

# EXPLORANDO LAS CIENCIAS EXACTAS

TEORÍA Y APLICACIONES  
EN EL MUNDO DE LOS  
NÚMEROS 3

Fabrício Moraes de Almeida  
(Organizador)

# EXPLORANDO LAS CIENCIAS EXACTAS

TEORÍA Y APLICACIONES  
EN EL MUNDO DE LOS  
NÚMEROS 3

Fabrício Moraes de Almeida  
(Organizador)

**Editora jefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora ejecutiva**

Natalia Oliveira

**Asistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecario**

Janaina Ramos

**Proyecto gráfico**

Camila Alves de Cremona

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imágenes de portada**

iStock

**Edición de arte**

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Derechos de autor © Atena Editora

Derechos de autor del texto © 2024

Los autores

Derechos de autor de la edición ©

2024 Atena Editora

Derechos de esta edición concedidos a Atena Editora por los autores.

Publicación de acceso abierto por Atena Editora



Todo el contenido de este libro tiene una licencia de Creative Commons Attribution License. Reconocimiento-No Comercial-No Derivados 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

El contenido de los artículos y sus datos en su forma, corrección y confiabilidad son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no representan necesariamente la posición oficial de Atena Editora. Se permite descargar la obra y compartirla siempre que se den los créditos a los autores, pero sin posibilidad de alterarla de ninguna forma ni utilizarla con fines comerciales.

Todos los manuscritos fueron previamente sometidos a evaluación ciega por pares, miembros del Consejo Editorial de esta editorial, habiendo sido aprobados para su publicación con base en criterios de neutralidad e imparcialidad académica.

Atena Editora se compromete a garantizar la integridad editorial en todas las etapas del proceso de publicación, evitando plagios, datos o entonces, resultados fraudulentos y evitando que los intereses económicos comprometan los estándares éticos de la publicación. Las situaciones de sospecha de mala conducta científica se investigarán con el más alto nivel de rigor académico y ético.

**Consejo Editorial****Ciencias Exactas y de la Tierra e Ingeniería**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Explorando las ciencias exactas: teoría y aplicaciones en el mundo de los números 3

**Diagramación:** Ellen Andressa Kubisty  
**Corrección:** Jeniffer Paula dos Santos  
**Indexación:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisión:** Los autores  
**Organizador:** Fabrício Moraes de Almeida

<b>Datos de catalogación en publicación internacional (CIP)</b>	
E96	<p>Explorando las ciencias exactas: teoría y aplicaciones en el mundo de los números 3 / Organizador Fabrício Moraes de Almeida. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.</p> <p>Formato: PDF Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acceso: World Wide Web Incluye bibliografía ISBN 978-65-258-2862-6 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.626240309">https://doi.org/10.22533/at.ed.626240309</a></p> <p>1. Ciencias exactas. I. Almeida, Fabrício Moraes de (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 509</p>
<b>Preparado por Bibliotecario 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)

## DECLARACIÓN DE LOS AUTORES

Los autores de este trabajo: 1. Certifican que no tienen ningún interés comercial que constituya un conflicto de interés en relación con el artículo científico publicado; 2. Declaran haber participado activamente en la construcción de los respectivos manuscritos, preferentemente en: a) Concepción del estudio, y/o adquisición de datos, y/o análisis e interpretación de datos; b) Elaboración del artículo o revisión para que el material sea intelectualmente relevante; c) Aprobación final del manuscrito para envío; 3. Acreditan que los artículos científicos publicados están completamente libres de datos y/o resultados fraudulentos; 4. Confirmar la cita y la referencia que sean correctas de todos los datos e interpretaciones de datos de otras investigaciones; 5. Reconocen haber informado todas las fuentes de financiamiento recibidas para la realización de la investigación; 6. Autorizar la publicación de la obra, que incluye las fichas del catálogo, ISBN (Número de serie estándar internacional), D.O.I. (Identificador de Objeto Digital) y demás índices, diseño visual y creación de portada, maquetación interior, así como su lanzamiento y difusión según criterio de Atena Editora.

## DECLARACIÓN DEL EDITOR

Atena Editora declara, para todos los efectos legales, que: 1. Esta publicación constituye únicamente una cesión temporal del derecho de autor, derecho de publicación, y no constituye responsabilidad solidaria en la creación de manuscritos publicados, en los términos previstos en la Ley. sobre Derechos de autor (Ley 9610/98), en el artículo 184 del Código Penal y en el art. 927 del Código Civil; 2. Autoriza y estimula a los autores a suscribir contratos con los repositorios institucionales, con el objeto exclusivo de difundir la obra, siempre que cuente con el debido reconocimiento de autoría y edición y sin fines comerciales; 3. Todos los libros electrónicos son de acceso abierto, por lo que no los vende en su sitio web, sitios asociados, plataformas de comercio electrónico o cualquier otro medio virtual o físico, por lo tanto, está exento de transferencias de derechos de autor a los autores; 4. Todos los miembros del consejo editorial son doctores y vinculados a instituciones públicas de educación superior, según recomendación de la CAPES para la obtención del libro Qualis; 5. No transfiere, comercializa ni autoriza el uso de los nombres y correos electrónicos de los autores, así como cualquier otro dato de los mismos, para fines distintos al ámbito de difusión de esta obra.

¡Absolutamente! Destacando precisamente la importancia crucial de las ciencias exactas en nuestro mundo. Ampliando la perspectiva, podríamos conjeturar algunos puntos clave: (1) Motor de la innovación: Las ciencias exactas son el motor que impulsa la creación de nuevas tecnologías y soluciones a los desafíos globales. Desde la medicina hasta la energía, pasando por la comunicación, su influencia es omnipresente; (2) Fomento del pensamiento crítico: El estudio de las ciencias exactas nos enseña a pensar de manera lógica, a analizar datos y a resolver problemas de forma metódica. Estas habilidades son fundamentales en cualquier ámbito de la vida; (3) Base para otras disciplinas: Las ciencias exactas son la base sobre la cual se construyen otras disciplinas, como la ingeniería, la informática y la economía. Su conocimiento es esencial para comprender el mundo que nos rodea; (4) Fomento de la curiosidad: La exploración de los conceptos teóricos de las ciencias exactas despierta nuestra curiosidad y nos invita a cuestionar todo lo que nos rodea.

Por consiguiente, el libro presenta los conceptos teórico-prácticos en los resultados obtenidos por los distintos autores y coautores en la producción de cada capítulo. Ergo, Atena Editora ofrece divulgación científica con calidad y excelencia, esenciales para asegurar protagonismo entre las mejores editoriales de Brasil y América Latina.


Fabrizio Moraes de Almeida

Profesor/Investigador del programa de Postgrado Doctorado/Maestría en  
Desarrollo Regional y Medio Ambiente (PGDRA/UFRO) - Brasil




**CAPÍTULO 1 ..... 1****MAPEO DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS (NO<sub>3</sub>-) EN AGUAS SUBTERRÁNEAS URBANAS DE LA AMAZONÍA**

Carlos Alberto Paraguassú-Chaves  
 Charlles da Silva Barata  
 Leonardo Severo da Luz Neto  
 Antonio Carlos Duarte Ricciotti  
 Dalza Gomes da Silva  
 Fabrício Moraes de Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403091>


**CAPÍTULO 2 ..... 16****EVALUACIÓN DE LA FALLA RENAL PROVOCADA POR DIABETES EN PACIENTES DEL MUNICIPIO DE HOPELCHÉN, CAMPECHE**

Baldemar Aké-Canché  
 Betty Sarabia-Alcocer  
 Tomás Joel López-Gutiérrez  
 Román Pérez-Balan  
 Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara  
 Josefina Graciela Ancona León

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403092>


**CAPÍTULO 3 .....23****FACTORES DE RIESGO EN LA INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA PRESENTADOS POR PACIENTES DE HEMODIÁLISIS**

Betty Sarabia-Alcocer  
 Pedro Gerbacio Canul Rodríguez.  
 Tomás Joel López-Gutiérrez  
 Ildelfonso Velázquez-Sarabia  
 Baldemar Aké-Canché  
 Román Pérez-Balan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403093>

**CAPÍTULO 4 .....29****CONDICIONES DE CULTIVO EN LA BIOSÍNTESIS DE LIPOPÉPTIDOS POR UNA BACTERIA MARINA**

Tomás López Gutiérrez  
 Baldemar Aké Canché  
 Betty Sarabia Alcocer  
 Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara  
 Román Pérez Balan  
 Josefina Graciela Ancona León

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403094>

**CAPÍTULO 5 .....37****POR TRÁS DA QUÍMICA DOS CONSERVANTES: UTILIZAÇÃO DE CONSERVANTES QUÍMICOS PARA AUMENTAR SHELF-LIFE DE PRODUTOS**

**PANIFICÁVEIS**

Marcella Freitas Santos  
Elizabeth Teixeira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403095>


**CAPÍTULO 6 .....50****AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO COM PURIFICAÇÃO EM BAIXA TEMPERATURA EM AGROTÓXICOS**

Gleysson de P. Terra  
Lara R. Mapelli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403096>

**CAPÍTULO 7 .....54****PREPARACIÓN DE PROBETAS DE ACERO SAE 1040 POR ELECTROPULIDO PARA POSTERIOR ANÁLISIS METALOGRAFICO**

Luisa José Tapia  
Guadalupe Escartin Gonzalez  
Jose Luis Morales Gaspar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403097>


**CAPÍTULO 8 .....65****DESPACHO APLICADO EM SISTEMAS HIDROTÉRMICOS ATRAVÉS DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA UTILIZANDO SOFTWARE GAMS**

Mariane Gimenes Albertini  
Carlos Roberto Mendonça da Rocha  
Valmei Abreu Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403098>


**CAPÍTULO 9 .....79****NO NUMERABILIDAD: LA DIAGONAL Y EL TEOREMA DE CANTOR**

Yolanda Silvia Santiago Ayala

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6262403099>

**CAPÍTULO 10.....98****GENERAR AMBIENTES DE APRENDIZAJE EN LOS ALUMNOS DE CUARTO SEMESTRE EN LA ESCUELA PREPARATORIA No.18**

Rocio Tobias Castillo  
Irma Elizabeth del Rosario Naranjo Núñez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.62624030910>

**SOBRE EL ORGANIZADOR .....118****ÍNDICE REMISIVO .....119**

## MAPEO DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) EN AGUAS SUBTERRÁNEAS URBANAS DE LA AMAZONÍA

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

### **Carlos Alberto Paraguassú-Chaves**

Doctor en Ciencias de la Salud - Universidad de Brasilia - UnB, Brasil; Doctor en Ciencias por la Universidad de La Habana (Cuba); Posdoctorado en Ciencias de la Salud - UnB y Universidad Degli Studi D'Aquila - IT. Profesor Titular en el Instituto Universitario de Río de Janeiro - IURJ, Brasil

### **Charles da Silva Barata**

Maestría en Geografía – Universidad Federal de Rondônia. Investigadora del Instituto Superior de Ciencias de la Salud y del Medio Ambiente de la Amazonía – AICSA

### **Leonardo Severo da Luz Neto**

Doctor en Educación con Postdoctorado en Psicología Pastoral, Profesor de la Universidad Federal de Rondônia, Brasil

### **Antonio Carlos Duarte Ricciotti**

Doctorado en Ingeniería Eléctrica (UFSM). Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica– Profesor de la Universidad Federal de Rondônia, Brasil

### **Dalza Gomes da Silva**

Profesor e investigador con doctorado en fitopatología por la Fundación Universidad Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, Departamento de Agronomía. Brasil

### **Fabrício Moraes de Almeida**

Doctor en Física (UFC), con posdoctorado en Desarrollo Científico Regional (DCR/ CNPq). Investigadora del Programa de Doctorado y Maestría en Desarrollo Regional y Medio Ambiente (PGDRA/ UNIR). Líder de la línea 2 - Desarrollo Tecnológico y Sistémico, e Investigador de GEITEC – Universidad Federal de Rondônia, Brasil

**RESUMEN:** La investigación tuvo como objetivo mapear y analizar la contaminación por nitratos en aguas subterráneas urbanas de 3 (tres) ciudades ubicadas en la Amazonía Occidental, en la región fronteriza entre Brasil y la República de Bolivia. La evaluación de la superficie freática se realizó en agua de pozos o pozos amazónicos con una profundidad promedio de 10 metros. Método: Se recolectaron 80, 40 y 120 muestras de agua, respectivamente y proporcionales al área urbana y a la población, definidas y evaluadas para la existencia de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en proporción por encima o por debajo de los valores definidos por la Ordenanza del Ministerio de Salud n.º 2.914/2011, que rige las normas de normalización y potabilidad del agua en

Brasil. Las muestras de agua se recolectaron de acuerdo con los Métodos Estándar para el Examen de Agua y Aguas Residuales junto con la metodología propuesta en la Guía para la Recolección y Conservación de Muestras de Agua de la Empresa de Tecnología de Saneamiento Ambiental – CETESB. Las ubicaciones fueron georreferenciadas utilizando el Sistema Global de Posicionamiento (GPS). Para medir el nitrato se utilizó el método de espectrofotometría, utilizando un espectrofotómetro Micronal B495. Los reactivos químicos utilizados fueron fabricados por Alfatecnoquímica y se pusieron a disposición en dos viales llamados reactivos 1 y 2 (reactivo de nitrato). Resultados: El setenta y tres por ciento (73%) de las muestras presentaron niveles de nitrato superiores a 10 mg/L, lo que hace que el agua no sea apta para el consumo humano. Conclusiones: Este estudio indicó que la fuente de contaminación se origina a partir del resultado de actividades antropogénicas, evidenciadas por la ineficiencia del sistema de alcantarillado sanitario, uno de los ejes del saneamiento básico en el que, específicamente, se aborda la recolección, tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales sanitarias y otras prácticas de higiene sanitaria. Es necesario insertar con urgencia políticas públicas en el sector de saneamiento básico en las ciudades amazónicas.

**PALABRAS CLAVE:** Mapeo. Pozos poco profundos. Contaminación. Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Kriging indicativo.

## INTRODUCCIÓN

Brasil es considerado un país donde los recursos hídricos son abundantes. Aproximadamente el 12% del agua dulce del planeta se concentra en el territorio brasileño, más concretamente en la región norte de Brasil, donde reside alrededor del 7% de su población. Es la región con menor densidad demográfica del país, 0,4 habitantes/km<sup>2</sup>, datos que la convertirían en una región con excelentes indicadores de calidad de vida para sus habitantes en cuanto a recursos hídricos, sin embargo, factores como la baja oferta en la prestación de servicios de saneamiento básico, la ubican en el ranking de la peor región brasileña en este indicador.

Como lo mencionan varios autores, en zonas urbanas y centros rurales, la calidad del agua es cuestionable [1]; [2]; [3]; [4]. El consumo de agua en la región norte de Brasil ocurre sin mayores preocupaciones y este hecho evidencia tanto la falta de efectividad en el tratamiento del agua por parte de las autoridades públicas como la desinformación de la población que la consume sin más cuestionamientos. En la Amazonía occidental, el agua subterránea representa un recurso importante en el suministro humano. De acuerdo con Campos [5], el agua subterránea, al ser una alternativa de bajo costo, es accesible para todos, especialmente para la población de bajos ingresos, tanto en la complementación diaria como en la reposición total del agua suministrada por servicios públicos y privados.

La Ordenanza N° 2.914 del Ministerio de Salud de Brasil establece que el agua para consumo humano es el agua potable destinada a la ingestión, preparación de alimentos e higiene personal, independientemente de su origen, y el agua tratada es el agua sometida a

procesos físicos, químicos o una combinación de estos procesos, con el propósito de cumplir con el estándar de potabilidad [6]. El estándar de potabilidad se define como el conjunto de valores permitidos como parámetro para la calidad del agua destinada al consumo humano. El Sistema Legislativo Sanitario se refiere a las características físicas, organolépticas y químicas del agua; sus valores máximos admisibles (VPM) y las características de calidad microbiológica y radiactiva. Además de esta relación, los tiempos mínimos de contacto que deben observarse para la desinfección por cloración, en función de la temperatura y el pH del agua; y el número mínimo de muestras y la frecuencia para el control de la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento, para diversos fines [7].

De acuerdo con la Ordenanza n.º 2.914/2011 del Ministerio de Salud de Brasil [6] y la Organización Mundial de la Salud, que establece los procedimientos de control y vigilancia de la calidad del agua de consumo humano y su estándar de potabilidad, la concentración de Nitrógeno (N) en forma de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es superior a 10 mg/L, no es apto para el consumo humano. La legislación brasileña es categórica: “el agua que contiene concentraciones superiores a 10 mg/L de nitrógeno (N) en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) no es apta para el consumo humano”. Las concentraciones superiores a 3 mg/L de nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) son indicativas de contaminación debida a actividades antropogénicas, así como indicadores de contaminación bacteriana y de fertilizantes. Una alerta de seguridad para la salud de las personas que se ven sometidas a una situación de este tipo.

Según Campos y Rohlfs [8], el nitrito y el nitrato se encuentran de forma natural en el agua y el suelo en bajas concentraciones. La deposición de material orgánico en el suelo aumenta drásticamente la cantidad de nitrógeno. Este nitrógeno se transforma bioquímicamente y finalmente se transforma en nitrato, que tiene una gran movilidad en el suelo, llegando a la fuente subterránea y depositándose allí. Melo Junior et al [9] señalan que la contaminación de las aguas subterráneas urbanas por nitratos es el resultado de la ineficiencia de los servicios básicos de saneamiento y la falta de alcantarillado sanitario en el área urbana. La ineficiencia de estos servicios obliga a la población local a construir fosas negras y sépticas para la deposición de efluentes en las cercanías de sus tierras, lo que en la práctica, este proceso se traduce en la contaminación de las aguas subterráneas.

Según Barbosa [10], el nitrato se encuentra de forma natural en las aguas subterráneas, pero su presencia en altas concentraciones es el resultado de las actividades humanas, principalmente el uso de sistemas de saneamiento in situ, las sustancias nitrogenadas de los residuos orgánicos se oxidan por reacciones químicas y biológicas y el resultado es la presencia de nitrato en el suelo. El nitrato es extremadamente soluble en agua y puede moverse fácilmente y contaminar el acuífero a largas distancias, debido a su persistencia y movilidad. Se observa el poder contaminante presente en este agente químico, una vez presente en el suelo o directamente en el agua, es muy fácil contaminar las aguas subterráneas. Para este autor, el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es un ion incoloro, neutro, fuerte, oxidante y soluble en agua, correspondiente a la relación de estabilización biológica final de la materia orgánica nitrogenada.

Para Foster; Ventura; Hirata [11] el nitrato es el contaminante más común que se encuentra en las aguas subterráneas y su concentración rara vez supera los 5 mg/L en el agua no contaminada, y las concentraciones superiores a 10 mg/L representan una fuerte indicación de contaminación en el agua. Además del uso de fertilizantes agrícolas y ganaderos, los sistemas de saneamiento in situ, ya sea mediante fosas sépticas o tanques rudimentarios, constituyen otra fuente importante de nitratos en las aguas subterráneas. Debido a la peligrosidad de este agente químico, la falta de planificación en la construcción de cada sistema de saneamiento individual (pozo x pozo negro) permite el contacto de los efluentes del pozo negro con el agua del pozo. Las fuentes de agua potable que contienen altas concentraciones de nitrato representan un gran riesgo para la salud pública y animal [12]. El agua utilizada para el abastecimiento, contaminada con nitratos, ha causado problemas, tanto para los animales como para los seres humanos. Los niños menores de tres meses son más sensibles que los adultos, ya que consumen más agua, en comparación con su peso corporal; y porque el pH de su estómago es favorable para el desarrollo de bacterias que reducen el nitrato a nitrito, lo que normalmente no ocurre en los adultos.

En varios estudios de Paraguassú-Chaves et al [13]; [14] ya han señalado una alerta de seguridad para la salud de las personas que se ven sometidas a tal situación en la gran mayoría de las ciudades de la Amazonía, dotadas de servicios de saneamiento y alcantarillado precarios o prácticamente inexistentes. Que el universo de la población de estas ciudades consume agua con concentraciones superiores a 3 mg/L de nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), lo que en sí mismo ya es indicativo de contaminación por actividades antropogénicas, también indicadores de contaminación bacteriana y de fertilizantes.

Lima [15] ya había considerado que, si hay presencia de nitrato en las aguas, incluso en bajas concentraciones, además de indicar que la contaminación es antigua en el ambiente, revela la presencia de materia orgánica asociada a bacterias, virus y parásitos, viva o en alguna de las etapas de descomposición. Estos agentes son la causa de varias enfermedades, especialmente la diarrea aguda y, en forma de nitrato, son un indicador cancerígeno. Se señalan como principales condicionantes como fuentes de contaminación la acción antrópica y multipuntual del sistema de saneamiento in situ, como las fosas sépticas y las fosas negras, la exposición y precariedad de los pozos, la exposición de residuos sólidos, y el vertido de aguas residuales de todo tipo. Así, la contaminación por nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) se produce en zonas urbanas de la región amazónica y en la frontera con Bolivia [16]. Aunado a todas estas condiciones, las inundaciones de los abundantes cursos de agua de la región son decisivas para agravar la contaminación de las aguas subterráneas. La población está consumiendo agua con un alto grado de contaminación por nitratos. Se le alerta sobre un problema de salud pública [17].

Paraguassu-Chaves et al [13] destacan varios problemas de salud asociados a niveles atípicos de nitratos y nitritos, que pueden promover enfermedades como la cianosis infantil y, posiblemente, diferentes tipos de cáncer. La deficiencia en el saneamiento básico

puede acarrear problemas de salud pública, ya que la contaminación del agua puede generar enfermedades como: disentería basilar, dengue, fiebre amarilla, leptospirosis, hepatitis A, entre otras. La falta de saneamiento básico en el municipio se agrava aún más debido a que la gran mayoría de los hogares del municipio se abastecen de pozos o manantiales sin la debida preocupación ambiental. Por lo tanto, la cultura local de utilizar básicamente pozos abiertos en sus propiedades para el consumo humano es algo extremadamente peligroso que requiere estudios más profundos como la evaluación de los impactos socioambientales resultantes de esta práctica en la salud humana [17].

Otra implicación derivada de la falta de saneamiento se refiere a los daños ambientales, como inundaciones, sedimentación de los cursos de agua (por la deforestación y la ocupación de las riberas), desaparición de áreas verdes, colapso de taludes, compromiso de cursos de agua que se convierten en vertederos de basura y canales de alcantarillado [17]. Para Alaburda y Nishihara [18], prácticamente todas las actividades humanas presentan algún riesgo de contaminación ambiental y a menudo se convierten en fuentes de contaminación de las aguas subterráneas. Entre las sustancias que pueden constituir un riesgo para la salud humana, se incluyen los compuestos nitrogenados en sus diferentes estados de oxidación: nitrógeno amoniacal y albuminoide, nitrito y nitrato.

El uso de aguas subterráneas en Brasil ha aumentado como resultado de la concentración demográfica y la expansión económica, debido a sus ventajas cualitativas y cuantitativas sobre las aguas superficiales. La lógica de esta demanda influyó directamente en su calidad y, consecuentemente, en la salud de las poblaciones, ya que estos manantiales se encuentran degradados, según estudios realizados por Hirata y Cagnon [19]. La ineficacia de estos servicios obliga a la población local a construir tanques negros y sépticos para la disposición de efluentes en las cercanías de sus tierras, lo que, en la práctica, contamina las aguas subterráneas. Los pozos y pozos negros cercanos tienen consecuencias drásticas e influyen negativamente en la calidad de vida de la población. Para Lima [15], la calidad del abastecimiento de agua, ya sea pública o privada, puede verse comprometida por la falta de alcantarillado sanitario en las zonas urbanas, donde están presentes diferentes sustancias, ya sean de origen natural o antropogénico. Según Finotti et al [20], las reservas brasileñas de agua subterránea ya están seriamente comprometidas. A través de estudios realizados en todas las partes de Brasil, se puede percibir el importante grado de contaminación encontrado en las aguas subterráneas, ya sean de origen urbano, industrial o agrícola.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo mapear y analizar la pluma de contaminación de aguas subterráneas (acuífero libre), potencialmente impactadas por nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), en 3 ciudades de la Amazonía Occidental, bajo el prisma de la geoestadística utilizando el método de Kriging Indicativo.

## MÉTODO

### Procedimientos metodológicos

En el primer estudio se registraron 80, en el segundo 40 y en el tercero 120 pozos someros para las muestras. El acuífero de agua subterránea fue delimitado para los estudios y se recolectaron muestras de agua en áreas urbanas, en pozos y se definió y evaluó la existencia de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en una proporción superior o inferior a los valores definidos por la Ordenanza del Ministerio de Salud n.º 2.914/2011, que rige los estándares de estandarización y potabilidad del agua en Brasil.

Los resultados se espacializaron en forma de Mapas utilizando Geoestadística, a través del software “ArcGIS for Desktop Advanced 10.2” [21], para que, posteriormente, puedan servir de base para el desarrollo de políticas públicas en la prevención de la contaminación de aguas subterráneas en ciudades amazónicas.

### Procedimientos de campo y laboratorio

Se utilizaron dos métodos para registrar los pozos. El primero según la Guía Nacional de Recolección y Conservación de Muestras: agua, sedimentos, comunidades acuáticas y efluentes de agua líquida de la Empresa Tecnológica de Saneamiento Ambiental - CETESB [22] y la Agencia Nacional del Agua - ANA [24]. El segundo método fue el Aleatorio Estratificado, según Yamamoto y Landim [25] para que un cierto número de observaciones, es decir, muestras, puedan estimar el comportamiento del conjunto de todas las observaciones potenciales de la población, es necesario que estos subconjuntos se recojan de tal manera que cada observación tenga las mismas posibilidades de ser elegida (17).

### Recolección y conservación de muestras de agua

El agua se recogía a la salida del pozo, utilizando las bombas eléctricas del lugar. El agua extraída en los primeros tres minutos se desecha para eliminar el agua estancada. A continuación, las muestras de agua se envasaron en botellas plásticas de 500 ml, se esterilizaron y se identificaron adecuadamente mediante Pozo de Muestreo (PA), se numeraron según la secuencia de colectas, en orden ascendente, y se conservaron aproximadamente a 4°C en una caja de espuma de poliestireno con hielo para mantener las características originales de las aguas.

A través de los Formularios Individuales de Muestreo de Agua, elaborados y puestos a disposición de acuerdo con las instrucciones contenidas en la Guía CETESB, se recogieron los datos de los pozos, así como el lugar de recolección, fecha y hora, profundidad, precipitaciones en las últimas 24 horas, condiciones higiénicas del pozo, pozos negros, animales y aguas residuales en las inmediaciones. En cada punto de captación de agua se georreferenciaron las coordenadas UTM, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).



Las botellas con muestras de agua fueron transportadas al Laboratorio Especializado de una Institución de Educación Superior y a un Laboratorio Especializado Privado, donde se determinaron los contenidos de nitratos.

## Constituyentes iónicos

Las muestras de agua se filtraron previamente en filtros de acetato de celulosa de 0,22,00  $\mu\text{m}$  de porosidad y 13 mm de diámetro (Sartorius Biolab Products) y se analizaron por cromatografía iónica con detector de conductividad (Cromatógrafo iónico con detector de conductividad iónica, METROHM – 882 Compact IC plus). La calibración del equipo se realizó mediante una curva de calibración con patrones específicos, y las concentraciones de iones presentes se calcularon por comparación con patrones externos.

Las columnas analíticas utilizadas fueron: Metrosep A Supp. 5 – 150/4.0 y Metrosep C 4 –150/4.0 (METROHM), con un volumen de inyección fijo de 100  $\mu\text{L}$  y un caudal mantenido siempre en 0,7 mL min<sup>-1</sup>. Los patrones de aniones y cationes se introdujeron por separado con una jeringa hipodérmica desechable de 5 ml en el sistema de inyección por cromatógrafo iónico.

Determinación del contenido de Nitratos con el uso de equipos puestos a disposición por los Laboratorios, mediante la técnica de Cromatografía Iónica con Detector de Conductividad.

## Distribución espacial del muestreo

A través de muestreo aleatorio, estratificado en el área urbana, se seleccionaron 80, 40 y 120 pozos, respectivamente, los cuales son aprovechados de manera continua en el abastecimiento local.

