

# 25

Fecha de presentación: diciembre, 2022

Fecha de aceptación: febrero, 2023

Fecha de publicación: abril, 2023

## ANÁLISIS MULTITEMPORAL

APLICADO A LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LA EXTRACCIÓN DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES EN SUMBE, ANGOLA

### **MULTI-TEMPORARY ANALYSIS APPLIED TO ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE EXTRACTION OF ROCKS AND INDUSTRIAL MINERALS IN SUMBE, ANGOLA**

Januário Cacilda-André<sup>1</sup>

E-mail: [januario1973@gmail.com](mailto:januario1973@gmail.com)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8892-2576>

José Francisco Lastra-Rivero<sup>2</sup>

E-mail: [jlastra@upr.edu.cu](mailto:jlastra@upr.edu.cu)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1783-0946>

Gerardo Iglesias Montero<sup>3</sup>

E-mail: [giglesias@ucf.edu.cu](mailto:giglesias@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9719-2234>

<sup>1</sup>Instituto Superior de Ciências de Educação do Sumbe, República de Angola.

<sup>2</sup>Universidad de Pinar del Río. Cuba.

<sup>3</sup>Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cienfuegos. Cuba.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cacilda-André, J., Lastra-Rivero, J. F., & Montero, G. I. (2023). Análisis multitemporal aplicado a la gestión ambiental en la extracción de rocas y minerales industriales en Sumbe, Angola. *Universidad y Sociedad*, 15(S1), 257-265.

#### RESUMEN

La explotación desorganizada de los recursos naturales, ya sea por empresas o por pequeños grupos humanos, trae como consecuencia la destrucción del medio natural, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, así como el aprovechamiento de los recursos de forma ineficiente. El propósito de esta investigación es realizar el análisis multitemporal de imágenes Landsat, aplicado a la gestión ambiental en zonas de extracción de rocas y minerales industriales en el municipio de Sumbe, provincia de Cuanza-Sul, Angola. Se trata de un caso de extracción de calizas, donde se pretende cuantificar los cambios de cobertura ocurridos entre los años 2013-2019. En el estudio se emplearon métodos teóricos, empíricos y estadísticos-matemáticos, se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para los diferentes años, permitiendo reclasificar las imágenes resultantes. Además, se calculó la matriz de Conesa para examinar los impactos ambientales. Como resultado se muestra el diagnóstico ambiental de la región, los impactos severos ocasionados al medio natural y la propuesta de mitigación y restauración de las canteras para mejorar la situación ambiental del área. Como parte de la gestión se prevé realizar acciones de formación y concientización de las comunidades relacionadas con la extracción de la caliza.

**Palabras clave:** Gestión ambiental, extracción de rocas y minerales, mitigación, NDVI

#### ABSTRACT

The disorganized exploitation of natural resources, either by companies or by small human groups, results in the destruction of the natural environment, the contamination of surface and ground water, as well as the inefficient use of resources. The purpose of this research is to carry out the multitemporal analysis of Landsat images, applied to environmental management in areas of industrial rock and mineral extraction in the municipality of Sumbe, province of Cuanza-Sul, Angola. It is a case of limestone extraction, where it is intended to quantify the changes in coverage that occurred between the years 2013-2019. In the study, theoretical, empirical and statistical-mathematical methods were used; the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated for the different years, allowing the reclassification of the resulting images. In addition, the Conesa matrix was calculated to examine the environmental impacts. As a result, the environmental diagnosis of the region is shown, the severe impacts caused to the natural environment and the proposal for mitigation and restoration of the quarries to improve the environmental situation of the area. As part of the management, it is planned to carry out training and awareness actions in the communities related to the extraction of limestone.

**Keywords:** Environmental management, rock and mineral extraction, mitigation, NDVI

## INTRODUCCIÓN

La minería es un sector económico que ha intensificado su actividad a lo largo de los siglos XX y XXI, en paralelo a las demandas del desarrollo industrial. Esta actividad ha causado graves impactos sociales, ambientales y económicos, especialmente en regiones con abundantes recursos minerales, por lo que son necesarias herramientas y prácticas para gestionar el sector minero en un contexto de desarrollo sostenible (UNDP and UN Environment, 2018). La minería a cielo abierto es una técnica de extracción considerada más rentable que la minería subterránea, pero es una actividad ad muy contaminante que ha alterado numerosos ecosistemas terrestres.

