

Ariadna Faria Vieira  
Leonardo França da Silva  
Victor Crespo de Oliveira  
(Organizadores)

# MEDIO AMBIENTE, SALUD Y DESARROLLO SOSTENIBLE



Ariadna Faria Vieira  
Leonardo França da Silva  
Victor Crespo de Oliveira  
(Organizadores)

# MEDIO AMBIENTE, SALUD Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

*Open access publication* by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## Medio ambiente, salud y desarrollo sostenible

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Ariadna Vieira  
Leonardo França da Silva  
Víctor Crespo de Oliveira

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
M491	Medio ambiente, salud y desarrollo sostenible / Organizadores Ariadna Vieira, Leonardo França da Silva, Víctor Crespo de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1786-6 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.866232010">https://doi.org/10.22533/at.ed.866232010</a>  1. Medio ambiente. 2. Salud. I. Vieira, Ariadna (Organizador). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Oliveira, Víctor Crespo de (Organizador). IV. Título.  CDD 577
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A coleção “Medio Ambiente, Salud y Desarrollo Sostenible” é uma obra que se destaca por sua abordagem interdisciplinar e compromisso com a promoção do conhecimento em áreas críticas para o nosso planeta e bem-estar global. Neste volume, oferecemos uma visão abrangente das conexões entre meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável, apresentando pesquisas, estudos de caso e análises críticas.

Nosso principal objetivo com esta coleção é fornecer uma plataforma para a discussão e disseminação de conhecimentos relacionados ao meio ambiente, saúde pública e desenvolvimento sustentável. Acreditamos que somente através de uma abordagem integrada e colaborativa podemos enfrentar os desafios complexos que o mundo enfrenta hoje.

Os conteúdos foram elaborados por especialistas de diversas áreas, abrangendo tópicos como conservação ambiental, epidemiologia, políticas de saúde pública, gestão ambiental, energia renovável, segurança alimentar e outras disciplinas afins. A variedade de temas abordados tem como propósito enriquecer o entendimento de estudantes, acadêmicos e todos aqueles interessados nas áreas de meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável.

Agradecemos profundamente a todos os autores envolvidos por compartilharem seus conhecimentos e pesquisas, contribuindo para a criação desta valiosa coleção. Reconhecemos a importância da divulgação científica e destacamos a Atena Editora como uma plataforma sólida e confiável para que os pesquisadores possam apresentar suas descobertas de forma eficaz.

Estamos comprometidos em promover uma maior conscientização sobre os desafios ambientais e de saúde que enfrentamos, bem como em fornecer soluções sustentáveis para um futuro melhor. Esperamos que esta coleção estimule a interconexão entre as áreas de meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável, contribuindo para um mundo mais saudável e equilibrado.

Agradecemos por se juntar a nós nesta jornada e desejamos a todos uma leitura inspiradora e esclarecedora!

Boa leitura!

Ariadna Vieira  
Leonardo França da Silva  
Víctor Crespo de Oliveira



<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
SOLID WASTE CONTAMINATION IN THE INFORMAL MINING CAMP - LA RINCONADA	
Yudy Huacani Sucasaca	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320101">https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320101</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>9</b>
POLÍTICA AMBIENTAL APLICADA A EMPRESAS CON DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN Y ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ABATIMIENTO	
Felipe Rivera	
Pablo Adasme	
Jorge Zamorano	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320102">https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320102</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>25</b>
DESARROLLO DE POLÍTICAS AMBIENTALES SUSTENTABLES PARA PRESERVAR LOS PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN BOLIVIA	
Magín Herrera López	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320103">https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320103</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>44</b>
BIOSTIMULATION OF DOMESTIC WATER CONTAMINATED BY A MIXTURE OF HYDROCARBONS	
Juan Manuel Sánchez-Yañez	
Gladys Juárez-Cisneros	
Juan Luis Ignacio de la Cruz	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320104">https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320104</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>54</b>
GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE NOVA SERRANA – MG	
Ítalo Patrício Pedersoli	
Leonardo França da Silva	
Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho	
Ricardo José Gontijo Azevedo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320105">https://doi.org/10.22533/at.ed.8662320105</a>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>73</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>74</b>

## SOLID WASTE CONTAMINATION IN THE INFORMAL MINING CAMP - LA RINCONADA

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Yudy Huacani Sucasaca**

Professional School of Economics and  
International Business  
Faculty of Accounting and Financial  
Sciences  
Andean University Néstor Cáceres  
Velásquez  
Juliaca - Peru.  
<https://orcid.org/0009-0008-3275-5586>

**RESUMEN:** El campamento Minero La Rinconada se ha convertido en un foco infeccioso que afecta a la salud de los mismos habitantes quienes residen en el lugar a 5,100 m.s.n.m. en el altiplano peruano. La informalidad de la actividad minera en el Centro Poblado La Rinconada ha originado problemas ambientales con residuos sólidos que son arrojados a los costados de la carretera de acceso por ausencia de una planta de tratamiento y agua potable de calidad. La contaminación de los residuos sólidos es responsabilidad del gobierno y de los hogares que representan la principal fuente generadora de residuos sólidos, las medidas de mitigación se encuentran en el diseño de políticas públicas, formulación de proyectos de inversión pública en saneamiento, residuos sólidos, y planes

de contingencia para reducir los residuos sólidos generados por la minería informal.

**PALABRAS CLAVE:** Residuos sólidos, Minería informal, Campamento Minero La Rinconada.

**ABSTRACT:** The La Rinconada mining camp has become an infectious focus that affects the health of the same inhabitants who reside in the place at 5,100 meters above sea level. in the Peruvian highlands. The informality of mining activity in the La Rinconada Populated Center has caused environmental problems with solid waste that is dumped on the sides of the access road due to the absence of a treatment plant and quality drinking water. Solid waste pollution is the responsibility of the government and households that represent the main source of solid waste generation, mitigation measures are found in the design of public policies, formulation of public investment projects in sanitation, solid waste, and contingency plans to reduce solid waste generated by informal mining.

**KEYWORDS:** Solid waste, Informal mining, La Rinconada Mining Camp.

## INTRODUCTION

The La Rinconada mining camp is informal, it is located in the Janca region, at 5,100 meters above sea level in the La Rinconada Populated Center, the largest in the Ananea District in the Puno region - Peru (INEI, 2017). The growth rate of the La Rinconada Populated Center is 6.6%, it presents a high growth rate since it concentrates inhabitants for a period of working time, these border a total of 60,597, a total of 12,119 homes that do not have any type of sanitation service (water and drainage) and have a terrible quality of life. There is a presence of mining informality that contaminates and dumps abundant waste, where the local authority does not have a budget for the adequate service of solid waste to a dump. And whose solid waste is thrown on the sides of the road.

Although the millennium objectives according to objective 7 are to guarantee the sustainability of the environment, those “people without sustainable access to drinking water and basic sanitation services”. In our country, the Ministry of Energy and Mines in 2018 with the purpose of contributing to sustainable development and the quality of life of the population in rural areas has promoted the “Integral Mining Formalization” program with the support of the Regional Government of Puno , granting authorizations to 900 artisanal miners better known as “pallaqueras” and “cachorreras” from La Rinconada and Cerro Lunar de Ananea, who live in tin houses.

## IMPACTS OF SOLID WASTE ON HEALTH AND THE ENVIRONMENT

Today the increase in the amount of solid waste has become a topic of debate throughout the world (Endalew & Tassie, 2018), with negative impacts on public health, represents a threat to the environment and affects the quality of life of people, (Gebreeyosus, 2018), for this reason it has been considered an environmental problem (Vassanadumrongdee & Kittipongvises, 2018), characteristic of developing countries (Wegedie, 2018) and is an insurmountable challenge due to rapid urbanization and the inability of the authorities to confront it (Mohan, Sinha, & Lal, 2016). This is due to the lack of effective management programs, regulations and policies, waste is causing a serious health risk such as communicable diseases, bad odors, discomfort and environmental impacts, such as water, soil and air pollution ( Verma, Borongan, & Memon, 2016).

## RECYCLING AS AN ALTERNATIVE SOLUTION

In the workshop sponsored by the Institute for Waste Management and Research at the University of Tennessee, they recommend the need to identify trends in state approaches to solid waste disposal, as well as define the location of solid waste (English, Barkenbus, & Wilt, 1993). That is, there is a need to collect solid and classified waste for effective management (Miezah, Obiri-Danso, Kádár, Fei-Baffoe, & Mensah, 2015). This situation is

not unrelated in the La Rinconada Populated Center due to mining exploitation, which has increased the daily rate of solid waste generation, it has a high demographic growth at the urban level, and there are serious solid waste collection problems, since it is not It has a dump, generating an infectious focus of diseases. Currently, in La Rinconada, the reuse and recycling programs are inefficient and are totally abandoned to the elements.

The integrated management of solid waste is a priority issue due to deficient waste management (Zurbrügg, Gfrerer, Ashadi, Brenner and Küper, 2012), since they emit dangerous gases into the atmosphere (Aliyu, 2010), therefore it must be propose recycling and reuse of waste, undertake environmental awareness campaigns to raise awareness of the correct attitude (Aliyu, 2010). Today recycling is a way of life for society in developed and developing economies (Mwanza & Mbohwa, 2017).

In New York City, a plan with a 20-year projection has been prepared since the late 1990s, which included prevention, recycling/composting of waste into energy/ash management and landfill; with different actors such as the Department of Health, the City Recycling Advisory Board (made up of the President of the Municipalities, Mayor and City Council) to ensure public participation in planning and decision-making on solid waste ( Clarke, 1993).

Despite the existence of recycling programs with different interest groups in the government and private sectors to reduce waste generation, a weak and positive correlation has been achieved between community participation in the recycling program and community attitude (Malik, Abdullah, & Manaf, 2015). It is still necessary to promote the articulation of the public and private sectors for the development of sustainable programs with the environment and related to public health (Kinobe et al., 2015), starting with collaborative awareness of these sectors (Joshi & Ahmed, 2016).

## **DETERMINANTS OF SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE AFRICAN UNION, ETHIOPIA, THAILAND, VIETNAM, NEW YORK AND INDIA**

In the African Union, the willingness to pay for 350 households to evaluate a solid waste management system in the city of Bahir Dar in Ethiopia is 13 ETB per month, it was shown that the education of the head of the household, the monthly aggregate income, access to solid waste management service, disease outbreak, number of children, and amount of waste generated per week significantly affect willingness to pay a monthly fee (Endalew & Tassie, 2018).

In the Afar Regional State in Ethiopia, the willingness to pay of households to improve solid waste management is linearly related to the factors: age, sex, marital status, level of education in years, family size, availability of children under 10 years of age in the home, state of own home, period of time living in the neighborhood, employment status, average monthly income level of the household. It is emphasized that married people would be more willing to pay than singles, due to the higher income they receive; regarding education, there

is a better payment position when the number of years dedicated to education is greater (Gebreeyosus, 2018).

In Thailand it has been determined that the factors that influence the willingness to pay for the improvement of waste management after having registered favorable records on the preference for recycling programs, with figures still low, are the knowledge of people about waste problems as well as the collection service (Vassanadumrongdee & Kittipongvises, 2018).

In India municipal solid waste management is challenging, it has been generated by rapid urbanization and uncontrolled growth rate, it is difficult to manage the increasing waste without active participation of people, which should be implemented with an integrated approach (Joshi & Ahmed, 2016). The following categories of solid waste are classified: biodegradable waste (food and kitchen waste and green waste such as vegetables, flowers, leaves, fruits), recyclable material (paper, glass, bottles, cans, metals, certain plastics), waste material inerts (dirt, debris), composite waste (waste clothing, plastic waste), household hazardous waste (medicine waste).

## CONCLUSIONS

As in developing countries, solid waste management has been considered the responsibility of the government and households that represent the main source of solid waste generation, such as the La Rinconada mining camp, which are victims of such negative effects. The mitigation measures recommend including the inhabitants within the design of public policies, preparation of public investment projects in sanitation, solid waste, and contingency plans to reduce solid waste generated by informal mining. Greater environmental education should be strengthened, environmental awareness campaigns that should be included in the educational system to promote its reduction, and facilitate urgent solutions (Mohan et al., 2016).

## REFERENCIAS

Aliyu, B. (2010). Un análisis de desechos sólidos municipales en Kano Metropolis, Nigeria, *Journal of Human Ecology*, 31: 2, 111-119, DOI: 10.1080 / 09709274.2010.11906301

Clarke, M. J. (1993). Integrated municipal solid waste planning and decision-making in new york city: the citizens' alternative plan. *Air and Waste*, 43(4), 316-324. <https://doi.org/10.1080/1073161X.1993.10467143>

Endalew, B., & Tassie, K. (2018). Urban households ' demand for improved solid waste management service in Bahir Dar city : A contingent valuation study. *Cogent Environmental Science*, 2(September 2017), 1-11. <https://doi.org/10.1080/23311843.2018.1426160>

English, M., Barkenbus, J., & Wilt, C. (1993). Solid waste facility siting: Issues and trends. *Air and Waste*, 43(10), 1345-1350. <https://doi.org/10.1080/1073161X.1993.10467208>

Gebreeyosus, M. A. (2018). Urban dwellers and solid waste management plans : A case study of selected towns in Afar regional state , Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/23311843.2018.1524052>

Instituto Nacional d Estadística e Informática - Perú (2007). Censo Nacional de Población y Vivienda.

Joshi, R., & Ahmed, S. (2016). Status and challenges of municipal solid waste management in India: A review. *Cogent Environmental Science*, 2(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/23311843.2016.1139434>

Kinobe, J. R., Niwagaba, C. B., Gebresenbet, G., Komakech, A. J., & Vinnerås, B. (2015). Mapping out the solid waste generation and collection models: The case of Kampala City. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 65(2), 197-205. <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.984818>

Malik, N. K. A., Abdullah, S. H., & Manaf, L. A. (2015). Community Participation on Solid Waste Segregation Through Recycling Programmes in Putrajaya. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.002>

Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B., & Mensah, M. Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste Management*, 46, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.009>

Ministerio de Energía y Minas (2018, 23 de julio). Puno: Alrededor de 900 pequeños mineros fueron autorizados para realizar actividades extractivas. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/16983-puno-alrededor-de-900-pequenos-mineros-fueron-autorizados-para-realizar-actividades-extractivas>

Mohan, G., Sinha, U. K., & Lal, M. (2016). Managing of Solid Waste through Public Private Partnership Model. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 158-168. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.066>

Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2017). Drivers to Sustainable Plastic Solid Waste Recycling: A Review. *Procedia Manufacturing*, 8(October 2016), 649-656. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.083>

Vassanadumrongdee, S., & Kittipongvises, S. (2018). Factors influencing source separation intention and willingness to pay for improving waste management in Bangkok, Thailand. *Sustainable Environment Research*, 28(2), 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2017.11.003>

Verma, R. L., Borongan, G., & Memon, M. (2016). Municipal Solid Waste Management in Ho Chi Minh City, Viet Nam, Current Practices and Future Recommendation. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 127-139. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.059>

Wegedie, K. T. (2018). Households solid waste generation and management behavior in case of Bahir Dar City , Amhara National Regional State , Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 4(0), 1-18. <https://doi.org/10.1080/23311843.2018.1471025>

Zurbrügg, Ch., Gfrerer, M., Ashadi, H., Brenner, W. y Küper, D. (2012). Determinantes de la sostenibilidad en la gestión de residuos sólidos: el proyecto de recuperación de residuos Gianyar en Indonesia. *Gestión de residuos*, 32(11), 2126-2133.

## ANEXOS



*Photo 1. Panoramic view of the access road to the Rinconada Mine at 5,100 meters above sea level. polluted with mountains of garbage.*



*Photo 2. Garbage is dumped on public roads by the same informal miners throughout the access to the "La Rinconada" mining camp, there is no solid waste service management.*



Photo 3. View of houses scattered one on top of the other, built and roofed with calamine, despite the intense cold that the place presents.



Photo 4. Garbage is not classified and there is no sanitary landfill in La Rinconada, it is an infectious source of diseases.



Let's save the snow-capped La Rinconada!

No to heavy mining pollution!



Photo 5. The snow-capped La Rinconada only offers a view of contamination where one can visit it, there is abundant garbage

# POLÍTICA AMBIENTAL APLICADA A EMPRESAS CON DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN Y ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ABATIMIENTO

*Data de aceite: 02/10/2023*

**Felipe Rivera**

Universidad Central de Chile

**Pablo Adasme**

Universidad De Santiago de Chile

**Jorge Zamorano**

Universidad De Santiago de Chile

optimización binivel, que busca maximizar tanto el bienestar social como las ganancias empresariales. Los resultados indican que adoptar tecnologías de abatimiento, disminuye la relocalización empresarial y mejora el bienestar de la sociedad.

**PALABRAS CLAVE:** localización, tecnologías de abatimiento, bienestar social.

**RESUMEN:** Esta investigación propone estrategias para gobiernos enfocados en reducir la contaminación a través de políticas medioambientales. Se analiza la introducción de un impuesto a las emisiones por un gobierno local, afectando a empresas que compiten a la Cournot y deciden estratégicamente la ubicación de sus plantas, considerando tecnologías de abatimiento. Se destaca que la combinación de impuestos y tecnologías de abatimiento tiene efectos no lineales en los beneficios empresariales y el bienestar social. Es crucial notar que las políticas medioambientales pueden influir en la relocalización de empresas hacia regiones con regulaciones **más** flexibles. El estudio se centra en sectores con altas emisiones: electricidad, acero y cemento. El problema planteado se resuelve mediante la

## 1 | INTRODUCCIÓN

El calentamiento global, un fenómeno ampliamente documentado, ha mostrado impactos crecientes en diversos sectores en la última década. Desde la agricultura hasta la salud humana y los ecosistemas, las consecuencias de este fenómeno son palpables (Mccarthy et. al, 2001). En el contexto del desarrollo sostenible, es imperativo cuantificar y comprender estos impactos para diseñar políticas que mitiguen sus efectos negativos y potencien los positivos. El término “cambio climático” engloba el calentamiento global y sus efectos secundarios. Este cambio, que se remonta a la revolución industrial del siglo XX, se

ha intensificado debido a la actividad manufacturera y económica, que ha incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano (Mikhaylov et. al, 2020; Albergel et. al, 2010).

A pesar de la creciente conciencia y las acciones gubernamentales, la solución al cambio climático es compleja y multifacética. Las políticas unilaterales, aunque esenciales, no son suficientes. Se requiere una colaboración global y la participación activa de todos los sectores y actores involucrados (Valencia et. al, 2009). Un paso significativo hacia la sostenibilidad es el régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (EU-ETS). Este sistema, que limita las emisiones y promueve prácticas más limpias, es un ejemplo de cómo las políticas pueden incentivar la transición hacia un modelo económico sostenible (Unión Europea, 2020). Además, el Acuerdo de París de 2015 refuerza la necesidad de cooperación internacional, estableciendo objetivos claros para limitar el aumento de la temperatura global y promover tecnologías sostenibles (Garín, 2017; UNFCCC, 2021).

Sin embargo, las políticas ambientales también han llevado a desafíos inesperados. La relocalización de empresas a regiones con regulaciones más laxas es una preocupación creciente (Greacker, 2003; Ikefuji, 2016). Estudios como los de Petrakis y Xepapadeas (2003) y Prota y Conto (2004) han analizado las decisiones de localización y cómo las políticas pueden influir en ellas. En este contexto, es esencial considerar el equilibrio entre impuestos y tecnologías de abatimiento. Las empresas deben sopesar los costos de adaptación y las posibles sanciones, y los gobiernos deben garantizar que las políticas promuevan la sostenibilidad sin desincentivar la innovación o la producción (Gama, 2018). Bajo lo anterior, es interesante analizar y estudiar el “*trade off*” entre el impuesto y abatimiento, ya que, ante una política más estricta, es decir, un mayor nivel de impuesto implica una mayor adopción de tecnologías, con el propósito de reducir el pago impositivo, como es demostrado en (Requate y Unold, 2001) y (Requate y Unold, 2003). Esta asunción la realizan diferentes estudios empíricos como en (Jaffe y Palmer, 1997), (Newell et. al, 1999), (Popp, 2002) y (Carrión et. al, 2010). Ahora bien, al implementarse esta política económica, las empresas tienen la posibilidad de invertir en nuevas tecnologías, con el fin de regularizar las emisiones y no tener una carga impositiva tan alta. Por lo que la empresa, tiene la regla de decisión en base a su beneficio, si abatir más, mediante nuevas tecnologías o no invertir y pagar más impuestos. De todas formas, este juego que se genera aumenta los costos de la empresa, por lo que puede llevar a un incentivo a la reubicación de las plantas de producción a países donde no existan regulaciones ambientales, o al menos, políticas más laxas. Por lo tanto, el objetivo del documento es en primer lugar generar una discusión en términos de políticas ambientales en donde su principal propósito sea el buscar la maximización del bienestar social doméstico, analizando cómo la incorporación de las tecnologías de abatimiento incentiva la relocalización de las empresas, dado que se modifican sus estructuras de costos. Posteriormente, se propone analizar el bienestar

cuando existe transferencia tecnológica entre el regulador y las empresas que están compitiendo.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. En la Sección 2, explicamos y desarrollamos el problema a modelar. En la Sección 3, se discute las decisiones empresariales y sobre cómo toma las decisiones en cuanto a localización de sus producciones, mientras que en la Sección 4 se presentan los principales resultados y una breve discusión. En la Sección 5, se presentan las extensiones de cómo la globalización influye en el bienestar social. Finalmente, en la Sección 6 se ofrecen observaciones finales y las respectivas conclusiones.