## Mapeo de contaminación

Uno de los métodos más eficientes para caracterizar el penacho de contaminación en el acuífero libre del área urbana, adoptado en esta investigación, fue el método geoestadístico de kriging, que permitió identificar dos áreas anómalas de ocurrencia de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

## El método geoestadístico de Kriging

De acuerdo con Isaak y Srivastava [26], el kriging se denomina un estimador espacial de variables regionalizadas, basado en valores adyacentes, mientras que se considera independiente en el análisis variográfico. A través de ella, es posible obtener: a) La predicción del valor puntual de una variable regionalizada y en una ubicación específica

dentro del espacio geométrico, es un procedimiento de interpolación exacto que tiene en cuenta todos los valores observados. b) El cálculo promedio de una variable regionalizada para un volumen mayor que el soporte geométrico y la estimación de la tendencia principal (*drift*), de manera similar a la superficie de la tendencia.

Kriging proporciona, en general, estimaciones no sesgadas con una variación mínima, reuniendo varios tipos de métodos de estimación, tales como: simple, ordinario, universal, indicativo, disyuntivo y kriging [27].

## Kriging ordinario

El Kriging ordinario es una técnica de estimación lineal para una variable regionalizada, que satisface la hipótesis intrínseca, cuyo objetivo es minimizar el error de estimación sin sesgo, es decir, en el que el error residual medio es igual a cero [28].

Según Landim [29], las formas más comunes de kriging lineal son: simple, ordinario, universal e intrínseco. El kriging no lineal utiliza alguna transformación no lineal de los datos originales y son: lognormal, multigaussiano, indicativo, probabilístico y disyuntivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La recolección de muestras de agua subterránea se llevó a cabo en dos etapas. La primera etapa de muestreo aleatorio, estratificada en el área urbana durante la estación lluviosa amazónica y la segunda durante la estación seca (período en que no llueve).

De acuerdo con la tabla 1, se detectaron altos niveles de nitrato de N ( $\text{NO}_3^-$ ) en el 100% de las muestras. Se  $>$  que se detectaron 10 mg/L en el 100% de los pozos y puntos de recolección.

Todos los vecindarios tienen sus aguas subterráneas con un alto grado de contaminación por nitrato N ( $\text{NO}_3^-$ ), es decir, agua no apta para el consumo humano.

En el vecindario codificado como X1, los niveles de nitrato de N ( $\text{NO}_3^-$ ) son extremos. Los siete (7) puntos de muestreo oscilan entre 42.298 mg/L como valor más alto y 12.123 mg/L como valor más bajo, con un promedio de  $>$  a 27 mg/L. Los PA (puntos de muestreo) 1, 2, 3, 4 y 5 tienen respectivamente los niveles de 42.298 mg/L, 41.335 mg/L, 35.145 mg/L, 24.011 mg/L y 23.086 mg/L. Los niveles más bajos se encontraron en PA5, 16.441 mg/L y Pa7 12.123 mg/L.

En el vecindario codificado como X2, los niveles de nitrato de N ( $\text{NO}_3^-$ ) se presentan como de alto riesgo para la salud humana. El 100% tiene niveles superiores a 10 mg/L, con un promedio de  $>$  19 mg/L. En una situación extrema son la PA14 con 26,067 mg/L y la PA10 con 25,899 mg/L. Los PA (puntos de muestreo), los niveles de nitrato de N ( $\text{NO}_3^-$ ) son respectivamente 25,899 mg/l, 19,300 mg/l, 19,766 mg/l, 18,555 mg/l, 26.067 mg/l, 12.445 mg/l y 16.600 mg/l.

De las muestras colectadas en el barrio X3, 45.779 mg/L se encontraron en PA8 y 36.065 mg/L de nitrato en PA9, con un promedio de 40 mg/L en la vecindad de > de 40 mg/L. En el vecindario X4, el promedio se encontró > de 22 mg/L. Mientras que en el vecindario X5 los niveles promedio encontrados fueron > de 11 mg/L.

De acuerdo con la tabla 2, las muestras detectadas presentan altos niveles de nitrato N (NO<sub>3</sub>-), por encima de 10 mg/L, característicos de aguas con un alto grado de contaminación.

En el vecindario Y1, se detectó que el 100% de las muestras tenían niveles altos de nitrato de N (NO<sub>3</sub>-), por encima de 10 mg/L, con un promedio de > de 21 mg/L. Se encontró que los PA 21, 22, 23, 24 y 25 respectivamente tenían niveles de 28,466 mg/L, 22,079 mg/L, 23,780 mg/L, 20,332 mg/L y 15,198 mg/L de nitrato.

En el vecindario Y2, el 60% de las muestras tienen niveles superiores a 10 mg/L de nitrato. El promedio encontrado fue de > 12 mg/L. Sin embargo, se encontraron marcadas diferencias, como PA 31, 19.665 mg/L y PA 34, con 2.166 mg/L de nitrato.

En el vecindario Y3, a diferencia de los demás vecindarios de la ciudad, solo el 20% de las muestras tienen niveles > 10 mg/L. Los demás, el 80% de las muestras tienen niveles inferiores a 10 mg/L de nitrato.

En el vecindario Y4, el 80% de las muestras tenían niveles de nitrato de N (NO<sub>3</sub>-) superiores a 10 mg/L. Los niveles medios de nitrato de N (NO<sub>3</sub>-) encontrados fueron de > de 11 mg/L.

En el primer análisis, se puede afirmar que el agua subterránea utilizada por la población para consumo humano y otros servicios públicos se ve afectada por altos niveles de nitrato de N (NO<sub>3</sub>-). El 73% de las muestras presentan niveles > 10 mg/L de nitrato. Estos lugares son áreas urbanas de alto riesgo ambiental para la salud humana, un problema de salud pública. Solo el 17% tiene niveles < 10 mg/L de nitrato. Solo el 7,5% de las muestras tienen menos de 3 mg/L de nitrato.

La alta concentración de nitratos en las aguas subterráneas urbanas de las ciudades de la Amazonía brasileña pone en riesgo la salud de gran parte de la población que abastece este tipo de recursos hídricos para el consumo humano.

Entre las condiciones que agravan la situación de contaminación del agua por nitrato de N (NO<sub>3</sub>-) en el área urbana de las ciudades amazónicas se encuentra la ineficiencia del saneamiento básico (abastecimiento de agua y recolección de aguas residuales sanitarias) en la ciudad. El número de hogares con acceso a la red general de agua es todavía muy bajo, solo el 10,88% de los hogares, mientras que el 83,91% de los hogares se abastecen de pozos o manantiales en la propiedad y solo el 4,84% de pozos o manantiales fuera de la propiedad. La ineficiencia de la infraestructura urbana básica es intrínseca a la calidad de vida de los habitantes de cualquier barrio en pequeñas, medianas o grandes ciudades de la Amazonía.

Un estudio de Paraguassú-Chaves et al [16] en la región de la frontera Brasil/Bolivia ya había encontrado que en la primera gran área de riesgo antes de la inundación del río Madeira y sus afluentes, se detectaron altos niveles de nitrato de N (NO<sub>3</sub>-) por encima de 10 mg/L en el 50% de las muestras, característicos de aguas con un alto grado de impactación. Agua no apta para el consumo humano. El 40% tuvo un contenido > 3 mg/L, sumando al 50% > 10 mg/L, se hace evidente la contaminación total del acuífero. Y después de la inundación de la zona, el grado de contaminación aumentó de una manera aterradora, donde se detectó el 100% de las muestras con altos niveles de nitrato N (NO<sub>3</sub>-) > 10 mg/L. El 80% de los pozos y puntos de recolección se detectaron con niveles > 10 mg/L. Se encontraron niveles extremos como 156,74 mg/L; 70,08 mg/L; 67,36 mg/L; 63,27 mg/L y 56,67 mg/L de nitrato. Todas las características de las aguas con un alto grado de impactación.

En otros puntos de captación de agua que no tuvieron una influencia directa en la crecida, los contenidos de nitratos no sufrieron variaciones significativas. En esta zona, en el 30% de las muestras se detectó un contenido de (NO<sub>3</sub>-) superior a 10mg/L. Agua no apta para el consumo humano. En el 70% de las muestras se detectó un contenido superior a 3 mg/L, lo que caracteriza aguas con un alto grado de impactación, sin embargo, acercarse a los resultados encontrados en las zonas de situación I, zona impactada por la crecida del río Madeira [16].

Las precarias condiciones de infraestructura, el uso de agua de pozos amazónicos y pozos tubulares sin mantenimiento y cercanos a tanques negros y sépticos son factores condicionantes y/o determinantes para este escenario [16].

Punto de muestreo	Vecindario	Punto de muestreo	Vecindario
<b>PA</b>	<b>X1</b>	<b>PA</b>	<b>X2</b>
PA1	42.298	PA10	25.899
PA2	41.335	PA11	19.300
PA3	35.145	PA12	19.766
PA4	24.011	PA13	18.555
PA5	23.086	PA14	26.067
PA6	16.441	PA15	12.445
PA7	12.123	PA16	16.600
<b>PA</b>	<b>X3</b>	<b>PA</b>	<b>X4</b>
PA8	45.779	PA17	35.575
PA9	36.065	PA18	10.019
		<b>PA</b>	<b>X5</b>
		PA19	12.080
		PA20	10.119

Tabla 1 - Concentración de nitrato (NO<sub>3</sub>-) detectada en los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Vecindario	Punto de muestreo	Vecindario
<b>PA</b>	<b>Y1</b>	<b>PA</b>	<b>Y2</b>
PA21	28.466	PA31	19.665
PA22	22.079	PA32	17.019
PA23	23.780	PA33	15.223
PA24	20.332	PA34	2.166
PA25	15.198	PA35	8.458
<b>PA</b>	<b>Y3</b>	<b>PA</b>	<b>Y4</b>
PA26	13.655	PA36	12.498
PA27	4.788	PA36	13.917
PA28	0.332	PA38	12.045
PA29	3.336	PA39	9.566
PA30	2.145	PA40	11.002

Tabla 2 - Concentración de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) detectada en los puntos de muestreo

En la Amazonía brasileña, otros estudios han presentado resultados que demuestran niveles elevados de nitrato en aguas subterráneas urbanas y rurales. Lima [15] en su investigación en el acuífero Livre Jaciparaná, en la zona 3 de la ciudad de Porto Velho, lo encontró parcialmente contaminado por nitratos. En el 68% de las muestras de agua se identificaron niveles superiores a 3 mg/L, lo que indica cambios en la composición química del agua debido a actividades antropogénicas. Los puntos de muestreo, los pozos poco profundos, utilizados en este estudio, tienen al 100% una profundidad de hasta 12 metros [16]. En el 33% de las muestras de agua, se detectaron niveles de nitrato por encima o muy cerca del límite de 10 mg/L, el valor máximo permitido en Brasil para el agua destinada al consumo humano, de acuerdo con la Ordenanza No. 518 del 25 de marzo de 2004 del Ministerio de Salud.

Campos [5], en una investigación realizada en el municipio de Mirante da Serra, en Rondônia, encontró altos niveles de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en las áreas urbanas más densamente pobladas. Para Lima [15] es importante considerar que, si existe presencia de nitrato en las aguas, incluso en bajas concentraciones, además de indicar que la contaminación es antigua en el ambiente, revela la presencia de materia orgánica asociada a bacterias, virus y parásitos, viva o en alguna de las etapas de descomposición. Estos agentes son la causa de varias enfermedades, especialmente la diarrea aguda y, en forma de nitrato, son un indicador cancerígeno.

El cáncer de iones de nitrato en el agua potable es motivo de preocupación debido a su posible relación con el cáncer de estómago, pero aún faltan investigaciones para aclarar esta relación. Baird y Cann [30] afirman que los áncers publicados muestran que las mujeres que bebían agua pública en un alto nivel de nitrato (> 2,46 mg/L) tenían un riesgo más alto de ser diagnosticadas con cáncer de mama que aquellas menos expuestas (< 0,36 mg/L en el agua potable).

Los problemas de salud, como las enfermedades diarreicas y la gastroenteritis, son comúnmente reportados y registrados en el sistema de salud de las ciudades encuestadas. Los estudios de Alaburda y Nishihara [18] son notables en cuanto a la preocupación por la salud de la población, especialmente la salud de los niños y los ancianos, ya que son más susceptibles al desarrollo de metahemoglobinemia debido a la exposición al consumo de agua con una alta concentración de nitratos, y cánceres de estómago en adultos.

En la investigación de Barata [17] en aguas subterráneas urbanas, los resultados mostraron una distribución heterogénea, variando en el comportamiento de la pluma de contaminación en la que el 37,5% de las muestras tienen niveles < 10mg/l de Nitrato y el 62,5% de las muestras tienen niveles >10mg/l de Nitrato (NO<sub>3</sub>-).

Los niveles más altos de nitrato (NO<sub>3</sub>-) se encontraron donde hay mayor densidad poblacional, con una disminución gradual en las áreas de ocupación más recientes [17].

Los valores extremos de 42,0 y 45,8 mg/L se observaron en el área urbana de mayor ocupación humana, a diferencia de los valores mínimos de 0 y 2 mg/L, ubicados fuera del área central de la ciudad y asociados a baja densidad poblacional.

Los mapas de concentración de nitrato (NO<sub>3</sub>-) con nivel de corte >10mg/L elaborados por Barata [17] confirman los altos niveles de nitrato. Una gran parte de la población amazónica está consumiendo agua con un alto grado de contaminación, es decir, agua no apta para el consumo humano. Un problema inminente de salud pública.

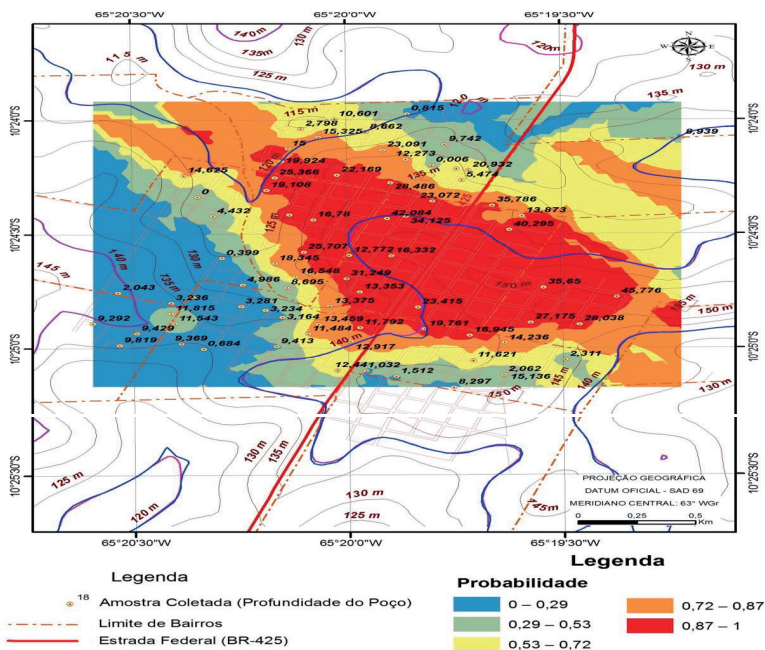


Figura 1: Mapa de concentración de nitrato (NO<sub>3</sub>-) con nivel de corte >10 mg/l

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las aguas subterráneas urbanas utilizadas por la población de 3 (tres) ciudades de la Amazonía para consumo humano y otros servicios públicos se ven afectadas por altos niveles de nitrato de N (NO<sub>3</sub>-).

El setenta y tres por ciento (73%) de las muestras tienen niveles > 10 mg/L de nitrato. Estos lugares son áreas urbanas de alto riesgo ambiental para la salud humana, un problema de salud pública. Solo el 7,5% de las muestras tienen menos de 3 mg/L de nitrato.

La alta concentración de nitratos en las aguas subterráneas urbanas de las ciudades de la Amazonía brasileña pone en riesgo la salud de gran parte de la población que abastece este tipo de recursos hídricos para el consumo humano. Entre las condiciones que agravan la situación de contaminación del agua por nitrato de N (NO<sub>3</sub>-) en el área urbana se encuentra la ineficiencia del saneamiento básico (abastecimiento de agua y recolección de alcantarillado sanitario, predominio de tanques rudimentarios y fosas sépticas en estado precario).

## REFERENCIAS

1. MINDRISZ, A. C. Avaliação da Contaminação da Água Subterrânea de poços tubulares, por combustíveis fosseis, no município de Santo André, São Paulo: uma contribuição à Gestão Ambiental. Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo. 2006.
2. KLOCK, A. L. S.; GUARDA, J. S.; CELLA, J.; SILVA, M. L.; FILHO, L. P. K. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterráneas. Qualidade das Águas de Poços Profundo do Município de Águas Frias-SC em Relação a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde. Belo Horizonte, 2014. p. 13.
3. BRITO, P. N. F.; Qualidade da Água de Abastecimento em Comunidades Rurais de Várzea do Baixo Rio Amazonas. Trabalho de conclusão de curso. Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013. 49p.
4. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP. Editora Átomo, 2010. 3ª ed. 494 p.
5. CAMPOS, J. C. V. A problemática dos recursos hídricos subterráneos na Amazônia na visão do Serviço Geológico do Brasil. In: I SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2003, Rio de Janeiro: 2003. p. 133-41.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria MS nº 2.914/2011*. Brasília. Ministério da Saúde, 2011. 32 p.
7. SILVA, L.C.M; BROTTTO, M.E. Nitrato em Água: Ocorrência e Consequências. Escola Superior de Química, Faculdade Oswaldo Cruz. São Paulo.
8. CAMPOS, T. DE S.; ROHLFS, D.B. Avaliação dos valores de nitrato em águas subterráneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás. Goiânia. PUC, [2011]. Disponível em: <<http://www.cpgls.ucg.br/arquivosUpload/1/File/.../SAUDE/86.pdf>>. Acesso em: 02 abr 2024.

9. MELO JUNIOR, H. R. et.al. Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas em uma Zona Urbana da Amazônia Brasileira: Estudo de caso do bairro Eletronorte, Porto Velho (RO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, 2006, Curitiba: Anais. Curitiba: ABAS, 2006. p. 1-20.
10. BARBOSA, C. F. Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica – RJ. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br>>. Acesso em: 21 abril. 2024.
11. FOSTER, S.; VENTURA, M.; HIRATA, R. C. A. Poluição das Águas Subterrâneas. São Paulo: Série Manuais. Instituto Geológico. Secretaria do Meio Ambiente. 1993. 53 p.
12. DANIEL, M. H. B. Caracterização do perfil do nitrato na água para consumo humano no município de Natal - RN. 2008. Monografia (Especialização) – Universidade de Brasília, Distrito Federal.
13. PARAGUASSU-CHAVES, C.A.; CAVALCANTE, F.R.C.; UCHOA, M. R.; BARATA, C. S.; SILVEIRA, E.G.; DANTAS, L. R. M. Possível Concentração de Nitrato (NO<sub>3</sub>-) na Área Urbana da Fronteira de Rondônia. Debate em ação: discussão científica, v. 1, p. 70-79, 2015.
14. PARAGUASSÚ-CHAVES, C.A; CAVALCANTE, F.R.C; DANTAS, L.R.M; SOUSA, A.A; CLAROS, P.C.G; SILVA, I.R.R.P; NEVES, J.T; CALDERARO, I.F.N, OLIVEIRA, P.T.C; ALMEIDA, F.M. Groundwater quality: Study of the Nitrate(NO<sub>3</sub>-) concentration in the Urban Area of the Brazil/Bolivia Border. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) [Vol-5, Issue-10, Oct- 2018]
15. LIMA, M.L.A. Águas subterrâneas potencialmente impactadas por nitrato (NO<sub>3</sub>-) na área urbana da cidade de Porto Velho; Um estudo da geografia da saúde. (Dissertação). Programa de mestrado em geografia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho. 2008.
16. PARAGUASSÚ-CHAVES, C.A; BARATA, C.S; SILVA FILHO, E.P; ALMEIDA, F. M; DANTAS, L.R.M. Mapeamento da Contaminação por Nitrato (NO<sub>3</sub>-) em uma Área Urbana na Fronteira Brasil/Bolívia. Debate em Ação: discussão científica. Publicação preliminar. 2018.
17. BARATA, C. S. Mapeamento da contaminação por nitrato (NO<sub>3</sub> -) em poços rasos na área da sede do município de Nova Mamoré – Rondônia. (Dissertação). Programa de mestrado em geografia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho. 2016.
18. ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de Compostos de Nitrogênio em Águas de Poço. Revista de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 160-5, abr.1998.
19. ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de Compostos de Nitrogênio em Águas de Poço. Revista de Saúde Pública, Rio de Janeiro, revisada e atualizada, abr. 2021.
20. HIRATA, R.; CAGNON, F. (2004). Source of nitrate in the groundwater of Adamantina aquifer in Urânia, SP - Brasil. In: XXXIII IAH Congress/VII ALHSUD, 2004, Zacatecas, City, 2004.
21. FINOTTI, A. R.; CAICEDO, N. O. L.; RAYA RODRIGUES, M. T. **Contaminações Subterrâneas com Combustíveis Derivados de Petróleo: Toxicidade e a legislação brasileira.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 2, p. 29-46. 2001.
22. ARCGIS FOR DESKTOP ADVANCED. versão 10.2.
23. CETESB. Agudo, E.G. **Guia Nacional de Coleta, preservação de amostras de Água**, 1987.



24. ANA. Agência Nacional de Águas. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB e Agência Nacional de Águas-ANA,2011
25. ISAAK, E.; SRIVASTAVA, R. An introduction to applied geostatistic. New York: Oxford University Press, 1989.
26. LANDIM, P. M. B. Análise Estatística de Dados Geológicos. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003. 254 p.
27. ISAAK, E.; SRIVASTAVA, R. An introduction to applied geostatistic. New York: Oxford University Press, 1989.
28. LANDIM, P. M. B. Análise Estatística de Dados Geológicos. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003. 254 p.
29. SIMÃO, F. B. Mapeamento de risco de malária na área urbana de Porto Velho - RO, pela krigagem indicativa. (Mestrado em Geociências). Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2001. 78 p.
30. LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. Krigagem Indicativa Aplicada à Elaboração de Mapas Probabilísticos de Riscos. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 06, 2002. 19 p. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 10 nov. 2007. 71
31. BAIRD, C.; CANN, M. Química Ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

## CAPÍTULO 2

# EVALUACIÓN DE LA FALLA RENAL PROVOCADA POR DIABETES EN PACIENTES DEL MUNICIPIO DE HOPELCHÉN, CAMPECHE

*Fecha de envío: 09/08/2024*

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

### **Baldemar Aké-Canché**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0003-2636-5334>

### **Betty Sarabia-Alcocer**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0002-7912-4377>

### **Tomás Joel López-Gutiérrez**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México.  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0002-3554-1347>

### **Román Pérez-Balan**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0003-2366-6617>

### **Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0003-3659-1693>

### **Josefina Graciela Ancona León**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0001-5396-3247>

**RESUMEN:** La diabetes es la causa principal de las enfermedades de los riñones. La enfermedad de los riñones significa que éstos están dañados y no pueden filtrar la sangre como se debería. Alrededor de uno de cada cuatro adultos con diabetes tiene la enfermedad de los riñones, también se conoce como nefropatía diabética. Con el tiempo, los niveles altos de glucosa en la sangre causados por la diabetes pueden dañar los vasos sanguíneos de los riñones y las nefronas, y hacerlos dejar de funcionar como deberían. La creatinina y la urea son dos sustancias presentes en la sangre que suelen ser dosificadas cuando se pretende hacer una evaluación de la función de los riñones. Cuando los riñones comienzan a funcionar incorrectamente y su capacidad para filtrar la sangre se ve afectada, las concentraciones de urea y creatinina en sangre tienden a aumentar. Cuanto más alta es la creatinina en sangre, más grave es la insuficiencia renal.

**PALABRAS CLAVE:** *Diabetes; Glucosa; Urea; Creatinina; Daño Renal; Glucosuria*

## EVALUATION OF KIDNEY FAILURE CAUSED BY DIABETES IN PATIENTS FROM THE MUNICIPALITY OF HOPELCHÉN, CAMPECHE

**ABSTRACT:** Diabetes is the main cause of kidney diseases. Kidney disease means that the kidneys are damaged and cannot filter the blood as they should. About one in four adults with diabetes has kidney disease, also known as diabetic nephropathy. Over time, high blood glucose levels caused by diabetes can damage the blood vessels in the kidneys and nephrons, causing them to stop working as they should. Creatinine and urea are two substances present in the blood that are usually measured when evaluating kidney function. When the kidneys begin to function incorrectly and their ability to filter blood is affected, blood urea and creatinine concentrations tend to increase.

**KEYWORDS:** Diabetes; Glucose; Urea; Creatinine; Kidney Damage; Glycosuria

## AVALIAÇÃO DA INSUFICIÊNCIA RENAL CAUSADA POR DIABETES EM PACIENTES DO MUNICÍPIO DE HOPELCHÉN, CAMPECHE

**RESUMO:** O diabetes é a principal causa de doença renal. Doença renal significa que os rins estão danificados e não conseguem filtrar o sangue como deveriam. Cerca de um em cada quatro adultos com diabetes tem doença renal, também conhecida como nefropatia diabética. Com o tempo, os níveis elevados de glicose no sangue causados pelo diabetes podem danificar os vasos sanguíneos dos rins e dos néfrons, fazendo com que parem de funcionar como deveriam. A creatinina e a uréia são duas substâncias presentes no sangue que geralmente são medidas na avaliação da função renal. Quando os rins começam a funcionar incorretamente e sua capacidade de filtrar o sangue é afetada, as concentrações de uréia e creatinina no sangue tendem a aumentar. Quanto maior a creatinina no sangue, mais grave é a insuficiência renal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diabetes; Glicose; Uréia; Creatinina; Danos nos rins; Glicosúria

## INTRODUCCIÓN

En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) 2021, se menciona que 12 millones 400 mil personas padecen diabetes, una enfermedad crónica que puede ocasionar daños irreversibles en la vista, el riñón o la piel.

En una publicación de Gobierno de México se menciona que las consecuencias de la atención tardía o de la falta de control de esta enfermedad se observan en la pérdida de la función renal, problemas de agudeza visual, amputaciones, infarto al miocardio, eventos cardiovasculares mayores, neuropatía y dolor crónico en extremidades. Estas complicaciones afectan la calidad de vida de las y los pacientes y pueden llevar a muerte prematura.

Al consumir alimentos y bebidas que no contengan una adecuada proporción de glucosa o azúcares tiene como consecuencia de manera directa o indirecta una reducción del azúcar en sangre, denominada hipoglucemia (Henández, Carrillo, Castillo, Fandiño, & Jiménez, 2008). Este es el resultado de un desequilibrio entre la velocidad de aparición

y desaparición de glucosa de la circulación que de igual manera puede producirse por diversos tratamientos con medicamentos hipoglucemiantes o factores biológicos. Esto trae como consecuencia una privación de combustible al cerebro, lo cual puede provocar juicio y comportamiento alterados, así como crisis convulsivas, coma, falla cerebral funcional y muerte (Bishop, Fody, & Schoeff, 2018).

En caso contrario encontramos a la hiperglucemia, la cual no es más que el incremento de las cifras plasmáticas de glucosa. En pacientes saludables, durante dicho padecimiento, la insulina es secretada por las células  $\beta$  de los islotes de Langerhans en el páncreas, con la cual se refuerza la permeabilidad de la membrana de las células en el hígado, músculo y tejido adiposo. De igual manera altera las vías metabólicas de la glucosa. Todo lo anterior son el resultado de un desequilibrio hormonal (Bishop, Fody, & Schoeff, 2018).

La diabetes es un padecimiento metabólico que tiene como característica principal la hiperglucemia, la cual es secundaria a una alteración absoluta o relativa de la producción de insulina y/o a una alteración de la acción de esta. Cuando esta enfermedad se vuelve crónica se ve acompañada de cambios en el metabolismo de hidratos de carbono, lípidos y proteínas (Lozano, 2006).

La diabetes es la causa principal de las enfermedades de los riñones. El trabajo principal de los riñones es filtrar los desechos y el exceso de agua en la sangre en forma de orina. Los riñones también ayudan a controlar la presión arterial ya producir las hormonas que el cuerpo necesita para mantenerse sano. Si los riñones están dañados, no pueden filtrar la sangre como se debe. Esto puede hacer que los desechos se acumulen en el cuerpo. (Revista de la Asociación Médica Estadounidense, 2016)

La urea es filtrada en los glomérulos renales y excretada en su mayor parte por la orina. La concentración de urea puede medirse en plasma, suero u orina. La urea es susceptible a la descomposición bacteriana, por lo que deben refrigerar las muestras (en particular orina) que no pueden analizarse unas cuantas horas después. (Bishop, 2007). Constituye alrededor del 50% de los solutos urinarios en sujetos que consumen una dieta proteica habitual y corresponde aproximadamente al 90-95% de la excreción total de nitrógeno. También puede ser excretada en una menor proporción por el sudor y por vía intestinal.