El análisis multitemporal es una técnica que permite obtener imágenes con de diferentes fechas y horas con la finalidad de estudiar los fenómenos naturales a detalle. Los estudios de las coberturas y uso de suelo son los más frecuentes, ya que permiten conocer los tipos de procesos que las actividades antropogénicas pueden ocasionar. (Hernández et al., 2015)

La importancia de este análisis radica en que se estudia un sector identificado previamente con problemas y se obtienen varias imágenes a diferentes tiempos con una resolución espacial que permite identificar la cobertura de la superficie del terreno en cuestión. La mayoría de los análisis multitemporales estudian el impacto que el uso del suelo origina en los bosques, siendo por lo general, el resultado principal: la deforestación y la urbanización de zonas rurales. (Alzate & Sánchez, 2018, pp. 13-15)

A menudo, los paisajes mineros se convierten en contextos propensos a la erosión, lo que incrementa la escorrentía superficial del agua, afectando así al almacenamiento de agua subterránea (Bastian et al., 2006). Las condiciones del suelo son pobres en nutrientes una vez ha finalizado la actividad, lo que lleva a un desarrollo lento de la vegetación y a la fragmentación del paisaje, lo que también afecta a la vida silvestre (Farina 2008; Šálek 2012), y a la calidad del agua, ya que las cuencas hidrográficas ocupadas por cobertura boscosa tienden a mejorar la calidad de las aguas superficiales (Xiao & Ji 2007).

El uso de fotografías aéreas ha permitido obtener información detallada sobre los cambios en la vegetación y su patrón espacial (Allen et al., 1998). Sin embargo, esta técnica requiere de mucho tiempo cuando se estudian grandes superficies de territorio. La teledetección es considerada como el enfoque más apropiado para identificar tendencias sólidas en la dinámica de la vegetación, tanto espacial como temporalmente (Wulder et al., 2008; Hermosilla et al., 2016; McDowell et al., 2015). Las imágenes de satélite ofrecen mayor resolución espectral y

temporal que las imágenes aéreas, lo que permite una mejor diferenciación de los tipos de vegetación y los patrones fenológicos, Referido al estudio y la observación de los estadios de desarrollo reproductor y vegetativos de plantas y animales en relación con los parámetros ambientales. La base de datos de la NASA-USGS Global Land Survey (Gutman et al., 2013), que contiene principalmente imágenes del satélite Landsat (a 30 m de resolución) con acceso abierto a la comunidad científica y al público.

Los estudios relacionados con los cambios progresivos de cobertura vegetal y usos de suelo, han cobrado gran importancia en la investigación ambiental porque permiten evaluar tendencias espacio temporales de procesos naturales y antropogénicos, como la deforestación y degradación ambiental, además, los resultados de las investigaciones son de utilidad para futuros planes de desarrollo ambiental, planes de ordenamiento territorial, y en la planeación de estrategias de conservación de los recursos naturales.

## DESARROLLO

La presente investigación ha estado encaminada al análisis multitemporal y aplicaciones de gestión ambiental en la extracción de rocas y minerales industriales en la cantera EgiVias, en el municipio de Sumbe, provincia de Cuanza-Sul, Angola. Se trata de un caso de extracción de las calizas a cielo abierto por la cual se pretendió cuantificar los cambios ocurrido en tres años 2013, 2016 y 2019 a partir de imágenes satelitales Landsat 7- 8 respectivamente disponibles en el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), al detectar cambios de coberturas de terrenos alterados por actividades mineras en el espacio geográfico donde se desarrolla la extracción. La pesquisa dispone de una variada muestra: entre ellos tres administrativos, empleados y la comunidad. Se utilizan métodos de nivel teóricos, empíricos y matemáticos estadísticos, la clasificación por cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) por diferentes años de la extracción, en el sector de extracción de rocas y minerales industriales, con aplicación de la matriz de Conesa (Tabla 1) para examinar los aspectos e impactos ambientales. La investigación califica: según el objetivo como aplicada; según el nivel de profundización en el objeto de estudio como descriptiva; según la manipulación de variables como no experimental; según el tipo de inferencia es deductiva; y según el periodo como temporal longitudinal. (Hernández, et al., 2010)

Tabla 1. Matriz de Conesa (Empresa EgiVias)