## 2 I MODELO

En esta sección se explicará y desarrollará el problema a modelar, considerando los conceptos que lo sustentan y las diferentes perspectivas de los agentes involucrados, tanto de las empresas, el regulador y los consumidores.

### 2.1 Empresas

Asumamos dos países  $H$  (*Home*) y  $F$  (*Foreign*), en donde hay dos empresas simétricas inicialmente ubicadas en el país local o doméstico ( $H$ ). Estas empresas producen un bien homogéneo y contaminante, compitiendo “à la Cournot”, es decir, las empresas compiten eligiendo simultáneamente su cantidad de producción para maximizar su beneficio. En todo momento abastecen al mercado local del país  $H$ . Las empresas utilizan inicialmente una tecnología contaminante generando  $e$  emisiones. Es decir, cada unidad de producción  $q$  tiene un factor de contaminación  $\mu_0$ , lo que resulta en  $e = \mu_0 q$ . Sin embargo, las empresas pueden reducir sus emisiones mediante la adopción de tecnologías de abatimiento que reducen el factor de emisión de  $\mu_0$  a  $\mu_i(t)$ . Por consiguiente, se tiene:

### 2.2 Consumidores

Las empresas se enfrentan a una función de demanda lineal e inversa igual a  $P(Q)$ , donde  $Q$  es la cantidad total producida en el mercado. La función de demanda inversa es dos veces diferenciable, positiva o nula, y estrictamente decreciente cuando es positiva, y  $P(0) > 0$ . Además, supongamos que  $P(Q) + P'(Q)q_i$  para cualquier empresa  $i$  es decreciente en  $q_i$  y que  $P(Q) + P'(Q)\frac{Q}{n}$  es decreciente en  $Q$ . Por otro lado, ambas empresas en todo momento abastecen el mercado local  $H$ , país donde se encuentran los consumidores.

La función inversa de la demanda se define como:

$$P(Q) = a - bQ$$

Donde  $a$  es un parámetro derivado del tamaño de mercado y  $b$  es la pendiente de curva. Se asume que  $a$  y  $b$  son positivas. Mientras, que la cantidad total del mercado  $Q$  se define como la suma de las cantidades individuales producidas por cada empresa, como

se muestra a continuación:

$$Q = \sum_{i=1}^2 q_i$$

### 2.3 Regulador

El gobierno o regulador del área doméstica, preocupado del bienestar de la sociedad, busca reducir el daño ambiental generado por la producción contaminante de las empresas, por lo que empieza a implementar un impuesto a las emisiones. Es decir, las empresas deben pagar por cada unidad de emisión que liberen a la atmósfera. Suponemos un solo mercado duopolístico en que las empresas producen un mismo producto y deben pagar el mismo impuesto. El impuesto se denomina  $t$  y se obtiene de forma endógena cuando se maximiza el bienestar. Las emisiones antes de la regulación se denominan  $e=\mu_0Q(t=0)$ , mientras que después de la regulación  $e=\mu_1(t)Q(t)$ . Sin embargo, como las empresas tienen la opción de reducir las emisiones mediante la adopción de nuevas tecnologías de abatimiento, existe un juego entre invertir en nuevas tecnologías que permitan reducir el pago en impuestos o no invertir, y tener una mayor carga impositiva. Esto último, modifica la estructura de costos de la empresa, por lo que se puede generar el incentivo a la relocalización. Asumimos que no hay una política ambiental activa en el país  $F$ .

## 3 | DECISIONES DE LOCALIZACIÓN

En cuanto a la localización inicial de las empresas, asumimos que se encuentran en el país  $H$ . Sin embargo, debido a la implementación de una nueva política ambiental, existe la opción que una (o ambas) empresa(s) puedan reubicar sus plantas de producción del país  $H$  al país  $F$  con un costo de reubicación  $f$ , y en el caso que la(s) empresa(s) se ubique(n) en el país  $F$  exporta(n) todo su producto sin costo de transporte al país  $H$ , sin mantener la tecnología de abatimiento. Bajo lo anterior, es que existen 3 escenarios; ambas empresas se encuentren en el país  $H$ , una empresa se reubique al país  $F$  o que ambas empresas se reubiquen. En el caso que una o ambas empresas se reubiquen, sus beneficios permanecen en el país  $F$ .

Mencionado lo anterior, existen tres equilibrios o casos posibles. Quedando de la siguiente manera el juego:

#### Primer caso: Situación inicial.

Ambas empresas se encuentran ubicadas en el país  $H$ . Por lo tanto, el beneficio  $\pi_i(q_i, t)$  de la empresa  $i$  queda definido de la siguiente manera:

$$\pi_i(q_i, t) = P(Q)q_i - t\mu_i(t)q_i - q_i \frac{\gamma}{2} (\mu_0 - \mu_i(t))^2 \quad \forall i \in 1, 2$$

Obteniendo las condiciones de primer orden, se obtiene:

$$a - 2bq_1 - bq_2 - t\mu_i(t) - \frac{\gamma}{2}(\mu_o - \mu_i(t))^2 = 0$$

De aquí, se obtienen las cantidades de producción de equilibrio de las empresas cuando ambas se localizan en el país local.

**Segundo caso:**

Una de las empresas se reubica en el país  $F$ . Por lo tanto, el beneficio  $\pi_i(q_i, t)$  de la empresa  $i$  queda definido de la siguiente manera:

$$\pi_1(q_1, t) = P(Q)q_1 - t\mu_i(t)q_1 - q_1 \frac{\gamma}{2}(\mu_o - \mu_i(t))^2$$

$$\pi_2(q_2, t) = P(Q)q_2 - f$$

**Tercer caso:**

Ambas empresas se reubican en el país  $F$ . Por lo tanto, el beneficio  $\pi_i(q_i, t)$  de la empresa  $i$  queda definido de la siguiente manera:

$$\pi_i(q_i, t) = P(Q)q_i - f \forall i \in 1, 2$$

Obteniendo las condiciones de primer orden, se obtiene:

$$a - 2bq_1 - bq_2 = 0$$

De aquí, se obtienen las cantidades de producción de equilibrio de las empresas cuando ambas se localizan en el país foráneo.

En el contexto de decisiones empresariales sobre localización, las empresas optarán por ubicaciones que maximicen sus ganancias. Una empresa se mantendrá en el país local  $H$  si, y solo si, el beneficio de hacerlo supera el de relocalizarse en el extranjero. Al permanecer en  $H$ , la firma incurre en un impuesto a las emisiones impuesto por el regulador, impactando su estructura de costos. No obstante, tiene la opción de adoptar tecnologías **más** limpias para reducir su carga impositiva. Esto plantea un dilema entre pagar impuestos o invertir en innovación tecnológica. A partir de esta premisa, introducimos uno de los hallazgos clave de nuestro estudio:

**Proposición 1.** *Para mantener a las empresas en el país de origen  $H$ , la adopción de tecnologías de abatimiento permite al regulador fijar un impuesto mayor a cuando no hay adopción de tecnologías de abatimiento, sin incentivar a la relocalización.*

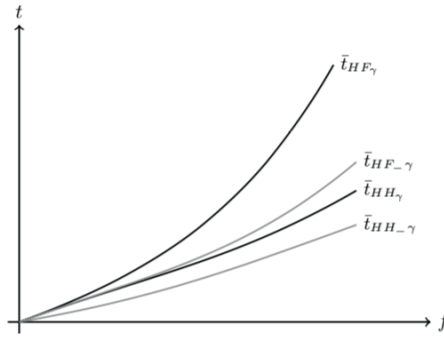


Figura 1: Posibilidades de equilibrio de Nash.

En la figura 1, se presentan las tres posibilidades de equilibrios de Nash  $\bar{t}_{HH,\gamma}$ . Definimos como el impuesto máximo que puede fijar el regulador con tal que las empresas permanezcan en el país de origen (H) y la curva  $\bar{t}_{HF,\gamma}$  como el impuesto máximo al que permite que al menos una empresa permanezca en el país H, ambas cuando existe la adopción de tecnologías de abatimiento. En cambio,  $\bar{t}_{HH-\gamma}$  y  $\bar{t}_{HF-\gamma}$  representan los impuestos máximos cuando no hay adopción de tecnologías de abatimiento. Cuando el impuesto a las emisiones es bajo y el costo de reubicación es alto, la adopción de tecnologías de abatimiento garantiza una mayor posibilidad a que ambas empresas permanezcan en H. Sin embargo, cuando no existe adopción a estas nuevas tecnologías, también ambas empresas se quedan en H. Mientras, que cuando el impuesto ambiental es alto y el costo de reubicación es bajo, ambas empresas se trasladan al país F. Ya que un impuesto a las emisiones aumenta el costo marginal de producción y bajo un costo fijo menor, se hace rentable la opción de trasladarse. Ahora bien, cuando tanto el costo de reubicación como el impuesto se fijan en niveles medios, cualquiera de las empresas se relocaliza al país F. Sin embargo, cuando existe la adopción de tecnologías de abatimiento, este equilibrio se hace más atractivo.

#### 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para lograr resolver el juego propuesto, se definen dos niveles jerárquicos. En el nivel superior, se encuentra el regulador o Gobierno, mientras que, en el nivel inferior, las empresas. De esta manera, se busca resolver la problemática desde abajo hacia arriba, es decir, buscar la combinación óptima que maximiza la ganancia de las empresas, y con esas condiciones, calcular el bienestar. Es decir, se busca maximizar las ganancias y bienestar en función de la aceptabilidad total de las empresas.

Problema del regulador:

$$\text{Max } W(t) = CS + PS + RR - D$$

Problema de las empresas seguidoras:

$$\text{Max } \pi(q_i)$$

En la simulación llevada a cabo, se analizaron tres sectores con alta intensidad de emisiones: electricidad, acero y cemento. A partir de los datos recopilados, se identificó que, desde el punto de vista regulatorio, la variable predominante es el nivel impositivo aplicado a las emisiones. En cuanto a las empresas, sus decisiones estratégicas se orientaron principalmente hacia los niveles de producción y las medidas de abatimiento adoptadas. Los parámetros clave del modelo incluyeron el tamaño del mercado, la elasticidad inherente al sector, el factor inicial de contaminación, los costos asociados al abatimiento, la demanda base y la capacidad operativa de las instalaciones.

A continuación, se presentan los principales resultados del modelo binivel en el que se considera el impuesto óptimo, ganancias de las empresas, daño ambiental generado, producciones, precio de mercado, factor de contaminación actual, excedente del consumidor, recaudación fiscal y bienestar.

Sector	Impuesto	Beneficio	Bienestar
Electricidad	7,3 euros	159,56 M euros	260,97 M euros

*Tabla 1: Resultados sector electricidad.*

Sector	Impuesto	Beneficio	Bienestar
Acero	23,8 euros	57,9 M euros	103,7 M euros

*Tabla 2: Resultados sector acero.*

Sector	Impuesto	Beneficio	Bienestar
Cemento	19,6 euros	17,3 M euros	28,8 M euros

*Tabla 3: Resultados sector cemento.*

	Acero	Electricidad	Cemento
Excedente del consumidor	57,9 M euros	159,56 M euros	17,3 M euros
Daño ambiental	20,2 M euros	66,21 M euros	8,5 M euros
Recaudación Fiscal	8,0 M euros	8,05 M euros	2,8 M euros
Precio de mercado	55,12 euros	210,96 euros	89,87 euros
Producción empresa 1	0,15 M ton	1,52 M ton	0,11 M ton
Producción empresa 2	0,15 M ton	1,52 M ton	0,11 M ton

*Tabla 4: Otros resultados por cada sector.*

Entre los resultados que arrojó la simulación realizada, se encuentra las curvas de los componentes del bienestar. Compuestas por el excedente del productor o beneficio de



las empresas, excedente del consumidor, recaudación fiscal y el daño ambiental.

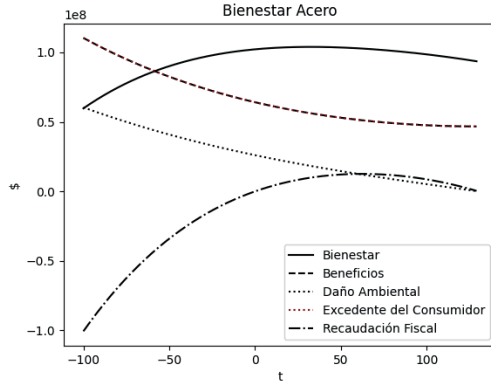


Figura 2: Resultados sector Acero, entregado por Python 3.7.

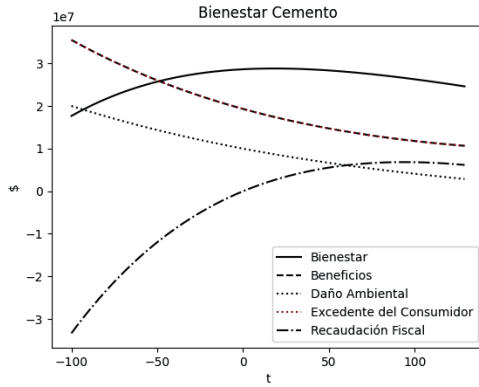


Figura 3: Resultados sector Cemento, entregado por Python 3.7.

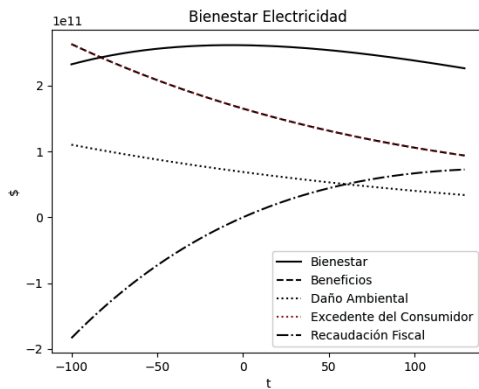


Figura 4: Resultados sector Electricidad, entregado por Python 3.7.

También, las curvas de bienestar se simularon en tres escenarios o equilibrios

de Nash según la localización de empresas. En el equilibrio HH, representa que ambas empresas producen en el país H, el equilibrio HF indica que sólo una empresa se relocizó al país F. Mientras, que el equilibrio FF representa que ambas empresas trasladaron sus producciones al extranjero. Estas curvas fueron ilustradas por el programa Mathematica de Wolfram Alpha.

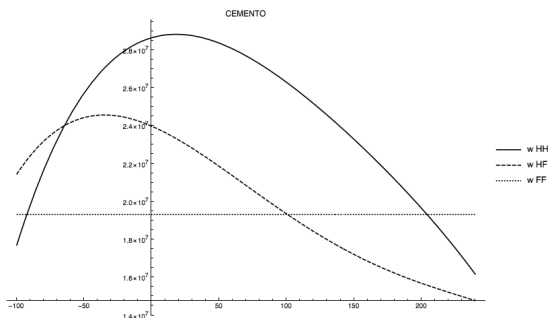


Figura 5: Ilustración del bienestar según localización en el sector cemento.

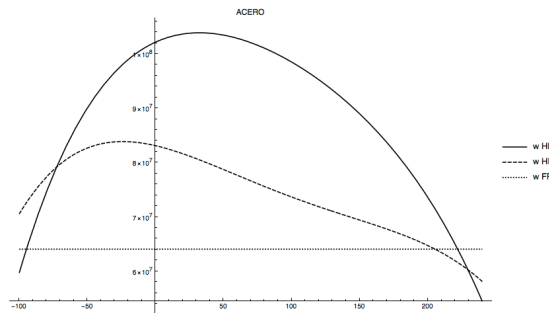


Figura 6: Ilustración del bienestar según localización en el sector acero.

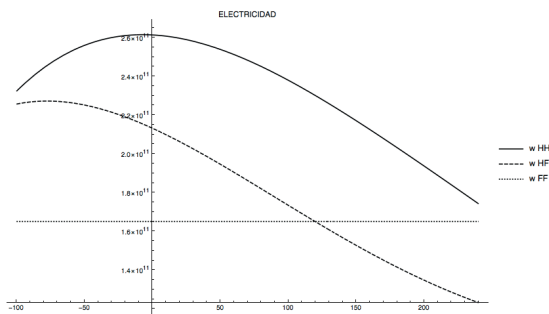


Figura 7: Ilustración del bienestar según localización en el sector electricidad.

El bienestar social se maximiza en los tres sectores estudiados cuando ambas empresas operan en el país local, obteniéndose 260 (Me) para el sector eléctrico, 103 (Me) para el sector siderúrgico y 28 (Me) para el sector cementero. Además, gran parte del bienestar está constituido por el beneficio de los consumidores y el beneficio de las

empresas. Los niveles de producción repercuten directamente en la recaudación de impuestos, siendo el sector eléctrico el que mayores ingresos obtiene por la recaudación de impuestos medioambientales. Sin embargo, el sector eléctrico es el que genera mayores daños medioambientales, a pesar de que su factor de emisión es el más bajo. Esto se debe a que los niveles de producción son demasiado elevados en comparación con otros sectores. Por otro lado, en Python 3.7. se entregaron las curvas de evolución de precio del producto, emisiones, producciones y factor de contaminación.

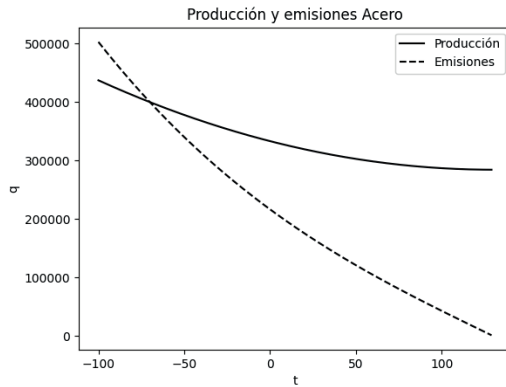


Figura 8: Producción y emisiones en el sector Acero, entregado por Python 3.7.

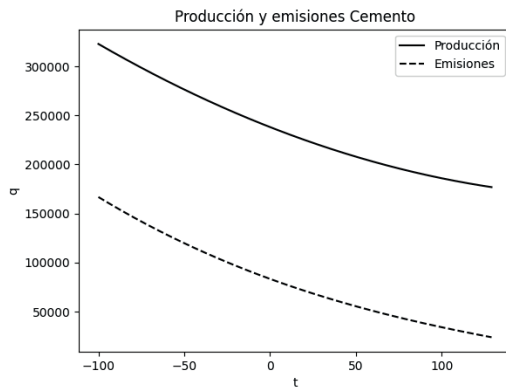


Figura 9: Producción y emisiones en el sector Cemento, entregado por Python 3.7.

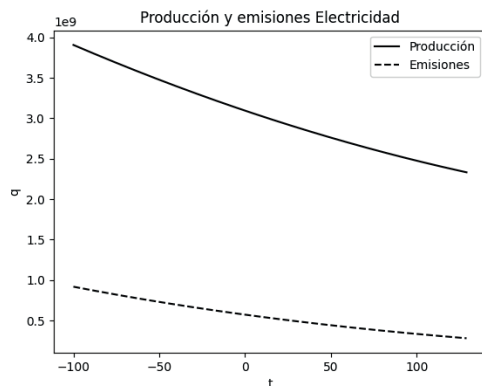


Figura 10: Producción y emisiones en el sector Electricidad, entregado por Python 3.7.

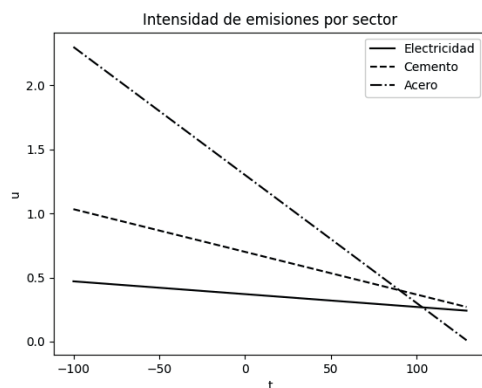


Figura 11: Intensidad de emisiones por sector, entregado por Python 3.7.

De las Figuras (8)-(11), se puede apreciar que el impuesto a las emisiones representa una herramienta regulatoria diseñada para internalizar los costos externos asociados con la contaminación. Al imponer un costo directo sobre las emisiones, se crea un incentivo económico para que las empresas reduzcan su nivel de contaminación.