El riñón puede eliminar grandes cantidades de urea en un volumen urinario pequeño porque, al mismo tiempo, debe conservar eficientemente el agua. (Elsa Zotta, El manejo de la urea y su mecanismo de adaptación durante la enfermedad renal, 2009)

La concentración elevada de creatinina se relaciona con función renal anormal, en especial se relaciona con la función glomerular. La concentración plasmática de creatinina es inversamente proporcional a la depuración de creatinina. Por lo tanto, cuando la concentración plasmática de creatinina está aumentada, el filtrado glomerular se encuentra disminuido, lo que indica daño renal. Las cifras de creatinina plasmática son un marcador

relativamente insensible y pueden no encontrarse mensurablemente incrementadas hasta que la función renal se ha deteriorado más de 50%. (Bishop, Fody, & Schoeff, 2018).

Las principales razones por las que se presenta glucosa en la orina son por el síndrome de Cushing; problemas en los riñones; diabetes gestacional; o diabetes mellitus. Los altos niveles de glucosa en el torrente sanguíneo pueden provocar que su expulsión se haga a través de la orina, siendo esta, la que es eliminada con desechos y el exceso de líquido que hay en el cuerpo. A esto se le denomina glucosuria. (Semana, 2022).

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Este estudio incluyó los resultados de 100 pacientes con diagnóstico presuntivo de diabetes que realizaron pruebas analíticas para determinar los niveles de glucosa, urea, creatinina y presencia de glucosa en orina en el periodo de enero a abril de 2023 en el “laboratorio de análisis clínicos” ubicado en el municipio de Hopelchen, Campeche. Los datos fueron analizados mediante el software Minitab. Se ha realizado un análisis descriptivo de los datos. El intervalo de confianza propuesto fue del 95% con una tasa de rechazo de  $p < 0.05$ . Para ello se trabajó con el método: *colorimétrico enzimático automatizado en las pruebas de glucosa, urea y creatinina*. En la prueba de orina empleamos: *tiras reactivas de urianálisis y se corrió en equipo SPINREACT U120*.

## COMENTARIOS FINALES

### Resumen de resultados

De los 100 pacientes el 64% eran mujeres (64) y el 36% hombres (36). La edad de los pacientes estaba comprendida entre 40 y 70 años con una media de 54.63 en mujeres y 54.86 en hombres. De las 64 mujeres estudiadas el 98% (63) presentaron una cifra elevada de glucosa, en contraparte con los hombres donde, de los 36 estudiados, el 91% (33) presentaron este parámetro elevado. Esto nos indica que cursan con diagnóstico de diabetes-

De los 33 hombres con diagnóstico de diabetes el 45% (15) presentaron el nivel de urea elevado, el 18% (6) presentaron niveles de creatinina elevado y el 54% (18) mostraron glucosuria, en comparación con las mujeres, en donde de las 63 pacientes con dicho padecimiento, el 33% (21) obtuvieron niveles altos de urea, el 11% (7) obtuvieron creatinina elevada y el 67% (42) presentaron glucosuria.

De los 18 hombres con glucosuria, 7 presentaron niveles altos de urea y 3 de creatinina, por otra parte, de las 63 mujeres estudiadas 10 presentaron niveles altos de urea y 4 de creatinina. Se halló que en el 100% de los casos de diabetes con creatinina elevada, la urea también se encontraba aumentada.

Existe mayor número de mujeres (64), presentando una media de 54.63, mientras que la población de hombres es menor (36) y su media de 54.86. Los hombres arrojan una desviación estándar de 7.71 y existe un error estándar de la media de 1.3 en el error de la media, mientras que las mujeres presentan una desviación estándar mayor, de 8.48, con error estándar de la media 1.1.

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0.24	(-3.08;3.55)

IC= El intervalo de confianza proporciona un rango de valores probables para la desviación estándar o la varianza de la población.

Tabla 1. Estimación de la diferencia

Observamos que la diferencia de edad de hombres y mujeres es de 0.24, mientras que el intervalo de confianza de 95% oscila entre -3.08 a 3.55

Hipótesis nula	Hipótesis alterna	Valor T	GL	Valor P
$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	$H_0: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	0.14	78	0.888

Valor T= El valor T mide el tamaño de la diferencia en la relación con la variación en los datos de la muestra

GL= Grados de Libertad, número de datos libres de variar

Valor P= El valor P es la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta

Tabla 2. Prueba

Podemos notar que el valor P es mayor a 0.05, por lo cual hipótesis nula es cierta, por lo cual no tiene un valor significativo en clínica.

Mediante el método de colorimétrico enzimático automatizado empleado en la urea, observamos que dentro de la importancia clínica, donde, al hacer la comparación de urea y sexo, la media en hombres es de 49.6, su desviación estándar de 25.1 y su error estándar de la media de 4.2; mientras que en las mujeres su media es de 44.3, su desviación estándar de 20.8 y el error estándar de la media de 2.6

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
5.34	(-4.50;15.18)

IC= El intervalo de confianza proporciona un rango de valores probables para la desviación estándar o la varianza de la población.

Tabla 5. Estimación de la diferencia

Observamos que la diferencia en urea de hombres y mujeres es de 5.34, mientras que el intervalo de confianza de 95% oscila entre -4.50 a 15.18

Hipótesis nula	Hipótesis alterna	Valor T	GL	Valor P
$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	$H_0: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	1.08	62	0.282

Valor T= El valor T mide el tamaño de la diferencia en la relación con la variación en los datos de la muestra

GL= Grados de Libertad, número de datos libres de variar

Valor P= El valor P es la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta

Tabla 6. Prueba

Podemos notar que el valor P es mayor a 0.05, por lo cual hipótesis nula es cierta, por lo cual no tiene un valor significativo en clínica.

## CONCLUSIÓN

La diabetes es un padecimiento de gran prevalencia en nuestro país, lo cual conlleva grandes consecuencias a la salud, aunado otros factores de riesgo como el daño renal, esto provoca que dichos pacientes no cursen con una correcta calidad de vida. Es por ello que es primordial establecer parámetros en distintos puntos del país para conocer las zonas más afectadas y poder establecer estrategias que ayuden a mitigar la prevalencia de aumento de dicha enfermedad.

Está claro que la diabetes se encuentra muy elevada en el sector estudiado, lo cual representa un gran problema al bienestar de la población, pues muchas de estas causas se van transmitiendo de generación en generación. Una de las principales es la desinformación, en el cual el ejemplo más claro es no seguir las indicaciones pertinentes para un correcto estudio clínico, tal y como se demostró en este trabajo con la incorrecta ingesta de medicamentos.

## REFERENCIAS

A. Rodríguez de Cossío, R. R. (2010). Pruebas de laboratorio en atención primaria (II). *ELSEVIER*.

Afkarian M, Zelnick LR, Hall YN, et.al. Manifestaciones clínicas de la enfermedad renal entre adultos estadounidenses con diabetes. *Revista de la Asociación Médica Estadounidense*. 2016;316(6):602–610.

Asociación Española de Peditría. Comité de medicamentos. (1 de diciembre 2019). *Glibenclamida*. [https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamcum/glibenclamida#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,glucosa%20\(tras%20la%20ingesta\)](https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamcum/glibenclamida#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,glucosa%20(tras%20la%20ingesta))

Bishop, M. F. (2007). *Química Clínica. Principios, Procedimientos y Correlaciones*. México, D.F.: McGraw-Hill.

Bishop, M., Fody, E., & Schoeff, L. (2018). *Química clínica: principios, técnicas y correlaciones*.

Castrejón, V., Carbó, R., & Martínez, M. (2007). Mecanismos moleculares que intervienen en el transporte de la glucosa. *Rev Educ Bioquímica, 26(2)*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2007/reb072b.pdf>

Elsa Zotta, F. O. (2009). El manejo de la urea y su mecanismo de adaptación durante la enfermedad renal. *Nefrología, diálisis y trasplante*.

G. Fernández-Fresnedo, A. L. M. de Francisco, E. Rodrigo, C. Piñera, I. Herráez, J. C. Ruiz y M. Arias (2002). *Nefrología*. Obtenido de Insuficiencia renal «oculta» por valoración de la función renal mediante la creatinina sérica. : <https://www.revistanefrologia.com/es-insuficiencia-renal-oculta-por-valoracion-articulo-X0211699502014658>

Henández, C., Carrillo, J., Castillo, M. D., Fandiño, L., & Jiménez, C. (2008). Determinación de niveles de glucosa antes del tratamiento dental, comparando dos métodos no invasivos y un invasivo en pacientes de las clínicas de posgrado de la UDLSB. *Nova Scientia, 1(1)*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2033/203315665004.pdf>

Lozano, J. (2006). Diabetes mellitus. *Offarm, 25(10)*, 66-78. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-diabetes-mellitus-13095504>

MENDOZA, E. J. (2020). ANÁLISIS DE LOS VALORES DE UREA Y CREATININA PARA LA. *Pontificia Universidad de Católica de Ecuador*. <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/cuando-aparece-la-glucosa-en-la-orina/202256/>

Rojas, E., Molina, R., & Rodríguez, C. (2012). Definición, clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo, 10(1)*, 7-12. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-31102012000400003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-31102012000400003&lng=es&tlng=es).



# FACTORES DE RIESGO EN LA INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA PRESENTADOS POR PACIENTES DE HEMODIÁLISIS

*Fecha de envío: 08/08/2024*

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

### **Betty Sarabia-Alcocer**

Campeche, Campeche, México  
Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0002-7912-4377>

### **Pedro Gerbacio Canul Rodríguez.**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0001-7643-2924>

### **Tomás Joel López-Gutiérrez**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0002-3554-1347>

### **Ildefonso Velázquez-Sarabia**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0009-0000-4484-8220>

### **Baldemar Aké-Canché**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0003-2636-5334>

### **Román Pérez-Balan**

Universidad Autónoma de Campeche,  
México  
San Francisco de Campeche, Campeche,  
México  
<https://orcid.org/0000-0003-2366-6617>

**RESUMEN:** La Insuficiencia Renal Crónica (IRC) es el deterioro progresivo e irreversible de la función renal, donde los riñones pierden lentamente su capacidad para eliminar toxinas y controlar el volumen de agua del organismo. Se caracteriza por la pérdida progresiva de las nefronas y la repercusión que estos trastornos tienen sobre la mayoría de los aparatos y sistemas del cuerpo. La colecistectomía es una de las cirugías mayormente practicadas alrededor del mundo, cerca del 96% de ellas se realiza de manera laparoscópica, la lesión de vía biliar es una complicación ineludible a dicho procedimiento. **Objetivo:** Identificar los Factores de riesgo en la Insuficiencia Renal Crónica presentados por pacientes de Hemodiálisis. **Metodología.** Se realiza el análisis retrospectivo descriptivo con el propósito de determinar la existencia de factores de riesgo en la Insuficiencia

Renal Crónica presentados por pacientes de Hemodiálisis. **Resultados:** Sus factores de riesgo investigados en su mayoría son diabetes mellitus 2, hipertensión arterial, obesidad, infecciones urinarias recurrentes y otros asociados. **Conclusiones.** Los pacientes tuvieron diversos factores de riesgo que han presentado desde hace mucho tiempo atrás, que nos habla de la importancia del adecuado control y tratamiento de enfermedades para prevenir complicaciones de la Insuficiencia Renal Crónica y tratamiento sustitutivo diálisis.

**PALABRAS CLAVE:** Factores de Riesgo, Insuficiencia Renal Crónica, Hemodiálisis.

## FATORES DE RISCO NA INSUFICIÊNCIA RENAL CRÔNICA APRESENTADOS POR PACIENTES EM HEMODIÁLISE

**RESUMO:** A Insuficiência Renal Crônica (DRC) é a deterioração progressiva e irreversível da função renal, onde os rins perdem lentamente a capacidade de eliminar toxinas e controlar o volume de água no corpo. É caracterizada pela perda progressiva de néfrons e pelo impacto que esses distúrbios têm na maioria dos sistemas e sistemas do corpo. A colecistectomia é uma das cirurgias mais praticadas em todo o mundo, cerca de 96% delas são realizadas por via laparoscópica, a lesão do ducto biliar é uma complicação inevitável deste procedimento.

**Objetivo:** Identificar os fatores de risco para a Insuficiência Renal Crônica apresentados por pacientes em hemodiálise. **Metodologia:** Foi realizada uma análise descritiva retrospectiva para determinar a existência de fatores de risco na Insuficiência Renal Crônica apresentada por pacientes em hemodiálise. **Resultados:** Seus fatores de risco mais investigados são diabetes mellitus 2, hipertensão arterial, obesidade, infecções urinárias recorrentes e outros fatores associados. **Conclusões:** Os pacientes apresentavam vários fatores de risco que apresentavam há muito tempo, o que nos diz sobre a importância do controle e tratamento adequado das doenças para prevenir complicações da Insuficiência Renal Crônica e tratamento de reposição dialítica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fatores de risco, Insuficiência renal crônica, Hemodiálise.

## RISK FACTORS IN CHRONIC RENAL FAILURE PRESENTED BY HEMODIALYSIS PATIENTS

**ABSTRACT:** Chronic Renal Failure (CKD) is the progressive and irreversible deterioration of kidney function, where the kidneys slowly lose their ability to eliminate toxins and control the volume of water in the body. It is characterized by the progressive loss of nephrons and the impact that these disorders have on most of the body's systems and systems. Cholecystectomy is one of the most widely practiced surgeries around the world, about 96% of them are performed laparoscopically, bile duct injury is an unavoidable complication of this procedure.

**Objective:** To identify the risk factors in Chronic Renal Failure presented by hemodialysis patients. **Methodology:** A retrospective descriptive analysis was performed in order to determine the existence of risk factors in Chronic Renal Failure presented by hemodialysis patients. **Results:** Its most investigated risk factors are diabetes mellitus 2, arterial hypertension, obesity, recurrent urinary tract infections, and other associated factors.

**Conclusions:** The patients had several risk factors that they have presented for a long time, which tells us about the importance of adequate control and treatment of diseases to prevent complications of Chronic Kidney Failure and dialysis replacement treatment.

**KEYWORDS:** Risk factors, Chronic renal failure, Hemodialysis.

## INTRODUCCIÓN

La insuficiencia renal crónica (IRC) es un problema de salud pública a nivel mundial, el número de pacientes se viene incrementando tanto en países desarrollados como en desarrollo, México es un país considerado entre los principales países que presentan Hipertensión Arterial, Diabetes Mellitus 2, Obesidad, entre otras patologías, las cuales se encuentran inmersas en una gran cantidad en aquellos pacientes diagnosticados con IRC (Calebondo Marzo,2002). La insuficiencia renal crónica se define como la pérdida de la funcionalidad renal de manera irreversible y progresiva, con incremento de la cifra de creatinina dos o más veces a lo esperado por la edad; con cifras de filtrado glomerular por debajo de 60mL/min, por más de 3 meses, la cual pudiera cursar como enfermedad asintomática hasta alcanzar un filtrado glomerular de 10mL/min. Actualmente más de 1,200,000 personas en el mundo sobreviven gracias al tratamiento dialítico, existen dos tipos de diálisis, la más utilizada es la hemodiálisis (HD) alcanzando un 80 a 90% y la diálisis peritoneal continua ambulatoria (DPCA) se utiliza en un 10 a 20%, con algunas excepciones. En la elección del tipo de diálisis usualmente se toma en cuenta factores como enfermedades coexistentes, situaciones vitales y sociales de cada paciente y también información de la comunidad nefrológica de las diferentes técnicas. Otros factores para considerar son preferencia del paciente y de la familia, capacidad de efectuar el procedimiento técnico en términos de seguridad y eficacia, costos, limitaciones anatómicas como hernias, lesiones vertebrales y limitaciones fisiológicas como el transporte peritoneal.

**Síntomas:** Como la instalación de la enfermedad renal crónica es generalmente lenta, nuestro cuerpo tiene tiempo para ir adaptándose a este mal funcionamiento de los riñones, haciendo que no tengamos signos o síntomas hasta las etapas muy tardías de la enfermedad. La característica principal de la ERC es ser una enfermedad silenciosa.

**Diagnóstico:** Como no hay síntomas hasta fases avanzadas de la enfermedad, la insuficiencia renal crónica suele detectarse con análisis de sangre, mediante la medición de urea y creatinina. La creatinina es el mejor marcador de la función renal. Cuando los riñones comienzan a perder su función, sus valores en la sangre aumentan. Sin embargo, un valor elevado de creatinina puede ocurrir en situaciones agudas y por sí solo no es suficiente para definir el diagnóstico de enfermedad renal crónica.

**Factores de riesgo:** Las enfermedades que más frecuentemente llevan a la insuficiencia renal crónica son: Hipertensión arterial, Diabetes mellitus, Enfermedad poliquística del riñón, Glomerulonefritis, Infecciones urinarias recurrentes, Cálculos urinarios recurrentes, Mieloma múltiple, Lupus y otras enfermedades autoinmunes, Uso abusivo de antiinflamatorios.

**Tratamiento:** No existe cura para la enfermedad renal crónica, ya que es un reflejo del daño irreversible en partes de los riñones. Tampoco existe ningún medicamento que haga con que los riñones vuelvan a funcionar bien.

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Estudio observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo realizado con pacientes que acudieron a sesiones de hemodiálisis durante el periodo comprendido de enero 2020 a marzo de 2021. Se llevó a cabo una revisión de los expedientes por parte del titular de la investigación siendo recolectados principalmente los datos de los pacientes dializados enfocados en sus factores de riesgo, edades y género para identificar las enfermedades que son factores de riesgo en la enfermedad renal crónica presentados por pacientes de hemodiálisis. Se les realizó una encuesta a los pacientes para obtener los datos necesarios para esta investigación y el análisis estadístico, a través de frecuencias simples y medias de tendencia central. El estudio cumplió con las recomendaciones éticas de la declaración de Helsinki, el Código Sanitario Mexicano, así como con la Ley General de Salud y comité de ética y toda la información se utilizó únicamente con fines de investigación por lo cual no se dañó la integridad del paciente y de la institución de salud.

## COMENTARIOS FINALES

### Resumen de resultados

Se revisaron a 30 pacientes que han acudido a sesiones de hemodiálisis del Hospital de la ciudad Vossan de la Ciudad de Campeche, Campeche. En este sentido la ejecución de este trabajo fue mediante la colecta y revisión de los resultados que determinaron los factores de riesgo en los pacientes, su edad y género. Las variables analizadas en los pacientes para realizar el siguiente estudio fueron edad de inicio de la hemodiálisis, género y los factores de riesgo asociados que precipitaron la aparición de IRC y por consiguiente el uso de hemodiálisis como terapia sustitutiva.

Las edades de los pacientes analizados variaron entre los 23 y 79 años. Los géneros analizados son femenino y masculino. Con respecto al género predominaron los hombres sobre las mujeres; mientras que las edades de mayor prevalencia se encuentran como moda la edad de 60 años y como mediana 57.5.

Los factores de riesgo investigados en su mayoría son diabetes mellitus 2, hipertensión arterial, obesidad, infecciones urinarias recurrentes y otros asociados. Al analizar la variable de diabetes mellitus 2 se observó que el 100% presentó esta patología como factor de riesgo para padecer IRC, con el posterior uso de hemodiálisis como método sustitutivo de la función renal. En la variable hipertensión arterial, se obtiene que el 70% (21 pacientes) padecen de esta patología y es considerado como factor de riesgo importante para presentar IRC. En la variable obesidad, se encuentra reportado que el 60% (18 pacientes) padecen esta enfermedad, lo cual hace referencia a que menos de la mitad de ellos no asocian la obesidad como un factor de riesgo para padecer IRC. En la variable infecciones urinarias recurrentes, se encuentra que el 33.3% (10 personas) de

estos pacientes ha presentado infecciones urinarias recurrentes, lo que significa que es un factor de riesgo no muy notable para padecer IRC en los pacientes evaluados.

El uso de la hemodiálisis como terapia sustitutiva ha sido de gran ayuda para estos pacientes, ya que, en su mayoría, no se han reportado complicaciones de la IRC.

Tratándose específicamente del sector clínico de hemodiálisis, este requiere una atención especializada, principalmente, para mantenimiento de la calidad de vida del paciente, ya que aunado a la IRC que presentan, los pacientes portan enfermedades que requieren de su adecuado manejo y cuidados para llevar una buena evolución y pronóstico favorable al paciente. De esa forma, destaca la importancia de la hemodiálisis, así como la calidad de la asistencia y la educación del paciente renal crónico, con el objetivo de alcanzar un mejor plan de tratamiento.

## CONCLUSIONES

El uso de hemodiálisis ha sido de ayuda para mantener a los pacientes con IRC en una línea donde se busque como objetivo el mantenimiento de la función renal, ya que si bien, la IRC no tiene tratamiento definitivo, la hemodiálisis podría causar un impacto importante para el mejoramiento de los pacientes; de igual forma es importante conocer a cada uno de ellos para tratar de manera objetiva sus factores de riesgo e inicio de las mismas y tomar en cuenta sus géneros para mantenerlos en la medida de lo posible estables y sin correr el riesgo de complicaciones durante la IRC y su tratamiento con hemodiálisis.

Los pacientes con enfermedad renal crónica tienden a presentar complicaciones debido a sus factores de riesgo, ya que estos se descontrolan y en muchas ocasiones hay quienes no desean manejo sustitutivo, lo que hace que el médico se vea más comprometido a tratar inicialmente sus enfermedades agregadas a la IRC, por ello es importante tomar en cuenta que los pacientes con inicio de sus patologías agregadas desde hace más de 10 años corren mayor riesgo de complicaciones para padecer IRC y otras enfermedades agregadas, o simplemente complicaciones de la misma IRC.

## REFERENCIAS

ALHAMBRA-EXPOSITO, María-Rosa et al. Recomendaciones del grupo GARIN para el tratamiento dietético de los pacientes con enfermedad renal crónica. *Nutr. Hosp.* [online]. 2019, vol.36, pp.183-217. Disponible en: <[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112019000100183&lng=es&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000100183&lng=es&nrm=iso)>. Epub 26-Abr-2021. ISSN 1699-5198. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1823>.

Border WA, Noble N. Maximizing hemodynamic-independent effect of angiotensin II antagonists in fibrotic diseases. *Seminars in Nephrology* 2001; 21: 563-572.

Border WA, Noble NA. Transforming growth factor B in tissue fibrosis. *N Engl J Med* 1994; 331: 1286 – 1292.

Calebondo Marzo E. insuficiencia renal crónica en una comunidad urbana de México. Rev IMSS 2002;11 (1): 1-12.

Carrero JJ, Cozzolino M. Nutritional therapy, phosphate control and renal protection. Nephron Clin Pract 2014; 126:1-6.

Carrero JJ, Stenvinkel P, Cuppari I, Ikizler TA, Kalantar-Zadeh K, Kaysen G, et al. Etiology of the protein-energy wasting syndrome in chronic kidney disease: a consensus statement from the International Society of Renal Nutrition and Metabolism (ISRNM). J Ren Nutr 2013; 23:77-90.

Chagnac A, Weinstein T, Herman M, Hirsh J, Gafer U, Ori Y. The effects of weight loss on renal function in patients with severe obesity. J Am Soc Nephrol 2003; 14:1480-6.

Comité de Registro de la Sociedad Española de Nefrología. Informe de diálisis y trasplante de la Sociedad Española de Nefrología correspondiente a 1999. Nefrología (En prensa) 1999.

Diabetes Control and Complications Trial Research Group. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin dependent diabetes mellitus. N Engl J Med 1993; 329: 997-86.

Díaz López A, Bullo M, Martínez González MA, Guasch-Ferré M, Ros E, Basora J et al. Effects of Mediterranean diets on kidney function. Am J Kidney Dis 2012;60(3):380-9.

Díaz-Buxo HA, Gotch FA, Folden TI, et al. Peritoneal diálisis adequacy. A model to asses feasibility with various modalities. Kidney Int 1999; 33: 2493.

# CONDICIONES DE CULTIVO EN LA BIOSÍNTESIS DE LIPOPÉPTIDOS POR UNA BACTERIA MARINA

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

### **Tomás López Gutiérrez**

Docente e Investigador de la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche

### **Baldemar Aké Canché**

Docente e Investigador de la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la U.A.C.

### **Betty Sarabia Alcocer**

Docente e Investigadora de la Facultad de Medicina de la U.A.C.

### **Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara**

Docente e Investigador de la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche

### **Román Pérez Balan**

Es Docente e Investigador de la Facultad de Bioquímica de la Universidad Autónoma de Campeche

### **Josefina Graciela Ancona León**

Docente e Investigador de la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche

**RESUMEN:** En este estudio se investigó la bacteria *Bacillus mojavensis* por su capacidad para producir lipopéptidos. La adición de 0.2 g/L de hierro al medio Luria Bertani Miller aumentó la producción de lipopéptidos iturinas, efectivos contra *Colletotrichum gloeosporioides*. Se usaron diseños factoriales para evaluar cómo las variaciones en el medio afectan la diversidad y actividad de los lipopéptidos. Las condiciones de cultivo planctónico favorecieron la producción de lipopéptidos bioactivos, mientras que el cultivo sésil produjo altas concentraciones de células viables, pero menos lipopéptidos. Un diseño factorial fraccionado mostró que variables como la concentración del inóculo, temperatura, pH y agitación no afectaron significativamente la actividad antifúngica. Los extractos de cultivos planctónicos mostraron una amplia versatilidad antifúngica contra varios hongos fitopatógenos, destacando la eficacia de los lipopéptidos de *B. mojavensis*. Estos resultados subrayan la importancia de optimizar las condiciones de cultivo para maximizar la producción de compuestos bioactivos.

**PALABRAS CLAVE:** Lipopéptidos, marino, *Bacillus mojavensis*, cultivo

## INTRODUCCIÓN

En nuestro planeta, la hidrosfera marina representa más del 70% de la biosfera terrestre, siendo el origen de las primeras formas de vida. Las grandes extensiones de este hábitat permiten una alta diversidad debido a sus cambiantes condiciones fisicoquímicas como temperatura, pH, salinidad, radiación UV, presión barométrica, corrientes, regímenes de precipitación y patrones de viento. Los microorganismos marinos han desarrollado adaptaciones fisiológicas y metabólicas únicas, haciendo de ellos una fuente incomparable de diversidad química. La colonización de superficies es una adaptación ecológica universal en sistemas marinos, permitiendo a los microorganismos adherirse a superficies submareales e intertidales formando biopelículas. Estas adaptaciones resultan en la producción de metabolitos secundarios como antibióticos, antioxidantes y biosurfactantes. Los biosurfactantes, con estructuras diversas, tienen aplicaciones biotecnológicas e industriales por su compatibilidad ambiental, biodegradabilidad y baja toxicidad. *Bacillus* spp. destacan por producir biosurfactantes lipopéptidos como surfactina, iturina y fengicina, con actividad antimicrobiana. *B. mojavensis* produce un lipopéptido con fuerte actividad antifúngica. Las condiciones de cultivo influyen en la producción de estos metabolitos secundarios.

## METODOLOGÍA

### Síntesis de lipopéptidos en condiciones planctónicas y sésiles

Se realizó el cultivo de la cepa de la bacteria de *Bacillus mojavensis* utilizando las condiciones de cultivo planctónico y sésiles. En ambos casos se utilizó un precultivo en condiciones planctónica.

### Parámetros Cinéticos de *Bacillus mojavensis* en Condiciones de Cultivo Planctónicas

Se realizó la cinética de crecimiento y extracción del biosurfactante de *Bacillus mojavensis* durante 96 h en caldo Luria Bertani Miller, con sales marinas, L-tirosina y sulfato de hierro II. L-tirosina se preparó en solución concentrada de 0.2 g/150 mL de agua destilada, esterilizada en autoclave. Sulfato de hierro II se preparó en solución concentrada de 0.1 g/100 mL de agua destilada, esterilizada mediante filtración.

### Precultivo de *Bacillus mojavensis*

Se inocularon 100  $\mu$ L de *Bacillus mojavensis* en 10 mL de CLBMGA-Fe, incubando a 140 rpm y 25 °C por 48 h. El precultivo se ajustó a una densidad óptica (DO) de 3 a 520 nm.



## Cultivo planctónico de *Bacillus mojavensis*

Diez mililitros del precultivo se agregaron a 90 mL de CLBMGA-Tyr-Fe en matraces de 500 mL (18 matraces). Se evaluaron la DO (520 nm), UFC/mL de células vegetativas y esporas, biomasa, pH del sobrenadante y cantidad de lipopéptido cada 12 h durante 96 h.

