrales, que permiten establecer la densidad y concentración del eucalipto (*Eucaliptus globolus*) existentes en la zona calvario de Moho - Puno. Los resultados establecieron que el eucalipto captura en el área de estudio 7 468.64 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea al año (tCO<sub>2</sub>/ha/año). Sin embargo, los niveles de absorción de una especie pueden variar en función de otras variedades de especies no arbóreas.

**Palabras clave:** firmas espectrales, CO<sub>2</sub>, eucalipto, paisaje.

### **ABSTRACT**

The use of Geographic Information Systems has meant a notable advance in the studies of the physical environment, due to the advantage of handling a large volume of information. The objective of this article was to quantify the CO<sub>2</sub> absorption capacity in tons for urban planning of the Moho landscape. The applied methodology uses the analysis of satellite images (raster) through the supervised classification of spectral signatures, which allow to establish the density and concentration of eucalyptus (*Eucalyptus globolus*) existing in the Calvary zone of Moho - Puno. The results established that the eucalyptus captures 7 468.64 tons of CO<sub>2</sub> per hectare per year (tCO<sub>2</sub>/ha/year) in the study area. However, the levels of absorption of one species may vary in function of other varieties of non-tree species.

**Keywords:** spectral signatures, CO<sub>2</sub>, eucalyptus, landscape.

### **INTRODUCCIÓN**

La exposición a la contaminación atmosférica está presente en todos los lugares, especialmente en los sitios urbanos (WHO, 2014) y se deben

---

**\*Autor Correspondiente: Marín Mamani, G.** Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Perú. Correo electrónico: grover\_marin@hotmail.com  
Fecha de recepción: 02/05/2019 Fecha de aceptación: 02/07/2019



principalmente combustión de carbón en la industria y la producción de energía, vehículos, la quema de residuos de cultivos en los campos agrícolas y el uso doméstico de residuos sólidos combustibles para la cocina y la calefacción (Aunan, Hansen, Liu y Wang, 2019). Múltiples estudios y revisiones sistemáticas han catalogado la contaminación atmosférica como una causa establecida de morbilidad y mortalidad, lo cual ha posibilitado el establecimiento de políticas de calidad del aire dentro de los países (Ubilla y Yohannessen, 2017).

En ese sentido las áreas verdes urbanas y periurbanas juegan un importante rol en el mejoramiento de la calidad del ambiente urbano (Cruz y Amado, 2015) debido a que estos espacios al interior de las ciudades y su contorno contienen un alto porcentaje de cobertura vegetal, los que pueden proveer beneficios ecológicos, destacándose el secuestro de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y la reducción de la polución del aire (Nowak et al., 2006; Wallace et al., 2019). Estos aspectos están directamente relacionados con la salud y bienestar del habitante urbano rural e impactan en su calidad de vida al mejorar las condiciones del aire, además, de regular la temperatura y ofrecer espacios para realizar actividades físicas y recreacionales que aportan a la reducción del estrés (Schipperijn et al., 2010; Belmeziti, Cherqui y Kaufmann, 2018; Ronghua et al., 2019).

Las especies de crecimiento rápido y de fácil adaptabilidad como el eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) brinda una solución rápida en la producción de biomasa actuando como filtros de  $\text{CO}_2$  a corto plazo (Luo et al., 2019). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten manejar datos espaciales georreferenciados (Piñeiro, 2018). La clasificación supervisada automática de los datos digitales de teledetección es una gran ayuda para el investigador en la interpretación de imágenes multispectrales (Acuña, Mattar, y Hernández, 2016). Toda clasificación es el reconocimiento de clases o grupos cuyos miembros tengan ciertas características en común (Borràs et al., 2017). Todos los elementos de la naturaleza tienen una respuesta espectral propia que se denomina firma espectral la información se recoge desde plataformas de observación que pueden ser aéreas o espaciales (Romero, 2016; Martínez-Barbáchano y Solís-Miranda, 2018).

El propósito fue determinar las firmas espectrales del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para el cálculo de absorción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la zona de Moho, Puno. Información esencial para un conocimiento detallado del recurso que permita analizar, manejar y planificar espacios verdes en equilibrio con el desarrollo urbano sectorial.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En el presente estudio se utilizaron imágenes satélites con resolución a 10 metros con una escala 1:20000 (Zeballos, Soruco, Cusicanqui, Joffré, y Rabatel, 2014). Se considero la cobertura vegetal de las áreas periurbanas correspondientes a la ciudad de moho región Puno, Perú. El análisis y procesamiento de información espacial se hizo con los softwares Qgis y Sasplanet y Google Earth (Guedez, Gómez, y Numa, 2014). En la tabulación de datos y análisis estadísticos se utilizaron los programas Microsoft office - Excel y para facilitar el tratamiento, manejo y análisis de la información base utilizada, se consideraron dos etapas principales de trabajo:

**1. Delimitación de áreas de árboles de eucalipto de la zona moho:** La delimitación del sector arborización de eucaliptos se realizó mediante un inventario con mediciones en terreno y en fotografías satelitales (Contreras y

Odriozola, 2016), como se muestra en la Figura 1. Para ello, se subdividió el área urbana en 52 unidades muestrales. Se delimitó el área efectiva de cada zona con las cuales se digitalizo las zonas boscosas periurbanas que permitió diferenciar las masas de árboles de eucalipto de la ciudad, mediante un proceso de fotointerpretación de las mismas.