A medida que el impuesto a las emisiones aumenta, las empresas enfrentan costos marginales crecientes por cada unidad de emisión producida. En un intento de minimizar estos costos, las empresas tienen dos opciones principales: reducir su nivel de producción o invertir en tecnologías y prácticas más limpias. La primera opción, reducir la producción, disminuye directamente las emisiones al reducir la actividad productiva que genera contaminación. Sin embargo, esta reducción en la producción puede tener consecuencias en términos de rentabilidad y competitividad en el mercado.

Por otro lado, al reducir la intensidad de emisiones actuales, las empresas pueden mantener o incluso aumentar su nivel de producción, pero con una menor tasa de emisión por unidad producida. Esto se logra a través de la adopción de tecnologías más limpias

o prácticas productivas más eficientes. Sin embargo, la transición a estas tecnologías o prácticas puede requerir inversiones iniciales significativas.

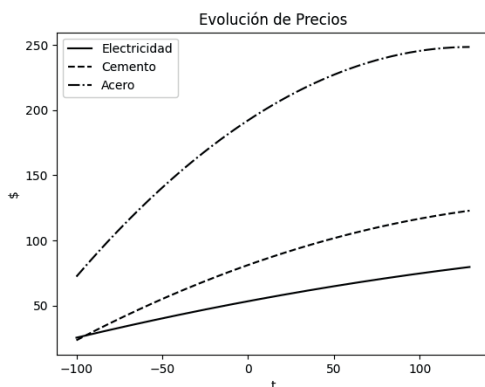


Figura 12: Evolución de precios por sector, entregado por Python 3.7.

De la Figura (12), cuando se introduce o incrementa un impuesto a las emisiones, las empresas enfrentan costos adicionales asociados a sus actividades productivas contaminantes. Estos costos adicionales, en muchos casos, no pueden ser absorbidos completamente por las empresas, especialmente si operan con márgenes de beneficio ajustados. Por lo tanto, una respuesta común de las empresas es trasladar, al menos parcialmente, este costo adicional a los consumidores en forma de precios más altos. Lo anterior, afecta directamente al excedente del consumidor.

## 5 | EXTENSIONES: GLOBALIZACIÓN Y BIENESTAR.

El parámetro  $\gamma$ , representa el costo de obtener una tecnología menos contaminante en términos de emisiones, por lo que podemos asociarlo al grado de globalización que tiene un país. Es decir, cuanto más globalizado sea un país, menor será el costo de abatimiento. Bajo lo anterior, es que tenemos dos escenarios: costo de abatimiento bajo y alto. A continuación, se presentan los principales efectos tanto en la localización como el bienestar.

### 5.1 Costo de abatimiento bajo.

Cuando asumimos un costo de abatimiento bajo, damos cuenta de una economía más globalizada. Por lo que se hace más accesible la tecnología de abatimiento, dado que esta se hace menos costosa. Un ejemplo de países con un costo de abatimiento bajo, serían los países desarrollados o en vía de desarrollo, ya que cuentan con mayores y mejores alternativas en cuanto a transferencia tecnológica.

Ahora bien, analizando los efectos de un costo de abatimiento menor, en términos

de localización, se puede apreciar que se incentiva aún más, que ambas empresas permanezcan en H, tanto para un costo de reubicación medio y alto. Sin embargo, cuando el costo de reubicación es bajo, se mantiene el equilibrio HH para un impuesto bajo y FF para una tasa impositiva suficientemente mayor. Bajo lo anterior, muestra que cuando la tecnología se hace menos costosa, se desincentiva la relocalización. Esto se puede explicar, dado que las empresas toman su decisión de localización en función de su beneficio, por lo que, si la adopción de tecnologías implica un menor costo que la reubicación, las empresas decidirán quedarse, contrario sería el caso que el costo de trasladar su planta signifique un menor costo que la inversión en tecnologías de abatimiento, dado que ahí habría una real amenaza e incentivo a la relocalización.

En términos de bienestar, cuando el costo de adquirir nuevas tecnologías es bajo, se incrementa cuando el impuesto es incluso suficientemente alto, sin embargo, cuando el regulador busca subvencionar, el bienestar disminuye. Además, el bienestar del país local es mayor cuando ambas empresas se encuentran en el país H, siendo menor para los equilibrios HF y FF, respectivamente. Esto se explica, ya que cuando es bajo, las empresas tienen un mayor incentivo en aumentar su producción, por consiguiente, los consumidores se ven más beneficiados, ya que existe un mayor abastecimiento y reciben un menor precio de mercado.

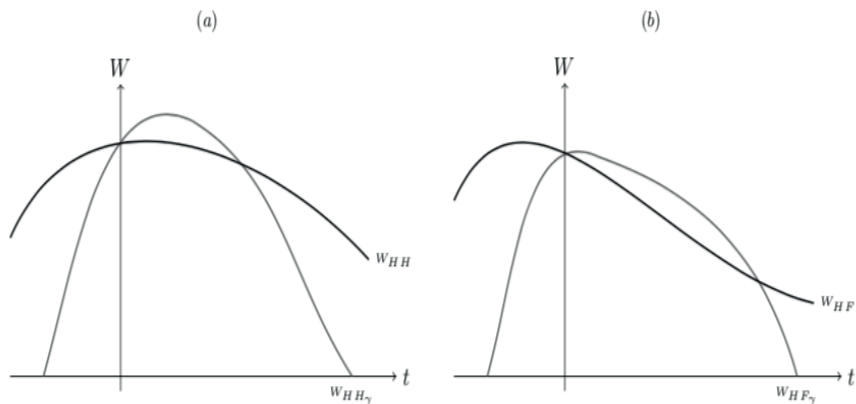


Figura 13: Bienestar con costo abatimiento bajo.

## 5.2 Costo de abatimiento alto.

Cuando asumimos un costo de abatimiento alto, damos cuenta de una economía menos globalizada. Por lo que se hace menos accesible la tecnología de abatimiento, dado que esta se encarece. Un ejemplo, serían los países tercermundistas que se encuentran menos desarrollados, ya que no tienen una gran variedad de alternativas para acceder a nuevas tecnologías, ya sea por impedimento económico o por su posición geográfica.

Cuando y es alto, a medida que disminuye el costo de reubicación, mayor es el

incentivo a la relocalización. Esto se debe a que a las empresas le conviene trasladar sus plantas que invertir en nuevas tecnologías, dado que esto último se encareció. Por lo mismo, es que los equilibrios HF y FF, incluso se hacen más atractivos para un costo fijo alto.

En términos de bienestar, se reduce, ya que el aumento de la tecnología disminuye los beneficios de las empresas. Además, se desincentiva la producción, afectando directamente al excedente de consumidor. Sumado a que se prefiere menos, el reducir emisiones por abatimiento, es que el daño ambiental se incrementa, perjudicando aún más a la sociedad. De todas formas, el equilibrio HH es la localización que permite un mayor nivel de bienestar independiente del valor que toma el impuesto a las emisiones.

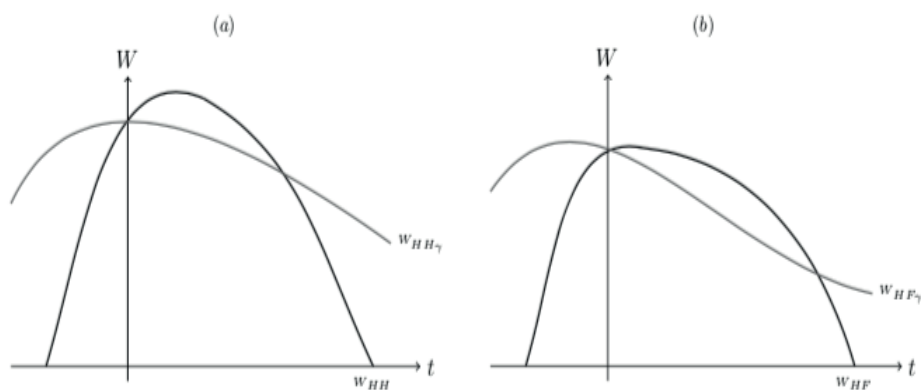


Figura 14: Bienestar con costo abatimiento alto.

## 6 | CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones de la investigación es que cuando se incentiva la adopción o el acceso a tecnologías de abatimiento el incentivo a la relocalización es menor, dado que esta inversión permite hacer frente a la carga en impuestos que se asocia por la política ambiental impuesta por el regulador. En otras palabras, se evidencia que un Gobierno que implementa una medida económica como el impuesto, le es conveniente, a su vez, establecer políticas de fácil acceso a tecnologías que permiten reducir el factor de contaminación. Este tipo de tecnologías se da mucho en sectores o industrias con emisiones intensivas, como el dióxido de carbono. Por lo mismo, es que se estudian sectores que están inmersos en sistemas de regulación del carbono, como la EU-ETS. Posteriormente, se logró evidenciar que el bienestar siempre es mayor cuando el regulador se preocupa por el medio ambiente y, además, es mejor para la sociedad cuando ambas empresas están sujetas al control de emisiones, que cuando alguna empresa decide reubicarse y no se encuentra sometida a una política ambiental activa. Para futuras investigaciones se propone analizar la inclusión de transferencia tecnológica entre el regulador y las

empresas. Es decir, el regulador licencia una innovación que permite reducir los costos de abatimiento pagando un costo fijo por la licencia. Esto permitirá modificar la estructura de costos y, por consiguiente, la función de beneficios y el bienestar. Bajo la misma línea, lo interesante sería analizar cómo las transferencias tecnológicas inciden en las curvas de posibilidades de localización y si disminuyen o aumentan las probabilidades que las empresas se relocalicen.

## REFERENCIAS

- Albergel, C., Calvet, J. C., Gibelin, A. L., Lafont, S., Roujean, J. L., Berne, C., ... & Fritz, N. (2010). Observed and modelled ecosystem respiration and gross primary production of a grassland in southwestern France. *Biogeosciences*, 7(5), 1657-1668.
- Carrión-Flores, C. E., & Innes, R. (2010). Environmental innovation and environmental performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(1), 27-42.
- Gama, A. (2018). Adopción de nuevas tecnologías de abatimiento y regulación ambiental en oligopolios. *El trimestre económico*, 85(339), 583-600.
- Greaker, M. (2003). Strategic environmental policy when the governments are threatened by relocation. *Resource and Energy Economics*, 25(2), 141-154.
- Ikefuji, M., Itaya, J. I., & Okamura, M. (2016). Optimal emission tax with endogenous location choice of duopolistic firms. *Environmental and Resource Economics*, 65(2), 463-485.
- Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation: a panel data study. *Review of economics and statistics*, 79(4), 610-619.
- Lucas Garín, A. (2017). Novedades del sistema de protección internacional de cambio climático: El Acuerdo de París. *Estudios internacionales (Santiago)*, 49(186), 137-167.
- McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (Eds.). (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Vol. 2)*. Cambridge University Press.
- Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4), 2897.
- Newell, R. G., Jaffe, A. B., & Stavins, R. N. (1999). The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3), 941-975.
- Petrakis, E., & Xepapadeas, A. (2003). Location decisions of a polluting firm and the time consistency of environmental policy. *Resource and energy Economics*, 25(2), 197-214.
- Popp, D. (2002). Induced innovation and energy prices. *American economic review*, 92(1), 160-180.



Requate, T., & Unold, W. (2001). On the incentives created by policy instruments to adopt advanced abatement technology if firms are asymmetric. *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)/ Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 536-554.

Requate, T., & Unold, W. (2003). Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology. Will the true ranking please stand up?. *European Economic Review*, 47(1), 125-146.

Prota, F., & Contò, F. (2004). Location decision of polluting firms and environmental policy.

UNFCCC (2021). ¿Qué es el Acuerdo de París? <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>.

Unión Europea, UE (2020). Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE.

Valencia, A., Suárez Castaño, R., Sánchez, A., Cardozo, E., Bonilla, M., & Buitrago, C. (2009). Gestión de la contaminación ambiental: cuestión de corresponsabilidad. *Revista de ingeniería*, (30), 90-99.

# DESARROLLO DE POLÍTICAS AMBIENTALES SUSTENTABLES PARA PRESERVAR LOS PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN BOLIVIA

*Data de aceite: 02/10/2023*

**Magín Herrera López**

**RESUMEN:** El artículo presenta un análisis sobre el desarrollo de políticas ambientales sustentables para preservar los principios de conservación del medio ambiente en Bolivia, con el objetivo común de priorizar el desarrollo económico y preservación del ambiente, implicando tanto el mejoramiento de la calidad de vida y la productividad de las personas, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras, presentando una vinculación fortalecida y aplicación efectiva del principio de prevención con mecanismos, procedimientos de inspección y medidas de aseguramiento, en casos de un daño hacia la Madre Tierra.

**PALABRAS CLAVE:** Políticas ambientales, sustentabilidad, preservación y medio ambiente.

## DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL POLICIES TO PRESERVE THE PRINCIPLES OF ENVIRONMENTAL CONSERVATION IN BOLIVIA

**ABSTRACT:** The article presents the investigation of the development of sustainable environmental policies to preserve the principles of environmental conservation in Bolivia, with the common objective of prioritizing economic development and environmental preservation, implying both the improvement of the quality of life and the productivity of people, so that the satisfaction of the needs of future generations is not compromised, presenting a strengthened link and effective application of the principle of prevention with mechanisms, inspection procedures and insurance measures, in cases of damage to Mother Earth.

**KEYWORDS:** Environmental policies, sustainability, preservation and environment.

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo se determina a partir del análisis del desarrollo de políticas ambientales sustentables para

preservar los principios de conservación del medio ambiente en Bolivia, puesto que si se hace referencia al medio ambiente en la actualidad se presentan alteraciones negativas o problemas relacionados al cambio climático, contaminación atmosférica, extinción de especies, entre otros.

Escobari (2003) señala que los problemas ambientales surgen por la generación de impactos que causan una divergencia entre los costos privados y sociales de producción, donde la producción de bienes está por encima del óptimo social, mientras los precios de los bienes por debajo del mismo. Esto indica la presencia de externalidades negativas, que en muchos casos tienen particularidades de bienes públicos como es el caso de la contaminación atmosférica urbana, que depende de las funciones de utilidad o producción de los individuos o firmas afectadas.

Todos los seres humanos precisan de un medio ambiente adecuado para su bienestar, siendo una relación que existirá para las siguientes generaciones, ya que el ser humano es parte de una realidad ambiental, de los ecosistemas con los que interactúa y de los que se vale para su protección y subsistencia. Es por ello, que la existencia de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible es fundamental para el bienestar de los seres humanos y las garantías del disfrute pleno de todos los derechos que son inherentes a ellos.

En cuanto al contexto boliviano la preocupación sobre la problemática ambiental se trata recién en la década de los 90, a partir del surgimiento del interés sobre el tema en foros internacionales y la participación en éstos.

En Bolivia el desarrollo de políticas sustentables se manifiesta bajo una normativa desactualizada y obsoleta, un claro ejemplo se encuentra en la Ley de Aguas que siendo promulgada por más de cien años continúa aún sin la intención de ser reformulada. Por ello, la política ambiental es un pilar débil al cual, se le añade una total descontextualización de Ley N° 1333 del Medio Ambiente, sin mencionar que las normativas vigentes no se aplican.

Al respecto, se precisa que la conservación ambiental es una necesidad ante la cantidad de problemas ambientales que están afectando la salud de toda la humanidad y en consecuencia la destrucción del único hogar como el planeta. Esta conservación del medio ambiente y todos sus recursos naturales, debe ser más profunda y verdadera para tratar de minimizar el daño causado por el hombre y buscar despertar esa conciencia humanista que permita poner en prácticas medidas de conservación ambiental por un desarrollo sostenible que satisfaga las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras (Pineda, 2020).

Por tanto, es necesario que en el contexto boliviano por medio del gobierno e instancias correspondientes se otorgue una prioridad a la problemática ambiental y avanzar sobre una política sustentable, con principios y estrategias que comprometan trabajar en la protección y defensa de los derechos de la Madre Tierra.

Para tal aspecto, se contempla la realización de un estudio con enfoque mixto,

de carácter documental; así como también la aplicación de una encuesta y entrevista a una muestra no probabilística de funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal.

## **METODO**

El trabajo de investigación se encuentra orientado a un enfoque mixto entre cuantitativo y cualitativo. El enfoque cuantitativo tal como lo menciona Hernández y otros (2014) establece la utilización y análisis de datos de manera numérica o estadística; lo que permitirá observar el grado de relevancia del tema de investigación, con base en la información obtenida previamente, en cuanto a la relación con el desarrollo de políticas ambientales sustentables. En cuanto a lo cualitativo, contrariamente al anterior se establece recolección de datos sin medición numérica, como las descripciones y las observaciones, por lo que, se muestran características y peculiaridades del problema de la investigación, los atributos y cualidades de la investigación.

Por tanto, la técnica de investigación utilizada se estableció en el enfoque mixto que contemplo el análisis documental, encuesta y entrevista.

En cuanto al tipo de muestra se enfoca hacia una no probabilística, misma no requirió una representatividad de elementos de una población de manera cuidadosa y controlada, sino más bien se enfocó en la elección de sujetos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema.

En el caso del presente estudio se estipulo una muestra de 30 personas; 20 relacionadas a la encuesta y 10 a la entrevista a funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal, como sujetos representativos, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con intención de obtener mediciones cuantitativas con características objetivas, como también de manera cualitativa.

## **RESULTADOS**

### **ANALISIS CUANTITATIVO**

El estudio con respecto al desarrollo de políticas ambientales sustentables para preservar los principios de conservación del medio ambiente en Bolivia, de manera cuantitativa se efectuó por medio de una encuesta a funcionarios que trabajan en el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal de las cuales se han obtenido los siguientes resultados.

Es preciso manifestar que el medio ambiente se presenta como el ámbito natural de los seres vivos, mismo que no se encuentra aislado de su entorno social, por lo que se hace

referencia a la “Ecología Humana”, que contribuye a la dimensión del conocimiento de la población humana (Hernández A. , 1991).

De acuerdo a Chambi (2010) refiere que las políticas ambientales comprenden todas las leyes y dependencias de la sociedad que se ocupan de sus relaciones con el medio ambiente, incluyen las medidas para prevenir o disminuir la contaminación del aire o del agua, recursos naturales y funcionan en los niveles locales, regionales y nacionales.

De igual manera, las políticas pueden tener como objetivo la protección de un determinado ecosistema, el fortalecimiento de la capacidad de los actores que la proponen, o a compensar su débil posición frente a otros actores. Igualmente, pueden estar dirigidas a incidir en factores del contexto como ser el mejoramiento de las condiciones para la generación y apropiación social de la información, la transformación de ciertas condiciones político-institucionales, las condiciones socioeconómicas y las condiciones tecnológicas (Weidner & Jänicke, 2002)

En este sentido, tanto a nivel internacional y por ende en el caso propio de Bolivia se fue desarrollando un marco normativo ambiental que conllevó a un importante aumento de la institucionalidad en este campo. Señalando que, en la normativa los derechos que establece son una oportunidad inigualable para avanzar hacia la defensa, preservación y cuidado del medio ambiente; sin embargo, se debe precisar si están acordes al desarrollo ambiental y humano.

Por tanto, las normativas ambientales son el instrumento regulador que rige las políticas ambientales; el 60% de los consultados están en desacuerdo con las normativas vigentes, es decir afirman que no están actualizadas.

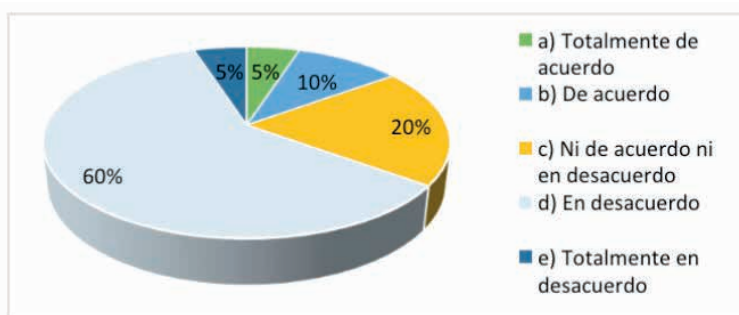


Gráfico N° 1 - ¿Considera que las normativas referidas a lo ambiental se encuentran actualizadas en función a las problemáticas ambientales que se presentan en el contexto boliviano?

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la gráfica, el 60% de los funcionarios aseveran estar en desacuerdo con que las normativas referidas a lo ambiental y no se encuentran actualizadas en función a las problemáticas ambientales que se presentan en el contexto boliviano. Por su parte, solo el 10% asevera estar de acuerdo con lo anteriormente mencionado.

Asimismo, existe un 20% que afirma no estar de acuerdo ni en desacuerdo con lo mencionado probablemente por su desconocimiento de las normativas ambientales. Por lo tanto, se puede puntualizar que la mayoría de los encuestados afirman que las normativas referidas a lo ambiental no se encuentran actualizadas la cual demuestra que no tienen una clara protección al medio ambiente que más al contrario se requiere de instrumentos de protección en bien del medio ambiente.