## Cultivo sésil de *Bacillus mojavensis*

El aditamento que resultó crucial para la mayor producción y actividad del o los lipopéptidos en el cultivo planctónico fue el  $\text{FeSO}_4$ , por lo tanto, se usó el medio CLBM-Fe para la cinética de crecimiento sésil de *Bacillus mojavensis*, mediante el sistema de fermentación de Roller Bottle.

Para realizar este sistema de fermentación, se depositaron 35 mL de agar Luria Bertani Miller en botellas de cultivo de vidrio con capacidad para 250 mL. Después, se esterilizaron las botellas y se giraron manualmente sobre hielo para que el agar recubriera toda la superficie interna de cada botella. Las botellas fueron incubadas durante 48 h con luz constante a 28° C y después de transcurrido este tiempo, se agregó a cada botella 1 mL del precultivo de 48 h de *B. mojavensis*, cultivado en CLBM-Fe, y ajustado a una DO520nm de 3. El precultivo agregado, se extendió sobre toda la superficie y las botellas se incubaron durante 48 h, en el sistema rotatorio horizontal Benchtop roller mini, a 2 rpm para la formación de la biopelícula. Después de la formación estable de la biopelícula, se agregaron 40 mL del CLBM-Fe por botella y se prosigo con la incubación a las mismas condiciones a 4 rpm (Yan et al., 2002).

## Determinaciones Analíticas de los cultivos planctónicos y sésiles

Densidad Óptica (DO): Se midió la DO a 520 nm con diluciones 1:10 del cultivo. Las mediciones se realizaron por triplicado.

UFC/mL Viables Totales: Se realizaron diluciones seriadas en solución salina (0.85%), se depositaron 500  $\mu\text{L}$  en placas con agar LBMGA, incubando a 28 °C por 24 h.

UFC/mL de Esporas: Se realizaron diluciones seriadas, incubadas a 80 °C por 15 min, se depositaron 500  $\mu\text{L}$  en placas con agar LBMGA, incubando a 28 °C por 24 h. El número de células vegetativas se calculó restando UFC/mL de esporas de UFC/mL viables totales.

pH: Se midió en sobrenadantes filtrados mediante un pHmetro.

## Extracción del Lipopéptido de los cultivos planctónicos y sésiles

El extracto crudo del lipopéptido se obtuvo precipitando el sobrenadante libre de células a pH 2 con HCl, agitando a 5 °C durante la noche. El precipitado se re-suspendió en agua basificada, congeló y liofilizó. El liofilizado se pesó y el rendimiento del extracto crudo se reportó en g/100 mL de medio.

## Evaluación de la Actividad Biológica de los cultivos planctónicos y sésiles

Se evaluó la actividad biológica del biosurfactante mediante ensayos de actividad hemolítica y antifúngica.

### RESULTADOS

#### Cultivo Planctónico

Los suplementos que se evaluaron fueron la Sal marina (Gal Aquarium), el aminoácido L-tirosina y el hierro en forma de FeSO<sub>4</sub>. El diseño factorial de dos niveles, fue utilizado para evaluar las múltiples variables independientes y detectar las variables significativas en un solo diseño. En el cuadro 8 se representan en las columnas las distintas variables que fueron evaluadas, y en cada fila a los diferentes experimentos que se llevaron a cabo. Cada variable se examinó a dos niveles: un nivel alto (+) y un nivel bajo (-) (Tobias, 2003). Dos experimentos más se realizaron y se consideraron como controles de los experimentos. Se realizaron en total 3 réplicas para el diseño factorial de dos niveles (Figura 1).

Experimentos	Patrón	Variables		
		L-tirosina	Sal Gal Aquarium	Sulfato de hierro
1	---	-	-	-
2	+--	+	-	-
3	-+-	-	+	-
4	++-	+	+	-
5	--+	-	-	+
6	+++	+	-	+
7	-++	-	+	+
8	+++	+	+	+
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Figura 1. Diseño factorial de dos niveles

Con la finalidad de determinar el tiempo en el cual se produce la mayor cantidad y actividad antifúngica del lipopéptido; usando el medio de LBM suplementado con Tyr y Fe, se realizó el seguimiento del crecimiento de *B. mojavensis* MC3B-22 durante 4 días, mediante mediciones cada 12 horas de DO520nm, UFC de células vegetativas, UFC de esporas, biomasa seca, pH del sobrenadante libre de células y la extracción del extracto crudo del lipopéptido

El análisis de los resultados correspondientes a los parámetros cinéticos de las (UFC) tanto de células vegetativas como de esporas, determinó que la cinética tiene un comportamiento de primer orden, donde se observan las cuatro etapas características de un cultivo microbiano discontinuo o “batch” (Figura 2). Durante el tiempo monitoreado, el crecimiento de *B. mojavensis* en el medio CLBM-tyr-Fe presentó una fase corta de adaptación (Fase lag) de solo 12 h, que era un dato esperado, ya que el pre-inóculo utilizado se realizó con el CLBM-Fe. A partir de las 24 horas se observa la fase exponencial; y a las 60 h se obtuvo el valor de duplicación bacteriana más alto ( $3.5 \times 10^{11}$  UFC/mL). Los valores encontrados superaron en dos órdenes de magnitud la concentración de células viables de la misma bacteria marina reportadas por Mier (2013), con una concentración máxima de  $1.8 \times 10^9$  UFC/mL de células viables de la misma bacteria marina en CLBM pero sin agregar Fe y Tyr.

### Determinación de la actividad biológica del biosurfactante

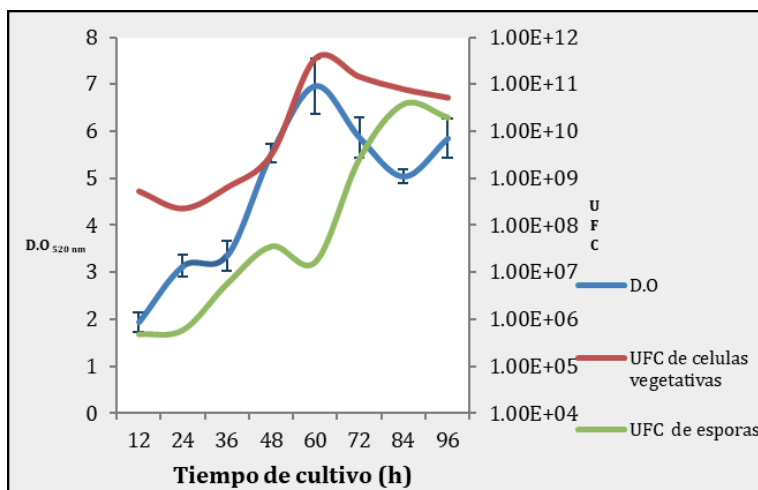


Figura 2. Cultivo planctónico de la bacteria *Bacillus mojavensis*

Se determinó la actividad hemolítica y antifúngica contra *Colletotrichum gloeosporioides* ATCC 42374 del lipopéptido extraído durante la cinética de *Bacillus mojavensis*, los datos muestran que a las 72 h se obtiene la mayor actividad antifúngica (Figura 4). El seguimiento de la actividad antifúngica fue el parámetro determinante, para establecer el tiempo óptimo de expresión del lipopéptido al utilizar el medio de cultivo CLBM con 0.1 g/L de tirosina y 0.2 g/L de sulfato de hierro. Estos suplementos agregados al medio CLBM lograron aumentar la actividad hemolítica y antifúngica con una disminución en el tiempo de máxima expresión en comparación a las 84 h de cultivo de *Bacillus mojavensis* en el CLBM solo con sales marinas (Durán, 2010; López, 2012).

Tiempo (h)	Actividad antifúngica diámetro (mm)
12	11.5 ± 0.70
24	16.0 ± 2.83
36	16.0 ± 0.00
48	18.0 ± 2.83
60	16.0 ± 0.00
72	19.5 ± 3.54
84	14.5 ± 0.70
96	15.5 ± 0.70

Figura 3. Datos de la actividad antifúngica del extracto de *Bacillus mojavensis* en cultivo planctónico



Figura 4. Actividad antifúngica del extracto de *Bacillus mojavensis* en cultivo planctónico

### Cultivo sésil

Una característica interesante de la cinética de crecimiento del cultivo sésil de *B. mojavensis*, es que no presentó la fase de declinación, característica de las cinéticas de crecimiento. Estos resultados indican que los nutrientes siempre estuvieron disponibles en las fases líquida (CLBM+ Fe) y sólida (Agar Luria Bertani Miller) del medio de cultivo. Posiblemente, la cepa *B. mojavensis* en condiciones séviles, no requiere altas concentraciones de nutrientes en contraste a los requeridos en los cultivos planctónicos.

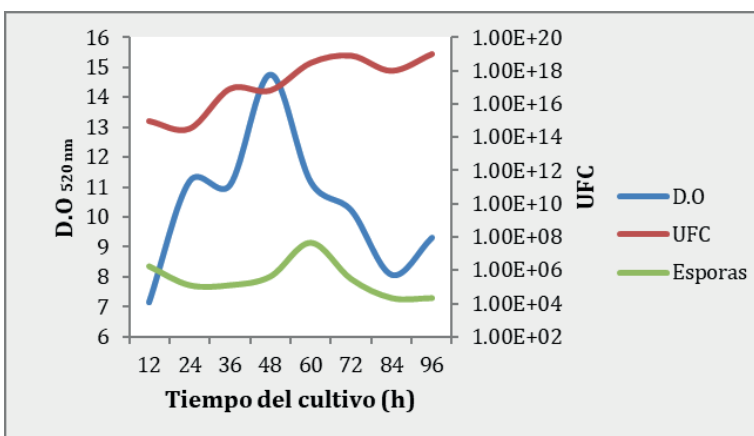


Figura 5. Cultivo planctónico de la bacteria *Bacillus mojavensis*

## Determinación de la actividad biológica del lipopéptido del cultivo sésil

Se determinó la actividad hemolítica y antifúngica del biosurfactante extraído de la cinética de crecimiento de *B. mojavensis* contra *C. gloeosporioides* ATCC 42374 (Figura 6 y 7). Sin embargo, ninguno de los extractos presentó actividad la actividad antifúngica (12 mm) disminuyó drásticamente en comparación de los extractos de los cultivos planctónicos (22 mm). Aunque la producción de metabolitos secundarios depende de estímulos externos de competencia, infección y limitación de nutrientes, Yan y colaboradores (2003) determinaron que la producción del antibiótico bacitracina mediante el cultivo sésil de *B. licheniformis* fue independiente de la esporulación (Yan et al., 2003). Por lo tanto, la actividad del biosurfactante de *B. mojavensis*, obtenido mediante el cultivo sésil, contra otros microorganismos no queda descartada.

Tiempo de cultivo (h)	Rendimiento del biosurfactante (g/L)	Actividad antifúngica (mm)
12	0.122	12
24	0.115	13
36	0.187	11
48	0.167	11
60	0.125	10
72	0.135	11
84	0.187	11
96	0.250	12

Figura 6. Datos de la actividad antifúngica del extracto de *Bacillus mojavensis* en cultivo sésil



Figura 7. Actividad antifúngica del cultivo sésil de lipopéptido de *Bacillus mojavensis*.

## CONCLUSIONES

El tiempo óptimo de cultivo de *B. mojavensis* en CLBM con tirosina y hierro, bajo condiciones planctónicas, para la producción de lipopéptidos fue de 72 h. La producción de UFC/mL de células vegetativas fue de  $1.4 \times 10^{11}$  y las esporas fue de  $2.69 \times 10^9$

La actividad antifúngica del lipopéptido producido por *B. mojavensis* en el medio de cultivo CLBM con tirosina y hierro fue a las 72 horas de  $19.5 \pm 3.54$  mm de diámetro de inhibición.

El sulfato de hierro (0.2 g/L), fue el aditamento que presentó el mayor efecto sobre la producción por *B. mojavensis* en CLBM, de lipopéptidos activos contra *C. gloeosporioides* ATCC 42374, en comparación con la tirosina y la Sal Gal Aquarium ya que se detectaron las mayores o, mejores actividades antifúngica ( $21 \pm 1$  mm) evaluadas a una concentración del 1%. Este aditamento promovió la producción de lipopéptidos de *B. mojavensis* pertenecientes a las familias de las iturinas y en pequeñas cantidades a la de las surfactinas con un efecto positivo sobre la actividad antifúngica contra *C. gloeosporioides*.  $1 \times 10^{11}$  y las UFC/mL de esporas fue de  $2.69 \times 10^9$ .

El cultivo sésil de *B. mojavensi* mediante el sistema de roller bottle produjo una concentración de células viable/mL de  $9.5 \times 10^{18}$  y tan solo  $4.4 \times 10^7$  de esporas/mL. El biosurfactante lipopeptídico producido no presentó actividad hemolítica y su actividad antifúngica fue muy baja (12 mm de diámetro).

## REFERENCIAS

De la Rosa Escalante ER (2013) Actividad antagónica de *Bacillus mojavensis* (MC3B-22) y *Paenibacillus* sp. (TS3B-45), para el control biológico de la antracnosis en mango y papaya. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Campeche, 71.

Durán-Reyes D (2010) Evaluación y caracterización de un biosurfactante producido por *Bacillus mojavensis* con actividad antifúngica contra *Colletotrichum gloeosporioides*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Campeche. pp. 73.

López Gutiérrez TJ (2012) Aislamiento biodirigido de un biosurfactante producido por la bacteria marina *Bacillus mojavensis* con actividad antifúngica contra *Colletotrichum gloeosporioides* Penz & Sacc var. *Minor* Simmonds. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche.

Perfumo A, Smyth TJP, Marchant R, Banat IM (2010) Production and roles of a biosurfactant and bioemulsifiers in accessing hydrophobic substrates En: Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology. Timmis KN, (Ed), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Northern Ireland, UK, pp: 1502-12.

Yan L, Boyd KG, Burgess JG (2002) Surface attachment induced production of antimicrobial compounds by marine epiphytic bacteria using modified roller bottle cultivation. *Marine Biotechnology*, 4: 356-66.

Yan L, Boyd KG, Adams DR, Burgess JG (2003) Biofilm-specific cross-species induction of antimicrobial compounds in *Bacilli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 7: 3719-27.

# POR TRÁS DA QUÍMICA DOS CONSERVANTES: UTILIZAÇÃO DE CONSERVANTES QUÍMICOS PARA AUMENTAR SHELF-LIFE DE PRODUTOS PANIFICÁVEIS

*Fecha de envío: 06/08/2024*

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

### **Marcella Freitas Santos**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ  
<http://lattes.cnpq.br/8514336111024234>

### **Elizabeth Teixeira de Souza**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<http://lattes.cnpq.br/7918572044822843>

**RESUMO:** O presente trabalho elaborado apresentará um histórico e funcionalidade dos meios de conservação de alimentos que continuam sendo utilizados atualmente, tendo como temática principal os conservantes químicos utilizados numa indústria alimentícia de produtos de panificação. Os conservantes químicos são essenciais para garantir que os produtos cheguem até o consumidor final com segurança, uma vez que, possuem ações a fim de reduzir a atividade de agentes com efeitos deteriorantes como fungos e bactérias e, principalmente, cheguem ao consumidor com qualidade. O método utilizado para este trabalho será o exploratório através de

artigos científicos, legislações fornecidas, análises de testes realizados numa indústria panificável localizada no Rio de Janeiro, levando em consideração possíveis ações que os conservantes químicos podem fornecer ao alimento, visando um aumento de shelf-life (vida de prateleira), dos produtos, complementando com os malefícios causados à saúde. Este trabalho foi pensado a fim de trazer uma proposta que apresenta-se como uma Sequência Didática Interativa (SDI) sobre o ensino da Química com ênfase nos processos de conservação que favorecem compreensão das reações químicas relacionadas ao apodrecimento dos alimentos de uma forma contextualizada, de maneira que os estudantes possam acompanhar os desenvolvimentos científicos e tecnológicos que os cercam e dessa forma se tornarem capazes de relacioná-los como as implicações das diversas tecnologias na sociedade em que estão inseridos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alimentos, Conservantes, Experimentação, Saúde, Educação, Sociedade.

**ABSTRACT:** The present work will present a history and functionality of food preservation media that continue to be currently used, with the main theme being the chemical preservatives used in a food industry of bakery products. Chemical preservatives are essential to ensure that products reach the end consumer safely, since they have actions to reduce the activity of agents with spoilage effects such as fungi and bacteria and, above all, reach the consumer with quality. The method used for this work will be exploratory through scientific articles, legislation provided, analysis of tests that have already been carried out in a bakery industry located in Rio de Janeiro, taking into account possible actions that chemical preservatives can provide to food, aiming at an increase in shelf-life of products, complementing with the harm caused to health. This work was designed in order to bring a proposal that presents itself as an Interactive Didactic Sequence (IDS) on the teaching of Chemistry with emphasis on the preservation processes that favor the understanding of the chemical reactions related to the rotting of food in a contextualized way, so that students can follow the scientific and technological developments that surround them and thus become able to relate them as the implications of the technologies in the society in which they are inserted.

**KEYWORDS:** Food, Preservatives, Experimentation, Health, Education, Society.

## INTRODUÇÃO

Há uma grande perda de alimentos devido à uma má conservação, sendo ela muito comum que ocorra durante o transporte e armazenamento, no qual ocorre em razão da reprodução de microorganismos que se multiplicam gerando uma alteração sensorial e química dos alimentos, o que torna seu consumo prejudicial (VINCENZI, 2021).

Existem diversos métodos utilizados com a finalidade de conservar os alimentos, tais como: pasteurização, congelamento, branqueamento, entre outros. Há também uma prática muito utilizada na conservação dos alimentos, a utilização de conservantes químicos, no qual, possuem como finalidade conservar características como sabor, cheiro, aparência, consistência, e seu valor nutritivo, além disso, seu uso também é essencial quando as instalações de armazenamento e o transporte são inadequados, ou quando o percurso entre o centro produtivo e o consumidor final é muito extenso, tudo isso, visando o prolongamento do tempo de prateleira do produto (shelf-life) (MANGANG, 2017).

Por um outro lado, tem sido muito observado o uso dessas técnicas de conservação, em que, vem apresentando incertezas relacionadas à segurança ao consumir essas substâncias, referentes a possíveis complicações e malefícios que podem trazer ao ser humano, sendo necessário uma maior fiscalização (COPETTI, 2019).

O órgão que fiscaliza a aplicação dessas regras é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), mas como é praticamente impossível atuar em todas as indústrias ao mesmo tempo, a fiscalização se dá de maneira periódica ou esporádica. Eventualmente, algumas indústrias de alimentos podem se aproveitar dessa falta de vigilância e acabam desobedecendo às leis de concentrações aprovadas para a utilização de aditivos químicos, colocando em riscos a saúde dos consumidores. Atualmente, todas as indústrias que



utilizam aditivos devem respeitar as quantidades estabelecidas pela ANVISA, bem como discriminá-los no rótulo dos respectivos alimentos.

O presente trabalho desdobra-se em dois segmentos: Um conhecimento relacionado à utilização de aditivos químicos na produção de produtos de panificação e, na outra, entende-se uma alternativa pedagógica para impulsionar o ensino da Química.

Diante disso, o trabalho é dividido em seis seções, contando a Introdução, sendo elas:

1. Apresentação dos fundamentos da alternativa pedagógica mencionada (SDI);
2. Por dentro das exigências sanitárias na utilização de aditivos químicos; história dos principais conservantes utilizados na panificação e conceitos químicos;
3. Discussão a respeito dos materiais e métodos proposto;
4. A seção quarta resume seus resultados;
5. A quinta levanta algumas discussões sobre eles;
6. Conclusão do trabalho.

## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA (SDI)**

O método de aprendizagem de sequência didática interativa (SDI) é uma abordagem inovadora e eficaz no ensino que visa engajar os alunos de maneira ativa e colaborativa, promovendo uma compreensão mais profunda dos conteúdos e habilidades ensinados. Esta metodologia se baseia na estruturação do processo de ensino em etapas sequenciais, cada uma com objetivos claros e atividades interativas que facilitam a construção do conhecimento de forma gradual e contextualizada (VILA NOVA, 2022).

O SDI propõe alguns estágios para compor uma aprendizagem eficaz.

1. **Estrutura Sequencial:** A sequência didática interativa é organizada em etapas lógicas e progressivas, onde cada fase constrói sobre a anterior. Isso permite que os alunos desenvolvam seu entendimento passo a passo, consolidando o aprendizado de forma sistemática.
2. **Interatividade:** A interação é um componente crucial desse método. As atividades propostas exigem a participação ativa dos alunos, seja por meio de discussões em grupo, experimentações práticas, uso de tecnologias educacionais ou resolução de problemas. Essa interatividade aumenta o engajamento e motiva os alunos a se envolverem mais profundamente com o conteúdo.
3. **Contextualização:** As sequências didáticas são contextualizadas para tornar o aprendizado mais relevante e significativo. Os conteúdos serão apresentados em situações práticas e relacionadas ao cotidiano dos alunos, o que facilita a compreensão e a aplicação do conhecimento em diferentes contextos.
4. **Avaliação Contínua:** A avaliação é integrada ao processo de ensino-aprendizagem, ocorrendo de forma contínua e formativa. Feedbacks frequentes ajudam os alunos a identificar seus pontos fortes e áreas que precisam de melhorias, permitindo ajustes e intervenções pedagógicas oportunas.

Há muitos benefícios em cima do estilo do método de aprendizagem da SDI e (VIEIRA, 2022), para nortear a elaboração deste trabalho foi necessário combinar os estágios entre si em paralelo ao entendimento da matriz de referência do ENEM das Ciências da Natureza e suas tecnologias, bem como as competências e habilidades a serem desenvolvidas (MACENO, 2011), sendo elas:

Competência de área 1: Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Habilidade - Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

Competência de área 2: Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

Habilidade - Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 3: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade - Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 4 : Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade - Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

Diante desses objetivos de aprendizagens, é esperado se obter:

- Desenvolver a habilidade de trabalhar em grupo;
- Estimular a capacidade de tomadas de decisões a respeito da conservação de alimentos;
- Desenvolver o pensamento crítico;
- Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas;
- Selecionar e construir argumentos com base em evidências e em conhecimentos científicos;
- Propor hipóteses;

Com esses elementos conceituais da teoria da aprendizagem será possível discutir a possibilidade de aplicações metodológicas visando direcionar o aprendizado para um conjunto de alunos de turmas do ensino médio.

## **CONSERVANTES: HISTÓRIA, EXIGÊNCIAS SANITÁRIAS DE UTILIZAÇÃO E CONCEITOS QUÍMICOS**

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), em contexto mundial, cerca de 30% dos alimentos produzidos são perdidos anualmente por conta de sua degradação. Desta forma, o uso de aditivos químicos, como os conservantes, vem sendo cada vez mais utilizado devido à uma grande eficácia com as aplicações feitas nos alimentos, e assim, torna-se necessário o acompanhamento de órgãos controladores no uso dessas substâncias, para que não cause nenhum risco à saúde humana (COPETTI, 2019).

A portaria nº 540 - SVS/MS de 27 de outubro de 1997 publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleceu, aditivos químicos, como:

“Qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento. Esta definição não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas que sejam incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutricionais (ANVISA, 1997).”

Para que seja concedido o uso desta técnica de aplicação de conservantes, deve-se passar por uma série de pesquisas a fim de verificar a toxicidade da substância e os riscos que podem causar à saúde humana decorrente de seu uso frequente. Estas análises são feitas periodicamente, mesmo depois de ser aprovado, mantendo o conservante em observação para ser revisado sempre que preciso.

Conforme a resolução nº 04/88 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1988), alguns dos conservantes utilizados, com permissão, no Brasil são apresentados na Tabela 1. Também é descrito as principais aplicações do respectivo conservante, acompanhado do seu número de INS (Sistema Internacional de Numeração de Aditivos Alimentares) – método elaborado pelo Comitê do Codex Alimentarius para auxiliar na identificação dos aditivos nas listas de ingredientes, e assim possibilitando ao usuário um meio mais usual quando precisar consultar algum aditivo ou conservante em específico (ANVISA, 2010).

<b>Conservantes</b>	<b>Número de INS</b>	<b>Principais aplicações</b>
Ácido sórbico e seus sais (sódio, cálcio e potássio)	200-203	Queijos, laticínios, carnes, produtos a base de peixe, pão e produtos de confeitaria
Ácido propiônico e seus sais (sódio, cálcio e potássio)	280-283	Produtos de panificação: margarinas, farinhas e doces
Ácido benzóico e seus sais (sódio, cálcio e potássio)	210-213	Geleia, doces, margarinas, molhos e bebidas carbonatadas
Ácido láctico e derivados	270	Margarinas, fermento em pó e maioneses
Ácido acético e acetatos (sódio, cálcio e potássio)	260-263	Legumes em conserva, picles e molhos

Tabela 1: Relação dos conservantes permitidos, principais aplicações e número de INS.

Fonte: VINCENZI, 2021.

Existem alguns tipos de microrganismos, e eles podem ser separados em três principais grupos: microrganismos deteriorantes, aqueles que geram alterações sensoriais afetando a qualidade do alimento, como sabor, textura, odor e aparência; microorganismos patogênicos, aqueles que não fazem nenhuma alteração visual ou sensorial no alimento, porém, apresentam um risco ainda maior, visto que, proporcionam o desenvolvimento de infecções e intoxicações nas pessoas que consumirem tal alimento que esteja contaminado; e microrganismos usados na produção de alimentos fermentados, aqueles que geram reações químicas características para que ocorra a alteração sensorial desejada para o alimento, sendo muito utilizado em vinhos, queijos e pães (VINCENZI, 2021).

Portanto, para definir qual conservante deve ser utilizado, têm-se que considerar alguns fatores, como o efeito que pode gerar no paladar; custo e eficiência; facilidade em que é aplicado; e os tipos de microorganismos que deseja controlar (SILVA, 2019). Cada conservante é específico para cada tipo de alimento, devendo sempre seguir as legislações a respeito do seu uso e quantidade máxima permitida para ingestão, com o propósito de evitar problemas de saúde à população.

Os principais conservantes com aplicações em produtos panificáveis abordados na tabela 1, que serão utilizados para os testes a serem elaborados para desenvolvimento com as turmas de ensino médio, estão descritos na tabela 2, abaixo, junto com suas fórmulas estruturais:

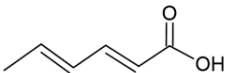
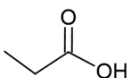
<b>Conservante</b>	<b>Fórmula estrutural</b>
Ácido sórbico	
Ácido Propiônico	

Tabela 2: Principais conservantes e suas fórmulas estruturais.

Fonte: COPETTI, 2019.

## ÁCIDO SÓRBICO E SEUS SAIS

O Ácido sórbico é apresentado na forma de pó ou cristais levemente esbranquiçados, sua fórmula molecular é  $C_6H_8O_2$ . É um ácido orgânico, pouco solúvel em água e com uma estrutura molecular de cadeia aberta e insaturada podendo ter suas variações de sorbatos, como: sódio, cálcio e potássio. Em 1940 foi descoberta a sua capacidade de conservação antimicrobiana, e posteriormente, a liberação para uso em alimentos sendo considerados seguros e inofensivos. O ácido sórbico é eficaz contra leveduras e bolores, funcionando também para algumas bactérias (GALO, 2022).

Já os seus sais, sorbatos, são eficazes dependendo dos tipos microbianos, espécies, cepas e fatores ambientais.

Este tipo de conservante possui ótimos resultados na conservação de produtos cosméticos e medicamentos, porém seu foco é maior no ramo alimentício, ocorrendo uma grande aplicação em produtos laticínios, carnes, queijos e produtos de panificação. Os métodos utilizados para o uso desse conservante podem ser por meio de adição direta no alimento, pulverização, sova, imersão ou até mesmo incorporação na embalagem (SOUTELO, 2020).

## ÁCIDO PROPIONICO E SEUS SAIS

O ácido propiônico tem por característica ser um líquido incolor, oleoso e possuir um forte odor, além de ser um ácido orgânico monocarboxílico, com cadeia aberta e saturada, sua fórmula química é  $C_3H_6O_2$ . Na nomenclatura da IUPAC é conhecido como ácido propanóico (RANGEL, 2004). É um composto polar, solúvel em soluções aquosas, que fazem ligação de hidrogênio. Pode formar sais de cálcio, potássio, sódio; também o de amônia, porém seu uso como aditivos alimentares é proibido na União Europeia (VINCENZI, 2021).