Medio	Componentes ambientales	Impactos ambientales	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMP	Impacto
Físico	Geología y Geomorfología	1. Modificación morfológica	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	Severo
		2. Desestabilización de taludes y generación de procesos de remoción en masa	-	4	2	4	2	2	2	4	4	2	4	4	40
	Atmosférico	3. Deterioro de la calidad del aire por emisión de gases de combustión	-	4	2	2	2	2	2	1	1	2	4	32	Moderado
		4. Deterioro de la calidad del aire por emisión de partículas de polvo	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	Moderado
	Hidrología-Hidrogeología	5. Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos	-	4	2	2	2	2	2	4	4	2	4	38	Moderado
		6. Alteración de la calidad del agua por aporte de residuos orgánicos	-	2	2	4	2	2	2	4	1	2	4	31	Moderado
		7. Cambio en el régimen de escorrentía superficial	-	2	2	2	2	2	2	4	4	2	4	32	Moderado
	Suelos	8. Pérdida de suelo	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	Severo
		9. Aparición o incremento de erosión hídrica	-	2	2	2	2	2	2	4	1	1	4	28	Moderado
		10. Compactación del suelo	-	4	4	4	2	2	2	4	4	2	4	44	Moderado
		11. Pérdida de capacidad agrológica del suelo	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	Severo
	Paisaje	12. Pérdida de calidad paisajística	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	64	Severo
Biótico	Cobertura vegetal	13. Eliminación y presión sobre la cobertura vegetal	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	Severo
		14. Afección a la vegetación por emisión de partículas de polvo	-	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	48	Moderado
	Fauna silvestre	15. Destrucción de hábitat (excavaciones y apertura de accesos)	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	Severo
		16. Auyentamiento de fauna	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	Severo
		17. Atropellamiento de fauna	-	2	2	2	2	2	2	4	4	2	4	32	Moderado
Socio-económico	Demografía	18. Molestias por pérdida de calidad acústica: ruidos	-	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	50	Severo
		19. Riesgos de afecciones a la salud por aspiración de polvo	-	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	50	Severo
		20. Incrementos de peligros y accidentalidad	-	2	2	2	2	2	2	4	4	2	4	32	Moderado
	Espacial	21. Conflictos entre las extracciones convencional y artesanal	-	4	2	2	2	2	2	4	4	2	4	38	Moderado

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de técnicas de Teledetección, que consistió en correcciones (atmosféricas y radiométricas) y en la clasificación no supervisada de cinco imágenes satelitales mediante el software ArcMap, generando así, mapas de uso y cobertura del suelo, haciendo énfasis en la cobertura vegetal. Apoyándose imágenes de Google Earth de (2013, 2016 y 2019), para realizar un diagnóstico en el área de estudio se tuvo en cuenta varios parámetros lo que permitió la limitación del polígono y con base en las coberturas de los mismos años para cuantificar y establecer los cambios con respecto a las coberturas generadas por actividades productivas de la zona, especialmente la minería.

## Extracción de calizas EgiVias.

### Caracterización de la zona de estudio

El área de extracción está localizada en el kilómetro 33 de la carretera 240 Sumbe-Amboim. Está limitado al norte y oeste por el río Queve, al sur por el barrio de Cassonga y al este por la carretera Sumbe-Gabela N 240. Figura 1.

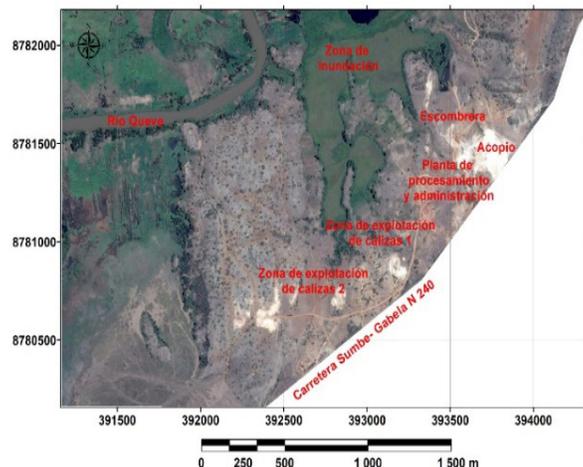


Figura 1. Ubicación de la mina EgiVias (Google earth, 2013)

Fuente: los autores.

### Caracterización del proceso productivo

La extracción de calizas es ejecutada por la empresa *EgiVias Construções* Lda. mediante la apertura de una cantera en una zona donde son visibles grandes afloramientos de estas rocas. Esto da respuesta a la demanda de este árido a consecuencia de los daños provocados a la infraestructura provocada por la guerra hasta el año 2002, mediante una minería mecanizada a pequeña escala que genera rendimientos económicos significativos.