Respecto a las problemáticas ambientales más persistentes en Bolivia, los funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, afirman que los efectos más persistentes son la degradación de suelos, desertificación, niveles de crecimiento económico que inciden en la degradación del medio ambiente; así mismo la sociedad en su conjunto no siempre presta compromiso de protección medio ambiental, considerando que la responsabilidad sobre el tema medio ambiente esta asignada al gobierno central y las subnacionales; no obstante que la ausencia de compromiso de la sociedad estaría ligada a la falta de educación ambiental que recae en el estado su implementación.

En la actualidad Bolivia tiene como uno de sus principales desafíos enfrentar los incendios forestales que en los últimos dos años destruyeron alrededor de 10 millones de hectáreas de bosques en el país. El reto es mayor si se tiene en cuenta que, según los investigadores, las sequías serán cada año más graves. Otro tema que preocupa es la expansión agrícola y ganadera asociada con estos incendios, pues el avance de estas industrias se está dando, principalmente, sobre áreas arrasadas por estos desastres. La minería y las obras de infraestructura que afectan áreas protegidas serán parte también del debate público (Sierra, 2021).

Bajo lo descrito se precisa la importancia de la conservación del medio ambiente a través de su es defensa, salvaguardar, preservar los factores naturales y socioculturales que rodean a los seres vivos para que presenten una calidad de vida y un desarrollo sostenible para las futuras generaciones.

Por lo que, es fundamental tanto la conservación de las especies, de la naturaleza o medio ambiente o específicamente, contemplando entre ellas la flora y la fauna, las distintas especies, los distintos ecosistemas, los valores paisajísticos, entre otros. La conservación de la naturaleza y de los recursos naturales se basa esencialmente en tres aspectos: ordenar el espacio y permitir diversas opciones de uso de los recursos. Conservar el patrimonio natural, cultural e histórico de cada país. Conservar los recursos naturales, base de la producción (Komaser, 2018).

En cuanto a la importancia de la sustentabilidad del medio ambiente, los funcionarios aseveran que la sociedad en general aún desconoce su importancia, debido a la falta de socialización de las normativas, así como por falta de proyectos y programas educativos y de eventos de sensibilización social que importante para el cuidado medio ambiental.

Por tanto, se vive ante una sociedad de riesgo, con recurrentes situaciones que amenazan la calidad de vida y las condiciones materiales de existencia. Grotberg (1995)

asume a la resiliencia como la capacidad del ser humano para encarar adversidades, superarlas e incluso, ser transformados por ellas (Grotberg, 1995 citado en Maldonado & González, 2013).

En referencia al carácter productivo y resiliente para sustentar la vida humana, los funcionarios, tienen la siguiente percepción:

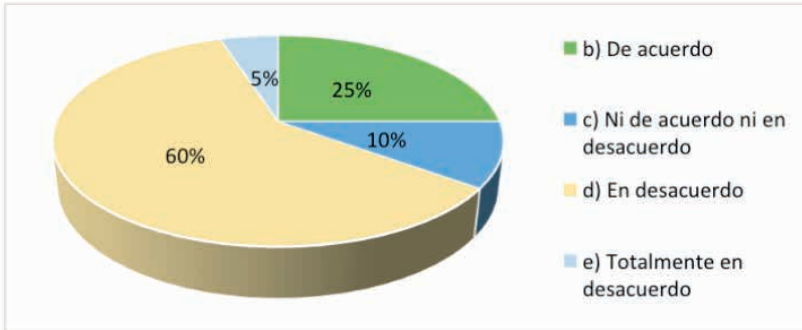


Gráfico N° 2 - ¿Considera que el medio ambiente se mantiene productivo y resiliente para sustentar la vida humana?

Fuente: Elaboración propia.

El 60% de los funcionarios aseveran estar en desacuerdo y totalmente en desacuerdo con que el medio ambiente se mantiene productivo y resiliente para sustentar la vida humana, mientras que en suma el 40% no expresa confianza sobre la productividad y resiliencia medio ambiental.

Al respecto, se manifiesta que la sustentabilidad aparece como un criterio normativo para la reconstrucción del orden económico, como una condición para la sobrevivencia humana y un soporte para lograr un desarrollo durable, problematizando las bases mismas de la producción (Leff, 1998).

De acuerdo la Organización de las Naciones Unidas para la Educación y Diversificación, la Ciencia y la Cultura, la sustentabilidad se refiere a considerar los objetivos generales a largo plazo, es decir hablar de un mundo más sostenible. Por lo cual, se precisa que se presente una agricultura sustentable, inversiones del gobierno más verdes, la investigación y transferencia de tecnología de países desarrollados a subdesarrollados, prácticas sustentables para el uso de energías renovables, educación ambiental, innovación y creatividad en las soluciones, nuevos modelos de negocios, nuevas estrategias de producción y consumo y en general, el progreso simultáneo en lo social- político, lo económico, lo tecnológico y lo medio ambiental. En este sentido, se requiere de una conservación y gestión de los recursos naturales de forma adecuada; si no existieran estos recursos no habría ningún tipo de actividad económica (Hernández, González, & Tamez, 2016).

En este sentido, se presenta la Revolución Verde, caracterizada por aspectos

como rápida aplicación de innovaciones tecnológicas; considerable inversión de capital; explotaciones de gran escala; utilización del monocultivo, generalmente sobre la base de híbridos de alto rendimiento; uso extensivo de pesticidas, fertilizantes, y otros insumos externos de energía; alta eficiencia en el uso de los recursos, incluyendo la mano de obra y, frecuentemente, integración con otros eslabones de la cadena de producción y/o comercialización bajo la forma de “agro negocios” (Rodale, 1998). Lo que puede ser definida como el equilibrio dinámico entre la inversión y el rendimiento, modificado por eventos externos como el cambio climático y los desastres naturales, por lo que, se relaciona con el progreso íntegro de la humanidad y el desarrollo socioeconómico unido al medio ambiente, que propone una transformación en los procesos de desarrollo hacia el bienestar humano.

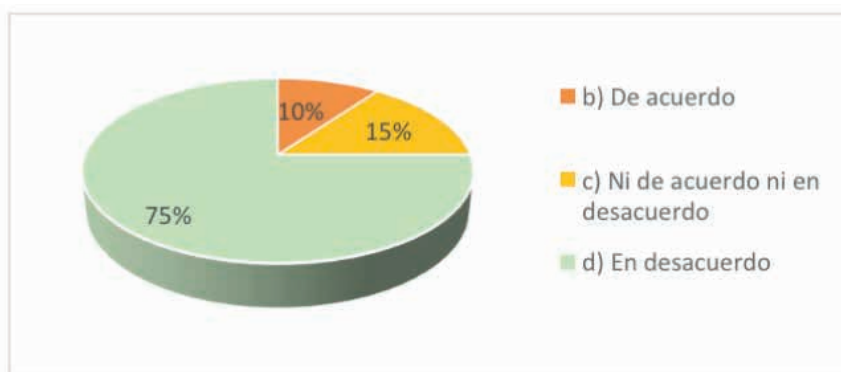


Gráfico N° 3 - ¿Considera que los sistemas de producción satisfacen los niveles de consumo actuales sin afectar a la capacidad de satisfacer necesidades futuras?

Fuente: Elaboración propia.

En contexto similar al anterior, el 75% de los encuestados consideran que los sistemas de producción satisfacen los niveles de consumo actuales sin afectar a la capacidad de satisfacer necesidades futuras.

Luego de un análisis comparativo, el estudio permite afirmar que el 50% de los encuestados consideran que es el ser humano es principal protagonista de la destrucción del medio ambiente la cual ratifica afirmar que la sociedad aun requiere contar con políticas de protección ambiental; se requiere generación de políticas industriales o tecnológicas más amigables con el medio ambiente, para preservar las futuras generaciones que debe ser el principal objetivo de la humanidad. Por lo tanto, se puede decir que el estudio, permite afirmar que el ser humano es principal protagonista de la destrucción del medio ambiente, a través del uso de tecnologías no amigables con el medio ambiente.

El 40% de la población encuestada cree que el hábitat donde se encuentra la comunidad animal o vegetal no presentan las condiciones apropiadas para que vivan y el 30% tiene dudas en su afirmación con lo que nos refleja que el hábitat de las fauna y



flora silvestre esta en riesgo. Esto implica que se debe tomar consideraciones muy prontas para su preservación y conservación en mérito que las especies tanto de flora y fauna son de alto valor genético, constituyen valores y potencialidades medicinales, alimentarios, económicos y culturales para la humanidad en cada región o ecosistema de lo contrario, la acción humana proseguirá modificando el hábitat de las especies provocando incluso riesgos de contaminación a las especies nativas las cuales contribuyen en el bienestar climático.

A este respecto la humanidad ya ha desplazado el hábitat de varias especies de flora y fauna, poniendo en riesgos críticos a la existencia de las especies nativas que constituyen alto valor genético para las futuras generaciones humanas.

Para responder a las preocupaciones señaladas, se requiere contar con planes de prevención, remediación ambiental, establecidas en políticas ambientales en distintos niveles de gobierno. Las políticas de educación ambiental fueron expresadas como una necesidad por el 85% de la población encuestada, lo que implica que se debe asumir la política de educación ambiental en sus distintas tipologías que pasa desde la educación formal, no formal y otros aspectos de preservación ambiental, a través de eventos presenciales, virtuales o de manera híbrida que deben ser permanentes dotados de medios y logística que corresponda.

Al respecto, se contempla que la sustentabilidad en un mundo como nos encontramos permite enfocarse hacia un contexto donde se da una escases de recursos naturales y necesidades ilimitadas, con una población en crecimiento, un desarrollo económico que ha venido dándose con base en tecnologías con un consumo energético desorbitante que además genera una gran contaminación. Aspectos que generan efectos climáticos devastadores, lo cual nos lleva a presenciar que existe una capacidad límite de sustentación para el planeta, y que nos estamos acercando rápidamente al colapso del medio ambiente.

En otras palabras y tal como lo diría la ONU, la sustentabilidad está relacionado con una dimensión temporal, vinculando la correlación entre los hombres con el tiempo y la existencia de problemas para las generaciones futuras. De aquí que el informe Brundtland considere que "...El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (ONU, 1987). De esta manera, se encuentra ante una situación de advertencia para la generación actual, lo que nos conlleva a saber administrar los recursos que brinda la naturaleza para que las generaciones venideras, para que las mismas puedan desarrollar un nivel de vida o mejores posibilidades, lo que generaría una relación existente entre la solidaridad intrageneracional con la solidaridad inter- generacional (Zarta, 2018).

Por tanto, la mayoría considera que las normativas no se encuentran actualizada en función a las problemáticas ambientales actuales del país. Las leyes y normas están para buscar proteger al medio ambiente; la doctrina constitucional incorpora el tema ambiental

acorde a la realidad boliviana para generar políticas sustentables para la subsistencia y supervivencia del ecosistema.

En términos de responsabilidad de la protección del medio ambiente, el estudio establece que el gobierno y los municipios tienen la mayor responsabilidad, o incluso ambos reparten la responsabilidad. Por ello, son quienes deben planificar sus acciones de defensa al medio ambiente. Respecto a la concientización ambiental, se considera que la sociedad en su conjunto no presenta un compromiso con la protección del medio ambiente. Asimismo, son quienes más incumplen con las leyes ambientales y no conocen la importancia de la sustentabilidad del medio ambiente. Igualmente se considera que la sociedad actual no se centra en aspectos de equidad, accesibilidad, participación y seguridad; y son quienes se encargan de la destrucción ambiental.

Asimismo, en el contexto boliviano los problemas más persistentes son niveles de crecimiento económico, degradación del medio ambiente y erosión degradación de los suelos - desertificación, entre otros. En el mismo contexto, es preciso mencionar que los sistemas de producción no satisfacen los niveles de consumo actuales, es decir, que más adelante afectarán la capacidad de satisfacer necesidades.

Es preciso recalcar que se entrevistó a 10 funcionarios que trabajan en el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal.

## **ANÁLISIS CUALITATIVO**

A continuación, se presenta el análisis cualitativo en relación a las preguntas que fueron objeto del estudio, mismas que fueron sintetizadas para su mejor comprensión:

a) Principales problemáticas ambientales que presenta el territorio boliviano.

El estudio, establece que los principales problemas ambientales que presenta el territorio boliviano son los siguientes:

- Deforestación
- Contaminación
  - Contaminación por empresas mineras
  - Contaminación por actividades
  - Contaminación de aguas
- Incendios Forestales y/o de Pastizales
- Falta de conciencia y educación por parte de la sociedad en general
- Degradación ambiental
- Falta de manejo de residuos sólidos y líquidos

- Promoción de la expansión agrícola

Estos son considerados problemas recurrentes y potenciales, debido a que pueden incidir y afectar de forma directamente a diferentes unidades socioculturales vulnerables, tanto en lo socioambiental como socioeconómico.

- b) Motivantes para actualizar las leyes y/o normativas relacionadas al medio ambiente.

Se establece que todos consideran que si se debería actualizar las leyes y/o normativas bolivianas relacionadas a temas ambientales, debido a que:

- Existen vacíos legales que permite a las personas actuar en contra del medio ambiente
- Los problemas ambientales incrementan
- No están acorde de la CPE
- Normativa dispersa en varias leyes, antia o desactualizada a los problemas actuales, o bien, las leyes se encuentran obsoleta.

- c) Potenciales responsables de la destrucción del medio ambiente.

Los entrevistados consideran que los responsables por la destrucción del medio ambiente son:

- La autoridad ambiental nacional y las departamentales son responsables de precautelar las acciones de la población por medio de leyes y mandatos.
- La sociedad en general tiene el deber de cuidar el medio ambiente, pero la mayoría decide omitir este deber por falta de educación, concientización sobre el medio ambiente y su mitigación ambiental.
- Empresas multinacionales y grandes, con frecuencia actúan a favor de sus propios intereses, dejando de lado el equilibrio ecológico, económico y social.

- d) Aspectos a tomar en cuenta para la sustentabilidad del medio ambiente.

Los aspectos a tomar en cuenta de acuerdo a los entrevistados son los siguientes:

- Aplicar nuevas normas o resoluciones administrativas
- Se debe tomar en cuenta aspectos sociales, ambientales y económicos
- La integralidad en el manejo de los recursos naturales, sin la necesidad de perjudicar a las generaciones futuras
- Se debe tomar en cuenta, la prevención y el deber y obligación que tiene toda la sociedad para el cuidado del medio ambiente
- Reducir el consumo energético en alimentación, mejorándola al mismo tiempo y el cumplimiento de las normas ambientales
- Se debe considerar aspectos del desarrollo integral sustentable (Ley N° 300)

Las opiniones respecto a aspectos que se deberían tomar en cuenta para la sustentabilidad del medio ambiente varían, pero las mismas se complementan en forma de acciones y objetivos a lograr.

e) Mecanismos de proposición de políticas de sustentabilidad del medio ambiente.

Se debería proponer políticas de sustentabilidad del medio ambiente desde:

- Desde el Gobierno central y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), debido a que las mismas son responsables de liderar el país y tendrían que involucrar a todos, velando los intereses de todos de manera equitativa, sustentable y sostenible
- Desde el acto en contra el medio ambiente

En otras palabras, la mayoría de los entrevistados considera que las autoridades responsables son quienes deben poner políticas de sustentabilidad del medio ambiente, también se considera que la sociedad tiene el poder de actuar en beneficio y defensa del medio ambiente

f) Niveles de producción y consumo, sin afectar a la capacidad de satisfacer necesidades futuras.

La producción no satisface los niveles de consumo actuales, teniendo así un efecto negativo para satisfacer las necesidades futuras, esto ocurre porque:

- Porque se tiene que mejorar el ámbito productivo aplicando el cuidado medio ambiental
- Los problemas que van en aumento del medio ambiente, es decir:
  - Degradación del suelo y la biodiversidad.
- Bolivia se encuentra bajo un modelo capitalista globalizado

En ocasiones que los niveles de producción satisfacen los niveles de consumo actuales, sin tener efecto negativo para satisfacer las necesidades futuras; esto ocurre porque:

- Las tierras son fértiles
- Existe conciencia del cuidado del medio ambiente

g) Ecosistema actual.

Se considera que los ecosistemas actuales están en situación de:

- Dañados
- Con amenazas
- Afectado
- Riesgo

- Peligro

La opinión de la población en estudio, es de esta manera por el uso y los actos de la sociedad en contra del medio ambiente; es decir, muchos velan por el bienestar personal y no en su conjunto como sociedad incluyente con todas sus diferencias y propios usos y costumbres. En otras palabras, los ecosistemas se ven afectados por la conciencia ambiental de la sociedad, pérdida de hábitat, la urbanización y la deforestación.

h) Modificaciones que se presentan en el hábitat de las especies.

En los hábitats de las especies, se presentan las siguientes modificaciones:

- Sequías, erupciones volcánicas, rajaduras de suelo, huracanes, incendios, entre otros
- Degradación
- La contaminación ambiental
- Tala de árboles, contaminación de las aguas, avasallamientos de sus hábitats naturales
- Incremento de la Mortandad de especies que se viene dando desde el año 2010, hasta hoy
- La disminución y eliminación de nichos ecológicos, la extracción selectiva de algunas especies valiosamente comerciales
- Contaminación de recursos naturales y explotación desmedida de los recursos naturales Estas modificaciones se originaron a causa de la agricultura extensiva, la contaminación, el sobrepastoreo y el cambio climático amenazan a los humedales de importancia; así como también la actividad minera y forestal, la sobreexplotación de recursos hídricos, la introducción de especies exóticas e invasoras y el turismo no regulado.

En síntesis, el medio ambiente se ve afectado principalmente por los actos de la sociedad que se traduce en la carencia educativa y conducta ambiental y los principales responsables de modelos económicos de desarrollo donde las medidas precautorias son el elemento ausente para la preservación del medio ambiente y las políticas de preservación ambientales muy débiles que se traduce en poca producción legislativa ambiental. Por ello, se requiere desarrollar políticas ambientales sustentables para preservar los principios de conservación del medio ambiente en Bolivia.

## MARCO PROPOSITIVO

El desarrollo de políticas ambientales estará sujetas al cumplimiento de los siguientes principios:

- *Participación.* Las políticas ambientales deben enfocarse hacia una gestión

legítima, transparente y socialmente consensuada desde el gobierno, instituciones no gubernamentales, población en general para buscar acuerdos y consensos ambientales.

- *Congruencia.* Las políticas ambientales deben ser adecuada a los principios y normas fijadas en las normativas internacionales y nacionales.
- *Prevención.* Las problemáticas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos sobre el ambiente que se pueden llegar a producir.
- *Precaución.* No debe postergarse la adopción de medidas eficaces con el fin de impedir la degradación del medio ambiente.
- *Estabilidad.* Las políticas ambientales deben basarse en reglas claras, coherentes y sostenidas en el tiempo, de modo de asegurar la confianza de los actores sociales en el marco jurídico dentro del cual se desenvuelve la gestión ambiental.
- *Equidad intergeneracional.* La población presente debe ser responsable de la protección ambiental, mismos que deberán velar por el uso y goce apropiado del ambiente para las generaciones futuras a través de mecanismos adecuados.
- *Progresividad.* Los objetivos ambientales deberán ser logrados en forma gradual, a través de metas interinas y finales, proyectadas en un cronograma temporal que facilite la adecuación correspondiente a las actividades relacionadas con esos objetivos.
- *Responsabilidad.* El generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición.
- *Subsidiariedad.* El Estado Plurinacional, a través de las instancias pertinentes, tiene la obligación de participar en forma complementaria en el accionar de los particulares en la preservación y protección del medio ambiente.

## LÍNEAS DE ACCIÓN

Las líneas de acción que se reseñan, permitirán materializar los objetivos ambientales e instrumentales de la Política Ambiental así mismo abordar la temática ambiental en toda su complejidad que requiere de medidas de distinto nivel y carácter, que involucren al conjunto de actores relacionados con el tema.

- Marco regulatorio sobre medio ambiente y otros cuerpos legales.
- Establecimiento de estándares y medidas de conservación para recursos naturales.
- Reforzamiento de la institucionalidad forestal.