**Figura 1:** Área y alcance de la intervención, en la ciudad de Mocho denominado el jardín del altiplano.

## **2. Fotointerpretación digital y medición de áreas arbóreas de eucalipto:**

Con el propósito de facilitar el análisis digital, se generó un raster con las imágenes corregidas y pre limitadas, el cual fue incorporado a un sistema de información geográfica para identificar, digitalizar y cuantificar las áreas de árboles de eucalipto existentes y espacios abiertos disponibles, teniendo en cuenta restricciones para cada subsector. Diferenciados los segmentos mencionados, se procedió a crear los atributos para cada una de las coberturas generadas (Agost, 2015).

## **RESULTADOS**

El índice de cantidad de eucaliptos representa la sumatoria simple de las superficies de áreas verdes existentes en la ciudad según las imágenes satelitales como se muestra en la Figura 2, la superficie existente de arborización de eucaliptos en la zona de Mocho se cuantificó en 249.78 Ha, Esta gran superficie presta servicios ambientales como sumideros de CO<sub>2</sub>, de recreación y esparcimiento, Sin embargo, es evidente el gran impacto que tiene en la calidad del aire de la zona urbana y todos los beneficios para la población que esto representa entre 10kg a 30kg de absorción anual para un eucalipto adulto, además, Mocho cuenta con una población de 15919 habitantes, cada persona genera 8 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, los arboles de eucalipto de 249.78 ha de áreas equivaldría a absorber 7 468.64 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea al año (tCO<sub>2</sub>/ha/año) aproximadamente.



**Figura 2:** Proceso de estimación cuantitativa de áreas de bosque de eucalipto

## CONCLUSIONES

Los índices asociados a la cantidad de árboles de eucalipto permiten obtener parámetros de asociación para absorber CO<sub>2</sub>. En este marco, los árboles de eucalipto de 249.78 ha de áreas equivaldría a absorber 7 468.64 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea al año (tCO<sub>2</sub>/ha/año), por lo tanto, representaría los beneficios que aportan a la salud de la Población de Moho y al mejoramiento de la calidad de vida de la población urbana de la zona de estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, T., Mattar, C., y Hernández, H. J. (2016). Spectral characterization of Quillaja saponaria (Mol.) *Revista de Teledetección*, (47), 65-73.
- Agost, L. (2015). Cambio de la cobertura arbórea de la provincia de Córdoba: análisis a nivel departamental y de localidad (periodo 2000-2012). *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2(2), 111-123.
- Aunan, K., Hansen, M. H., Liu, Z., y Wang, S. (2019). The Hidden Hazard of Household Air Pollution in Rural China. *Environmental Science y Policy*, 93, 27-33. doi:10.1016/j.envsci.2018.12.004
- Belmeziti, A., Cherqui, F., y Kaufmann, B. (2018). Improving the multi-functionality of urban green spaces: Relations between components of green spaces and urban services. *Sustainable Cities and Society*. doi:10.1016/j.scs.2018.07.014
- Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G., y Camps-Valls, G. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. *Revista de Teledetección*, (48), 55-66.
- Castillo, F. A. J. (2015). Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA. *Enfoque UTE*, 6(4), 81-97.
- Contreras, F. I., y Odriozola, M. P. (2016). *Aplicación de Modelos de Elevación Digital para la delimitación de áreas de riesgo por inundaciones*. San Luis del Palmar, Corrientes, Rca. Argentina.
- Cruz, R. V., y Amado, M. P. (2015). Construction of a Sustainable Island City: The Case of Cape Verde. *Energy Procedia*, 74, 1476-1489. doi:10.1016/j.egypro.2015.07.797
- Guedez, F., Gómez, A., y Numa, M. (2014). Diseño de un sistema de información geográfico para las microareas. *Universidad y Ciencia*, 3(1), 44-53.

- Luo, J., He, W., Xing, X., Wu, J., y Gu, X.W.S. (2019). The phytoremediation efficiency of *Eucalyptus globulus* treated by static magnetic fields before sowing. *Chemosphere*. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.03.192
- Nowak, D.; Crane, D.; Stevens, J. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry y Urban Greening*, 4(4), 115-123.
- Martínez-Barbáchano, R., y Solís-Miranda, G.A. (2018). Spectral Characterization and Detection of Bud Rot on Oil Palm in Puntarenas, Costa Rica. *Revista Geográfica*, 61(2). 349-377. doi: 10.15359/rgac.61-2.13
- Piñeiro, F. J. G. (2018). Los sistemas de información geográfica: su importancia y su utilidad en los estudios medioambientales. *Vasconia*, (20).
- Wanga, R., Zhaob, J., Meitnerc M.J., Hua, Y., y Xu, X. (2019) Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery. *Urban Forestry y Urban Greening*, 41, 6-13. doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.005
- Romero, F. S. (2016). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista AquaTIC*, (24).
- Ubilla, C., y Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111-118.
- Wallace, L., Saldias, DS., Reinke, K., Hillman, S., Hally, B., y Jones, S. (2019). Using orthoimages generated from oblique terrestrial photography to estimate and monitor vegetation cover. *Ecological Indicators*, 101, 91-101. doi:10.1016/j.ecolind.2018.12.044
- WHO. (2014). WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Household Fuel Combustion. World Health Organization, Geneva, Switzerland
- Zeballos, G., Soruco, Á., Cusicanqui, D., Joffré, R., y Rabatel, A. (2014). Uso de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica para caracterizar la dinámica espacial de glaciares y humedales de alta montaña en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 14-26.