Para la actividad extractiva se emplean diferentes equipos y maquinarias, entre los que se destacan: retroexcavadoras, tractores, *bulldozers* y palas excavadoras; estos provocan un ritmo acelerado de desprendimientos, deslizamientos, ruidos y vibraciones. El material extraído es transportado por camiones hacia la planta de procesamiento. Figura 2.



Figura 2. Proceso de extracción de caliza en la cantera. (A) Arranque; (B) Carga; (C) Transporte

Fuente: los autores.

El material depositado en el área destinada a su procesamiento, es trasladado a las tolvas mediante una cargadora frontal, alimentando así a la trituradora. En este proceso se obtiene material de diferente granulometría que un sistema de bandas transportadora se encarga de conducir hasta las zonas de acopio donde son comercializadas. Una porción de este material es destinada a la producción de mezcla asfáltica, en una pequeña planta instalada en las proximidades de la cantera. Figura 3.



Figura 3. Planta de procesamiento de caliza. (A) Vista panorámica; (B) Tolva y bandas transportadoras; (C) Planta de Asfalto.

Fuente: los autores.

Todas estas actividades producen gran cantidad de partículas sólidas que se depositan en la vegetación y superficie del terreno. La circulación vial se dificulta en un radio de 2-3 km debido al polvo en suspensión y su depósito en el pavimento, esto último más acentuado en la época de lluvia.

### Resultados de la aplicación de los instrumentos de la encuesta y entrevistas.

Las encuestas y entrevistas diseñadas estuvieron dirigidas a dirigentes y trabajadores, con la finalidad de confrontar puntos de vista acerca de la participación activa en la extracción mecanizada de calizas y en la adopción de medidas para minimizar el impacto ambiental negativo originado durante este proceso.

La muestra seleccionada para la aplicación de estos instrumentos de investigación incluyó a 3 directivos y 15 trabajadores.

En el caso de los trabajadores que participan directamente en las actividades extractivas se pudo revelar que poseen un nivel de escolaridad bajo, expresado en que el 40 % (6 trabajadores) no poseen ningún nivel de instrucción, otro 40 % (6 trabajadores) habían alcanzado el nivel primario, y apenas el 20 % (3 trabajadores) habían cursado la enseñanza secundaria.

La composición de los núcleos familiares se reflejó de la manera siguiente: el 60 % (9 empleados) expresan estar constituidos por 6 personas, el 20 % (3 empleados) manifiestan la inclusión de 5 personas y el 20 % restante (3 empleados) constituidos por 4 personas. Este indicador devela que dichos empedados deben sostener un número importante de familiares con sus ingresos.

En cuanto a los beneficios que esta actividad posee para la población de Cassonga, se obtuvo lo siguiente: el 80 % (12 empleados) considera que no reporta ningún beneficio y apenas el 20 % (3 empleados) opinan lo contrario. Demuestra esto que los resultados de la producción no influyen para nada en la mejora de las condiciones de vida de los pobladores del asentamiento.

Respecto a las condiciones de extracción se obtuvo que el 80 % (12 empleados) afirman no tener condiciones adecuadas y el 20 % restante (3 empleados) expresan que estas son favorables.

En relación con la percepción de la influencia de esta actividad en la contaminación en los alrededores del barrio de Cassonga, el 80 % (12 empleados) consideran que existen determinados niveles de afectación, mientras el 20 % restante (3 empleados) son de la opinión de que no genera ningún efecto negativo.

Por otra parte, el 60 % (9 empleados) expresan que la empresa no cumple con las normas vigentes en la Ley de Base de Ambiente (LBA) de Angola, un 20 % (3 empleados) que se cumple parcialmente y el otro 20 % (3 empleados) que existe un cumplimiento cabal de la legislación.

Se reveló que la totalidad de los empleados encuestados son del criterio de que la empresa no informa a los funcionarios gubernamentales de las posibles consecuencias derivadas de la extracción de calizas.

No existe una apreciación por parte de los encuestados de las posibles consecuencias de esta actividad en la adquisición de enfermedades profesionales, manifestando el 80 % (12 empleados) que no han estado afectados por ninguna y el otro 20 % (3 empleados) consideran haber padecido alguna enfermedad relacionada con la exposición a agentes contaminantes.