- Conocimiento de los ecosistemas.
- Descontaminación atmosférica y recuperación de niveles aceptables de calidad de aire.
- Descontaminación y recuperación de la calidad de los recursos hídricos para diferentes usos.
- Establecimiento de políticas y perfeccionamiento de normas de manejo de residuos sólidos domiciliarios e industriales.
- Educación ambiental
- Consolidación de mecanismos de participación
- Evaluación del impacto ambiental
- Investigación científica en temas ambientales
- Incorporación de lo ambiental en el desarrollo de políticas

A través de las líneas de acción se establece una visión del ambiente de manera integral, presentando la especificidad de visión y la relación con las políticas que deben ser incluidas en la agenda gubernamental con miras a ser aplicadas, desarrolladas y evaluadas. Por tanto, esta propuesta debe presentar las siguientes particularidades:

- **Holista:** Todas las partes deben ser presentadas en su totalidad y no pueden entenderse fuera de ella.
- **Sistémico:** Se debe dar una interacción de elementos en un contexto y condiciones dadas, como evolutivo y predecible.
- **Monista:** Todo conocimiento sea esta parcial debe integrarse en un todo.
- **Subjetivo:** El desarrollo de políticas ambientales no pueden conocerse fuera de la realidad boliviana, costumbres y valores.
- **Pluralista:** Se debe presentar pautas de conocimientos alternativas, con singularidades de la realidad.
- **Espiral, circular:** el desarrollo vuelve a su punto de inicio, superando los obstáculos.
- **Transdisciplinario:** Debe integrar aportes diferentes y sistemas de conocimiento.

De esta manera, se debe enfocar el desarrollo sostenible en un carácter integrado e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal, tienen en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo de cada país y respetan sus políticas y prioridades nacionales, colocando mayor énfasis en aquellos referidos a la conservación del medio ambiente:

1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y

promover la agricultura sostenible.

3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
4. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
5. Lograr la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas
6. Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos.
7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
9. Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
10. Reducir la desigualdad en y entre los países.
11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (tomando nota de los acuerdos celebrados en el foro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).
14. sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
17. Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2022).

A través de estos 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible se expresa firmemente una agenda es universal y profundamente transformadora, con el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y construir una verdadera alianza para el desarrollo donde todos los países participan.

Asimismo, se deben concretar de manera práctica los Objetivos del Desarrollo



Sostenible, dando cumplimiento a las metas que incluye la Agenda 2030 en materia de medio ambiente, haciendo hincapié en:

- Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible.
- Garantizar el acceso a una energía asequible, segura sostenible y moderna.
- Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (tomando nota de los acuerdos celebrados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).
- Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- Proteger, restablecer y promover el uso de los ecosistemas terrestres.
- Efectuar una ordenación sostenible de los bosques.
- Luchar contra de desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras.
- Poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- Reducir las emisiones de carbono

Por tanto, el desarrollo de políticas ambientales sustentables debe ser cuidadosamente dirigido hacia las necesidades específicas del contexto boliviano, donde debe existir participación tanto a nivel gubernamental, Entidades Territoriales Autónomas, universitario, sector privado, como también de la población y para ello se deben utilizar los métodos y las estrategias en relación con la Madre Tierra.

## CONCLUSION

El medio ambiente en la actualidad presenta alteraciones negativas a causa del daño ocasionado generalmente por el ser humano, que conlleva al cambio climático, contaminación atmosférica, extinción de especies, incremento económico y el consumo que trae aparejado un mayor nivel de mecanizaciones y desarrollo, que generalmente se traduce en un incremento en la generación de residuos sólidos, líquidos y atmosféricos, incide negativamente en la presión sobre los recursos naturales, entre otros, dejan en declive al desarrollo sustentable del planeta. Por tanto, para confrontar esta problemática se establece la creación de organizaciones internacionales y la celebración de tratados internacionales entre países, enfocados a prevenir el daño ambiental.

En Bolivia, la problemática ambiental está en el mismo nivel que los demás países de Latinoamérica, ligada a las modalidades de desarrollo que se adoptó a lo largo de la historia, mismos que generarían una preocupación alarmante. Siendo que, la evolución del tema sobre políticas ambientales se precisa a partir del año 1986, donde se crea la primera instancia gubernamental vinculada al tema, el Viceministerio de Recursos Naturales y

Medio Ambiente, dependiente del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Posteriormente, en el año 1990, durante el gobierno de Jaime Paz Zamora se crea la Secretaría Nacional para el Medio Ambiente y el Fondo Nacional para el Medio Ambiente, instancias pioneras a nivel mundial.

La legislación hasta entonces estaba dispersa, excepto en lo relativo al manejo de la fauna silvestre y la administración de los recursos forestales, no existían autoridades competentes que velaran por el cumplimiento de la legislación. Luego de la Constitución Política del Estado que entro en vigencia desde el 2009, fue fundamental que el Estado boliviano conlleva los ajustes a las normativas que correspondan en bien de la preservación del bien mayor común superior, que son los sistemas de vidas en el medio ambiente; sin embargo aún falta un largo proceso para efectivizar la protección integral del medio ambiente en todas sus fases, donde se promueve y garantiza el aprovechamiento responsable y planificado de los recursos naturales, e impulsar su industrialización, a través del desarrollo y del fortalecimiento de la base productiva en sus diferentes dimensiones y niveles, así como la conservación del Medio Ambiente, vinculada exclusivamente a la Madre Tierra se presenta como un derecho fundamental otorgado a todo ser vivo, por lo cual se debe procurar conservar los recursos naturales, cuidar y proteger la vida no solo de las actuales generaciones, sino también de las futuras, por lo que da una obligación en cuanto al Estado para la preservación y la defensa efectiva, estableciendo políticas de preservación del medio ambiente y el orden ecológico.

Las teorías y referentes de principio de conservación del medio ambiente y la solución de la problemática precisa que se da una escasa importancia de los temas de medio ambiente, perspectiva que se ahonda más con la normativa desactualizada y obsoleta, como es el caso de la Ley de Aguas que siendo promulgada por más de cien años continúa aún sin la intención de ser reformulada. Por ello, la política ambiental es un pilar débil al cual, se la añade una total descontextualización de Ley N° 1333 del Medio Ambiente, sin mencionar que las normativas vigentes no se aplican.

Debido al tiempo que transcurrió, la mencionada ley fue puesta en cuestión por las situaciones actuales que se presentaron a causa de nuevos intereses de por medio. Si bien, en la normativa boliviana se establecen parámetros bajo los cuales se preserva el medio ambiente; se presentan empresas que cruzan los lineamientos establecidos e interpretan la ley de acuerdo a sus intereses. Esto incurre en una falta de actualización y aclaración de la ley, que hoy en día protege el medio ambiente.

Por tanto, es necesario que en el contexto boliviano por medio del gobierno e instancias correspondientes se otorgue una prioridad a la problemática ambiental y avanzar sobre una política sustentable con la Madre Tierra, con principios y estrategias que comprometan trabajar en regiones afectadas por la crisis ambiental, estableciendo la protección de la biodiversidad nativa ante los impactos de los agroquímicos, limitar el avance de los monocultivos sobre áreas naturales por deforestación en las tierras bajas,

prohibiendo los cultivos transgénicos, el carácter depredador que presenta explotaciones mineras, de hidrocarburos sobre los ambientes, respetar los parques nacionales y asegurar el acceso al agua y la calidad de las cuencas hidrográficas, acuíferos, glaciales o humedales, admitir que la idea de grandes reactores industriales, especialmente aquellos para generar electricidad, es incompatible con la defensa de los derechos de la Madre Tierra.

Asimismo, profundizar la problemática urbana por medio de una planificación que evite su crecimiento en áreas agrícolas valiosas o contamine los suelos y el agua, al igual que enfocarse en el colapso del tránsito y su contaminación.

Por lo que, conciliar todas estas problemáticas en un objetivo común requiere de un análisis específico y una evaluación de los posibles costos que surgen de priorizar una dimensión sobre otra. En este sentido, que la idea de sustentabilidad sugiere una síntesis entre desarrollo económico y preservación del ambiente, lo que precisamente implica establecer objetivos económicos, sociales y ecológicos que tiendan a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del medio ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras, presentando una vinculación fortalecida y aplicación efectiva del principio de prevención con mecanismos, procedimientos de inspección y medidas de aseguramiento, en casos de un daño amenazador.

Respecto a la concientización ambiental, se considera que la sociedad en su conjunto no presenta un compromiso con la protección del medio ambiente, dando incumplimiento a las leyes ambientales y no conocen la importancia de la sustentabilidad del medio ambiente. Igualmente, la sociedad actual no se centra en aspectos de equidad, accesibilidad, participación y seguridad; siendo quienes se encargan de la destrucción ambiental.

## REFERENCIAS

CPE. (2009). *Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia*. Bolivia: Gaceta Oficial de Bolivia.  
Chambers, R., & Conway, G. (1991). *Medios de vida rurales sostenibles: conceptos prácticos para el siglo XXI*. Brighton: Documento de debate DS 296 IDS.

Chambi, M. G. (2010). *El desarrollo sustentable o sostenible como elemento básico para la efectivización del derecho al medio ambiente, en el sistema constitucional boliviano*. Sucre - Bolivia: Universidad Mayor, Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

Hernández, A. (1991). *La ciencia ecológica y su proyección social*. Santo Domingo: Centro Cultural Poveda.

Hernández, P. A., González, G. H., & Tamez, G. G. (2016). *Desarrollo sustentable: De la teoría a la práctica*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.

Komaser. (2018, febrero 23). *Conservar el medio ambiente*. From <https://komaser.com.mx/blog/2018/02/23/conservar-el-medio-ambiente/>

Ley N° 1333. (1992). *Ley de Medio Ambiente*. Bolivia: Gaceta Oficial de Bolivia.

Ley N° 300. (2012). *Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien*. Bolivia: Gaceta Oficial de Bolivia.

Leff, E. (1998). *Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. México: Siglo XXI.

Maldonado, G. A., & González, G. É. (2013, diciembre). *De la resiliencia comunitaria a la ciudadanía ambiental*. From [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1997-40432013000300002](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1997-40432013000300002)

Naciones Unidas. (2022). *Objetivos del Desarrollo*. From <http://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/> ONU. (1987). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza.

Pineda, J. (2020). *Conservación Ambiental: Proteger, Mantener y Cuidar los Recursos Naturales*. From <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/conservacion-ambiental-proteger-mantener-cuidar-recursos-naturales/>

Rodale, R. (1998). *Sistemas agrícolas. La importancia de la sostenibilidad*. *Kappa Phi* 2.6.

Sierra, P. Y. (2021, enero 21). *Los desafíos ambientales de Bolivia en el 2021*. From <https://es.mongabay.com/2021/01/desafios-ambientales-para-bolivia-en-el-2021/>

UDAPE, & Estado Plurinacional de Bolivia. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. From [https://www.udape.gob.bo/portales\\_html/ODS/ods.html](https://www.udape.gob.bo/portales_html/ODS/ods.html)

UNESCO. (diciembre de 2017). *El derecho humano al medio ambiente en la Agenda 2030*. Obtenido de <https://www.unescoetxea.org/dokumentuak/dossierDDHHamb.pdf>

Weidner, H., & Jänicke, M. (2002). *Desarrollo de capacidades en política ambiental nacional: un estudio comparativo de 17 países*. Berling: Springer.

Zarta, Á. P. (2018, enero 13). *La sustentabilidad o sostenibilidad: Un concepto poderoso para la humanidad*. From <http://www.scielo.org.co/pdf/tara/n28/1794-2489-tara-28-00409.pdf/amp/>

# BIOSTIMULATION OF DOMESTIC WATER CONTAMINATED BY A MIXTURE OF HYDROCARBONS

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Juan Manuel Sánchez-Yañez**

Environmental Microbiology Laboratory,  
Institute of Chemical-Biological  
Research ). University City. Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Fco J. Mujica S/N Col Felicitas del Rio, ZP  
34,000,Morelia, Michoacan, México  
0000 0002 1086-7180

### **Gladys Juárez-Cisneros**

CONACYT, El Colegio de Michoacan/  
LADIPA, La Piedad Michoacan, México.  
0000-0002-2918-0805

### **Juan Luis Ignacio de la Cruz**

Environmental Microbiology Laboratory,  
Institute of Chemical-Biological  
Research ). University City. Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Fco J. Mujica S/N Col Felicitas del Rio, ZP  
34,000,Morelia, Michoacan, México  
0000-0002-5638-3720

**ABSTRACT:** Water is a critical factor for life, currently the recovery of domestic water impacted by waste motor oil (WMO) for reuse involves biological methods such as biostimulation. The objective of this work was to analyze the biostimulation of domestic water impacted by 12,000 ppm

of WMO with two mineral solutions 1 and 2. For these 2 mineral solutions were used to eliminate the WMO mediated by the production of CO<sub>2</sub> and the disappearance of the WMO by gas chromatography. The results show that it was possible to remove the WMO from the water with one of the mineral solutions based on the concentration that facilitated the rapid oxidation of the WMO. It is concluded that the biostimulation of domestic water with mineral solutions is viable for the possible reuse of domestic water to avoid using clean water in industrial irrigation without environmental health risk.

**KEYWORDS.** water, bioremediation, hydrocarbon oxidation, intelligent use of water.

## **INTRODUCTION**

Its estimated that 240 million liters of automotive lubricating oil are sold annually in Mexico (1-4). At the end of its useful life in automobiles, with the oil change, an undetermined amount is illegally thrown into the drain by individuals and mechanical workshops, with the consequent contamination of domestic water (5,6).

Used crankcase oil, or waste residual oil (WMO), is a brown to black liquid that is removed from automobile engines (1,2,7). WMO is made up of 80% aliphatic hydrocarbons, 20% simple and polycyclic aromatics (4,5,) and trace metals: aluminum, chromium, copper, iron, lead, manganese, nickel, silica and tin; from engine parts that wear out (1,3,4,8). According to the United States Environmental Protection Agency (7), one liter of WMO seeps into an aquifer can contaminate up to one million liters of water (8,9). An alternative to restore the environmental damage caused by the inadequate disposal of WMO, is bioremediation through biostimulation (10,11) with inorganic and organic compounds of N (nitrogen), P (phosphorus) and K (potassium) that are basic elements of the life, those that induce the native heterotrophic aerobic microorganisms, to the mineralization of hydrocarbons similar to those found in the WMO (9-10). The biostimulation of environments impacted by WMO, as occurs in the soil, is based on the use of various strategies that induce heterotrophic microbial activity, WMO oxidation (11-14). In contrast, there are few reports on the biostimulation of domestic water impacted by WMO, especially because to eliminate aliphatics, one of the most common constituents of this mixture (2-4), it is essential to enrich it with an adequate and balanced mineral solution at basis of N, P and K; along with a sufficient concentration of O<sub>2</sub> (oxygen) for its oxidation and conversion into H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> products that are innocuous to the environment (15-17). In this regard, report that the biostimulation of an environment impacted by WMO it is essential to start with a detergent that emulsifies them, followed by enrichment with a mineral solution and O<sub>2</sub> that allows the rapid oxidation of the WMO. In general, the information on the dynamics of biostimulation in aquatic environments impacted by WMO is scarce (7, 18-20). Therefore, the objective of this work was to analyze the biostimulation of domestic water contaminated by 12,000 ppm of residual automotive oil with two mineral solutions.

## MATERIALS AND METHODS

Domestic water contaminated with WMO was collected from a car wash and grease shop in Morelia, Mich., Mexico. For the biostimulation analysis of domestic water contaminated by WMO, 500 mL Bartha flasks were used with 100 mL of WMO diluted 1:100 (final concentration 12,000 ppm of WMO); those two mineral solutions were tested, mineral solution1 (g/L): K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 5, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 4, MgSO<sub>4</sub> 3, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 10, CaCO<sub>3</sub> 1, KCl 2, ZnSO<sub>4</sub> 0.5, CuSO<sub>4</sub> 0.5, FeSO<sub>4</sub> 0.2; and mineral solution 2 (g/L): K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1.17, NaHPO<sub>4</sub> 4.30, MgSO<sub>4</sub> 0.22, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 8.1, CaCl 0.27, FeCl<sub>3</sub> 0.22, NH<sub>4</sub>Cl 1.9, NaMoO<sub>4</sub>; EDTA 8 and detergent tween 20 (0.5mM). As absolute control: WMO was used domestic water diluted non biostimulated by mineral solution; as relative control 1: WMO diluted in distilled water biostimulated with mineral solution; as relative control 2: WMO in domestic water biostimulated with mineral solution.

These flasks were shaken at 100 rpm; then were incubated at room temperature

for 18 days; as a control, a relative 1 was used: a Bartha flask with domestic water diluted polluted by WMO, non biostimulated with mineral solution; as relative 2: a Bartha flask with distilled water, biostimulated with mineral solution; as relative control 2 was sterile control: a Bartha flask with domestic water polluted by WMO biostimulated with mineral solution sterilized at 121°C / 15 min. The Bartha flasks were incubated under shaking at 100 rpm at room temperature for 18 days. To quantify the generation of CO<sub>2</sub> derived from the mineralization of the WMO, due to biostimulation by mineral solution, were taken 10 mL of 0.1 N KOH was added to one of the arms of the Bartha flask, every 24 h /18 day. The remaining alkali was determined by titration with 0.1 N HCl (2,4,7). All experimental data were analyzed by ANOVA and Tukey ( $P \leq 0.05$ ), to establish the minimum significant difference (11).

## RESULTS AND DISCUSSION

In domestic water, the composition of aliphatic of the WMO was analyzed before biostimulation, shown in the chromatogram of figure 1. The estimated concentration of WMO estimate of 12,000 ppm, a level higher than what environmental standards in Mexico and the world consider risky for environmental health (1, 2, 20, 21). What forces to look for effective methods of remediation that allow reuse (10-15) especially due to the problem of scarcity of drinking water for the population and needs of the countryside, the cities of the world (3,4-7).

In the figure 2, the biostimulation of domestic water impacted by WMO by the mineral solution 1 induced to native microbiota heterotrophic aerobic to start the mineralization of WMO at the sixth day achieving the maximum at fifteenth day to the highest oxidation of the WMO (17-19) due to enrichment by the optimal concentration of the inorganic compounds of N, P and K (12-14) which was detected by the production of CO<sub>2</sub> with a maximum of 5.52 mmol mL<sup>-1</sup>. In evident contrast with the biostimulation with the mineral solution 2 when the concentration level of the inorganic compound of N, P, K and other were not enough to induce the activity of the mineralization native microbiota of domestic water to oxidate the WMO (17-19).

In contrast to domestic water non biostimulated with mineral solution there the minimum amount of CO<sub>2</sub> was detected with 0.224 mmol•mL<sup>-1</sup>; these results were consistent with the mass-coupled gas chromatography analysis, showed in figure 4 that indicates with certainty that the nutritional factor was the main limitation of the biostimulation of domestic water impacted by WMO, since the native heterotrophic aerobic microbiota of the domestic water was unable to eliminate the WMO (11,12), due to the imbalance of essential minerals for the oxidation of the WMO (13-16) that explains why certain concentration of the inorganic compounds of N and phosphates of the mineral solution1 (11,15) are important since due to biostimulation the diverse heterotrophic microbial populations of the water was possible

to oxidate the main aliphatic of the WMO (2,3,20). While the microbiota did not respond positively to the components of the mineral solution 2, that did not provide the enough concentration of the essential nutrients required to oxidize these WMO aliphatics (12, 17) consequently the amount of CO<sub>2</sub> generated was similar to that detected in the mixed distilled water with WMO (C); where are not basic nutrients and neither detergent and enough number of microorganisms to mineralize of WMO. While when WMO was emulsified with tween 20 even the biostimulation by the mineral solution, the sterilization kills all microorganisms able to eliminate the WMO (D); in the other side even that WMO was emulsified with tween 20 in distilled water had two main problems not biostimulation by the mineral solution 1 and not enough diversity and number of microorganisms able to eliminate the WMO (E). Supported by a statistical difference observed among the results of CO<sub>2</sub> produced according each experiment done (16,18). These assays explain why domestic water polluted by WMO is a source of wide diversity of microorganisms that depends on the biostimulation with tween 20 that emulsified of WMO and then due the specific mineral solution in terms of concentration and availability of basic nutrients was necessary to induce the maximum of elimination of WMO for domestic water recovery polluted by this type of mixing hydrocarbons (12,14-16).