Sua ação contra as bactérias não é tão eficaz como para bolores, e para leveduras não há efeito nenhum usando as quantidades recomendadas para os alimentos. É bastante usado na indústria de panificação pois possuem pouca atuação contra os fermentos

biológicos, ou seja, não atrapalham no crescimento dos pães. Para produtos salgados o tipo de propionato mais utilizado é o de cálcio, já para os produtos doces usa-se o propionato de sódio (CORPAS, 2012).

## FORÇA DE UM ÁCIDO

A força de um ácido é uma medida de sua capacidade de doar prótons ( $H^+$ ) em solução. Esta característica é quantitativamente expressa pelo valor de  $pK_a$ , que é o logaritmo negativo da constante de dissociação ácida ( $K_a$ ). A constante de dissociação ácida ( $K_a$ ) indica o grau em que um ácido se ioniza em solução (ATKINS, 2006).

Definição de  $pK_a$ :  $pK_a = -\log(K_a)$

Sendo  $K_a$  (constante de dissociação ácida): Reflete a concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) e ânions conjugados produzidos pela ionização do ácido em solução, e  $pK_a$ , uma escala conveniente para expressar a acidez (ATKINS, 2006).

## RELAÇÃO ENTRE $pK_a$ E FORÇA DO ÁCIDO

Ácidos Fortes: Possuem valores de  $pK_a$  baixos. Isso significa que eles ionizam quase completamente em solução, liberando uma grande quantidade de íons ( $H^+$ ) (BROWN, 2005).

Ácidos Fracos: Possuem valores de  $pK_a$  altos. Eles ionizam apenas parcialmente em solução, liberando uma quantidade menor de íons ( $H^+$ ) (BROWN, 2005).

Dado o exposto do conceito de  $pK_a$  e força ácida, na tabela 3 abaixo podemos observar os valores para cada conservante a ser testado com os estudantes do ensino médio.

<i>Conservante</i>	<i>pKa</i>
Ácido sórbico	4,5 a 25 °C
Ácido propiônico	5,0 a 25 °C

Tabela 3: Valores de  $pK_a$  para os conservantes.

O ácido sórbico mesmo que apresente um valor de  $pK_a$  próximo a do ácido propiônico, ainda possui um valor menor que este. Tais valores podem ser explicados também, devido a estabilidade da base conjugada para cada ácido, no qual, como o ácido sórbico possui mais estruturas ressonantes, é de se esperar que a sua base conjugada seja mais fraca, ou seja, mais estável energeticamente e menos reativa, o que torna o ácido mais forte, sendo possível observar no valor tabelado (PEREIRA, 2011).

Por outro lado, o ácido propiônico, possui menos estruturas ressonantes, tornando sua base conjugada menos estabilizada e mais reativa, logo é de se esperar um aumento para o valor de  $pK_a$  e diminuição da força ácida.

Com isso, espera-se que os testes industriais a serem apresentados e feitos com os alunos na visita técnica, sejam efetivos nas análises de testes de shelf-life.

## MATERIAIS E MÉTODO PROPOSTO

Este trabalho tem como finalidade a aplicação em qualquer série do ensino médio. Os conteúdos que podem ser abordados para a 1° série do ensino médio são: estrutura de Lewis, Ligações interatômicas, etc. Ainda para a 2° série do ensino médio pode-se ter introdução à química orgânica no qual, os conteúdos abordados seriam: Ácidos e suas respectivas forças, levando em consideração a estabilidade da sua base conjugada de acordo com valores de pka, análises de ressonâncias nas estruturas, etc.

Por fim, para a 3° série do ensino médio, teríamos: biomoléculas, entendimento sobre microorganismos vivos, etc. A primeira etapa consistirá no pressupostos à SDI, fazendo um planejamento das atividades no qual escolheu-se o tema a ser trabalhado, dividindo-se em 4 aulas de 1 (uma) hora e, também, 1 (uma) visita técnica à uma fábrica de panificação com durabilidade de uma manhã inteira, totalizando 5 aulas.

A cada estrutura da SDI apresentada neste trabalho é composta por:

Aula 1 – Levantamento dos conhecimentos prévios: A primeira aula visou identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os fatores que favorecem a deteriorização dos alimentos, em que, foi utilizado de um questionário contendo as seguintes perguntas: *Por que os alimentos se estragam?; Que processos podem ser utilizados para evitar que se deteriore?Você conhece algum conservante alimentar? Cite-o.;*

Aula 2 – Abordagem Técnica e divisão da turma: Nesta segunda aula tem como finalidade a discussão e identificação dos conservantes aprovados pela ANVISA. Foi dividido uma turma de 20 alunos em 4 grupos, onde buscou-se investigar a influência dos aditivos na conservação dos alimentos de acordo com os dois conservantes que serão utilizados para a realização do teste experimental. Buscou-se também fazer o entendimento do conceito químico para esses aditivos, partindo de teorias já previamente discutidas em sala de aula sobre força ácida, estruturas ressonantes, etc.

Aula 3 – Preparação para a visita técnica: Nesta aula a turma que já foi previamente dividida em 4 grupos de 5 alunos cada, o docente irá trabalhar junto a turma, na construção de um questionário para o acompanhamento dos pães que serão testados com os conservantes, Ácido Sórbico e Ácido *Propiônico*, e cada 2 grupos irá acompanhar durante um período de 40 dias um conservante específico que irá ser sorteado entre os grupos.

Aula 4 – Visita técnica: Neste momento, os alunos se encontraram com o docente na escola para irem todos juntos à fábrica localizada no Rio de Janeiro, onde, a escola fornecerá um transporte para a visitação.

Na chegada à fábrica, os alunos deverão passar por uma breve apresentação sobre segurança dentro de uma indústria e BPF (Boas práticas de fabricação). Serão apresentados todo o processo produtivo desde a pesagem da receita até o encaixotamento do produto final.

Na etapa da receita, irá ser identificado uma pesagem como X sendo a com o conservante Ácido Sórbico e, outra pesagem como Y sendo o conservante Ácido Propiônico.

Após essa etapa, os alunos acompanharão o processo de batimento de massa das pesagens X e Y. Logo após, cada massa será colocada em uma forma, previamente identificada com os conservantes utilizados e seguirão para a etapa de pré fermentação – câmara de fermentação – forneamento, resfriamento, fatiadora – embaladora e encaixotadora.

Ainda nesta aula, após a etapa final que é a da encaixotadora, os alunos irão identificar as amostras que foram previamente nomeadas com X e Y. Em seguida, serão apresentados a uma sala, onde são direcionados os testes de controle de qualidade para acompanhamento de vida de prateleira de cada produto produzido em um determinado dia. A ideia é que seja feito o mesmo acompanhamento para os testes com os conservantes utilizados, em algum local já determinado na escola.

Os alunos levarão para a escola um total de 20 amostras, sendo 10 amostras para o conservante X e 10 amostras para o conservante Y.

Os alunos deverão fazer por um período de 40 dias um acompanhamento diário dos pães (sendo dias úteis segunda à sexta), olhando lateral, superfície, parte de baixo do pão.

Caso seja observado que algum pão começou a passar por um deterioramento, ou seja, presença de bolor, deverá ser registrado num formulário com o símbolo asterisco (\*), por outro lado, se não for observado nenhuma alteração em um determinado dia, deverá ser registrado com um traço (-).

PERÍODO	CONSERVANTE(X)	CONSERVANTE(Y)
1º dia		
2º dia		
3º dia		
4º dia		
5º dia		
6º dia		
7º dia		
8º dia		
9º dia		

Figura 1: Formulário de acompanhamento diário (Shelf-life).



Aula 5 – Construção de discussão: Nesta aula, após decorrido os 40 dias de teste, os alunos deverão fazer um levantamento dentro das 10 amostras de cada conservante, e identificar, qual conservante teve o menor número de amostra com aparecimento de bolor.

Feito isso, deverão relacionar e discutir com os conceitos já apresentados em sala de aula sobre força ácida, esperando-se observar que o melhor conservante seja aquele que possua um menor valor de pKA, logo, maior acidez. Com isso espera-se que este tenha um menor número amostral para bolores, no caso, o Ácido Sórbico.

Após as aulas ministradas e a experimentação técnica em cima de aditivos químicos, é de se ansiar que os alunos, consigam responder a um questionário contendo as seguintes perguntas: *Por que os alimentos se estragam? O uso de aditivos é necessário para a conservação dos alimentos?*

E com isso, comparar com as primeiras perguntas feitas no primeiro questionário proposto.

## DISCUSSÃO

A análise final da experimentação junto ao estilo de aprendizagem da SDI, tem como finalidade revelar que é possível a contextualização de conceitos científicos, valorizando os conhecimentos prévios, à interação entre aluno-aluno e aluno-professor, verificando que a compreensão dos conteúdos ensinados em sala de aula, se faz de maneira mais efetiva, visando esta técnica, observando-se um crescente nível de participação dos alunos nas aulas, e demonstração de maior entusiasmo.

Outro aspecto muito importante é a possibilidade de instrumentalizar os alunos para a tomada de decisões baseadas nos conhecimentos adquiridos nas aulas de química. No caso do estudo de aditivos alimentares, os novos conhecimentos facilitarão a compreensão das implicações do uso de aditivos para a comercialização dos produtos e para a saúde e possibilita na decisão sobre a escolha de alimentos.

Vale ressaltar que esse estilo de abordagem educacional molda atitudes e valores, resultando na formação de indivíduos conscientes, éticos e com pensamento crítico.

É importante frisar também, que é de extrema responsabilidade do docente o prévio conhecimento em cada aluno de sua turma e como cada um tem uma maneira diferente de aprendizado, sendo importante tornar o conhecimento em algo de entusiasmo constante e potencializador de aprendizado.

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os resultados dessa intervenção didática (SDI) indicam que a contextualização de atividades experimentais pode ser uma boa forma de contribuir para a melhoria do ensino de química. Uma sequência didática é dada num processo interativo no qual o objetivo é a elaboração de um grupo de decisões para que os processos tenham significados e as estratégias sejam mais efetivas, valorizando as respostas dos alunos e as condições às quais estão submetidas. Ainda espera-se dessa abordagem atender a diversidade de estilos de aprendizagem que se destacam em uma sala de aula contribuindo para a adequação de diferentes metodologias a serem aplicadas.

## REFERÊNCIAS

ANVISA, Gerência de Ações de Ciência e Tecnologia de Alimentos, guia de procedimentos para pedidos de inclusão e extensão de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia de fabricação na legislação brasileira, 2010.

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

COPETTI, N. F. Aditivos alimentares e suas consequências para a saúde humana. Trabalho de Conclusão de Curso (Nutrição) - Centro Universitário Unifacvest. Lages-SC. p. 13. 2019.

CORPAS, E. J. TAPASCO, O. A. Avaliação de conservantes a contagem de fungos em arepas usando duas condições ambientais. **Rev.Bio.Agro**. v.10, n.2, p.249-256, 2012.

GALO, A. A. OUTA, C. Y. SANTOS, L. R. BERTOLUCI, R. S. BARSOTTI, N. S. Conservantes farmacotécnicos utilizados em produtos dermocosméticos magistrais. **Braz. J. Nat. Sci**, v. 4, n. 3, p. 1-7, 2022.

GOMES, F. C. O. Análise dos compostos voláteis presentes em bebidas isotônicas comercializadas em Belo Horizonte–MG. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 16908 - 16918, apr. 2020.

MACENO, N. G. RITTER-PEREIRA, J. MALDANER, O. A. GUIMARÃES, O. M. A Matriz de Referência do ENEM 2009 e o Desafio de Recriar o Currículo de Química na Educação Básica. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 3, vol. 33, p. 153-159, ago, 2011.

MANGANG, K. C. S. DAS, A. J. DEKA, S. C. Comparative shelf life study of two different rice beers prepared using wild-type and established microbial starters. **The Institute of Brewing & Distilling**. v. 123, n. 4, p. 579-586, 2017.

PEREIRA, S. L. G. Alteração de conservantes no pós-registro e possíveis impactos na qualidade dos medicamentos fabricados. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP. Araraquara-SP. p. 30. 2011.

SOUZA, E. S. SOARES, F. M. BARROS J. R. CONSTANT, P. B. L. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos: uma revisão. **B. CEPPA**, Curitiba, n. 2, vol. 37, p. 18-29, jul/dez, 2019.

SOUTELO, A. C. M. FERREIRA, L. F. SALIBA, J. MACHADO, A. M. R. RANGEL, M. A. S. Conservação de sementes de soja pela aplicação de produtos à base de ácido propiônico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p.57-61, 2004.

VIEIRA, T. S. Análise das contribuições de uma sequência de didática interativa para o ensino de biomoléculas com estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola pública alagoana. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alagoas. Alagoas, p. 19. 2022.

VINCENZI, D. MENDES, L. J. MOTA, V. M. Aditivos como conservantes químicos. **Revista Ibero-americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, n.9, v. 7, p. 821-849, set, 2021.

VILA NOVA, J. S. FIRME, R. N. Analisando a sequência didática interativa no processo de construção/reconstrução de concepções de licenciandos em Química sobre a Natureza da Ciência. **Dialogia**, São Paulo, n. 41, p. 1-19, maio/ago, 2022.

# AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO COM PURIFICAÇÃO EM BAIXA TEMPERATURA EM AGROTÓXICOS

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

**Gleysson de P. Terra**

Docente, IFSULDEMINAS – *Campus*  
Pouso Alegre

**Lara R. Mapelli**

Discente, IFSULDEMINAS – *Campus*  
Pouso Alegre

## INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial da população aumentou a demanda por alimentos resultando no aumento da atividade agrícola e na intensificação da utilização de agrotóxicos (CORREA DE BARROS, A. L. et al., 2019). O impacto ambiental causado pelos agrotóxicos tem suscitado uma preocupação crescente ao longo dos anos, principalmente devido às atividades agrícolas intensivas e a ocorrência generalizada destes no ambiente e nas commodities alimentares (CORDOVA et al., 2017).

A busca por métodos mais eficientes de determinação de resíduos de agrotóxicos deve ser estimulada tanto do ponto de vista ambiental, econômico e toxicológico. Devido aos baixos níveis de detecção exigidos pelas agências regulatórias, a preparação eficiente da amostra e a detecção do nível de rastreamento são aspectos importantes em um método analítico (BEDASSA et al., 2017).

**RESUMO:** O uso crescente de agrotóxicos na agricultura tem levado a preocupações sobre o seu destino no meio ambiente. Este trabalho, tem como objetivo avaliar a técnica de extração líquido-líquido com purificação em baixa temperatura (ELL-PBT) em agrotóxicos. Apesar do elevado número de técnicas descritas na literatura, ela tem se apresentado como uma alternativa. Considerada como mais simples e acessível, devido ao consumo reduzido de solventes orgânicos e amostra, além de não exigir equipamentos especiais. Após o levantamento nas bases de dados do Portal Periódico Capes foram encontradas 9 publicações que enquadravam nos critérios de busca utilizados. É necessário uma maior difusão desta técnica, devido a facilidade de execução, equipamentos simples, de baixo custo, bem como o baixo consumo de solventes orgânicos e amostra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos; Ambiente; Pesticidas.

No preparo da amostra, as operações e os processos envolvidos, faz com que haja um aumento nos níveis de concentração do analito de interesse até o ponto em que possa ser determinado. Caso as operações no emprego da técnica forem efetuadas de maneira errada podem causar a perda analito, e ou contaminação do extrato a ser obtido (TANKIEWICZ et al., 2010).

A técnica de ELL-PBT surgiu como uma nova alternativa para a extração de pesticidas (PINHO et al., 2010). Apesar do elevado número de técnicas existentes, a ELL-PBT tem se apresentado como uma alternativa para extração de agrotóxicos (SILVÉRIO et al., 2012). A metodologia da ELL-PBT tem sido utilizada para extração de pesticidas em amostras aquosas. Esse método tem sido analisado como mais simples e acessível em relação à extração líquido-líquido (ELL), devido ao consumo reduzido de solventes orgânicos e amostra, além de não exigir equipamentos especiais (FREITAS et al., 2020).

A ELL-PBT consiste na adição de uma fase orgânica à fase aquosa matriz, consiste na adição de uma mistura composta por água e solvente orgânico à matriz sólida. Ao diminuir a temperatura do sistema para  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a amostra e componentes são congelados com a fase aquosa, enquanto os analitos são extraídos pela fase orgânica que permanece líquida (SICUPIRA et al., 2019).

Apesar de sua demonstrada relevância como discutido anteriormente, a produção científica relacionada a ELL-PBT em agrotóxicos é pequena. Não sendo, portanto, compatível à sua importância econômica e ambiental.

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, realizou-se um levantamento nas bases de dados do Portal Periódico Capes relativo as produções científicas publicadas a partir de estudos realizados desde o surgimento da nomenclatura da técnica por Vieira e colaboradores (2007), denominada como extração líquido-líquido com purificação em baixa temperatura. Neste trabalho utilizou-se uma metodologia descritivo-analítico-reflexiva (MARCOLINO, T. Q., MIZUKAMI, M, G, N, 2008).

Uma busca realizada na base de dados Web of Science, Scopus e Scielo em junho de 2021, utilizando-se o termo “liquid-liquid extraction with low temperature partitioning” em título, resumo e palavras-chave, retorna com mais de uma centena de publicações, considerando todas as áreas do conhecimento. A busca foi direcionada para as áreas de pesquisa deste artigo “LLE-LTP” e “pesticides”, ou seja, publicações que se enquadraram no eixo norteador da pesquisa bibliográfica, técnica de extração líquido-líquido com purificação em baixa temperatura em agrotóxicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a leitura de todos os resumos incluídos nesta pesquisa e publicações de interesse com a temática em estudo, pode-se avaliar a técnica de ELL-PBT em agrotóxicos. No total, encontraram-se nas bases de dados do Portal Periódicos Capes mencionadas, 2 publicações idênticas e 7 publicações idênticas quanto as bases Web of Science e Scopus, publicados desde 2007. A tabela 1 ilustra a busca nas bases de dados do Portal Periódico Capes.

Base de Dados	Total de publicações*	Publicações encontradas**	Publicações de interesse
Web of Science	259	14	9
Scopus	135	10	7
Scielo	12	2	2

\* Busca direcionada para "liquid-liquid extraction with low temperature partitioning"

\*\* Busca direcionada para "LLE-LTP" e "pesticides"

Tabela 1. Resultados das buscas nas bases de dados do Portal Periódicos Capes conforme temática estabelecida

Fonte: Do autor

A tabela 1 ilustra que, na base de dados do Portal Periódico Capes, foram encontradas 9 publicações que enquadravam nos critérios de busca aqui utilizados. Os artigos foram provenientes de 6 revistas internacionais e 3 nacionais. Este estudo tem demonstrado que o número de publicações acerca do tema em estudo é reduzido quando comparado com a importância da técnica ELL-PBT.

## CONCLUSÕES

A literatura consultada traz importantes contribuições da produção científica a respeito da técnica de extração líquido-líquido com purificação em baixa temperatura em agrotóxicos. Neste estudo, percebe-se uma importante lacuna no que diz respeito ao número de publicações, muito reduzidas, diante da importância do emprego desta técnica de extração em agrotóxicos. Além disso, a maioria dos artigos publicados na literatura brasileira, acerca do tema, são escassos. É necessário que estudos abordando a ELL-PBT sejam realizados a fim de garantir uma maior difusão desta técnica, devido a facilidade de execução, equipamentos simples, de baixo custo, bem como o baixo consumo de solventes orgânicos e amostra.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. S., GOULART, A. C., GOULART, S. M. et al. ANALYSIS OF ALDICARB IN SURFACE WATER FROM THE PARANAIBA RIVER. *Periodico Tche Quimica*, v. 15, n.29, p.31-38, jan. 2018.

BEDASSA, T., GURE, A., MEGERSA, N. The QuEChERS analytical method combined with low density solvent based dispersive liquid-liquid microextraction for quantitative extraction of multiclass pesticide residues in cereals. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, v. 31, n. 1, p. 1-15, 2017.

CORDOVA, L.G., AMIRI, A., PERES, N.A. Eficácia dos tratamentos com fungicidas seguindo o Strawberry Advisory System para o controle da podridão dos frutos de Botrytis na Flórida. *Crop Protection*, v. 100, p. 163-167, 2017.

CORREA DE BARROS, A. L. et al. Method development for simultaneous determination of polar and nonpolar pesticides in surface water by low-temperature partitioning extraction (LTPE) followed by HPLC-ESI-MS/MS. *Environmental science and pollution research*, v. 26, ed. 31, p. 31609-31622, nov. 2019.

DA SILVEIRA, T. M., ALVES, R. D., LOPES RIBEIRO DE QUEIROZ, M. et al. Study of Analytical Techniques to Determine Chlorpyrifos in the Surface Waterways of the Rural Zone of Ouro Branco, Brazil: A Case Study. *Water air and soil pollution*, v. 27, n. 9, p. 335, set. 2016.

FREITAS, L., SICUPIRA, L., PINHO, G., SILVÉRIO, F. O. Optimization and Validation of ELL-PBT and QuEChERS Methodologies for Determining 2,4-D in Water Samples. *Journal of the Brazilian chemical society*, v. 31, p. 1898-1907, 2020.

MAIA, M. R. et al. Solid-liquid extraction with low temperature purification coupled with gas chromatography and mass spectrometry for determination of polychlorinated biphenyls in sewage sludge. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 28, n. 1, p. 179-186, 2017.

MARCOLINO, T. Q., MIZUKAMI, M, G, N. Narrativas, processos reflexivos e prática profissional: apontamentos para a pesquisa e formação. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, v.12, n. 26, p.541-547, 2008.

SICUPIRA, LÁZARO; TIAGO, JOÃO; DE PINHO, GEVANY; SILVÉRIO, FLAVIANO. Simultaneous Determination of 2,3,7,8-TCDD and 2,3,7,8-TCDF in Water Samples by ELL-PBT and HPLC-DAD. *Journal of the Brazilian chemical society*, v. 30, p. 1284-1292, 2019.

SILVERIO, F. O.; SILVA, J. G. S., AGUIAR, M. C. S., CACIQUE, A. P., PINHO, G. P. Análise de agrotóxicos em água usando extração líquido-líquido com purificação em baixa temperatura por cromatografia líquida de alta eficiência. *Química Nova*, v. 35, p. 2052-2056, 2012.

# PREPARACIÓN DE PROBETAS DE ACERO SAE 1040 POR ELECTROPULIDO PARA POSTERIOR ANÁLISIS METALOGRÁFICO

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

**Luisa José Tapia**

Instituto Politécnico Nacional

**Guadalupe Escartin Gonzalez**

Instituto Politécnico Nacional

**Jose Luis Morales Gaspar**

Instituto Politécnico Nacional

**RESUMEN:** El trabajo presenta el proceso de electropulido que busca generar un conocimiento específico sobre el proceso de pulido electroquímico en aceros SAE 1040, como inciden las variables del proceso y el brillo de las superficies metálicas en este tipo de acero. El electropulido es un tratamiento superficial mediante el cual el metal a ser pulido actúa como ánodo en una celda electrolítica, disolviéndose. Con el fin de producir una superficie verdaderamente lisa, con la aplicación de corriente, se forma un film polarizado en la superficie metálica bajo tratamiento, permitiendo a los iones metálicos difundir a través de dicho film. En el presente estudio se pretende someter a este proceso una probeta de acero simultáneamente, y bajo condiciones controladas de intensidad de corriente y temperatura, para obtener un

abrillantamiento de la superficie. Por lo tanto, lograr una superficie plana electropulida, brillante, que no tendrá el aspecto especular del pulido mecánico. Así mismo obtener una superficie similar a la de un espejo para su posterior análisis metalográfico. En cuanto a la resistencia a la corrosión, probetas electropulidas que muestren una mejora con respecto las pulidas mecánicamente.

**PALABRAS CLAVE:** Electropulido; Acero; Superficie; Celda electrolítica

## PREPARATION OF SAE 1040 STEEL SAMPLES BY ELECTROPOLISHING FOR SUBSEQUENT METALLOGRAPHIC ANALYSIS

**ABSTRACT:** The work presents the electropolishing process that seeks to generate specific knowledge about the electrochemical polishing process in SAE 1040 steels, how the process variables and the brightness of the metal surfaces in this type of steel affect them. Electropolishing is a surface treatment by which the metal to be polished acts as an anode in an electrolytic cell, dissolving. In order to produce a truly smooth surface, with the application of current, a polarized film is formed on the metal surface under treatment, allowing the



metal ions to diffuse through said film. In the present study, it is intended to subject a steel test piece to this process simultaneously, and under controlled conditions of current intensity and temperature, to obtain a surface gloss. Therefore, achieve a flat, shiny electropolished surface, which will not have the specular appearance of mechanical polishing. Also obtain a mirror-like surface for later metallographic analysis. Regarding corrosion resistance, electropolished test pieces that show an improvement with respect to mechanically polished ones.

**KEYWORDS:** Electropolishing; Steel; Surface; Electrolytic cell

## INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una gran variedad de tratamientos químicos para superficies, el electropulido es una técnica de acabado químico para superficies, mediante la cual el metal se disuelve electrolíticamente, ión por ión, de la superficie de un objeto metálico. El objetivo primario es minimizar la microrrugosidad, reduciendo de manera espectacular el riesgo de adhesión de suciedad o residuos, mejorando la limpieza de las superficies. El electropulido también se usa para eliminar rebabas, abrillantar y pasivar.

Con el fin de producir una superficie verdaderamente lisa, se someterán las probetas de acero con dos tipos de irregularidades macroscópicas que deben ser eliminadas, analizando el grado de electropulido final.

El proceso tiene como resultado una superficie limpia e intacta. Posibles efectos no deseados en el tratamiento mecánico de la superficie: tensiones mecánica y térmica, inclusiones de partículas y superficies rugosas efectos evitables o reversibles.

La resistencia a la corrosión inherente en un tipo de acero inoxidable se aprovecha completamente. Por estos motivos, el electropulido se ha convertido en un tratamiento habitual para el acero inoxidable en las industrias en las que los requisitos de resistencia a la corrosión y limpieza son especialmente elevados. Las aplicaciones típicas se encuentran en la industria farmacéutica, bioquímica y alimentaria.

Dado que el electropulido no implica un impacto mecánico, térmico o químico, se pueden someter a los elementos pequeños y mecánicamente frágiles como es el caso de las probetas a estudiar. El electropulido se puede aplicar a piezas de casi cualquier forma o tamaño.

Desde el punto de vista técnico y económico, el electropulido permite:

Tratar piezas de forma irregular y de gran tamaño, en un tiempo corto y con gran ahorro de mano de obra.

Aumentar la resistencia a la corrosión ya que el proceso permite eliminar las capas superficiales formadas por labores de laminación y pulido, dejando sobre la superficie terminada una capa de óxidos de cromo y níquel extremadamente delgada y transparente que le confiere una excelente pasividad en relación con numerosos reactivos químicos.

Eliminar la coloración debida a procesos de soldadura o calentamiento, ahorrándose el proceso manual de su eliminación. Cabe señalar, sin embargo, que, si se desea una terminación uniforme, se debe realizar un decapado previo con el desoxidante-pasivador que provee nuestra Empresa.

Disminuir la tendencia en los líquidos y sólidos a adherirse a la superficie, mejorando los aspectos de limpieza y escurrido de las mismas, aspectos muy importantes en intercambiadores de calor, evaporadores, etc.

Pulir piezas de formas intrincadas, en las que el pulido mecánico resulta inaccesible. Esto es posible lograrlo en un solo tratamiento, proporcionando un aspecto uniforme en toda la superficie, lo cual sería difícil de lograr mediante métodos convencionales para posterior análisis metalográfico.

Disminuir el tiempo y costo del pulido, debido a la posibilidad de automatización del proceso, ahorro en insumos y mano de obra (Metalcast, 2024).

## DESARROLLO

El electropulido elimina metal de una pieza mediante la aplicación de una corriente eléctrica con la pieza sumergida en un electrolito de una composición específica. El proceso es exactamente el inverso a la galvanización. En un proceso de galvanizado, los iones metálicos se depositan de la solución sobre la pieza. En un proceso de electropulido, la propia pieza se desgasta, añadiendo iones del metal a la solución.

Una instalación típica de electropulido es similar en apariencia a una línea de galvanización. Una fuente de alimentación, que transforma la corriente CA en CC y baja el voltaje a menores tensiones. Por lo general se usa un depósito fabricado de plástico o depósitos con recubrimiento de plomo para mantener el baño químico. Una serie de placas catódicas de plomo, cobre o acero inoxidable se sumergen en el baño, conectadas al polo negativo (-) de la fuente de alimentación. Las piezas a electropulir se fijan a una barra o rejilla hecha de titanio, cobre o bronce. La barra, a su vez, se conecta al polo positivo (+) de la fuente de alimentación (Cepeda, 2015).