Se constata por parte del 40 % de los encuestados (6 empleados) que residuos del proceso extractivo son depositados en los caminos que unen las diferentes instalaciones de la mina, lo que dificulta el acceso, otro 40 % afirma que hay deposición de polvo en los cultivos para el consumo humano y el 20 % restante (3 empleados) opinan que el ruido originado provoca dificultades en el desarrollo de sus actividades.

Respecto a la alteración de los animales y las plantas debido a estas actividades extractivas, el 80 % (12 empleados) considero que existen afectaciones evidentes y el 20 % restante (3 empleados) no tiene percepción de estos riesgos a la fauna y la flora.

En cuanto a las alteraciones que se observan alrededor de la mina y en el barrio de Cassonga, la respuesta obtenida indica que el 40 % (6 empleados) han observado alteración en el paisaje, el 40 % afirman que esta se expresa preferentemente en la vegetación y el 20 % (3 empleados) que se manifiesta en el suelo.

### Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales

Las acciones ejecutadas anteriormente posibilitaron la identificación y caracterización de los impactos ambientales, como paso previo a su evaluación. Entre estos se consideran: (1) modificación morfológica, (2) desestabilización de taludes y generación de procesos de remoción en masa, (3) deterioro de la calidad del aire por emisión de gases de combustión, (4) deterioro de la calidad del aire por emisión de partículas de polvo, (5) alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos, (6) alteración de la calidad del agua por aporte de residuos orgánicos, (7) cambio en el régimen de escorrentía superficial, (8) pérdida de suelo, (9) aparición o incremento de erosión hídrica, (10) compactación del suelo, (11) pérdida de capacidad agrológica del suelo, (12) pérdida de calidad paisajística, (13) eliminación y presión sobre la cobertura vegetal, (14) afección a la vegetación por emisión de partículas de polvo, (15) destrucción de hábitat (excavaciones y abertura de accesos), (16) ayuntamiento de fauna, (17) atropellamiento de fauna, (18) molestias por pérdida de calidad acústica: ruidos, (19) riesgos de afectaciones a la salud por aspiración de polvo, (20) incrementos de peligros y accidentalidad, (21) conflictos entre las extracciones convencional y artesanal.

### Extracción mecanizada en cantera de calizas EgiVias

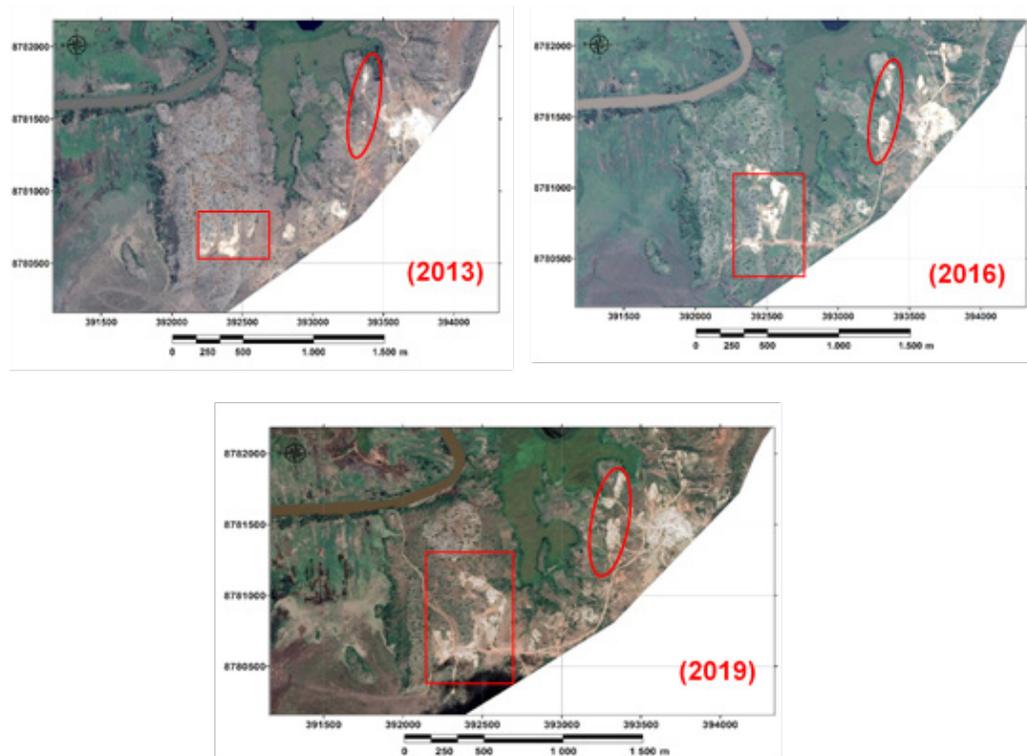


Figura 4. Comparación de NDVI de los años (2013, 2016 y 2019)

Fuente: los autores.