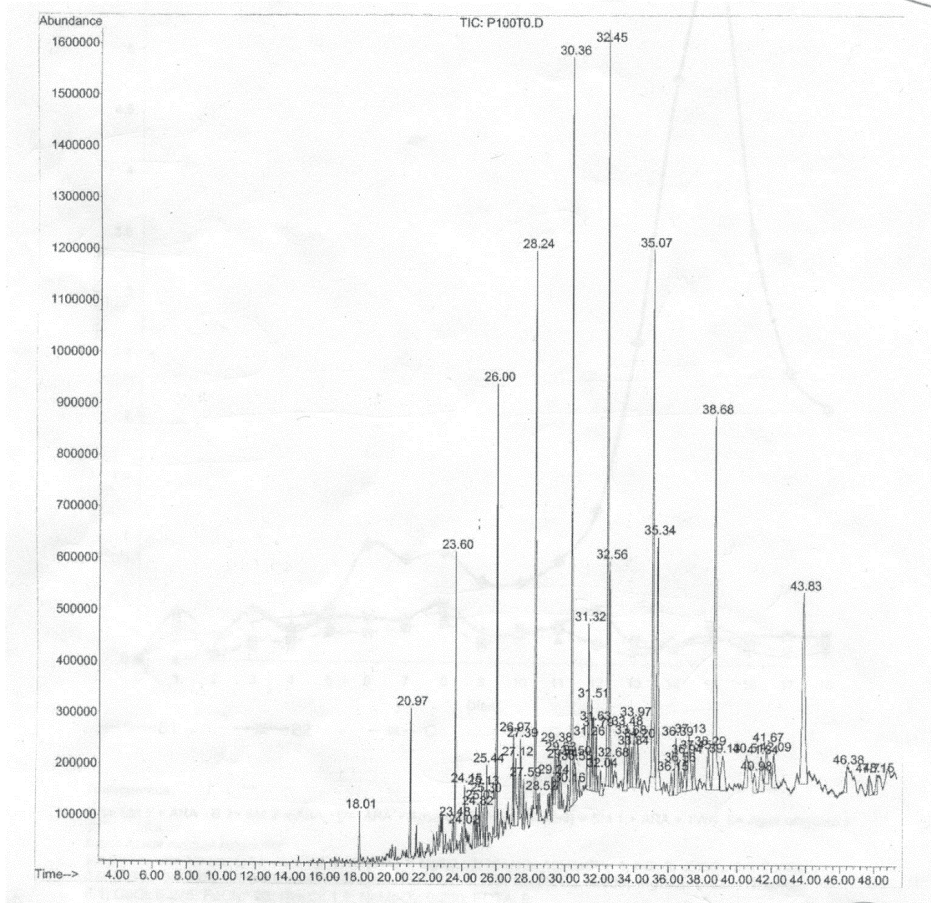


Figure 1. Chromatogram of the domestic water polluted by 12,000 ppm of waste residual at time zero of the biostimulation with mineral solutions.

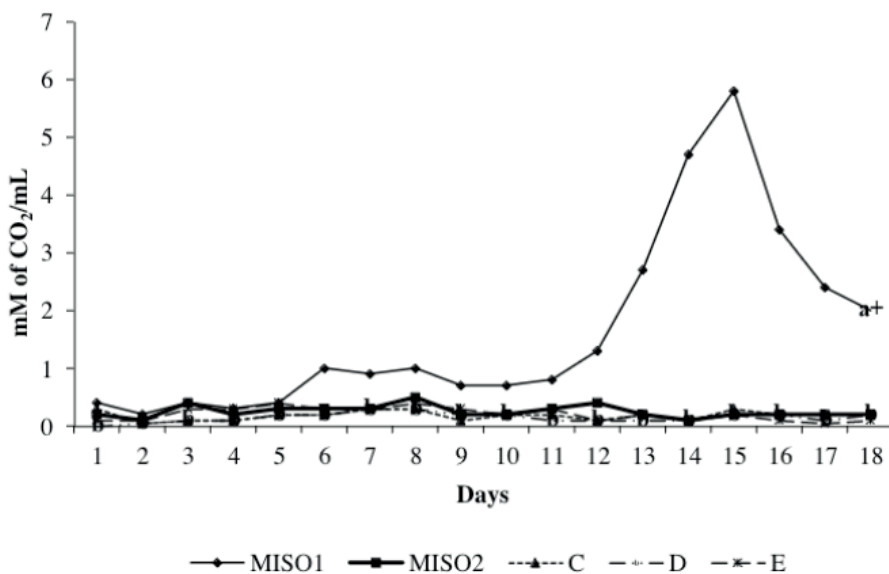


Figure 2. CO<sub>2</sub> production by the microbiota of domestic water polluted by 12,000 ppm of waste residual oil, biostimulated with two mineral solutions

#### Treatments:

**B1**=mineral solution 1 (**MISO1**) + WMO; **B2**= mineral solution 2 (**MISO2**) +WMO; **C**=WMO+ distilled water; **D (sterile)**=mineral solution 1+WMO+Tween 20; **E**= distilled water +

Tween 20 +WMO

**WMO**=waste motor oil

**a+** and **b** had statistically different according to ANOVA, Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**MISO1**= mineral (g/L): K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>: 5; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: 4; MgSO<sub>4</sub>: 3; NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>: 10; CaCO<sub>3</sub>: 1; KCl: 2; ZnSO<sub>4</sub>: 0.5; CuSO<sub>4</sub>: 0.5; FeSO<sub>4</sub>: 0.2;

**MISO2**= mineral solution (g/L): K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>: 1.179; Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>: 4303; MgSO<sub>4</sub>: 0.225; NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>: 8.1; CaCl: 0.275; FeCl<sub>3</sub>: 0.25; NH<sub>4</sub>Cl: 1.9; NaMoO<sub>4</sub>: 0.250; EDTA: 8, Tween 20 (0.5mM).

Figure 3 shows the analysis of the response of the microbiota in domestic water impacted by WMO biostimulated with mineral solutions 1 and 2 in the mineralization of the WMO, where a statistical difference was observed in the nutritional induction of the heterotrophic microbiota with the mineral solution1 (15,20,21), in the oxidation of the WMO, with a CO<sub>2</sub> value of 5.7 mM /mL, in contrast to the microbiota of domestic water impacted by the WMO without biostimulation by the concentration of the basic components of the mineral solution 2 that did not allow the WMO oxidation with numerical value (19,22,23), non-statistical difference compared to the CO<sub>2</sub> concentration by the microbiota of domestic water impacted by WMO, without biostimulation with the mineral solution used as negative control (23). The positive effect of biostimulation on the heterotrophic aerobic microbiota of WMO-impacted domestic water to oxidize it (11, 12) were consistent with mass-coupled gas chromatography analysis (22,23) that specifically demonstrated the aliphatic types that were removed (5). In comparison with the domestic water impacted by WMO non

biostimulated that supports the concentration of essential minerals to induce microbial consortia of domestic water for mineralization of the aliphatics of the WMO with mineral solution 1 (13,14,15).

Figure 4 shows the biostimulation of domestic water impacted by WMO with mineral solution 1 in the mineralization of the aliphatics of the WMO 18 days after the start of the assay here, a drastic decrease in the concentration (observe the axis and the relative scale of abundance) of the aliphatics and aromatics of the WMO was observed due to the mineralization capacity of the aerobic heterotrophic microbiota of domestic water induced by the sufficient concentration of N salts, P and K of mineral solution 1 (14,16,20) that allowed a reduction of the initial concentration of 12,000 ppm of WMO to a value lower than 1000 ppm, according to concentration of hydrocarbons remaining, that implies the possibility of reusing this water for irrigation of gardens and industrial processes without risk to the environment (13,18,19).

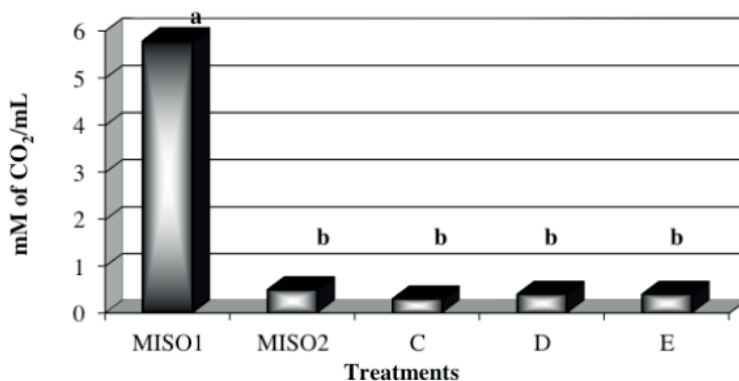


Figure 3. CO<sub>2</sub> production in domestic water impacted by 12,000 ppm of waste motor oil biostimulated with two mineral solutions

**Treatments:**

**MISO1**=mineral solution 1+ WMO + domestic water; **MISO2**= mineral solution 2+WMO + domestic water **a** and **b** had statistically different according to ANOVA, Tukey ( $P \leq 0.05$ )

**C**=WMO+ distilled water; **D** (sterile)=mineral solution 1+WMO+Tween 20; **E**= distilled water + Tween 20 +WMO

**WMO**=waste motor oil

**MISO1**= mineral (g/L):  $K_2HPO_4$ : 5;  $KH_2PO_4$ : 4;  $MgSO_4$ : 3;  $NH_4NO_3$ : 10;  $CaCO_3$ : 1; KCl: 2;  $ZnSO_4$ : 0.5;  $CuSO_4$ : 0.5;  $FeSO_4$ : 0.2;

**MISO2**= mineral solution (g/L):  $K_2HPO_4$ : 1.179;  $Na_2HPO_4$ : 4303;  $MgSO_4$ : 0.225;  $NH_4NO_3$ : 8.1; CaCl: 0.275;  $FeCl_3$ : 0.25;  $NH_4Cl$ : 1.9;  $NaMoO_4$ : 0.250; EDTA: 8, Tween 20 (0.5mM).



S.A. and BIONUTRA, SA de CV, Maravatio, Mich, Mexico and Biologist Yolanda García Rodríguez for the chromatographic analyzes of domestic water impacted by WMO.

## CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

## REFERENCES

- 1.- ATSDR. 2016. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades Aceite usado de cárter (Aceite usado de motor) (Used Mineral-Based Crankcase Oil). Departamento de Salud y Servicios Humanos Gobierno USA. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs102.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs102.html)SEDESOL/INE (Secretaría de Desarrollo Social/ Instituto Nacional de Ecología) Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1993, Diario Oficial de la Federación.
- 2.- SEMARNAT 1996 (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- 3.- Ubiratan, Escorel De Azevedo P. 2002 Reporte final analítico: Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados. Edit. Red Panamericana de Manejo de Residuos (REPAMAR) y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). p: 1-154.
4. Centella J., Zepeda J., Sánchez R. 2012. El mercado de los aceites para uso automotriz en México. *Octanaje Revista de la Franquicia PEMEX* 14-17 p. [http://www.ref.pemex.com/files/content/02franquicia/Octanaje\\_nva/Octanaje06.pdf](http://www.ref.pemex.com/files/content/02franquicia/Octanaje_nva/Octanaje06.pdf)
- 5.- American Public Health Association 2012. *Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22nd En.* Washington, DC. USA
- 6.-UNESCO, WMO. 1992 *International Glossary of Hydrology*; World Meteorological Organization (WMO): Geneva, Switzerland. .-
- 7.-Environmental Protection Agency (EPA) Environmental Regulations and Technology: Managing Used Motor Oil (1994) Publication 625-R9401D. 4 p. [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=126974](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=126974)
- 8.-- Saeijs, H.L and Van Berkel, M.J. 1995. Global water crisis: The major issue of the 21st century, a growing and explosive problem. *Eur. Water Poll*, 5, 26–40.
- 9.-Linton, J. 2004. Global hydrology and the construction of a water crisis. *Great Lakes Geogr*, 11, 1–13.
- 10.-Sivakumar. B. 2011. Water crisis: From conflict to cooperation—An overview. *Int. Assoc. Sci. Hydrol. Bull.*,56, 531–552.
- 11.- Das, A, Adhikari S, and Kundu, P. 2019. “Bioremediation of wastewater using microalgae,” in *Environmental Biotechnology for Soil and Wastewater Implications on Ecosystems*, pp. 55–60, Springer, Singapore.

- 12.- Mora-Ravelo, SA, Alarcon A, Rocandio-Rodriguez M and. Vanoye-Eligio V. 2017. Bioremediation of wastewater for reutilization in agricultural systems: a review," *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 15, no. 1, pp. 33–50, 2017.
- 13.- Coelho LM and Rezende HC, et al., 2015. Bioremediation of polluted waters using microorganisms. *Advances in Bioremediation of Wastewater and Polluted Soil*, vol. 10, Article ID 60770
- 14.-Perpetuo EA, Souza CB, and Nascimento CAO, 2011. Engineering bacteria for bioremediation," in *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering From Analysis and Modeling to Technology Applications*, A. Carpi, Ed., pp. 605–632, In Tech, Rijeka, Croatia.
- 15.- Hussain CM. 2020. *The Handbook of Environmental Remediation: Classic and Modern Techniques*, Royal Society of Chemistry, London, United Kingdom.
- 16.- Harms H, Schlosser D, Wick LY. 2011. Untapped potential: exploiting fungi in bioremediation of hazardous chemicals. *Nat Rev Microbiol.* 9: 177-192.
- 17.- Maulin P Shah. 2017. Bioremediation Waste Water Treatment. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*. Vol 9 (1):3-10
- 18.- Kensa MV. 2011. Bioremediation - An overview. *J Ind Pollut Control* **27**: 161–168.
- 19.- Azubuikwe CC, Chikere CB, Okpokwasili GC. 2016 Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. *World J Microbiol Biotechnol* **32**: 1–18.
- 20.- Norris R T, et al 2018, *Handbook of Bioremediation*. CRC Press, 2018.
- 21.- Xie, Y.; Kabobah, A.T.; Song, Y. 2012. Bacterial technology as a sustainable solution to polluted urbanized rivers and wastewater treatment systems in China. *J. Appl. Technol. Environ. Sanit*, 2, 87–93.
- 22.- Hashim, S.; Xie, Y.; Hashim, I. 2015. Comparative indices evaluation to restore urban rivers water quality by using bacterial technology. *Rev. Kasma* 43, 198–209.
- 23.-Wu, Y.; Dai, H.; Wu, J. 2017. Comparative study on influences of bank slope ecological revetments on water quality purification pretreating low-polluted waters. *Water* 9, 636. [CrossRef]

# GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE NOVA SERRANA – MG

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Ítalo Patrício Pedersoli**

Centro Federal De Educação Tecnológica  
De Minas Gerais  
Belo Horizonte – Minas Gerais

### **Leonardo França da Silva**

Universidade de Federal Viçosa  
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

### **Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho**

Centro Federal De Educação Tecnológica  
De Minas Gerais  
Belo Horizonte – Minas Gerais

### **Ricardo José Gontijo Azevedo**

Centro Federal De Educação Tecnológica  
De Minas Gerais  
Belo Horizonte – Minas Gerais

**RESUMO:** O município de Nova Serrana/MG é conhecido como a cidade que mais cresce no aspecto populacional em todo o Estado de Minas Gerais, principalmente analisando os dados desde a década de 80. Devido esse grande crescimento, muitas vezes não controlado, as áreas de preservação do município podem ser

comprometidas, causando degradação dos ecossistemas naturais. A área de estudo do presente trabalho é constituída por todo o município de Nova Serrana. Esta pesquisa teve o objetivo de analisar se o crescimento da malha urbana está de acordo com as legislações vigentes, que abordam sobre as áreas de preservação ambiental. Para o desenvolvimento do trabalho, foram feitos cálculos de NDVI e NDBI das imagens de satélites dos anos de 1989, 2000, 2013 e 2022, por meio do software QGIS. Com isso, sendo possível identificar a evolução do crescimento urbano e as mudanças de uso do solo no município.

**PALAVRAS CHAVES:** NDVI, NDBI, Uso e ocupação do solo.

**ABSTRACT:** The County of Nova Serrana/MG is known as the fastest growing city in the entire State of Minas Gerais, mainly analyzing data since the 1980s. Due to this large, often uncontrolled growth, the County's preservation areas may be compromised, causing the degradation of natural ecosystems. The study area of the following work consists of the entire municipality of Nova Serrana, which aims to analyze whether the growth of the urban fabric is in accordance with current legislation, which

deals with areas of environmental preservation. For the development of the work, NDVI and NDBI calculations were made from satellite images of the years 1989, 2000, 2013 and 2022, using the QGIS software. With this, it is possible to identify all the urban growth of the County. **KEYWORDS:** NDVI, NDBI, Land use and occupation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo censo de 1940, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população brasileira era de 41.565.083 habitantes. Desse modo, comparando com o último censo realizado pelo IBGE em 2022, a população cresceu, aproximadamente, 5 vezes, resultando em um pouco mais de 206 milhões de brasileiros. Além disso, o êxodo rural, durante esse período, gerou uma redução da população rural, que representava cerca de 70% do país, para apenas 16% na atualidade (IBGE, 2022). Conforme Silva (2015), as cidades brasileiras não possuíam infraestrutura que comportasse o seu crescimento acelerado, dessa forma, ocorreu a distribuição desigual dos recursos. Logo, as áreas que recebiam maiores investimentos eram onde havia maior poder aquisitivo da população, intensificando as assimetrias de infraestrutura e serviços em relação às áreas periféricas. Assim, gerando um crescimento irregular, não planejado e ambientalmente não favorável.

Todavia, esse crescimento exponencial, ligado à precariedade do planejamento urbano no desenvolvimento das cidades no Brasil, tem gerado, em vários casos, consequências que afetam diretamente na forma de uso e ocupação do espaço (SILVA, 2015). Segundo Alves e Bilac (2014), o desenvolvimento rápido das cidades, correlacionado com a falta de políticas públicas de uso e ocupação do solo e à especulação imobiliária, vem ocasionando ocupações em áreas ambientais que deveriam ser protegidas. Pode se notar que, entre os diferentes impactos socioambientais, predominam os de ocupação e crescimento populacional urbano em áreas impróprias, como por exemplo, nas Áreas de Preservação Permanente (APP).

De acordo com Targa (2011 apud Santos, 2021), as atividades humanas prejudiciais combinadas com o uso incorreto do solo geram problemas ambientais, acarretando o assoreamento dos rios, levando à redução da disponibilidade hídrica e piora da qualidade das águas. Dessa forma, a presente pesquisa possui o objetivo de estudar o uso e ocupação do município de Nova Serrana, que, desde o século XIX, garante a renda da população por meio da produção de artefatos de couro e outras atividades econômicas.

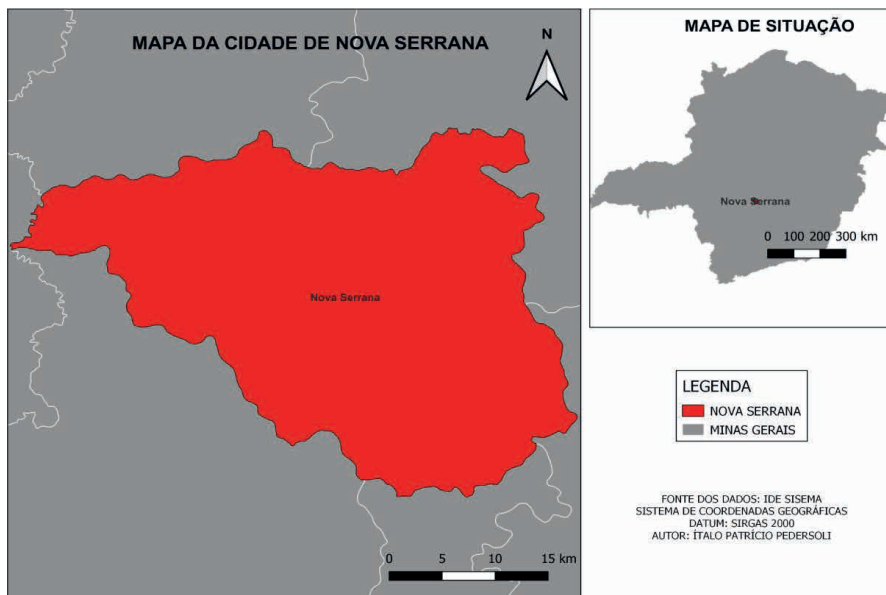
## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo é o município de Nova Serrana encontra-se localizada na mesorregião oeste do estado de Minas Gerais, na transição do Bioma de Mata Atlântica e



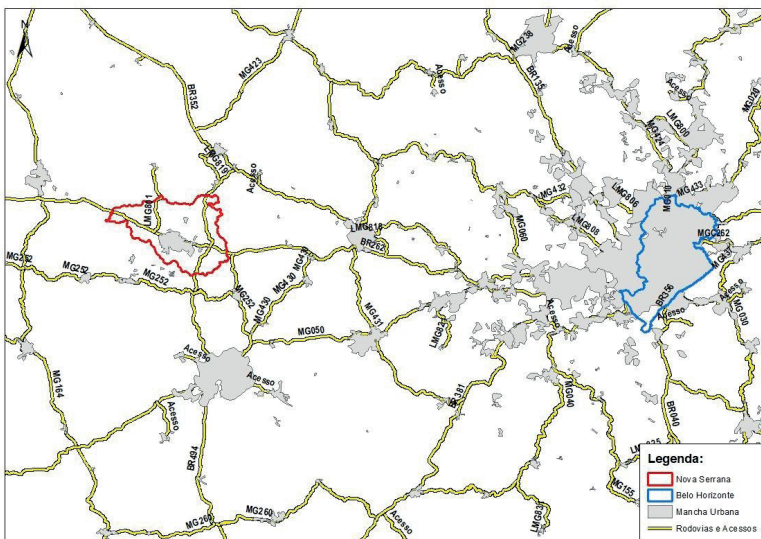
Cerrado, tendo o Cerrado como bioma predominante (**Figura 1.1**). Possui uma população estimada em 2021 de 108.241 pessoas, em uma expansão territorial de 282,472 km<sup>2</sup>, situado a 126 quilômetros da capital da cidade mineira (**Figura 1-2**), 539 quilômetros da cidade do Rio de Janeiro, 553 quilômetros da Cidade de São Paulo, 643 quilômetros de Vitória e 709 quilômetros de Brasília (IBGE, 2022).