La pieza a electropulir es una probeta de acero 1040. El acero SAE 1040 es un tipo de acero al carbono medio, conocido por su mayor contenido de carbono en comparación con aceros de menor aleación como el SAE 1020. Esto le proporciona mayor resistencia y dureza, pero también puede hacerlo menos dúctil y más difícil de soldar.

La rejilla fue hecha de cobre y fue conectada al polo positivo de la fuente de alimentación

El cátodo es de acero inoxidable, conectada al polo negativo de la fuente de alimentación.

Así, las piezas quedan conectadas al polo positivo (ánodo), mientras que el polo negativo (cátodo) está conectado a un conductor adecuado. Tanto los terminales positivos como los negativos están sumergidos en el electrolito, formando un circuito eléctrico cerrado. Se emplea siempre corriente continua (CC).

El electrolito utilizado es una solución ácida. La composición de la solución electrolítica puede variar según el tipo de acero y los resultados deseados, se realiza típicamente en una solución química diseñada para eliminar material de la superficie de manera controlada.

Tal y como muestra la figura 1, la pieza metálica queda cargada positivamente (ánodo) y sumergida en el baño químico. Cuando se aplica la corriente, el electrolito actúa como un conductor “herramienta” para permitir que los iones del metal se retiren de la pieza (probeta). Mientras que los iones se liberan hacia el cátodo, la mayoría de los metales disueltos permanecen en la solución. Algunos iones se depositan sobre los cátodos, los cuales requieren de una limpieza periódica para que resulten eficientes. La liberación de los gases, oxígeno, se produce en la superficie del metal, favoreciendo la acción electrolítica.

La cantidad de metal eliminado en la pieza es proporcional a la corriente aplicada, a la eficiencia del electrolito y al tiempo de exposición. En el transcurso del proceso de electropulido, las virutas y otros salientes se convierten en áreas con una densidad de corriente muy alta y se corroen preferentemente. Los parámetros del proceso se fijan para controlar la cantidad de metal a eliminar, de forma que se mantengan las tolerancias dimensionales.

En el caso del acero inoxidable, la eliminación de los componentes de la aleación varía según los mismos, y eso crea un efecto importante. Los átomos de hierro y níquel se extraen más fácilmente de la celda del cristal que los átomos de cromo. El proceso de electropulido se dirige preferentemente al hierro y al níquel, dejando una superficie rica en cromo. Este fenómeno acelera y mejora la pasivación de las superficies electropulidas.

El hecho de que el electropulido sea un proceso de no distorsión por lo general se pasa por alto. Las partes electropulidas no están sujetas a tensiones mecánicas o térmicas a causa del electropulido, ni están afectadas ni dañadas. A continuación se muestra el esquema de la celda electrolítica en la cual se lleva a cabo el proceso de electropulido.

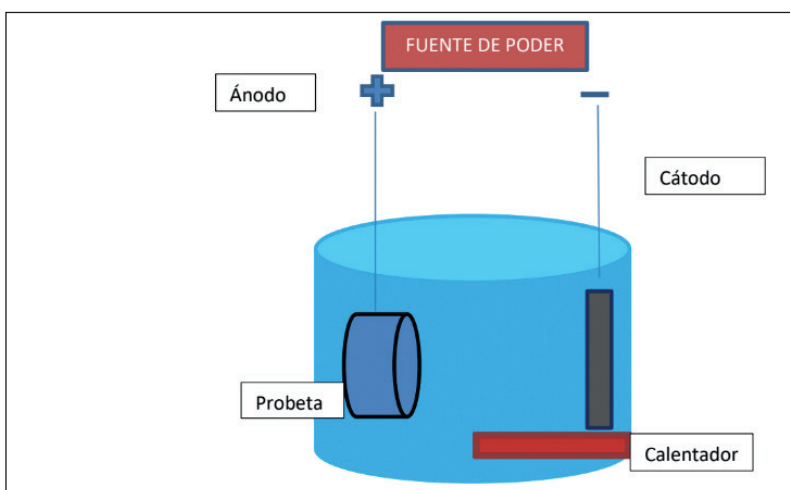


FIGURA 1. Se muestra la probeta conectada como ánodo del proceso electrolítico sobre el cual se elimina el material de la superficie a pulir.

## PROCESO

Para obtener acabados electropulidos de alta calidad, en la mayoría de las aleaciones de acero inoxidable, el trabajo se debe realizar en las tres operaciones siguientes:

- Preparación del metal: eliminación de aceites, grasas, óxidos y otros contaminantes de la superficie que interfieren con la uniformidad del electropulido.
- Electropulido: para suavizar, abrillantar y/o eliminar las rebabas del metal.
- Tratamiento posterior: eliminación del electrolito residual y de los productos secundarios de la reacción de electropulido, con posterior secado para prevenir la aparición de manchas.

Cada una de estas operaciones puede implicar la utilización de varios depósitos para lograr el acabado deseado.

### Preparación del metal

La preparación del metal incluye dos pasos: limpieza/desengrasado alcalino con disolventes, seguido de un decapado allí donde estén presentes los óxidos calientes (soldaduras).

La finalidad de la limpieza con productos alcalinos o disolventes es eliminar cualquier tipo de aceite, grasa, suciedad, huella dactilar o películas similares que se hubieran dejado sobre las piezas después de fabricarlas. Los contaminantes de la superficie presentes sobre cualquier pieza durante el electropulido pueden rebajar la calidad del acabado resultante, lo que es vital para aplicaciones críticas tales como productos médicos, farmacéuticos y semiconductores. Una vez que se hayan retirado las piezas del limpiador, se debe tener cuidado de evitar el contacto innecesario con las manos o con los equipos de proceso, dado que la higiene se debe considerar como uno de los principios básicos de todas las operaciones de acabado de metales. Una limpieza incorrecta o inadecuada es causa habitual de rechazo de piezas.

El primer paso de este proceso es aplicarle un baño decapante a las probetas de acero, esto se hace para limpiar la superficie de los productos manchados por inmersión lo cual aparece después de aplicar ciertos procesos como la soldadura, el tiempo de contacto entre el decapante y la superficie a decapar es definido en función del tratamiento preliminar de la probeta de acero, posteriormente se lava la superficie con bastante agua ayudándose con un cepillo y lijas para metal para retirar los residuos que quedan en la superficie a electropulir.

El depósito de enjuague tiene dos funciones fundamentales: eliminar los residuos químicos de la operación previa, mediante la disolución y actuar como barrera para evitar arrastrarlos al siguiente proceso.

El decapante elimina la ligera oxidación de otros procesos tales como el corte y elimina la película alcalina de las operaciones de limpieza.

Los principios de funcionamiento del enjuague del ácido de descascarillado son fundamentalmente los mismos que los del aclarado del limpiador alcalino. La diferencia principal es que dado que las soluciones ácidas son por lo general mucho más fáciles de eliminar mediante un aclarado que los residuos alcalinos, se usan por lo general en menores cantidades y/o con tiempos de aclarado más cortos.

## Electropulido

Durante el electropulido, el metal se disuelve desde el electrodo anódico, pasando a la solución para formar una sal soluble del metal. Todos los componentes del acero inoxidable –hierro, cromo y níquel – sufren esta reacción al mismo tiempo, obteniendo el suavizado controlado de la superficie. También tienen lugar diversas reacciones secundarias, generando productos secundarios que se han controlado para conseguir la mejor calidad posible de electropulido.

La solución de electropulido está formada por un volumen igual de mezcla de ácido sulfúrico al 96 % y de ácido ortofosfórico al 85 %. Pueden incluir surfactantes, inhibidores de corrosión, y otros agentes que mejoren la eficiencia del proceso y la calidad del acabado. Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

- Densidad de corriente: de 5 A/dm<sup>2</sup> a 25 A/dm<sup>2</sup>
- Temperatura: de 40 °C a 75 °C
- Tiempo: de 2 a 20 minutos
- Cátodos: acero inoxidable, cobre, plomo

Ánodo: SAE 1040. Probeta de Acero de bajo carbono, blando, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia. El acero SAE 1040 es una elección adecuada para aplicaciones que requieren un equilibrio entre resistencia y maquinabilidad, siendo más duro y resistente que los aceros de bajo carbono, pero también más desafiante de trabajar y soldar.

## Seguridad y Manejo

- **Equipo de Protección Personal (EPP):** Use guantes, gafas de seguridad, y ropa protectora para manejar los ácidos.
- **Ventilación:** Asegúrese de que el área de trabajo esté bien ventilada para evitar la inhalación de vapores ácidos.
- **Manejo de residuos:** Los residuos de la solución electrolítica deben ser manejados y desechados según las regulaciones locales de manejo de desechos peligrosos.

Esta solución y procedimiento son indicativos y pueden necesitar ajustes según la composición específica del acero y los requerimientos de acabado.

El siguiente esquema muestra el diagrama de flujo del procedimiento de electropulido:

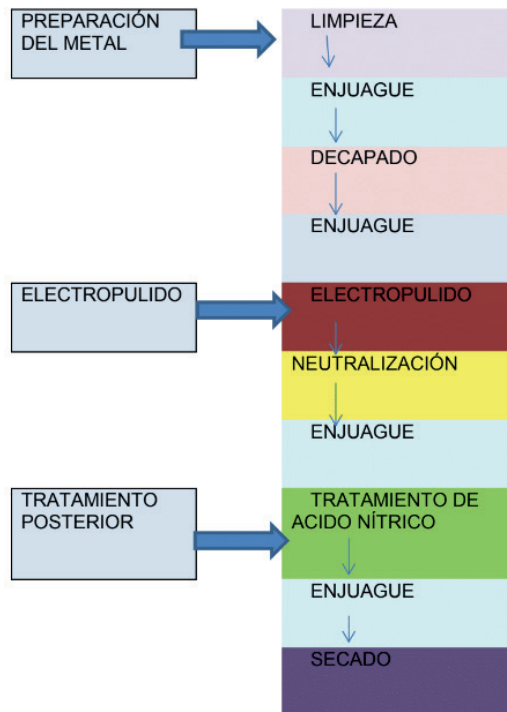


FIGURA 2. Se muestra el proceso de electropulido típico.

El tanque de lavado recoge la solución de electropulido de la operación previa. Los electrolitos de acero inoxidable por lo general requieren la neutralización con sosa cáustica (hidróxido de sodio o lechada de cal) y producen volúmenes de precipitados relativamente grandes. Las compañías especializadas en electropulido aseguran que se cumplen los estándares medioambientales, sanitarios y de seguridad.

En el aclarado, se debe tener en cuenta que las soluciones de electropulido son viscosas y no se mezclan fácilmente con agua. Se debe tener cuidado de evitar que la solución de electropulido se seque sobre las piezas, dado que el ácido residual podría causar manchas o marcas una vez almacenadas. Por esta razón, los aclarados calientes usados con fines de secado sólo se deberían emplear después de haber aclarado a fondo cualquier electrolito residual.

## Tratamiento posterior

La finalidad de un tratamiento posterior de ácido nítrico al electropulido, es disolver la película de productos químicos secundarios que se forma cuando se producen las reacciones electroquímicas. Estos productos secundarios, que están compuestos principalmente por fosfatos y sulfatos de metales pesados, son difíciles de eliminar únicamente aclarando con agua. La eliminación a fondo es crucial para asegurar que la superficie siga siendo consistente, resistente a la corrosión e higiénica durante su almacenamiento y uso posteriores.

Los residuos de las soluciones de ácido nítrico se pueden eliminar con agua fría, dado que son más solubles en agua que los residuos alcalinos.

No debería haber trazas de sustancias químicas en los componentes cuando entran en el agua caliente, o el agua caliente se contaminaría progresivamente. La finalidad del aclarado con agua caliente también es elevar la temperatura del metal lo suficiente como para causar el secado instantáneo de las piezas antes de desmontarlas de la rejilla.

Algunos tipos de piezas no se secarán por completo después del aclarado con agua caliente. Podrían ser necesarios secadores centrífugos, cámaras de aire caliente y otros tipos de estaciones de secado para forzar la evaporación rápida de la humedad residual y para evitar que la pieza se manche.

Las principales desventajas que se presentan de este proceso son:

- Se tienen que mantener medidas extremas de seguridad debido al manejo de ácidos, el uso de electricidad y cambios de temperatura que pueden ser peligrosos.
- El pulido es demasiado fino, esto implica que nuestra área a pulir tienen que estar en perfectas condiciones, es decir no presentar ninguna impureza.

## RESULTADOS

Los resultados se pueden reproducir con un alto grado de precisión, de forma que también se pueden tratar de forma segura los componentes con tolerancias estrictas.



FIGURA 3. Se muestra en la imagen una vista de la misma superficie antes y después del electropulido en acero SAE 1040

Por ejemplo, una superficie abrillantada como el acabado súper-espejo podría parecer igual que una superficie electropulida a la vista de un ojo inexperto. Podrían producir las mismas lecturas del perfilómetro de acabado de superficies. Las fotos micrográficas de las dos superficies mostrarán, sin embargo, una diferencia sustancial. La superficie electropulida se verá sin marcas distintivas, mientras que en la superficie pulida serán visibles algunos arañazos microscópicos, así como abrasiones incrustadas y compuestos brillantes.

Cuando fuera necesario, el material base podría estar sujeto a operaciones de abrasión mecánica y abrillantado antes del electropulido, para obtener las características finales deseadas en la superficie.

El electropulido es un tratamiento superficial mediante el cual el metal a ser pulido actúa como ánodo en una celda electrolítica, disolviéndose. Con el fin de producir una superficie verdaderamente lisa, con la aplicación de corriente.

Este proceso se diseñó utilizando dos electrodos y se realizó una conexión de la fuente de poder, se utilizó un recipiente de vidrio que fungía como depósito del ácido, la probeta de acero a pulir es colocada en el ánodo, se coloca la corriente y se procede a pasar por el electrodo que contiene el electrolito. Se logra obtener el pulido en la probeta que se consideró muy funcional por ser un pulido demasiado fino y es poco probable que mantenga su apariencia con el uso rudo que generalmente se le da al acero 1040. Se espera la implementación de este proceso en probetas para análisis en el laboratorio de metalografía donde no se pueda desbastar lo suficiente y solo se pueda limpiar mediante este sistema logrando eliminar la coloración y pasivar la superficie.

El electropulido se prefiere en muchas industrias como acabado final para numerosos metales debido a la mejora de su superficie, sin contaminación, sin partículas y con propiedades antiadherentes o simplemente por motivos decorativos. Si el objetivo es un acabado agradable estéticamente, un electropulido de alta calidad se puede evaluar,



por lo general, con una inspección visual. Una evaluación microscópica de la superficie es necesaria, sin embargo, cuando se requiere el más alto grado de acabado y es necesario que el estado de la superficie se documente para una evaluación futura.

Finalmente en este paso el metal es disuelto por el proceso galvánico y algunos componentes del acero inoxidable son disueltos con mayor facilidad, tal es el caso del hierro y el níquel, por otro lado el cromo se fija en la superficie y acelera la pasivación y el resultado es la eliminación de las crestas más elevadas de la microrrugosidad obteniéndose una superficie suavizada. El electrolito típico está compuesto por una mezcla de ácido sulfúrico y orto fosfórico, dentro del cual circula una corriente con densidades que varían desde 5 hasta 25 A por decímetro cuadrado, con temperaturas de la solución entre 40° y 75° C el tiempo de esta parte del proceso varía de 2 a 20 minutos. Las neutralizaciones de los ácidos del electrolito se hacen con soda caustica dentro de un tanque, estas soluciones del proceso son viscosas por lo que se adhieren a la superficie y deben ser retiradas de la pieza de lo contrario pueden dar origen a defectos de las superficies (Sicacha, 2018).

Los buenos resultados del electropulido dependen en gran medida de una adecuada preparación del acero, esto es, limpiar y desengrasar la superficie, para ello se utilizan productos alcalinos y/o disolventes que dejan la superficie libre de grasa y suciedad, posteriormente se debe enjuagar la pieza con el propósito de eliminar estos productos de la superficie disolviéndolos.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto se llevó a cabo gracias al financiamiento del Programa Especial de Consolidación y Formación de Grupos de investigación de la Secretaría de Investigación y Posgrado por conducto de la Dirección de Investigación del IPN. Este trabajo fue realizado con apoyo del proyecto de investigación SIP 20230383.

Al Instituto Politécnico Nacional por las facilidades para la realización de este estudio y al CECYT 2 por el apoyo con las instalaciones del laboratorio de electroquímica en el área de metalurgia.

## REFERENCIAS

Aceros Bravo. (6 de junio de 2012). *Aceros carbono*. Obtenido de <http://www.acerosbravo.cl/productos.php?idcat=2>

Alenka Kosma, B. (2010). Electropulido de acero inoxidable. *EUROINOX*, 2-8. Obtenido de [http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro\\_Inox/Electropolishing\\_SP.pdf](http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Electropolishing_SP.pdf)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (2006). Designation A380- 06. Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (2006). Designation B912- 02. Standard Specification for Passivation of Stainless Steel Parts Using Electropolishing.

Arminix de Mexico .A. de C.V. (2 de FEBRERO de 2014). *ELECTROPULIDO*. Obtenido de <http://www.arminox.mx/electropulido.php>

Carro, I.M. (2019). *Ensayos de electropulido sobre distintos componentes de acero inoxidable AISI316L*. <https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/423/IMCarro-TFG-IMe-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cepeda Waltero, B. y Torres Chaparro, O. (2015). *Implementación de procesos por electropulido de acero Inoxidable*. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

*ELECTROPULIDO*.(19 de septiembre de 2014). Obtenido de Información tecnica para usuarios: <http://www.inoxidable.com/electropulido.htm>

Mejía Espinoza, C. (s/f). *Diseño, optimización y caracterización del proceso de electropulido para piezas en acero inoxidable aisi 316*. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/24700/proyecto%20de%20grado.pdf?sequence=1>

Roso Sanchez, M. (1989). *Optimización de procesos de electropulido de acero inoxidable austenítico con fines descontaminantes*. Correlación entre parámetros de estado superficial y de electropulido. Universidad Politécnica de Madrid (España). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=240112>

Sicachá Rojas, G. (2018). *Estado del arte del electropulido en aceros inoxidables*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2977>

# DESPACHO APLICADO EM SISTEMAS HIDROTÉRMICOS ATRAVÉS DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA UTILIZANDO SOFTWARE GAMS

*Fecha de envío: 01/07/2024*

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

### **Mariane Gimenes Albertini**

Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná/ Centro de Engenharia e Ciências  
Exatas/ Foz do Iguaçu, PR  
<http://lattes.cnpq.br/3912655529448443>

### **Carlos Roberto Mendonça da Rocha**

Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná/ Centro de Engenharia e Ciências  
Exatas/ Foz do Iguaçu, PR  
<http://lattes.cnpq.br/4658529903411274>

### **Valmei Abreu Junior**

Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná/ Centro de Engenharia e Ciências  
Exatas/ Foz do Iguaçu, PR  
<http://lattes.cnpq.br/3673234899843917>

**RESUMO:** Neste capítulo é apresentado os resultados de um estudo que teve como objetivo a aplicação do despacho em sistemas hidrotérmicos por meio da programação matemática utilizando o software GAMS. A metodologia adotada utilizou a coleta de dados relevantes, incluindo informações sobre a representação de usinas hidrelétricas e termelétricas, características do reservatório hidrelétrico, dados hidrológicos e de demanda de energia elétrica. Neste

contexto, foi realizado um estudo de caso utilizando um modelo matemático para o sistema hidrotérmico, com as variáveis de decisão, restrições técnicas e operacionais, e a função objetivo. Utilizando o software GAMS, o despacho foi implementado e resolvido para duas situações operacionais diferentes: buscando minimizar os custos operacionais e buscando maximizar o nível dos reservatórios das hidrelétricas. Os resultados obtidos foram diferentes para as duas situações, o que demonstra a importância da utilização de mecanismos de otimização para auxiliar na tomada de decisão para a solução de problemas reais que envolvam a engenharia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Otimização, Algoritmos, Sistemas de Potência.

DISPATCH APPLIED IN HYDROTHERMAL  
SYSTEMS THROUGH MATHEMATICAL  
PROGRAMMING USING GAMS  
SOFTWARE

**ABSTRACT:** This chapter presents the results of a study that aimed to apply dispatch in hydrothermal systems through mathematical programming using the GAMS software. The methodology adopted used the collection of relevant data, including

information on the representation of hydroelectric and thermoelectric plants, characteristics of the hydroelectric reservoir, hydrological data, and electrical energy demand. In this context, a case study was carried out using the mathematical model of the hydrothermal system, with decision variables, technical and operational restrictions, and the objective function. Using the GAMS software, the dispatch was implemented and resolved for two different operational situations: seeking to minimize operational costs and maximize the hydroelectric reservoir level. The results obtained were different for the two situations, demonstrating the importance of using optimization mechanisms to assist in decision-making to solve real problems involving engineering.

**KEYWORDS:** Optimization, Algorithms, Power Systems.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o setor energético tem enfrentado desafios significativos devido ao aumento da demanda por eletricidade e às crescentes preocupações com a sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, o despacho econômico em sistemas hidrotérmicos desempenha um papel fundamental na busca por soluções eficientes e economicamente viáveis. O despacho econômico em sistemas hidrotérmicos consiste em determinar a combinação ótima de geração de energia elétrica a partir de fontes hidrelétricas e termelétricas, visando minimizar os custos operacionais do sistema.

A otimização do despacho econômico em sistemas hidrotérmicos é um problema complexo, pois envolve a consideração de diversas variáveis inter-relacionadas, como o nível dos reservatórios, a disponibilidade dos recursos hídricos, o custo do combustível das termelétricas, as restrições técnicas e as incertezas associadas à demanda por energia elétrica. Para lidar com essa complexidade, a programação matemática tem sido amplamente aplicada como uma abordagem eficaz para a sua otimização.

Este capítulo propõe explorar o tema do despacho aplicado em sistemas hidrotérmicos por meio da programação matemática, utilizando o software GAMS (*General Algebraic Modeling System*). O GAMS é uma ferramenta poderosa e flexível para modelagem e solução de problemas de otimização, com ampla aplicação na indústria de energia.

A relevância dessa aplicação reside na busca por soluções eficientes para a geração de energia elétrica, considerando tanto os aspectos econômicos quanto as restrições ambientais. Além disso, o emprego da programação matemática no despacho em sistemas hidrotérmicos pode contribuir para a tomada de decisões mais informadas e embasadas, resultando em operações mais sustentáveis e economicamente viáveis.

Para fundamentar esta pesquisa, foram exploradas referências acadêmicas e técnicas relacionadas ao despacho econômico em sistemas hídricos e térmicos e à programação matemática. Autores como Orero e Irving (1998) e Brito Junior (2018) discutem a importância do despacho e apresentam modelos matemáticos para a sua representação e solução. Além disso, estudos como o de Kazay (2022) abordam a aplicação do software GAMS em problemas de despacho de sistemas de energia elétrica.

Ao abordar esse tema, este capítulo visa contribuir para a compreensão do despacho em sistemas hidrotérmicos, explorando a aplicação da programação matemática por meio do software GAMS (Brooke; Kendrick; Meeraus, 1997).

O objetivo principal do desenvolvimento do estudo foi mostrar a importância da aplicação da programação matemática por meio do software GAMS como ferramenta computacional para o apoio à tomada de decisão na busca por solucionar os problemas complexos de engenharia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As hidrelétricas em cascata são um arranjo de usinas hidrelétricas localizadas ao longo de um mesmo curso de água, geralmente em uma bacia hidrográfica. O funcionamento das hidrelétricas em cascata ocorre de maneira sequencial, onde a água utilizada em uma usina é direcionada para a próxima usina na cascata, aproveitando ao máximo a energia hidráulica disponível em cada ponto. Esse sistema de aproveitamento em série permite um melhor controle e equilíbrio do fluxo de água, resultando em uma maior eficiência e produtividade energética (Hunt; Freitas, 2016).

Assim, as usinas hidrelétricas em cascata têm a vantagem de otimizar a gestão dos recursos hídricos ao longo da bacia. Elas permitem a regulação do fluxo de água, o controle de cheias e a regularização do suprimento de água em períodos de seca, contribuindo para a segurança hídrica e energética da região. Além disso, a geração de energia elétrica por meio das hidrelétricas em cascata é considerada uma fonte de energia renovável e limpa, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (Brandão; Castro; Hunt, 2021).

O modelo matemático estudado para a representação do sistema hidrotérmico é baseado no modelo apresentado por Soroudi (2017).

O conceito do funcionamento de hidrelétricas em cascata é ilustrado de forma esquemática na Figura 1.

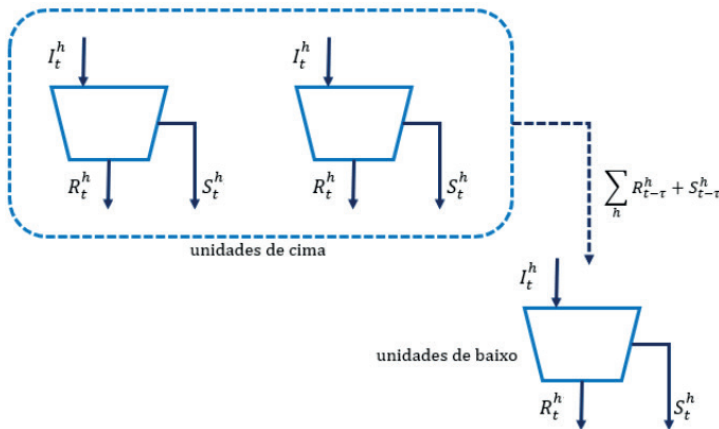


Figura 1 – Sistema hidrelétrico em cascata.

Fonte: Adaptado de Soroudi (2017).

Considerando a Figura 1, a representação dos balanços hídricos para cada usina e para cada hora é estabelecida através da Equação (1).

$$L_{t+1}^h = L_t^h + I_{t+1}^h - R_{t+1}^h - S_{t+1}^h + \eta \sum_h [R_{t+1-ta^h}^h + S_{t+1-ta^h}^h] \quad (1)$$

Nesta equação,  $L_t^h$  representa o volume do reservatório da usina  $h$  no instante de tempo  $t$ . Assim, ela representa que o volume de água no reservatório da usina  $h$  no tempo  $t+1$  será igual ao seu valor no instante anterior somado à entrada de água no seu reservatório neste período  $t+1$  ( $I_{t+1}^h$ ), subtraído da sua própria liberação de água (turbinamento  $R_{t+1}^h$  e vertimento  $S_{t+1}^h$ ), e somado com a liberação de água de todos os reservatórios à montante dos períodos anteriores com a consideração dos respectivos tempos de atraso para cada usina ( $ta^h$ ). Nesta equação  $\eta$  representa o fator de perda de água, assim uma perda por evaporação de 10% equivale a  $\eta = 0,9$ .

A Equação (2) representa a restrição relacionada com a capacidade do reservatório das usinas. Nesta equação,  $L_{min}^h$  e  $L_{max}^h$  são os parâmetros que representam os volumes mínimo e máximo de operação para os reservatórios.

$$L_{min}^h \leq L_t^h \leq L_{max}^h \quad (2)$$

A equação apresentada a seguir representa a capacidade de turbinamento das usinas, e os parâmetros  $R_{min}^h$  e  $R_{max}^h$  representam a mínima e a máxima capacidade de turbinamento.

$$R_{min}^h \leq R_t^h \leq R_{max}^h \quad (3)$$

A função de produção de potência elétrica das usinas hidrelétricas desempenha um papel fundamental no seu planejamento, pois estabelece a relação entre a potência de saída das usinas e fatores, como o nível de água, afluência e derramamento. Desta maneira, a sua representação é apresentada através da Equação (4), que descreve de forma precisa e detalhada a relação entre a água liberada pelo reservatório e a coluna d'água presente, estabelecendo assim a potência de saída das usinas hidrelétricas.

$$P_t^h = c_1^h (L_t^h)^2 + c_2^h (R_t^h)^2 + c_3^h R_t^h L_t^h + c_4^h L_t^h + c_5^h R_t^h + c_6^h \quad (4)$$

A Equação (5), apresentada a seguir, representa o somatório dos custos operacionais das termelétricas, e são modelados por uma função quadrática.

$$CO = \sum_{i \in \Omega_n} \sum_t a^i (P_t^i)^2 + b^i (P_t^i) + c^i \quad (5)$$

Nesta equação,  $a^i$ ,  $b^i$  e  $c^i$  representam os coeficientes de custo operacional da unidade de geração termelétrica  $i$ . Esses coeficientes podem variar conforme for a tecnologia empregada na máquina elétrica, e o tipo de combustível. Ainda nesta equação,  $\Omega_n$  representa o conjunto de usinas termelétricas que fazem parte do sistema, e  $P_t^i$  representa a potência elétrica produzida pela termelétrica  $i$  no instante de tempo  $t$ .