### Cálculo de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada - NDVI.

Se usa el NDVI (Índice de Vegetación Normalizado) para identificar las coberturas de la superficie de la tierra en el Área de Estudio, la cual fue realizada al Área de influencia de la cantera EgiVias entre los años 2013 y 2019 por el Cálculo en la ecuación 1.

$$\text{Algoritmo 1: NDVI} = (B5 - B4) / (B5 + B4) \quad (1)$$

La construcción de los valores del NDVI (Figura 5), permite transformar los valores digitales de la imagen en valores de reflectancia de los objetos sobre la superficie de la tierra. Consistió en el análisis de la evolución de la extracción de la cantera por la empresa EgiVias del Área en pesquisa en la explotación de las calizas, como demuestra las imágenes mediante el Índice de Vegetación Normalizado de la cobertura vegetal, que revela el avance en el terreno los impactos provocados.

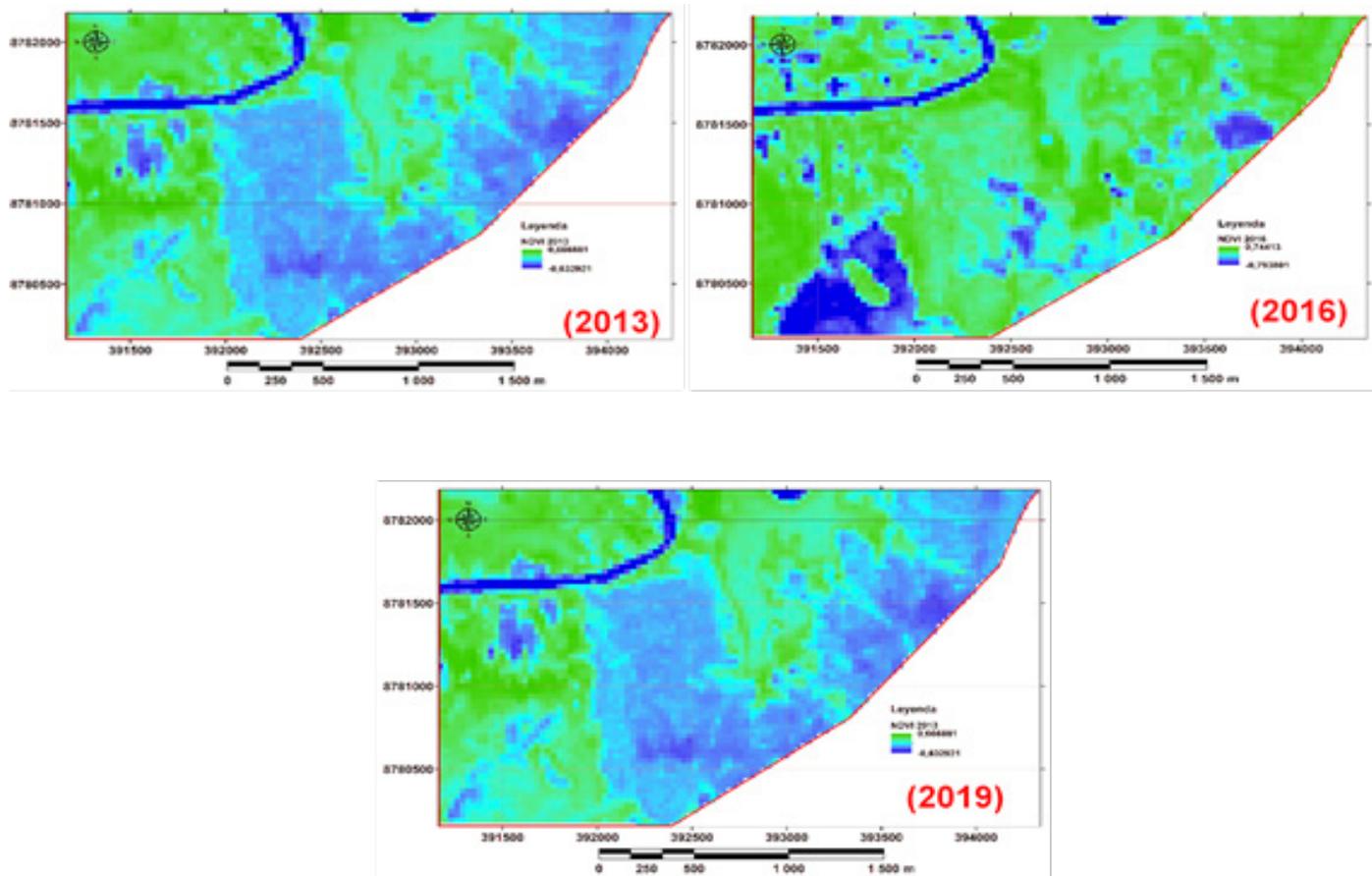


Figura 5. Cálculo de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada – NDVI.

Fuente: los autores.

### Panorama geoambiental, calizas EgiVias. Estadísticas multitemporales de las clases durante el período 2013-2019 (explotación mecanizada de calizas EgiVias)

Como es posible apreciar