**Figura 1-1:** Mapa de localização do município de Nova Serra

**Fonte:** Adaptado de Nova Serra (2022).

Segundo o IBGE (2022), o município teve a sua emancipação em 12 de dezembro de 1953, porém sua fundação foi em 01 de janeiro de 1954, possui altitude média de 732,91 metros, clima temperado, Produto Interno Bruto (PIB) Per capita de R\$ 25.012,61, além de possuir o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH -2010) de 0,715, valor abaixo do IDH nacional, o qual é 0,754 (ATLAS, 2022).



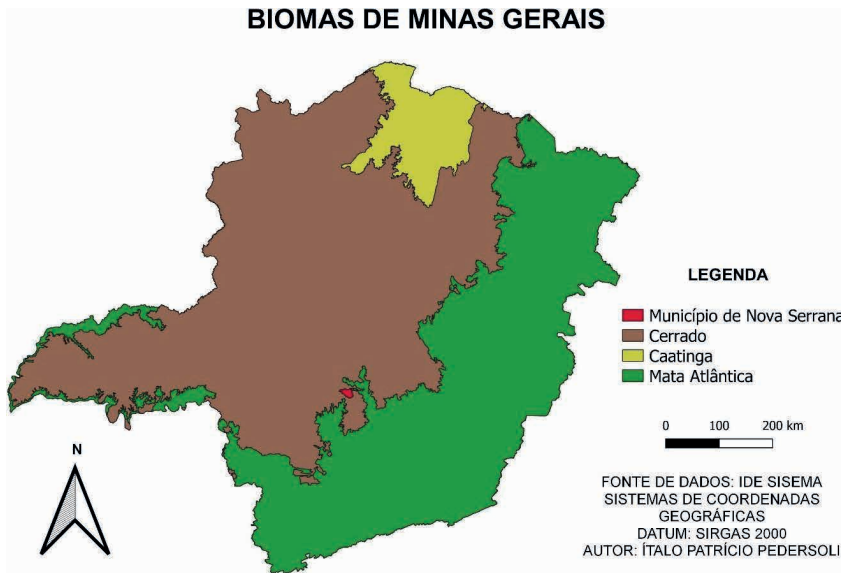
**Figura 1. 2:** Distância entre as cidades de Belo Horizonte e Nova Serrana

**Fonte:** Adaptado de Belo Horizonte e Nova Serrana (2023).

A cidade de Nova Serrana possui uma cadeia produtiva de calçados com 687 empresas sendo, 465 fabricantes de calçados; 210 fornecedores de matérias-primas, acessórios, máquinas e outras 62 prestadoras de serviços que complementam o setor. As atividades industriais do município oferecem empregos para as cidades do entorno, que cedem mão de obra e, por influência de Nova Serrana, também se tornaram produtoras de calçados (SINDINOVA, 2022).

## 2.2 Etapas da coleta de dados

O projeto foi dividido em duas etapas, a primeira consistiu em coletar dados com base em artigos científicos, Lei Complementar 036/2022 -Plano Diretor do município de 2022 e livros relacionados ao tema de uso e ocupação do solo, dados do Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sistema), como por exemplo informações das bacias hidrográficas, tipo de bioma predominante (**Figura 1-3**), limite do município e principais rodovias. Além disso, a agrupar dados de imagens do satélite LANDSAT 5 e LANDSAT 8 extraídas da instituição científica USGS, que serão usadas na segunda etapa, a qual compreendeu em realizar trabalhos de geoprocessamento usando o software livre e gratuito QGIS 3.22.5, sendo assim possível gerar mapas temáticos de acordo com o tema proposto.



**Figura 1-3:** Identificação dos biomas no estado do Minas Gerais

**Fonte:** Adaptado de Minas Gerais (2022).

## 2.3 Satélites e Imagens Utilizados

Para o seguinte trabalho, foram utilizadas imagens de satélite de um período de 33 anos de intervalo entre a primeira e a última imagem de satélite, obtidas para os anos de 1989, 2000, 2013 e 2022, desse modo mapeando grande parte do crescimento do município de Nova Serrana. Portanto, utilizou-se de imagens dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 8, o qual, segundo INPE (2023), o ano de lançamento e inativação dos satélites foram em 1984 e 2011 (LANDSAT 5) e 2013 para o LANDSAT 8, que ainda continua ativo, conforme o ilustrado na Tabela 1.1.

SATÉLITE	BANDA	APLICAÇÃO
LANDSAT 5	3	VERMELHO
	4	INFRAVERMELHO PRÓXIMO
	5	INFRAVERMELHO MÉDIO
LANDSAT 8	4	VERMELHO
	5	INFRAVERMELHO PRÓXIMO
	7	INFRAVERMELHO MÉDIO

**Tabela 1-1:** Bandas usadas

**Fonte:** Adaptado do INPE (2023).

## 2.4 Cálculo do NDVI

O cálculo do NDVI para as imagens de satélite foi realizado por meio da ferramenta do Software QGIS, usando como base a fórmula a seguir, onde,  $\rho_{NIR}$  e  $\rho_{RED}$  são, respectivamente, os elementos de reflectância bidirecional de superfície para as bandas do infravermelho próximo (B5) e do vermelho (B4) (BONFIM et al., 2018).

$$\text{Equação 1: } NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

ou

$$\text{Equação 2: } NDVI = \frac{\text{Banda 5} - \text{Banda 4}}{\text{Banda 5} + \text{Banda 4}}$$

A partir dessa equação, são gerados dados que podem variar entre -1 e 1, o que significa que quanto mais próximo de -1, mais exposto está o solo e maior o índice de vegetação no caso de próximo de 1 (BONFIM et al., 2018).

## 2.5 Cálculo do NDBI

Semelhante ao anterior, o NDBI consiste em substituir a banda 4 (Infravermelho) pela banda 7 (infravermelho médio), onde, a partir do uso da calculadora Raster do Software QGIS, é possível identificar áreas construídas (ZHA; GAO; NI, 2003). A fórmula do NDBI consiste em:

$$\text{Equação 3: } NDBI = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR} + \rho_{NIR}}$$

ou

$$\text{Equação 4: } NDBI = \frac{\text{Banda 7} - \text{Banda 5}}{\text{Banda 7} + \text{Banda 5}}$$

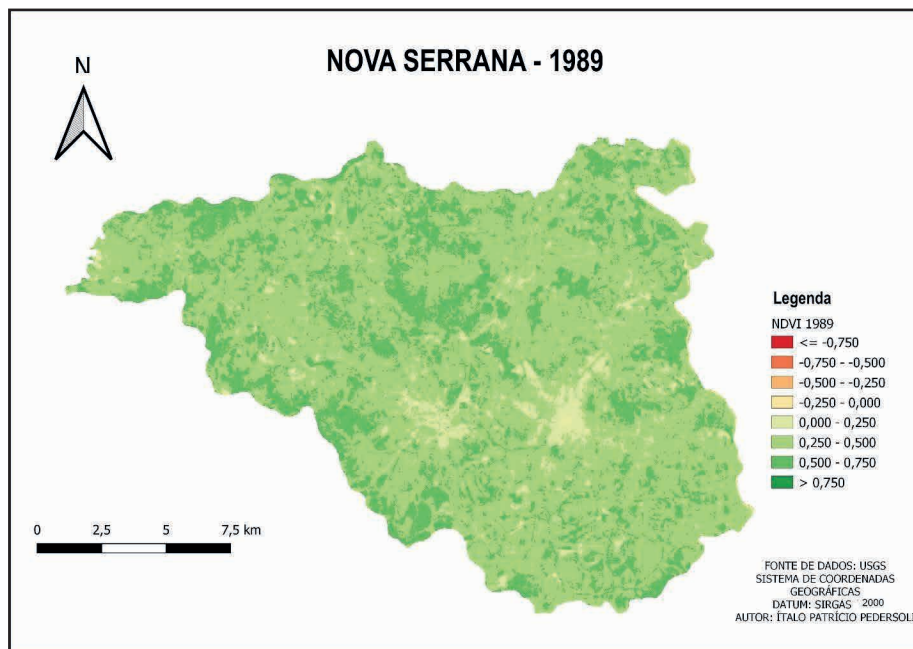
A partir desse cálculo, será possível identificar áreas construídas, pois, as áreas edificadas, são demarcadas com valores positivos e áreas com vegetação, valores negativos (ZHA et al., 2003).

## 3 | RESULTADOS

Analisando as imagens dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 7, foi possível identificar e acompanhar as áreas de crescimento do município de Nova Serrana, sendo assim atingindo o ponto focal do trabalho, que trata de observar se a cidade está respeitando a Lei Complementar número 036/2022 – Plano Diretor e a Lei 12.651 de 2012 - Código Florestal Brasileiro.

### 3.1 Imagens NDVI

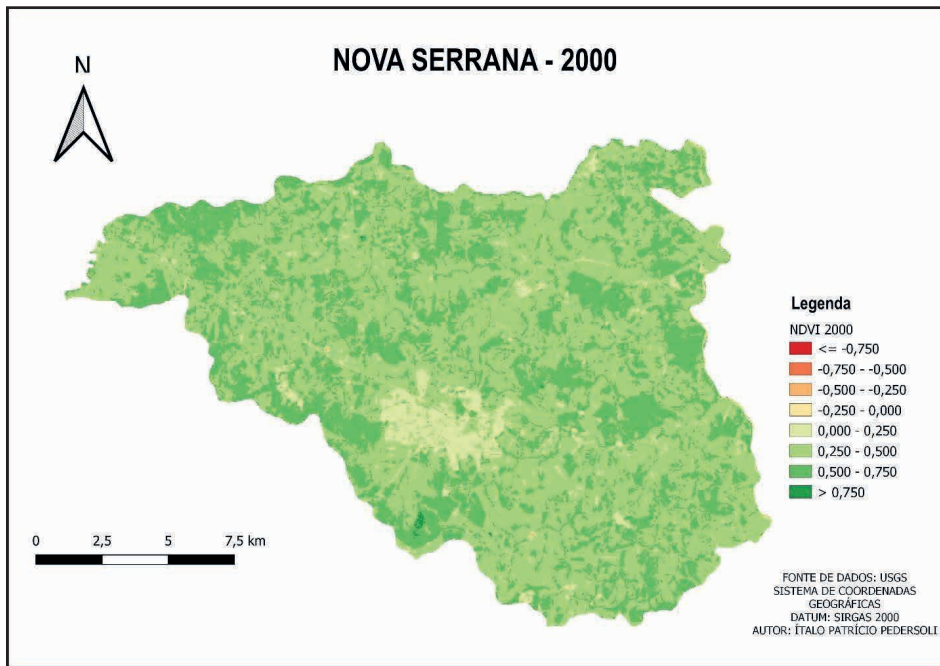
A primeira análise foi feita no ano de 1989, no qual foram observadas imagens do dia 4 (quatro) de junho daquele ano. Na imagem 5-1, apresenta o resultado obtido por meio do cálculo do NDVI.



**Figura 1.4** Cálculo NDVI de 4 de junho de 1989

**Fonte:** Adaptado do USGS

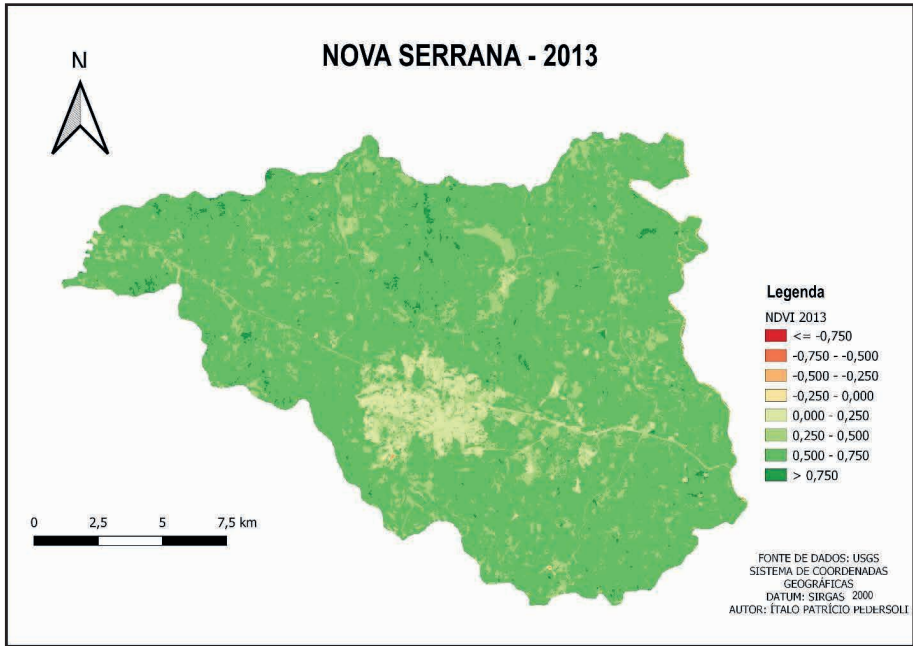
Pelo fato de o município ter sido emancipado em 1954, é possível perceber que, após 35 anos, houve um crescimento da população significativo em duas áreas do território, conforme pode ser visto no mapa, sendo evidenciado pelo fato de apresentarem áreas com baixa refletância da vegetação, valores entre -0,25 e 0,25. Além disso, todo o restante da área do município, aparentemente, permaneceu intocada por apresentarem índices de refletância da vegetação acima de 0,5. Já para o próximo ano, analisando as imagens do dia 18 (dezoito) de junho de 2000, podemos perceber que em 11 anos a cidade unificou a sua área de crescimento e houve um crescimento significativo se comparando com o ano de 1989, conforme mostra imagem 1-5.



**Figura 1-5:** Cálculo NDVI de 18 junho de 2000

**Fonte:** Adaptado do USGS

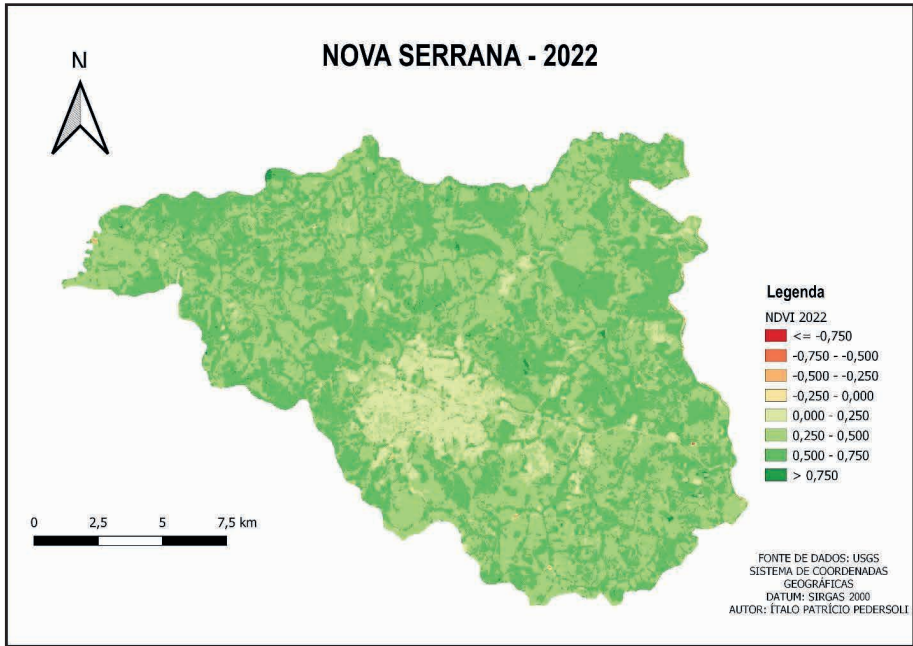
Analisando o restante da área do município, é possível perceber que as áreas verdes permaneceram inalteradas, comparando com a imagem anterior, além de ser capaz de conseguir identificar a construção da BR 262 que liga o município até a capital mineira. O próximo ano foi analisado com um intervalo de 13 anos de diferença, sendo imagens do dia 13 (treze) de junho de 2013. Para que a análise entre as imagens seja a mais fiel, todas receberam os mesmos valores para os seus índices de refletância. Entretanto, para a imagem 1-6 é possível perceber que, aparentemente, a vegetação de todo o município teve um aumento na sua densidade, pois os valores de refletância passaram de 0,5 para valores acima de 0,75. Além disso, a cada ano que passa, a população do município cresce e, conseqüentemente, a mancha urbana também cresce. É também possível ver com maior nitidez a BR 262 que atravessa todo o município. 1-6 é possível perceber que, aparentemente, a vegetação de todo o município teve um aumento na sua densidade, pois os valores de refletância passaram de 0,5 para valores acima de 0,75. Além disso, a cada ano que passa, a população do município cresce e, conseqüentemente, a mancha urbana também cresce. É também possível ver com maior nitidez a BR 262 que atravessa todo o município.



**Figura 1-6:** Cálculo NDVI de 13 junho de 2013

**Fonte:** Adaptado do USGS

As últimas imagens analisadas foram do dia 14 (quatorze) de junho de 2022. Nessa imagem é possível ver a realidade mais próxima do município na atualidade, tendo uma mancha urbana de área ainda mais representativa, possuindo maior densidade, tudo isso devido o crescimento populacional na região e, também, pelo fato de melhorar as vias de acesso com os municípios vizinhos.



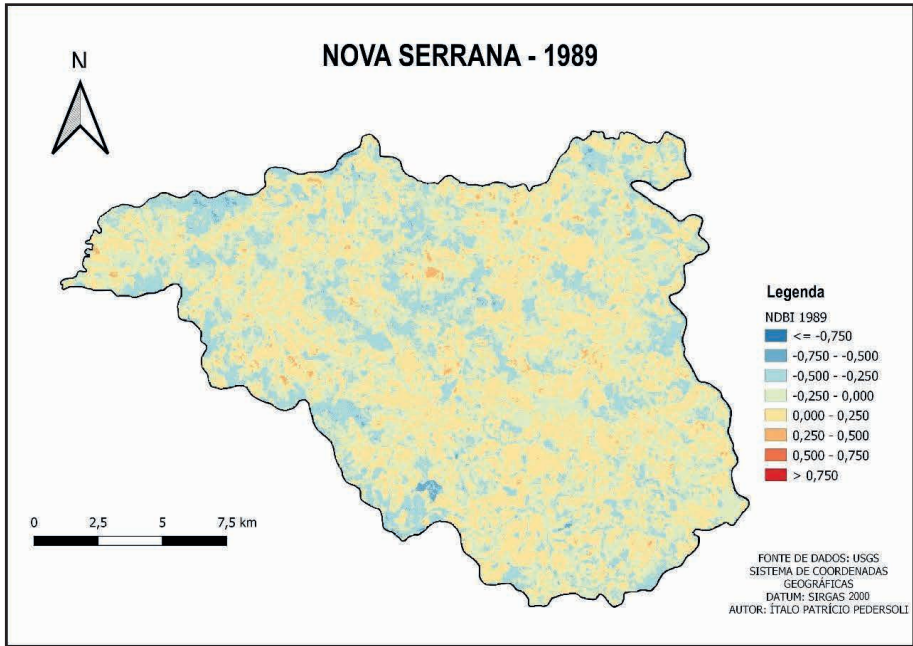
**Figura 1-7** : Cálculo NDVI de 14 junho de 2022

**Fonte:** Adaptado do USGS

### 3.2 Imagens NDBI

Para evidenciar ainda mais as áreas construídas, foi usada as mesmas imagens do NDVI para o cálculo do NDBI, o qual consistem em pegar as bandas do infravermelho próximo e o infravermelho médio, resultando em imagens com valores positivos nas áreas construídas e valores negativos para as áreas de vegetação. Para o ano de 1989, o cálculo do NDBI não trouxe resultados interessantes, uma vez que não foi possível identificar as áreas construídas no mapa, conforme observado na imagem 1-8, a qual apresentava dois polos urbanos. O fato de não mostrar a concentração da malha urbana, conforme imagens a seguir, não auxilia no entendimento do crescimento populacional do município de Nova Serrana.