A Equação (6) e a Equação (7) representam a função rampa nas termelétricas, as quais são fundamentais para estabelecer a capacidade de ajuste da potência gerada por essas usinas.

$$P_{t+1}^i - P_t^i \leq RU^i \quad (6)$$

$$P_{t-1}^i - P_t^i \leq RD^i \quad (7)$$

Para ambos os conjuntos de usinas são utilizadas as restrições com os limites de operação de potência, essas são representadas pela Equação (8).

$$P_{min}^{h,i} \leq P_t^{h,i} \leq P_{max}^{h,i} \quad (8)$$

Nesta equação,  $P_{min}^{h,i}$  e  $P_{max}^{h,i}$  representam, respectivamente, a mínima e a máxima capacidade de produção de potência elétrica.

O custo operacional do conjunto de usinas do sistema hidrotérmico é representado pela função  $Z$ , apresentada na Equação (9).

$$Z = \sum_h \sum_t \delta^h P_t^h + \sum_i \sum_t a^i (P_t^i)^2 + b^i P_t^i + c^i \quad (9)$$

Nesta equação, o parâmetro  $\delta^h$  representa o custo operacional da usina hidrelétrica  $h$ , com unidade de \$/MW.

A Equação (10) apresentada a seguir, representa o balanço de potência, ou seja, que a potência produzida pelas usinas tem que, no mínimo, atender a toda demanda do sistema.

$$\sum_h \sum_t P_t^h + \sum_i \sum_t P_t^i \geq \sum_t D_t \quad (10)$$

Nesta equação,  $D_t$  representa a demanda do sistema no instante de tempo  $t$ .

Assim, quando o objetivo que se persegue para a obtenção do resultado for minimizar o custo de operação, busca-se minimizar a função  $Z$ , apresentada através da Equação (9).

Foi realizada uma adaptação neste modelo proposto por Soroudi (2017), para também considerar a maximização dos níveis dos reservatórios. A Equação (11) apresenta a função  $W$ , que representa o somatório dos níveis dos reservatórios hídricos.

$$W = \sum_h \sum_t L_t^h \quad (11)$$

Neste contexto, quando o objetivo que se persegue for maximizar o nível dos reservatórios hídricos, busca-se maximizar a função  $W$ , apresentada através da equação anterior. Para este caso, ao invés de também considerar a Equação (10), considera-se uma variação dela, representada através da Equação (12).

$$\sum_h \sum_t P_t^h + \sum_i \sum_t P_t^i = \sum_t D_t \quad (12)$$

Esta equação representa que, mesmo com a maximização dos reservatórios hídricos, a demanda do sistema para cada instante de tempo  $t$  deve ser atendida pelo somatório das potências produzidas no sistema.

No contexto do despacho em sistemas hidrotérmicos, este software é uma poderosa ferramenta computacional, que é muito usada para a modelagem e para a busca da solução de problemas de otimização matemática. O software fornece uma linguagem de modelagem intuitiva e flexível, que permite a implementação da formulação de problemas complexos de forma eficiente. Assim, o GAMS pode ser empregado para construir um modelo matemático que represente o sistema, levando em consideração as características específicas das usinas hidrelétricas e termelétricas, bem como as restrições operacionais e as metas para a implementação da função objetivo.

O modelo que foi apresentado foi implementado no software GAMS. Para o sucesso da tarefa, foi necessário definir os parâmetros, as variáveis de decisão e implementar as formulações das restrições e da função objetivo. O software oferece uma ampla variedade de solucionadores, que são algoritmos capazes de resolver a modelagem matemática implementada.

Os solucionadores disponíveis no GAMS podem utilizar diferentes técnicas de otimização, como programação linear, programação não linear, entre outras. Assim, escolha do solucionador adequado depende das características do modelo e dos requisitos de desempenho.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de caso foi realizado em uma adaptação do sistema teste apresentado por Soroudi (2017). Este sistema conta com quatro usinas hidrelétricas e cinco usinas termelétricas, e busca elaborar um plano de operação para um dia, ou vinte e quatro horas, com instantes de tempo de uma hora. Inicialmente são apresentadas as informações referentes às usinas hidrelétricas e às demandas de energia elétrica do sistema, e depois as informações referentes às termelétricas. Na sequência são apresentados os resultados obtidos com a simulação.

A Tabela 1 apresenta as informações referentes aos coeficientes de geração hidrelétrica das quatro unidades utilizadas para representação do modelo, estas fazem parte das restrições apresentadas anteriormente na Equação (4).



Unidades	$c_1^h$	$c_2^h$	$c_3^h$	$c_4^h$	$c_5^h$	$c_6^h$
h1	-0,0042	-0,4200	0,0300	0,9000	10,0000	-50,0000
h2	-0,0040	-0,3000	0,0150	1,1400	9,5000	-70,0000
h3	-0,0016	-0,3000	0,0140	0,5500	5,5000	-40,0000
h4	-0,0030	-0,3100	0,0270	1,4400	14,0000	-90,0000

Tabela 1 – Coeficientes técnicos das unidades hidrelétricas

Fonte: Adaptação de Soroudi (2017).

A Tabela 2 está representada a seguir, nela são apresentados os parâmetros relacionados com o volume do reservatório, com a água turbinada e com a potência elétrica das usinas hidrelétricas.

Unidades	$L_{min}^h$	$L_{max}^h$	$L_{ini}^h$	$L_{fim}^h$	$R_{min}^h$	$R_{max}^h$	$P_{min}^h$	$P_{max}^h$	$ta^h$
h1	80	150	100	120	5	15	0	500	2
h2	60	120	80	70	6	15	0	500	1
h3	100	240	170	170	10	30	0	500	4
h4	70	160	120	140	6	20	0	500	0

Tabela 2 – Parâmetros técnicos das unidades hidrelétricas

Fonte: Adaptação de Soroudi (2017).

Na Tabela 2, os parâmetros  $L_{ini}^h$  e  $L_{fim}^h$  representam os valores iniciais e finais para os níveis dos reservatórios, respectivamente, considerando o período total do plano. A unidade utilizada para os parâmetros representados na coluna dois até a coluna sete foi  $10^4 \text{ m}^3$ . Para aqueles parâmetros das colunas oito e nove, a unidade usada foi MW. As informações apresentadas na coluna 10 representam os parâmetros do tempo de atraso para a água chegar nos reservatórios das usinas  $h$ , e a unidade de tempo utilizada foi a hora. Para a maximização dos reservatórios, o parâmetro  $L_{fim}^h$  foi desconsiderado.

A seguir está representada a Tabela 3. Nesta tabela são apresentados os parâmetros relacionados com o fluxo de água (entrada de água), assim como as demandas para o sistema hidrotérmico, para cada instante de tempo de uma hora. As unidades usadas para o fluxo de água e para a demanda do sistema foram  $10^4 \text{ m}^3$  e MW, respectivamente.

Período	$I_t^{h1}$	$I_t^{h2}$	$I_t^{h3}$	$I_t^{h4}$	$D_t$
$t_1$	10	8	8,1	2,8	1275
$t_2$	9	8	8,2	2,4	1326
$t_3$	8	9	4	1,6	1190
$t_4$	7	9	2	0	1105
$t_5$	6	8	3	0	1139
$t_6$	7	7	4	0	1360
$t_7$	8	6	3	0	1615
$t_8$	9	7	2	0	1717
$t_9$	10	8	1	0	1853
$t_{10}$	11	9	1	0	1836
$t_{11}$	12	9	1	0	1870
$t_{12}$	10	8	2	0	1955
$t_{13}$	11	8	4	0	1887
$t_{14}$	12	9	3	0	1751
$t_{15}$	11	9	3	0	1717
$t_{16}$	10	8	2	0	1802
$t_{17}$	9	7	2	0	1785
$t_{18}$	8	6	2	0	1904
$t_{19}$	7	7	1	0	1819
$t_{20}$	6	8	1	0	1785
$t_{21}$	7	9	2	0	1547
$t_{22}$	8	9	2	0	1462
$t_{23}$	9	8	1	0	1445
$t_{24}$	10	8	0	0	1360

Tabela 3 – Parâmetros técnicos das unidades hidrelétricas e do sistema

Fonte: Adaptação de Soroudi (2017).

Para o parâmetro custo de operação das usinas hidrelétricas ( $c^i$ ) foi assumido o valor constante 14\$/MW.

As informações dos parâmetros técnicos das usinas termelétricas do estudo de caso são apresentadas através da Tabela 4.

Unidades	$a^i$	$b^i$	$c^i$	$P_{min}^i$	$P_{max}^i$	$RU^i$	$RD^i$
i1	0,00043	16,6	900	100	400	60	60
i2	0,00073	15,5	800	130	400	40	40
i3	0,00059	14,8	700	70	300	60	60
i4	0,00075	15,9	470	60	300	30	30
i5	0,00079	16,6	200	80	250	50	50

Tabela 4 – Parâmetros técnicos das unidades termelétricas

Fonte: Adaptação de Soroudi (2027).

Nesta tabela, as unidades para os parâmetros apresentados nas colunas de dois a quatro são, respectivamente,  $\$/\text{MW}^2$ ,  $\$/\text{MW}$  e  $\$$ . A unidade dos parâmetros das colunas de cinco a oito é o MW.

Para as duas situações previstas para a simulação, despacho ótimo e maximização do nível dos reservatórios hídricos, foi utilizado o solucionador CONOPT e um computador Intel® Core™ i3-10105F CPU de 3,70GHz e 8,00GB de memória RAM. Os tempos de duração da busca da solução para as duas situações foram 703 milissegundos e 937 milissegundos, respectivamente.

A Figura 2 e a Figura 3 representam os resultados para o nível dos reservatórios hídricos considerando o despacho econômico e a maximização dos reservatórios hídricos, respectivamente.

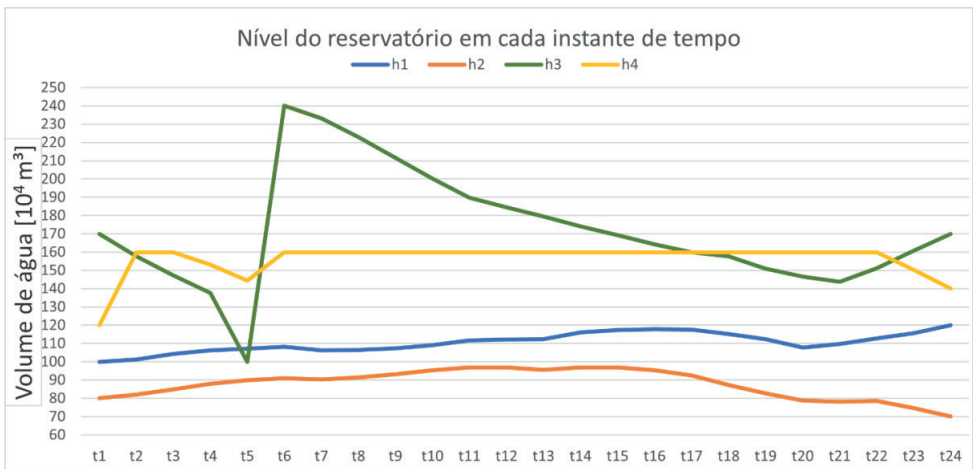


Figura 2 – Níveis dos reservatórios hídricos para o despacho econômico

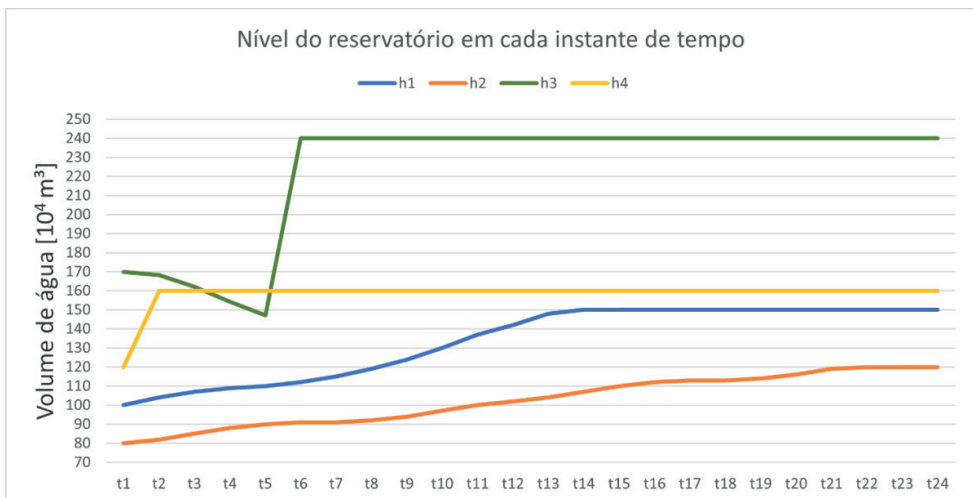


Figura 3 – Níveis dos reservatórios hídricos para maximização dos reservatórios

Na Figura 2, como o custo operacional por MW é o mesmo para as usinas hidrelétricas, o fator determinante para a decisão de qual delas será mais utilizada na produção de potência elétrica está baseado nos coeficientes técnicos e na quantidade de água dos reservatórios com os limites iniciais e finais, respectivamente, para cada uma delas. É interessante observar que a usina h3 precisou manter um nível mais elevado no reservatório hídrico durante quase todo o período de operação pois o limite final é o mais elevado em comparação com as outras usinas.

Com os resultados apresentados através da Figura 3 pode-se observar o impacto na operação com a maximização dos reservatórios. Os reservatórios das usinas h3 e h4 atingiram a estabilização primeiro, seguidos pelos reservatórios das usinas h1 e h2. Isto está relacionado ao posicionamento das usinas ao longo da cascata e aos níveis pré-estabelecidos inicialmente para cada reservatório hídrico.

Os níveis totais dos reservatórios, por período, para os dois cenários de operação são apresentados através da Figura 4.

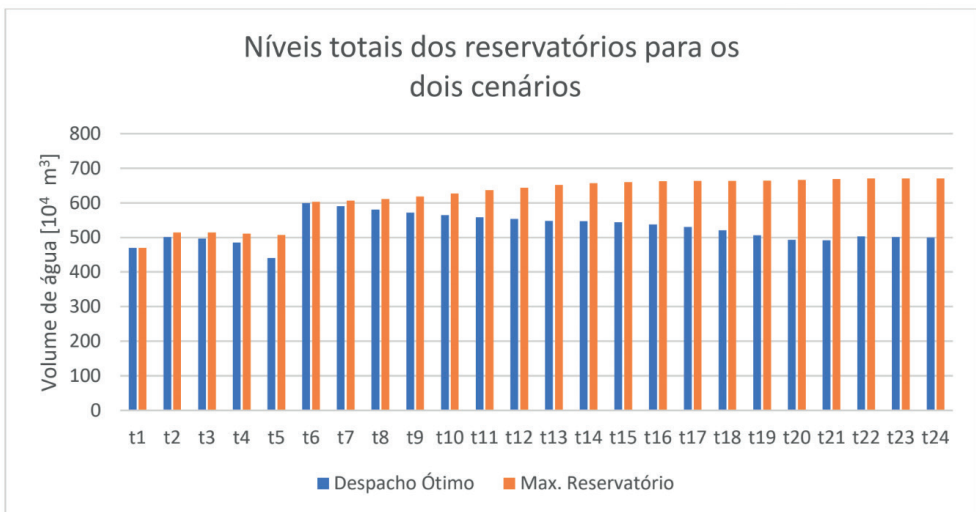


Figura 4 – Níveis totais dos reservatórios hídricos para os dois cenários

Os volumes totais de água turbinada, por período, para os dois cenários, de operação são apresentados através da Figura 5.

Estas duas figuras são importantes pois caracterizam a dinâmica do processo de economia da utilização da água dos reservatórios hídricos para a produção de energia elétrica.

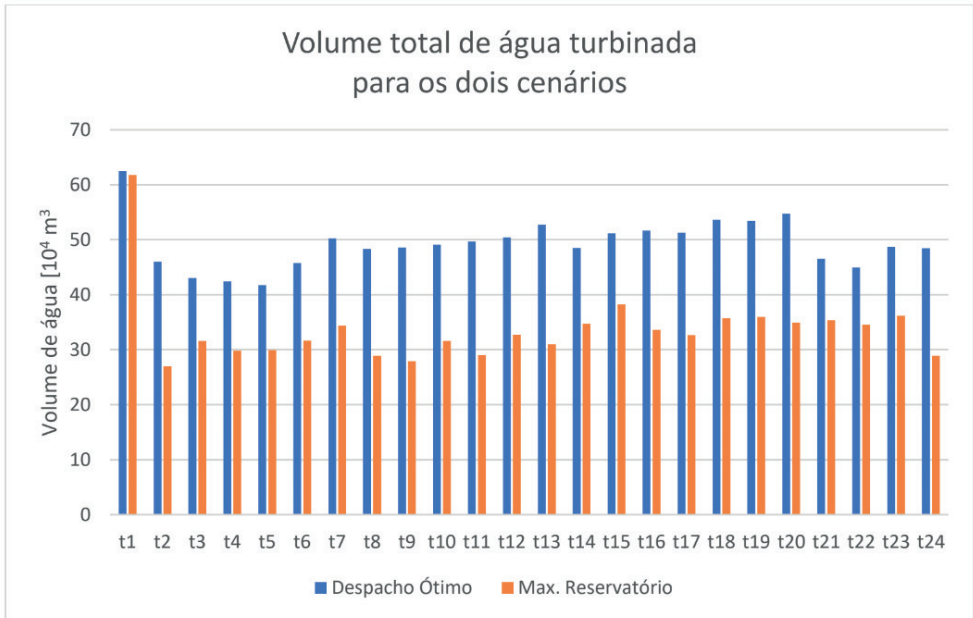


Figura 5 – Volume total de água turbinada para os dois cenários

Os custos operacionais considerando o despacho econômico e a maximização do reservatório hídrico foram \$662.181,57 unidades monetárias e \$673.206,29 unidades monetárias, respectivamente. No segundo cenário a operação ficou mais custosa pois a estratégia de operação priorizava a maximização dos reservatórios, resultando no despacho de mais potência elétrica das termelétricas (operação mais cara) para o atendimento da demanda.

A Figura 6 e a Figura 7 representam os resultados para a potência elétrica produzida pelas usinas hidrelétricas e termelétricas para o atendimento da demanda, considerando o despacho econômico e a maximização dos reservatórios hídricos, respectivamente.

Na Figura 6, por característica do sistema teste utilizado no estudo de caso, fica evidente que as usinas hidrelétricas não têm capacidade física para o atendimento da demanda de forma isolada. Também é evidente que a produção de potência elétrica das termelétricas apresenta uma distribuição mais irregular, quando comparada com a produção das hidrelétricas. Este padrão revela a capacidade flexível e complementar das termelétricas em responder às variações de demanda compensando as limitações das hidrelétricas, o que destaca a importância da diversificação de fontes de geração de energia elétrica no contexto do despacho econômico.

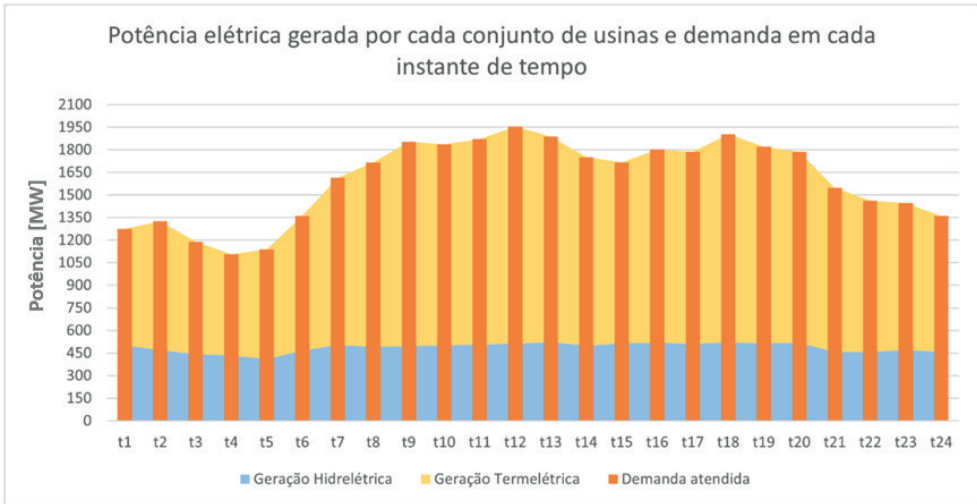


Figura 6 – Potência elétrica por conjunto de usinas e demanda para o despacho econômico

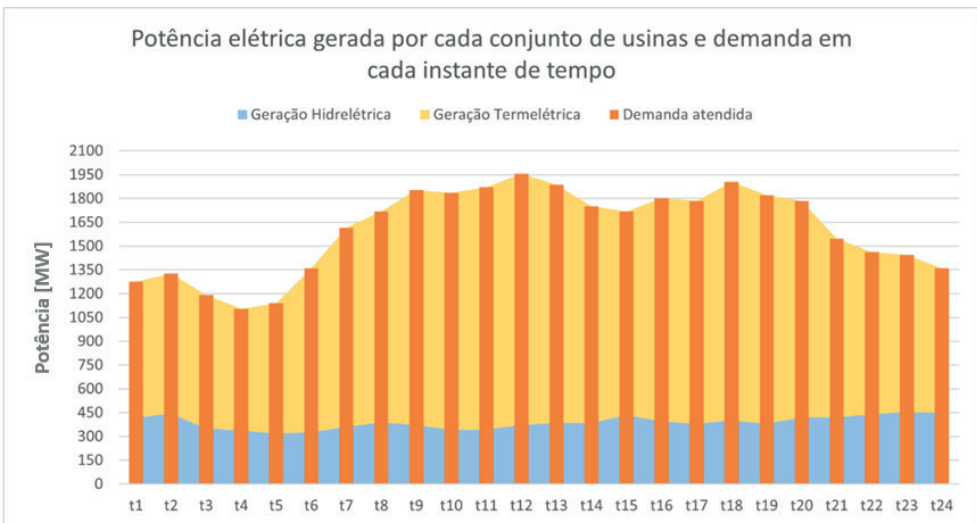


Figura 7 – Potência elétrica por conjunto de usinas e demanda para a maximização dos reservatórios hídricos

A Figura 7 representa os resultados obtidos para o cenário de maximização dos reservatórios hídricos das usinas hidrelétricas. Neste caso há a necessidade de preservar os reservatórios, e assim as capacidades de produção de potência elétrica são reduzidas, diminuindo a respectiva produção de potência elétrica nas hidrelétricas.

As próximas duas figuras que são apresentadas destacam exatamente esta diferença obtida nos resultados para os dois cenários. A Figura 8 apresenta os resultados obtidos para a potência elétrica produzida pelas usinas hidrelétricas com o despacho econômico e

com a maximização dos reservatórios hídricos. A Figura 9 apresenta os resultados obtidos para a potência elétrica gerada pelas usinas termelétricas com o despacho econômico e com a maximização dos reservatórios hídricos.

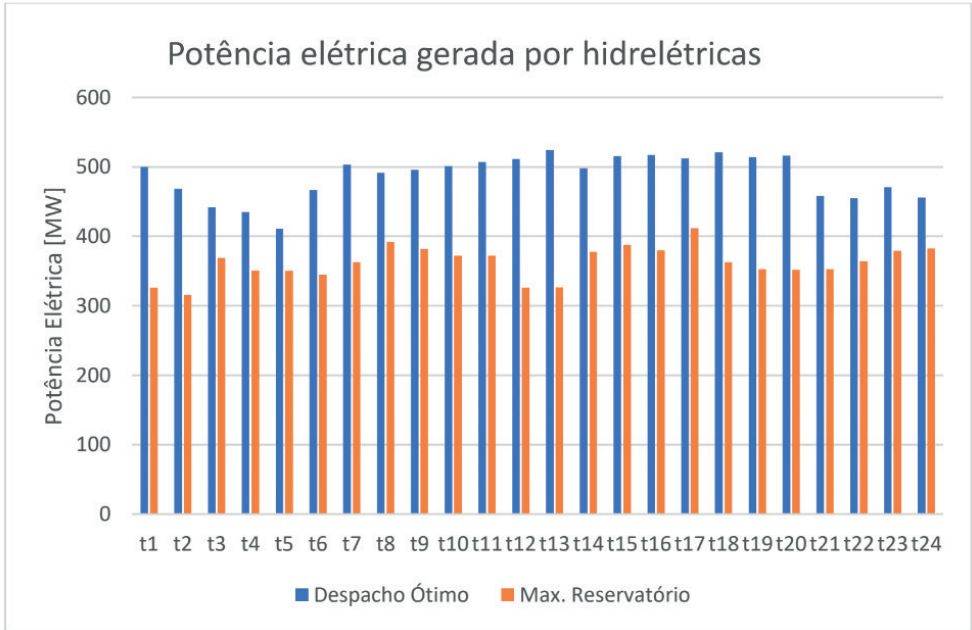


Figura 8 – Potência elétrica produzida por hidrelétricas para os dois cenários

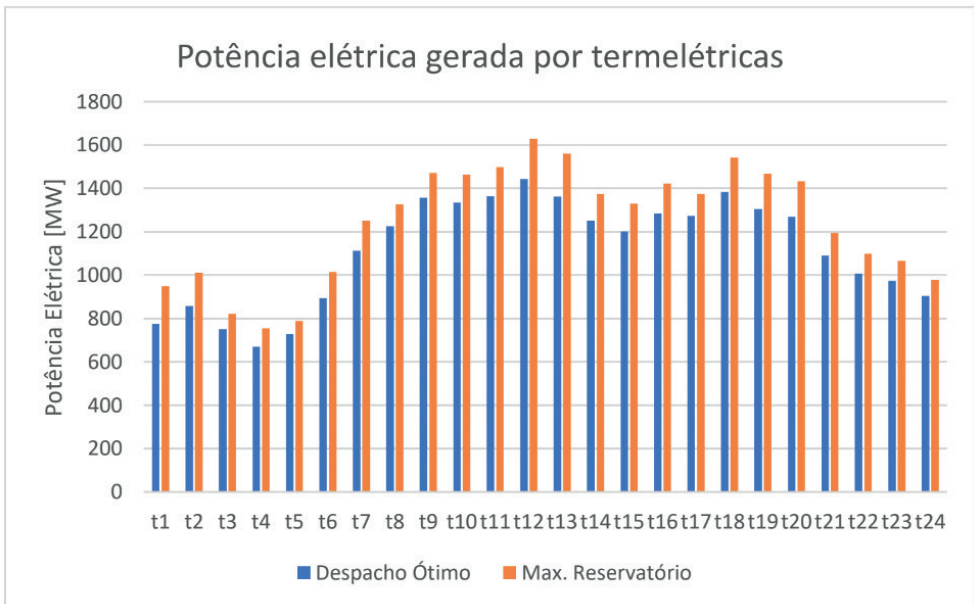


Figura 9 – Potência elétrica produzida por termelétricas para os dois cenários

## CONCLUSÃO

Este estudo destaca a importância das ferramentas computacionais de otimização na resolução de problemas complexos da engenharia, com foco especial no despacho para sistemas hidrotérmicos. Em um contexto em que a eficiência energética e a maximização dos recursos são imperativos, a aplicação de técnicas avançadas de otimização desempenha um papel importante na gestão e operação desses sistemas.

Os resultados obtidos neste estudo, viabilizados pelo software GAMS e pelo solucionador CONOPT, ofereceram percepções valiosas sobre estratégias de despacho de potência elétrica para diferentes cenários. Ao explorar as combinações de parâmetros e variáveis, nuances importantes que influenciam diretamente na eficiência operacional e na viabilidade econômica do sistema puderam ser mais bem verificadas.

## REFERÊNCIAS

BRANDÃO, R., CASTRO, N., HUNT, J. **A Viabilidade das Usinas Reversíveis no Sistema Interligado Nacional**. Rio de Janeiro: GESEL/UFRJ, 2021.

BROOKE, A., KENDRIK, D., MEERAUS, A. **GAMS Sistema Geral de Modelagem Algébrica**. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 1997.