en la Tabla 2 y su expresión gráfica en las Figuras 6 y 7, existe un incremento sostenido en la etapa que se observa en cada una de las clases analizadas. Esto conlleva a un deterioro ambiental producido por la sobreexplotación mecanizada producida por EgiVias. Es de destacar que las clases que sirven de sustento alimentario a la población tales como el área agrícola perciben un incremento, lo que es directamente proporcional al que se observa sobre el incremento de los suelos desnudos y la zona de extracción de calizas.

Tabla 2. Comportamiento de las clases. Período 2017-2019.

Clase	2013	2017	2019	Variación
Administración y procesamiento	1,2%	1,4%	1,9	incremento
Vegetación arbustiva	9,5%	9,3%	9,4	constante
Área agrícola	0,5%	3,8%	3,0	incremento
Río Queve	2,1%	2,4%	2,3	constante
Cuerpo de agua	0,3%	0,3%	0,3	constante
Vegetación arbustiva dispersa	25,3%	27,2	25,5	incremento
Suelo desnudo	10,1%	2,4%	18,1	incremento
Vegetación herbácea	24,8%	35,7%	22,0	indefinido
Vegetación seca	24,8%	13,7%	14,4	disminución
Zona de extracción de caliza	1,4%	3,9%	3,3	incremento

Fuente: los autores.

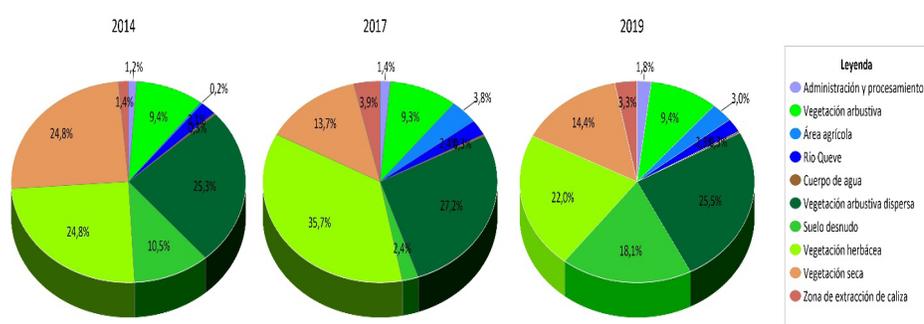


Figura 6. Comportamiento multitemporal de las clases. Período 2013-2019

Fuente: los autores.