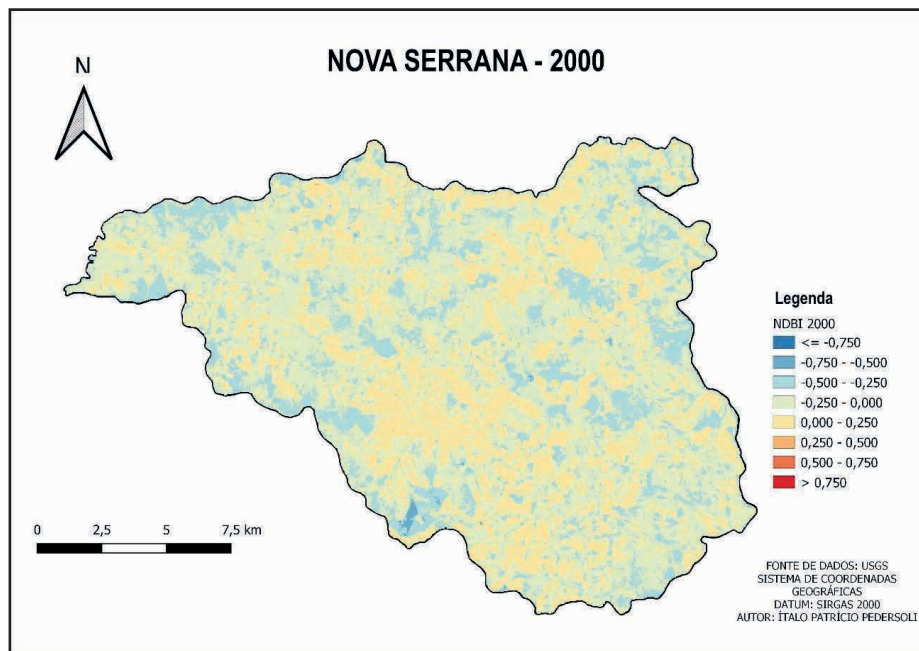




**Figura 1-8:** Cálculo NDBI de 4 de junho de 1989

**Fonte:** Adaptado do USGS

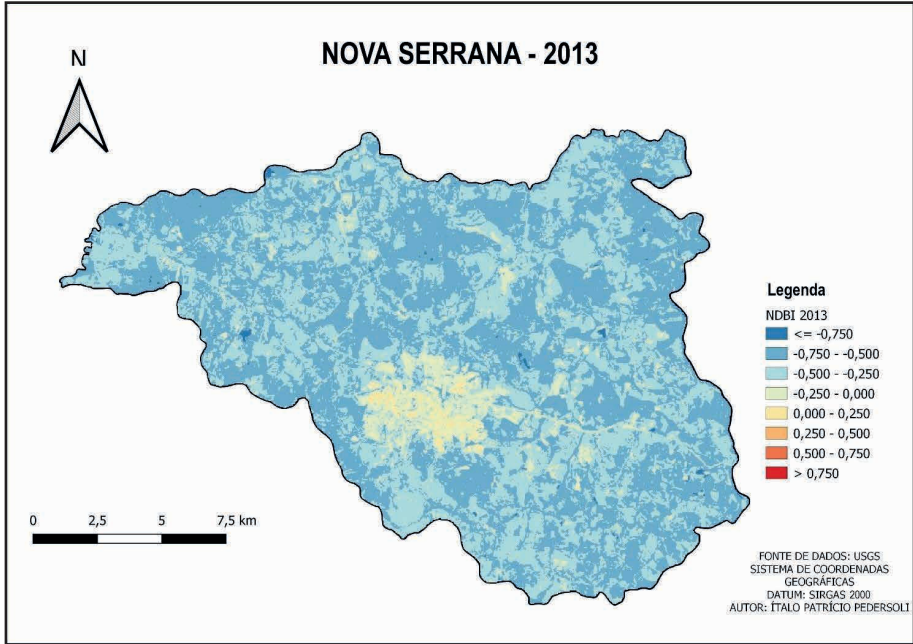
Semelhante a imagem anterior, do ano de 2000, também não houve concentração significativa que ajudasse a evidenciar as áreas construídas no município. Foi possível identificar apenas valores neutros, entre 0 e 0,25, o que não diz muito sobre o município.



**Figura 1-9:** Cálculo NDBI de 18 junho de 2000

**Fonte:** Adaptado do USGS

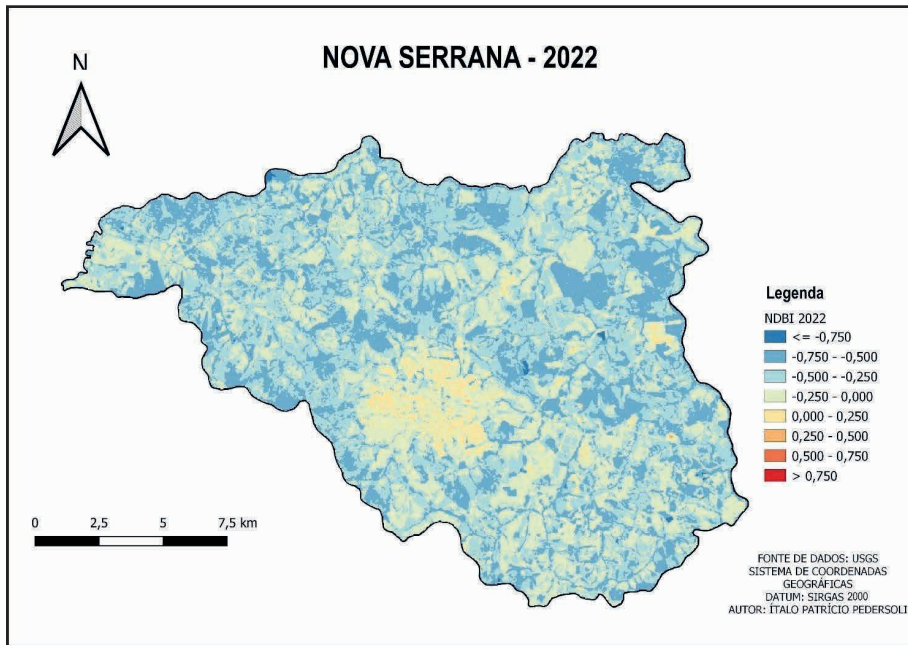
No ano de 2013, diferente dos dois mapas anteriores, apresentou uma concentração bem significativa, desse modo, evidenciando as áreas construídas. Conforme imagem 2.1, é possível observar que os valores nas áreas construídas apresentam dados positivos no intervalo de 0,25 a 0,5. Além disso no restante do município de Nova Serrana, observam-se valores menores que -0,5, evidenciando as áreas verdes, conforme já observado no NDVI do mesmo ano.



**Figura 2.1:** Cálculo NDBI de 13 junho de 2013

**Fonte:** Adaptado do USGS

No último mapa gerado, do ano de 2022, também é possível perceber o destaque há no local onde existe a área urbana, evidenciando ainda mais devido ao crescimento da população.

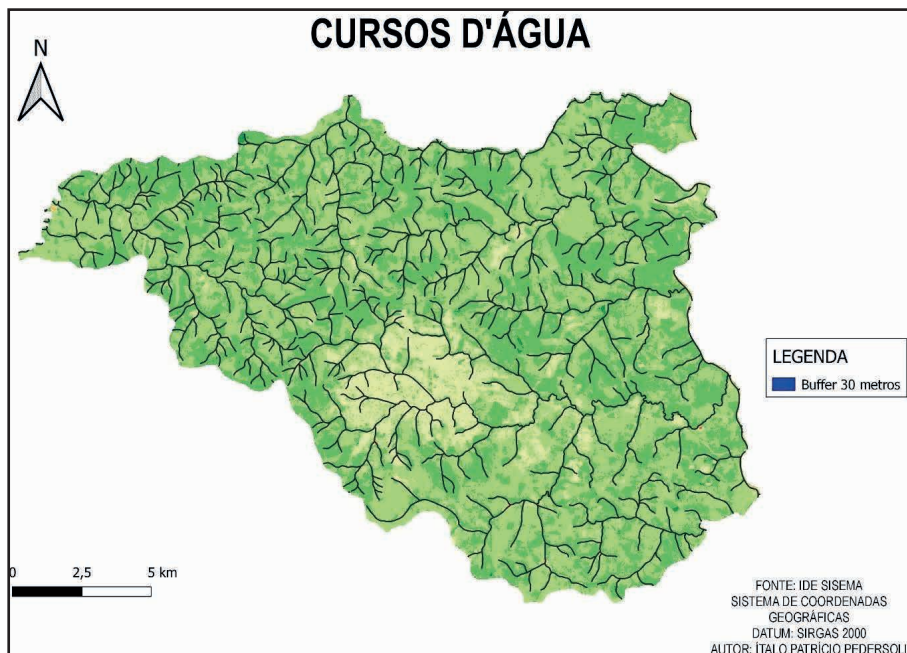


**Figura 2-2:** Cálculo NDBI de 14 junho de 2022

**Fonte:** Adaptado do USGS

### 3.3 Buffer dos rios de Nova Serrana

No município de Nova Serrana existem vários cursos d'água de pequeno porte, segundo camada de dados geospaciais do IDE SISEMA. Pelo fato de esses cursos d'água apresentarem na sua grande maioria larguras menores que 10 metros, as APP desses rios devem ser de, no mínimo, 30 metros em cada uma das margens, conforme apresenta a Lei n 12.651 de 25 de maio de 2012. Para exemplificar de forma mais clara, na figura foi gerado a partir do auxílio do software QGIS, um Buffer de 30 metros ao entorno dos cursos d'água de todo o município, a fim de analisar se essas áreas estão sendo respeitadas. A partir do buffer gerado, é possível perceber que há cursos d'água que passam no centro da malha urbana, os quais não possuem as suas APPs.

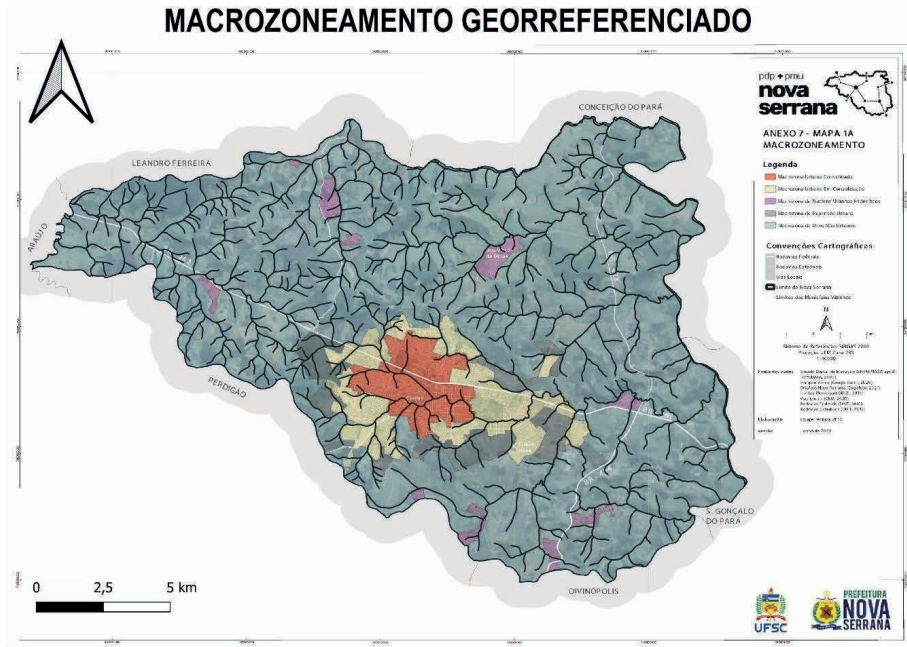


**Figura 2-3:** Buffer de 30 metros

**Fonte:** Adaptado do IDE SISEMA

### 3.4 Macrozoneamento

Para auxiliar na visualização dos cursos d'água da cidade de Nova Serrana no mapa 1<sup>a</sup> Macrozoneamento, foi feito o seu georreferenciamento e, após isso, feito a análise dos rios com buffer de 30 metros de APP, conforme imagem abaixo. A partir desse mapa, é possível identificar em quais regiões há áreas construídas em relação aos locais que deveriam ser preservados para que ocorresse a manutenção do corpo hídrico local.



**Figura 5-10:** Mapa do Macrozoneamento

**Fonte:** Adaptado do IDE SISEMA e Nova Serrana.

Conforme informado nos mapas anteriores, a região onde está concentrada a malha urbana do município Nova Serrana, é o local que não há indicativos de preservação das APPs dos cursos d'água que cruzam a cidade. Isso ocorre devido os baixos valores de NDVI encontrados, indicando a ausência de vegetação e os altos valores de NDBI, indicando o avanço as construções no município.

## 4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho ficou claro como é fundamental o uso de ferramentas de geoprocessamento para a análise de crescimento urbano, não apenas para o município de Nova Serrana, mas para qualquer outro. Além disso, as imagens de satélites possuem um papel fundamental, pois só por meio delas foi possível identificar a real situação das áreas urbanas da cidade. Pensando no Lei Complementar 036/2022 – Plano Diretor do município de Nova Serrana, os resultados dos mapas mostram que o crescimento da cidade está de acordo com o planejamento do município, pois as construções estão expandindo para os locais onde está delimitada a área delimitadas como Macrozonas de Expansão Urbana, conforme anexo 1.

As imagens geradas por meio dos cálculos de NDVI e NDBI, mostram que a população cresceu de forma bastante considerável durante o período amostrado, o qual se trata de 33 anos, além de mostrar que o planejamento do município está sendo bem

executado, pois a população está bem concentrada praticamente apenas na região centro sul da cidade. Entretanto, é possível perceber que há áreas chamadas de Macrozonas de Núcleos Urbanos Específicos em que pequenos vilarejos estão crescendo sem o devido planejamento, sendo localizados mais a distante do polo principal. Desse modo, nesse caso, sendo ponto de atenção, pois por estarem em regiões mais afastadas, necessitam que o poder público leve infraestrutura para atender a população e ocorra a necessidade de intervir em áreas de vegetação e em cursos d'água.

Por fim, analisando a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, em relação as áreas de APP cidade, podemos perceber que, por meio do buffer de 30 metros, na sua grande maioria, as áreas de preservação estão preservadas, exceto na área central do município e na Macrozona de Núcleos Urbanos Específicos, em que nos dois casos essas áreas de proteção foram tomadas por construções. Desse modo, sendo necessário continuar executando o planejamento urbano do município para que essas regiões continuem sendo preservadas.

## REFERÊNCIAS

ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. **Índice de desenvolvimento humano**. 2022. Disponível em: < <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/indice-de-desenvolvimento-humano-idh-e-idhm#:~:text=Conforme%20o%20relat%C3%B3rio%20de%20Desenvolvimento,86%C2%A A%2C%20com%20%C3%ADndice%20de%200%2C758.> >. Acesso em: 20/06/2023.

BILAC, R. P. R; DE MEDEIROS ALVES, A. **CRESCIMENTO URBANO NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs): UM ESTUDO DE CASO DO LEITO DO RIO APODI/ MOSSORÓ NA ZONA URBANA DE PAU DOS FERROS-RN**. Revista Geotemas, v. 4, n. 2, p. 79-85, 2014. Disponível em < <http://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/677/589> >. Acesso em: 21/09/2022.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Dispõe sobre o novo Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm) >. Acesso em: 19/09/2022.

BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC**. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm) >. Acesso em: 02/11/2022.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/10257.htm) >. Acesso em: 02/11/2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE RESERVAS PARTICULARES DP PATROMÔNIO NATURAL (CNRPPN). **Confederação Nacional de RPPN's**. [2022?]. Disponível em: <<https://www.rppn.org.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O Cerrado**. 2012. Disponível em < <https://www.cpac.embrapa.br/unidade/ocerrado/#:~:text=O%20clima%20dominante%20na%20regi%C3%A3o,de%201500%20%C2%B1%20500%20mm> >. Acesso em: 31/10/2022.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Entenda a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012.** 2022?. Disponível em <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal>>. Acesso em: 02/11/2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022.** 2022a. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>>. Acesso em: 26/04/2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados.** 2022b. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>>. Acesso em: 13/09/2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomás Brasileiros.** 2022c. Disponível em <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomass-brasileiros.html>>. Acesso em: 31/10/2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil em **Síntese.** 2004d. Disponível em <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>>. Acesso em: 31/10/2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil em **sensoriamento remoto.** 2023e. Disponível em <<https://atlascolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/sensoriamento-remoto.html#:~:text=O%20sensoriamento%20remoto%20%C3%A9%20a,contato%20f%C3%ADsico%20com%20o%20mesmo>>. Acesso em: 21/04/2023.

INPE- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **LANDSAT.** 2023?. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>>. Acesso em: 21/04/2023.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **LANDSAT 5.** 2023?. Disponível em <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-5/>>. Acesso em: 22/04/2023.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **LANDSAT 8.** 2023?. Disponível em <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>>. Acesso em: 22/04/2023.

NOVA SERRANA. Lei complementar 036 de 08 de jul. 2022. **Plano Diretor do município de Nova Serrana.** Disponível em <<https://www.novaserrana.mg.gov.br/plano-diretor---nova-serrana->> Acesso em: 05/09/2022.

ROCHA, A. C. T; BARBOSA, S. A. A. R; RODRIGUES, J. **Uso de SIG para confecção de um mapa de uso e ocupação do solo do município de Bambuí-MG.** Minas Gerais, 2016. Disponível em <<https://www.bambui.ifmg.edu.br/evento/images/SEP/2016/Resumo%2014.pdf>>. Acesso em: 15/09/2022.

SANTOS, P. S; SANTOS, M. E. G; SANTOS, R. **Uso e ocupação do solo: Reflexão sobre o impacto ambiental.** 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.36725/agries.v7i1.5208>>. Acesso em: 12/09/2022.

SINDINOVA. SINDINOVA - Sindicato Intermunicipal de Calçados de Nova Serrana. 2022?. Disponível em <<https://www.sindinova.com.br/novo/nova-serrana/>>. Acesso em: 19/09/2022.

SILVA, P. J. **USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO: UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁREAS DE DUNAS NO BAIRRO DE FELIPE CAMARÃO/NATAL-RN.** 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.15628/holos.2015.2350>>. Acesso em 12/09/2022.



USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Satellite images**. 2022. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 15/09/2022.

ZHA; GAO; NI, 2003. **Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery**. Disponível em< <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160304987>>. Acesso em: 22/04/2023.

ROCHA, A. C. T; BARBOSA, S. A. A. R; RODRIGUES, J. **Uso de SIG para confecção de um mapa de uso e ocupação do solo do município de Bambuí-MG**. Minas Gerais, 2016. Disponível em < <https://www.bambui.ifmg.edu.br/evento/images/SEP/2016/Resumo%2014.pdf> >. Acesso em: 15/09/2022.

SANTOS, P. S; SANTOS, M. E. G; SANTOS, R. **Uso e ocupação do solo: Reflexão sobre o impacto ambiental. 2021**. Disponível em <<https://doi.org/10.36725/agries.v7i1.5208>>. Acesso em: 12/09/2022.

SINDINOVA. SINDINOVA - Sindicato Intermunicipal de Calçados de Nova Serrana. 2022? Disponível em <<https://www.sindinova.com.br/novo/nova-serrana/>>. Acesso em: 19/09/2022.

SILVA, P. J. **USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO: UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁREAS DE DUNAS NO BAIRRO DE FELIPE CAMARÃO/NATAL-RN. 2015**. Disponível em < <https://doi.org/10.15628/holos.2015.2350>>. Acesso em 12/09/2022.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Satellite images**. 2022. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 15/09/2022.

ZHA; GAO; NI, 2003. **Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery**. Disponível em< <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160304987>>. Acesso em: 22/04/2023.

**ARIADNA FARIA VIEIRA** - Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestra em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atualmente é docente do curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Estadual do Piauí (UESPI). Possui experiência em Genética e Melhoramento de plantas e atua no desenvolvimento de pesquisas na área de melhoramento e fitotecnia.

**LEONARDO FRANÇA DA SILVA** - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Atualmente, é pesquisador de Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente) pela Universidade Federal de Viçosa e membro colaborador do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV. Além de ser aluno de pós graduação lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenharia de Produção. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenvolvimento rural, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia.

**VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA** - Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, especialista em Análise de Dados, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é pesquisador de doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual Paulista (UNESP), atuando na integração de novas tecnologias da informação no campo. Possui experiência internacional no desenvolvimento de projetos científicos e atua diretamente no desenvolvimento de pesquisas na área de Construções Rurais e Ambiente e Uso de Inteligência Artificial na Agricultura.

**B**

Bienestar social 9, 10, 11, 17

Bioremediation 44, 45, 52, 53

**C**

Campamento Minero La Rinconada 1

**H**

Hydrocarbon oxidation 44

**I**

Intelligent use of water 44

**L**

Localización 9, 10, 11, 12, 13, 17, 20, 21, 22, 23

**M**

Medio ambiente 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 52

Minería informal 1

**P**

Políticas ambientales 10, 25, 27, 28, 32, 36, 37, 38, 40

Preservación 25, 28, 32, 36, 37, 41, 42

**R**

Residuos sólidos 1, 5, 33, 38, 40

**S**

Sustentabilidad 25, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 42, 43

**T**

Tecnologías de abatimiento 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23

**W**

Water 1, 2, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

# MEDIO AMBIENTE,

## SALUD Y DESARROLLO SOSTENIBLE

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)


 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# MEDIO AMBIENTE,

## SALUD Y DESARROLLO SOSTENIBLE

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)