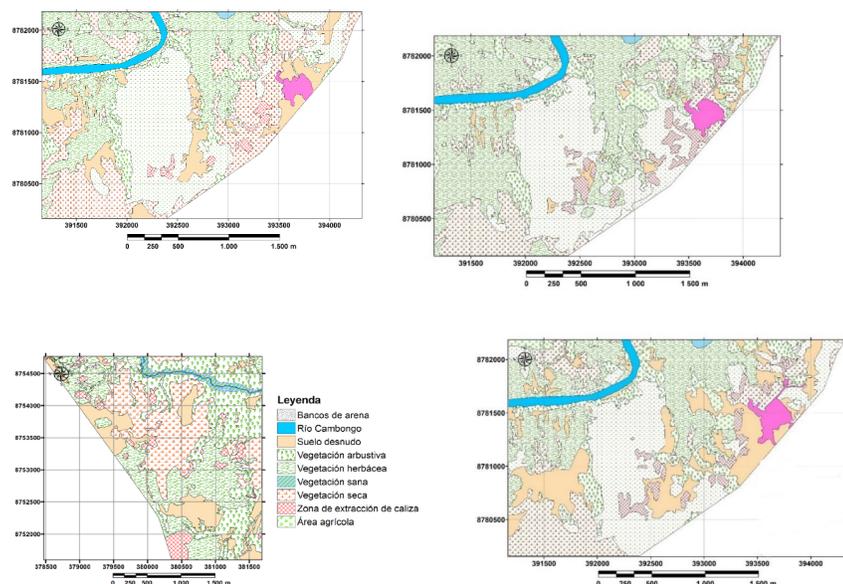


Figura 7. Esquema geoambiental. Período 2013-2019

Fuente: los autores.

## CONCLUSIONES

En la zona de estudio los mayores impactos que se observan sobre el paisaje son los producidos por la actividad extractiva, donde es evidente el deterioro de medios biofísicos con tendencia a los procesos geodinámicos y la antropización.

El diagnóstico ambiental realizado sirvió de base para la evaluación de impactos y aspectos ambientales de sectores afectados por la extracción mecanizada de rocas y minerales industriales.

Los impactos ambientales a los medios físicos, bióticos y socioeconómicos son clasificados como moderados.

La explotación de rocas y minerales industriales tiene carácter desordenado e irracional, sin que se incluyan medidas para la mitigación de los impactos ambientales generados ni se fiscalice el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

El Sistema de Gestión Ambiental propuesto garantiza la explotación controlada, ordenada y sostenible de las rocas y minerales industriales, la mitigación de los impactos ambientales negativos originados por la actividad y el ordenamiento territorial en el municipio Sumbe, provincia de Cuanza Sul.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Allen, C. D., Breshears, D. D. (1998). Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: rapid landscape response to climate variation. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 95 (25), 14839–14842.
- Alzate, G. Y Sánchez, D. (2018) *Análisis multitemporal por teledetección del cambio de coberturas en las veredas Pantanillo y Las Palmas del municipio de Envigado en el periodo comprendido entre los años 1997 y 2016* (Tesis de Maestría). Universidad de Valencia.
- Bastian, O., Krönert, R., & Lipský, Z. (2006). Landscape diagnosis on different space and time scales—a challenge for landscape planning. *Landscape Ecology*, 21(3), 359-374.
- Farina, A. (2008). Principles and methods in landscape ecology: Towards a science of the landscape, Vol. 3. Springer Science & Business Media.
- Gutman, G., Huang, C., Chander, G., Noojipady, P. (2013). Assessment of the NASA-USGS Global Land Survey (GLS) Datasets. *Remote Sens. Environ.* 134, 249–265.
- Hermosilla, T., Wulder, M. A., White, J. C., Coops, N. C., Hobart, G. W., Campbell, L. B., (2016). Mass dataprocesing of time series Landsat imagery: pixels to data products for forest monitoring. *Int. J. Dig. Earth* 9 (11), 1035–1054.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez, C. & Baptista, M. P. (2010). Metodología de la Investigación (5ta Edición). McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- McDowell, N.G., Coops, N.C., Beck, P.S., Chambers, J.Q., Gangodagamage, C., Hicke, J.A., et al. (2015). Global satellite monitoring of climate-induced vegetation disturbances. *Trends Plant Sci.* 20 (2), 114–123.
- Šálek, M. (2012). Spontaneous succession on opencast mining sites: implications for bird biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1417-1425.
- UNDP and UN Environment. (2018). Managing mining for sustainable development: A Sourcebook. United Nations Development Programme. Retrieved 11 15, 2018
- Wulder, M.A., White, J.C., Goward, S.N., Masek, J.G., Irons, J.R., Herold, M., Woodcock, C.E. (2008). Landsat continuity: issues and opportunities for land cover monitoring. *Remote Sens. Environ.* 112 (3), 955–969.
- Xiao, H. & Ji, W. (2007). Relating landscape characteristics to non-point source pollution in mine wastelocated watersheds using geospatial techniques. *Journal of Environmental Management*, 82(1), 111-119.