HUNT, J. D., FREITAS, M. A. V. **Usinas Hidrelétricas Reversíveis Sazonais e seus Benefícios para o Setor Elétrico Brasileiro**. In: II Congresso Iberoamericano de empreendedorismo, energia, meio ambiente e tecnologia; CIEEMAT, 2016, Angra dos Reis. Disponível em: <https://www.projetouhr.com.br/asel/CIEEMAT2016-UHRS.pdf>. Acesso em: 14 junho 2024.

BRITO JUNIOR, J. A. **Solução para o Despacho Econômico Ambiental de um Sistema de Geração Térmica por Recozimento Simulado**. 2018. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, 2018.

KAZAY, D. F. **Modelo para otimização da programação diária da operação de usinas hidrelétricas em cascata com a consideração das incertezas hidrológicas**. 2022. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2022.

ORERO, S. O., IRVING, M. R. **A genetic algorithm modeling framework and solution technique for short term optimal hydrothermal scheduling**. IEEE Trans. Power Systems, v. 13, n. 2, p. 501-518, 1988.

SOROUDI, A. **Power System Optimization Modeling in GAMS**. Dublin: Springer, 2017.



## NO NUMERABILIDAD: LA DIAGONAL Y EL TEOREMA DE CANTOR

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

**Yolanda Silvia Santiago Ayala**

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Fac. de Ciencias Matemáticas  
<https://orcid.org/0000-0003-2516-0871>

**RESUMEN:** Usando el método de la diagonal de Cantor probamos que ciertos conjuntos son no numerables. Además, estudiamos la no existencia de una función sobreyectiva entre un conjunto y su conjunto potencia, y su conexión con no numerabilidad

**PALABRAS CLAVE:** Conjuntos numerables, conjuntos no numerables, método de la diagonal de Cantor, el Teorema de Cantor.

### UNCOUNTABILITY: THE DIAGONAL AND CANTOR'S THEOREM

**ABSTRACT:** Using Cantor's diagonal method we prove that certain sets are uncountable. Furthermore, we study the non-existence of a surjective function between a set and its power set, and its connection with uncountability.

**KEYWORDS:** Countable sets, uncountable sets, Cantor's diagonal method, Cantor's Theorem.

### INTRODUCCIÓN

En este artículo, iniciaremos nuestro estudio abordando conjuntos numerables, de modo intuitivo. Luego, estudiaremos la existencia de conjuntos no numerables. Esto es, introduciremos el método de la diagonal de Cantor para probar que ciertos conjuntos son no numerables. Este método se basa en construir un elemento que no pertenece a un conjunto infinito numerable. Finalizaremos, enunciando y demostrando el Teorema de Cantor sobre la no existencia de una función sobreyectiva entre un conjunto y su conjunto de partes, y conectándolo con no numerabilidad.

Cabe destacar a Georg Cantor (1845-1918), matemático ruso, nacionalizado Alemán, reconocido por sus obras en Teoría de conjuntos, realizados durante los años 1876-1895. Para esto, podemos citar [1], [2], [3] y [4].

Nuestro artículo está organizado del siguiente modo. En la sección 2, damos las definiciones y resultados que usaremos. En la sección 3, estudiamos y generamos

intuitivamente algunos conjuntos numerables. Así, desarrollamos el producto, cociente y unión de conjuntos numerables. En la sección 4, abordamos la existencia de conjuntos no numerables usando el método de la diagonal de Cantor y además estudiamos el conocido Teorema de Cantor. Finalmente, en la sección 5 damos las conclusiones de este estudio.

## PRELIMINARES

Rápidamente introduciremos algunas definiciones y resultados que serán usados en este estudio. Para esta sección citamos [2].

### Conjuntos finitos

Introduciremos el siguiente subconjunto de  $\mathbb{N}$ :

$$I_n := \{x \in \mathbb{N}, x \leq n\} = \{1, 2, \dots, n\}.$$

**Definición 2.1** Sea  $X$  un conjunto, diremos que  $X$  es **finito** si es vacío o existe  $n \in \mathbb{N}$  y existe  $f: I_n \rightarrow X$  biyectiva (i.e. existe  $f$  biyección entre  $I_n$  y  $X$ ).

Así, a cada  $i \in I_n$  se le asocia  $f(i) \in X$  que podemos denotarlo como  $x_i$ , luego

$$X := \{x_1, x_2, \dots, x_n\}.$$

**Observación 2.1**  $f$  inyectiva nos indica que  $x_i \neq x_j$  para  $i \neq j$ . Y  $f$  sobreyectiva nos indica que  $f(I_n) = X$ .

La biyección  $f$  es llamada **contador** de los elementos del conjunto  $X$  y  $n$  es llamado el número de elementos de  $X$  o también el cardinal del conjunto  $X$ , i.e.  $n = \text{card}(X)$ .

**Lema 2.1** Si existe  $f: X \rightarrow Y$  biyección entonces dados  $x_o \in X$  y  $y_o \in Y$  existe una biyección que conecta  $x_o$  a  $y_o$ , i.e.  $\exists g: X \rightarrow Y$  biyección tal que  $g(x_o) = y_o$ .

**Teorema 2.1** Sea  $n \in \mathbb{N}$ , si  $A \subset I_n$  propiamente entonces no puede existir una biyección entre  $A$  e  $I_n$ , i.e.  $\nexists f: A \rightarrow I_n$  biyección.

A seguir veremos que el número cardinal está bien definido, esto es independiente de  $f$ .

**Corolario 2.1** Si  $f: I_m \rightarrow X$  e  $g: I_n \rightarrow X$  son biyecciones entonces  $m = n$ .

**Corolario 2.2** Sea  $X$  un conjunto finito. Una función  $f: X \rightarrow X$  es inyectiva si y solamente si  $f$  es sobreyectiva.

**Corolario 2.3** Sea  $X$  un conjunto finito, si  $A \subset X$  propiamente entonces no puede existir una biyección entre  $A$  y  $X$ .

**Teorema 2.2** Todo subconjunto de un conjunto finito es finito.

**Corolario 2.4** Dado  $f: X \rightarrow Y$ , se tiene

1. Si  $Y$  es finito y  $f$  inyectiva entonces  $X$  es finito.
2. Si  $X$  es finito y  $f$  sobreyectiva entonces  $Y$  es finito.

**Definición 2.2** Sea  $X \subset \mathbb{N}$ , diremos que  $X$  es acotado si  $\exists p \in \mathbb{N}$  tal que  $m \leq p, \forall m \in X$ .

**Corolario 2.5** Sea  $X \subset \mathbb{N}$ ,  $X$  es finito si y solamente si  $X$  es acotado.

## Conjuntos infinitos

**Definición 2.3** Diremos que un conjunto es **infinito** cuando no es finito.

Así,  $X$  es infinito si  $X \neq \emptyset$  y  $\nexists f : I_n \rightarrow X$  biyección, para todo  $n \in \mathbb{N}$ . Ejemplos de conjuntos infinitos:  $\mathbb{N}$ ,  $k\mathbb{N}$ ; sale como consecuencia del Corolario 2.5 del Teorema 2.2.

**Teorema 2.3** Si  $X$  es un conjunto infinito, entonces  $\exists f : \mathbb{N} \rightarrow X$  inyectiva.

**Corolario 2.6** Un conjunto  $X$  es infinito si y solamente si existen un subconjunto propio  $Y$  de  $X$  ( $Y \subset X$ ) y una biyección  $\varphi : X \rightarrow Y$ .

**Observación 2.2** Si  $N_1 := \mathbb{N} - \{1\} = \{2, 3, \dots\}$  y  $\varphi : \mathbb{N} \rightarrow N_1$  definida por  $\varphi(n) = n + 1$ , entonces  $\varphi$  es biyección.

En general, si fijamos  $p \in \mathbb{N}$  y  $N_p := \mathbb{N} - \{1, 2, \dots, p\} = \{p + 1, p + 2, \dots\}$  y  $\varphi : \mathbb{N} \rightarrow N_p$  definida por  $\varphi(n) = n + p$ , entonces  $\varphi$  es biyección.

Si  $P := \{2, 4, 6, \dots\}$  y  $\varphi : \mathbb{N} \rightarrow P$  definida por  $\varphi(n) = 2n$ , entonces  $\varphi$  es biyección.

Si  $I := \{1, 3, 5, \dots\}$  y  $\varphi : \mathbb{N} \rightarrow I$  definida por  $\varphi(n) = 2n - 1$ , entonces  $\varphi$  es biyección.

Se observa que  $\mathbb{N} - P = I$  y  $\mathbb{N} - I = P$  son conjuntos infinitos.  $\mathbb{N} - N_p = I_p = \{1, 2, \dots, p\}$  es finito.

## Conjuntos numerables

**Definición 2.4** Diremos que un conjunto  $X$  es **numerable** cuando es finito o cuando existe una biyección  $f$  entre  $\mathbb{N}$  y  $X$  (i.e.  $\exists f : \mathbb{N} \rightarrow X$  biyección, que denotaremos  $\mathbb{N} \stackrel{f}{\cong} X$ ).

Así, a cada  $i \in \mathbb{N}$  se le asocia  $f(i) \in X$  que podemos denotarlo como  $x_i$ , luego

$$X := \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots\}$$

**Observación 2.3**  $f$  inyectiva nos indica que  $x_i \neq x_j$  para  $i \neq j$ . Y  $f$  sobreyectiva nos indica que  $f(\mathbb{N}) = X$ .

La biyección  $f$  es llamada **función enumeración** de los elementos del conjunto  $X$ .

**Teorema 2.4** Todo subconjunto de  $\mathbb{N}$  es numerable.

**Corolario 2.7** Todo subconjunto de un conjunto numerable es numerable.

**Corolario 2.8** Dado  $f : X \rightarrow Y$ , se tiene

1. Si  $Y$  es numerable y  $f$  inyectiva entonces  $X$  es numerable.
2. Si  $X$  es numerable y  $f$  sobreyectiva entonces  $Y$  es numerable.

## EXISTENCIA DE CONJUNTOS NUMERABLES

En esta sección construiremos algunos conjuntos numerables.

**Proposición 3.1**  $\{m\} \times \mathbb{N}$  es infinito numerable  $\forall m \in \mathbb{N}$ .

**Prueba.-** Fácilmente se observa que  $\{m\} \times \mathbb{N}$  no puede ser finito. Definimos

$$\begin{aligned} \psi : I_1 \times \mathbb{N} &\rightarrow \mathbb{N} \\ (1, n) &\mapsto n \end{aligned}$$

entonces  $\psi$  es inyectiva, luego  $I_1 \times \mathbb{N}$  es infinito numerable.

Observe que  $\psi$  también es sobreyectiva.

En forma análoga, para  $m \in \mathbb{N}$  fijo (arbitrario), definimos

$$\begin{aligned} \tilde{\psi} : \{m\} \times \mathbb{N} &\rightarrow \mathbb{N} \\ (m, n) &\mapsto n \end{aligned}$$

y vemos que  $\tilde{\psi}$  es inyectiva. Luego,  $\{m\} \times \mathbb{N}$  es infinito numerable.

Se observa que  $\tilde{\psi}$  también es sobreyectiva.

**Proposición 3.2**  $I_n \times \mathbb{N}$  es infinito numerable,  $\forall n \in \mathbb{N}$ .

**Prueba.-** Sea  $m \in I_n$ ,

$$\underbrace{\{m\} \times \mathbb{N}}_{\text{inf. num}} \subset I_n \times \mathbb{N}$$

entonces  $I_n \times \mathbb{N}$  no puede ser finito.

Ahora, sean  $n \in \mathbb{N}$  (arbitrario),  $p$  y  $q$  números primos  $\neq 1$ , definimos

$$\begin{aligned} \Psi : I_n \times \mathbb{N} &\rightarrow \mathbb{N} \\ (r, s) &\mapsto p^r \cdot q^s \end{aligned}$$

entonces  $\Psi$  es inyectiva, pues

$$\underbrace{p^r \cdot q^s}_{=\psi(r,s)} = \underbrace{p^u \cdot q^v}_{=\psi(u,v)} \Rightarrow r = u \text{ y } s = v.$$

“la descomposición en factores primos es única”; i.e.  $(r, s) = (u, v)$ .

Luego,  $\Psi$  inyectiva y  $\mathbb{N}$  numerable implica  $I_n \times \mathbb{N}$  infinito numerable.

**Proposición 3.3** Si  $A$  y  $B$  son conjuntos disjuntos e infinitos numerables entonces  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Como  $\underbrace{A}_{\text{inf. num}} \subset A \cup B$  entonces  $A \cup B$  no puede ser finito.

Si  $A$  es infinito numerable entonces  $\exists g : \mathbb{N} \rightarrow A$  biyección. También como  $B$  es infinito numerable entonces  $\exists f : \mathbb{N} \rightarrow B$  biyección. Ahora, definimos  $F : \mathbb{N} \rightarrow A \cup B$ , asignando  $F(2i) = f(i)$  y  $F(2i + 1) = g(i)$  para  $i \in \mathbb{N}$ .

Afirmamos que  $F$  es sobreyectiva. En efecto, si  $x \in A \cup B$  entonces  $x \in A$  ó  $x \in B$ . Si  $x \in A$  entonces  $\exists i \in \mathbb{N}$  tal que  $g(i) = x$ . Luego,  $\exists 2i+1 \in \mathbb{N}$  tal que  $F(2i+1) = g(i) = x$ .

Análogamente, si  $x \in B$  entonces  $\exists i' \in \mathbb{N}$  tal que  $f(i') = x$ . Luego,  $\exists 2i' \in \mathbb{N}$  tal que  $F(2i') = f(i') = x$ .

Luego,  $F$  sobreyectiva implica  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Observación 3.1** Usando la proposición 3.3 e inducción probaremos la proposición 3.2.

En efecto, de la proposición 3.1 tenemos que  $I_1 \times \mathbb{N}$  es infinito numerable. Si  $I_n \times \mathbb{N}$  es infinito numerable, probaremos que  $I_{n+1} \times \mathbb{N}$  también es infinito numerable.

Expresamos

$$I_{n+1} \times \mathbb{N} = [I_n \times \mathbb{N}] \cup \{(n+1)\} \times \mathbb{N}$$

como es unión disjunta de conjuntos infinito numerables, entonces es infinito numerable.

**Proposición 3.4**  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Sea  $m \in \mathbb{N}$ ,

$$\underbrace{I_m \times \mathbb{N}}_{\text{inf. num}} \subset \mathbb{N} \times \mathbb{N}$$

entonces  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$  no puede ser finito.

Ahora, sean  $p$  y  $q$  números primos  $\neq 1$ , definimos

$$\psi : \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$(m, n) \mapsto p^m \cdot q^n$$

entonces  $\psi$  es inyectiva, pues

$$\underbrace{p^m \cdot q^n}_{=\psi(m,n)} = \underbrace{p^u \cdot q^v}_{=\psi(u,v)} \Rightarrow m = u \text{ y } n = v.$$

“la descomposición en factores primos es única”; i.e.  $(m, n) = (u, v)$ .

Luego,  $\psi$  inyectiva implica  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$  es infinito numerable.

**Proposición 3.5** Si  $A$  es infinito numerable y  $B$  es finito tal que  $A \cap B = \emptyset$  entonces  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Como  $\underbrace{A}_{\text{inf. num}} \subset A \cup B$  entonces  $A \cup B$  no puede ser finito.

Si  $A$  es infinito numerable entonces  $\exists g : \mathbb{N} \rightarrow A$  biyección. También como  $B$  es finito entonces  $\exists I_n$  y  $\exists f : I_n \rightarrow B$  biyección. Ahora, definimos  $F : \mathbb{N} \rightarrow A \cup B$ , asignando  $F(i) = f(i)$  si  $i \in I_n$  y  $F(i) = g(k)$  si  $i = n + k$  con  $k \in \mathbb{N}$ .

Afirmamos que  $F$  es sobreyectiva. En efecto, si  $x \in A \cup B$  entonces  $x \in A$  ó  $x \in B$ . Si  $x \in A$  entonces  $\exists i \in \mathbb{N}$  tal que  $g(i) = x$ . Luego,  $\exists n + i \in \mathbb{N}$  tal que  $F(n + i) = g(i) = x$ .

Análogamente, si  $x \in B$  entonces  $\exists \dot{r} \in I_n$  tal que  $f(\dot{r}) = x$ . Luego,  $\exists \dot{r} \in I_n \subset \mathbb{N}$  tal que  $F(\dot{r}) = f(\dot{r}) = x$ .

Luego,  $F$  sobreyectiva implica  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Proposición 3.6** Si  $A$  es infinito numerable y  $B$  es finito tal que  $A \cap B \neq \emptyset$  entonces  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Como  $A \cup B = A \cup (B - A)$  y  $A$  disjunto de  $B - A$ , con  $B - A$  finito, entonces  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Proposición 3.7** Si  $A$  es infinito numerable y  $B$  es finito, entonces  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Es consecuencia de las proposiciones 3.5 y 3.6.

**Proposición 3.8** Si  $A$  y  $B$  son infinitos numerables tal que  $A \cap B \neq \emptyset$  entonces  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Como  $A \cup B = A \cup (B - A)$  y  $A$  disjunto de  $B - A$ , con  $B \cap A$  finito o infinito numerable pues  $B \cap A \subset A$ .

Si  $B \cap A$  es finito entonces  $B - A$  es infinito numerable. Luego, usando 3.3 tenemos que  $A \cup B$  es infinito numerable.

Si  $B \cap A$  es infinito numerable entonces  $B - A$  puede ser finito o infinito numerable.

En cualquiera de los dos casos se obtiene que  $A \cup B$  es infinito numerable.

**Proposición 3.9** Si  $A$  y  $B$  son finitos tal que  $A \cap B = \emptyset$  entonces  $A \cup B$  es finito.

**Prueba.-** Si  $A$  es finito entonces  $\exists I_m$  y  $\exists g: I_m \rightarrow A$  biyección. También como  $B$  es finito entonces  $\exists I_n$  y  $\exists f: I_n \rightarrow B$  biyección. Ahora, definimos  $F: I_{m+n} \rightarrow A \cup B$ , asignando  $F(i) = g(i)$  si  $i \in I_m$  y  $F(i) = f(k)$  si  $i = m + k$  con  $k \in I_n$ .

Afirmamos que  $F$  es sobreyectiva. En efecto, si  $x \in A \cup B$  entonces  $x \in A$  ó  $x \in B$ .

Si  $x \in A$  entonces  $\exists i \in I_m$  tal que  $g(i) = x$ . Luego,  $\exists i \in I_m \subset I_{m+n}$  tal que  $F(i) = g(i) = x$ .

Análogamente, si  $x \in B$  entonces  $\exists \dot{r} \in I_n$  tal que  $f(\dot{r}) = x$ . Luego,  $\exists m + \dot{r} \in I_{m+n}$  tal que  $F(m + \dot{r}) = f(\dot{r}) = x$ .

Luego,  $F$  sobreyectiva implica  $A \cup B$  es finito.

**Proposición 3.10** Si  $A$  y  $B$  son finitos tal que  $A \cap B \neq \emptyset$  entonces  $A \cup B$  es finito.

**Prueba.-** Como  $A \cup B = A \cup (B - A)$  y  $A$  disjunto de  $B - A$ , con  $B - A$  finito, entonces  $A \cup B$  es finito.

**Proposición 3.11** Si  $A$  y  $B$  son conjuntos finitos entonces  $A \cup B$  es finito.

**Prueba.-** Es consecuencia de las proposiciones 3.9 y 3.10.

**Proposición 3.12** Unión finita de conjuntos finitos es finito. Esto es, si  $A_i$  son finitos para  $i = 1, \dots, n$ , con  $n \in \mathbb{N}$ , entonces  $\bigcup_{i=1}^n A_i$  es finito.

**Prueba.-** Obviamente ya se probó que  $A_1 \cup A_2$  es finito. Si  $\bigcup_{i=1}^n A_i$  es finito, probaremos que  $\bigcup_{i=1}^{n+1} A_i$  es finito. En efecto,

$$\bigcup_{i=1}^{n+1} A_i = \left( \bigcup_{i=1}^n A_i \right) \cup A_{n+1},$$

aplicando el caso  $n = 2$ , concluimos que  $\bigcup_{i=1}^{n+1} A_i$  es finito.

**Proposición 3.13** Unión finita de conjuntos infinitos numerables es infinito numerable. Esto es, si  $A_i$  son infinitos numerables para  $i = 1, \dots, n$ , con  $n \in \mathbb{N}$ , entonces  $\bigcup_{i=1}^n A_i$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Obviamente ya se probó que  $A_1 \cup A_2$  es infinito numerable. Si  $\bigcup_{i=1}^n A_i$  es infinito numerable, probaremos que  $\bigcup_{i=1}^{n+1} A_i$  es infinito numerable. En efecto,

$$\bigcup_{i=1}^{n+1} A_i = \left( \bigcup_{i=1}^n A_i \right) \cup A_{n+1},$$

aplicando el caso  $n = 2$ , concluimos que  $\bigcup_{i=1}^{n+1} A_i$  es infinito numerable.

**Proposición 3.14** Unión finita de conjuntos numerables es numerable. Esto es, sólo nos restaría probar el caso: si  $A_i$  son finitos para  $i = 1, \dots, k$  y  $A_{k+j}$  es infinito numerable, con  $j \in I_{n-k}$ , entonces  $\bigcup_{i=1}^n A_i$  es infinito numerable.

**Prueba.-** En efecto,

$$\bigcup_{i=1}^n A_i = \left( \underbrace{\bigcup_{i=1}^k A_i}_{\text{finito}} \right) \cup \left( \underbrace{\bigcup_{i=k+1}^n A_i}_{\text{inf. num.}} \right).$$

Luego,  $\bigcup_{i=1}^n A_i$  es infinito numerable.

**Proposición 3.15** Unión infinita numerable de conjuntos finitos (no vacíos) es numerable. Esto es, si  $A_i$  son finitos para  $i \in \mathbb{N}$ , entonces  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  es numerable.

**Prueba.-** Sean  $g_i : A_i \rightarrow I_{m_i} \subset \mathbb{N}$  inyectivas,  $\forall i \in \mathbb{N}$ , donde  $m_i \in \mathbb{N}$ . Definimos la aplicación  $G : \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \rightarrow \mathbb{N} \times \mathbb{N}$  tal que a cada  $u \in \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  le asigna  $G(u) = (k, g_k(u))$  donde  $k = \min\{n \in \mathbb{N}, u \in A_n\}$ ; aquí estamos considerando el caso  $A_i \cap A_j \neq \emptyset$  con  $i \neq j$ . Entonces  $G$  es inyectiva.

Siendo  $G$  inyectiva y  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$  infinito numerable, entonces  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  es numerable.

**Observación 3.2** Daremos una prueba intuitiva de la proposición 3.15 para el caso de conjuntos disjuntos.

En efecto, consideraremos que  $A_i \cap A_j = \emptyset$  para  $i \neq j$ .

Observemos que  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  no puede ser finito. En efecto, basta tomar un elemento  $x_i$  de cada  $A_i$  y obtenemos  $\{x_i\}_{i \in \mathbb{N}} \subset \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$ .

Sean  $f_i: I_{m_i} \rightarrow A_i$  biyección,  $\forall i \in \mathbb{N}$ , donde  $m_i \in \mathbb{N}$ . Definimos la aplicación

$F: \mathbb{N} \rightarrow \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  tal que a  $i \in \mathbb{N}$  le asigna

$$F(i) = \begin{cases} f_1(i), & \text{si } i \in I_{m_1} \\ f_2(k), & \text{si } i = m_1 + k, k \in I_{m_2} \\ f_3(j), & \text{si } i = m_1 + m_2 + j, j \in I_{m_3} \\ \vdots \\ f_m(s), & \text{si } i = m_1 + m_2 + \dots + m_{m-1} + s, s \in I_m \\ \vdots \end{cases}$$

entonces  $F$  es sobreyectiva. En efecto, sea  $u \in \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  entonces existe  $i \in \mathbb{N}$  tal que  $u \in A_i$ , esto es,  $\exists r \in I_{m_i}$  tal que  $f_i(r) = u$ .

$\exists \tilde{r} := m_1 + \dots + m_{i-1} + r \in \mathbb{N}$  tal que  $F(\tilde{r}) = f_i(r) = u$ .

Por lo tanto,  $F$  sobreyectiva implica que  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  es infinito numerable.

**Proposición 3.16** Unión infinita numerable de conjuntos infinitos numerables es infinito numerable. Esto es, si  $A_i$  son infinitos numerables para  $i \in \mathbb{N}$ , entonces  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Como  $A_k \subset \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  para todo  $k \in \mathbb{N}$ , entonces  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  no puede ser finito.

Ahora, sean  $f_i: \mathbb{N} \rightarrow A_i$  biyección,  $\forall i \in \mathbb{N}$ . Definimos la aplicación.

$$\begin{aligned} \phi: \mathbb{N} \times \mathbb{N} &\rightarrow \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \\ (m, n) &\rightarrow \phi((m, n)) = f_n(m), \end{aligned}$$

entonces  $\phi$  es sobreyectiva. En efecto, sea  $x \in \bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  entonces  $\exists i \in \mathbb{N}$  tal que  $x \in A_i$ . Como  $f_i$  es sobreyectiva, existe  $m \in \mathbb{N}$  tal que  $f_i(m) = x$ . Luego, existe  $(m, i) \in \mathbb{N} \times \mathbb{N}$  tal que  $\phi((m, i)) = f_i(m) = x$ .

Finalmente,  $\phi$  sobreyectiva y  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$  infinito numerable, implica que  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i$  es infinito numerable.

**Observación 3.3** Análogamente a la prueba de la proposición 3.15 podemos demostrar la proposición 3.16.



**Proposición 3.17** *Unión infinito numerable de conjuntos numerables es infinito numerable. Esto es, sólo nos restaría probar el caso: si  $A_i$  son finitos para  $i \in N_1$  y  $A_j$  es infinito numerable, para  $j \in N_2$ , entonces  $\bigcup_{i \in \mathbb{N}} A_i$  es infinito numerable; donde  $\mathbb{N} = N_1 \cup N_2$ .*

**Prueba.-** En efecto,

$$\bigcup_{i \in \mathbb{N}} A_i = \left( \underbrace{\bigcup_{i \in N_1} A_i}_{F_1 :=} \right) \cup \left( \underbrace{\bigcup_{i \in N_2} A_i}_{F_2 :=} \right).$$

Se observan 3 casos:

Caso 1:  $N_1$  finito y  $N_2$  infinito numerable.

Caso 2:  $N_1$  infinito numerable y  $N_2$  finito.

Caso 3:  $N_1$  y  $N_2$  infinitos numerables.

En el primer caso tenemos que  $F_1$  es finito y  $F_2$  es infinito numerable.

Luego,  $\bigcup_{i \in \mathbb{N}} A_i = F_1 \cup F_2$  es infinito numerable.

En el segundo caso tenemos que  $F_1$  es infinito numerable y  $F_2$  es finito.

Luego,  $\bigcup_{i \in \mathbb{N}} A_i = F_1 \cup F_2$  es infinito numerable.

En el tercer caso tenemos que  $F_1$  es infinito numerable y  $F_2$  es infinito numerable.

Luego,  $\bigcup_{i \in \mathbb{N}} A_i = F_1 \cup F_2$  es infinito numerable.

Previamente necesitamos enunciar algunos resultados que usaremos:

**Proposición 3.18** *Sea  $k \in \mathbb{N}$ , el conjunto  $\{k\} \times I_m$  es finito,  $\forall m \in \mathbb{N}$ .*

**Prueba.-** Para  $k \in \mathbb{N}$  fijo, definimos

$$\begin{aligned} \varphi : \{k\} \times I_m &\rightarrow I_m \\ (k, j) &\mapsto j \end{aligned}$$

y observamos que  $\varphi$  es inyectiva, luego  $\{k\} \times I_m$  es finito.

Observe que  $\varphi$  también es sobreyectiva.

**Proposición 3.19**  *$I_n \times I_m$  es finito,  $\forall n, m \in \mathbb{N}$ .*

**Prueba.-** En efecto, basta expresar

$$I_n \times I_m = \bigcup_{k=1}^n \{k\} \times I_m$$

como unión finita de conjuntos finitos, luego  $I_n \times I_m$  es finito.

**Corolario 3.1** *El producto cartesiano de dos conjuntos numerables es un conjunto numerable.*

**Prueba.-** Estudiaremos los siguientes casos:

**Caso I:** Sean  $X$  e  $Y$  infinitos numerables entonces  $X \times Y$  es infinito numerable. En efecto, si  $X$  es infinito numerable entonces  $\exists f : \mathbb{N} \rightarrow X$  biyección. También, como  $Y$  es infinito numerable entonces  $\exists g : \mathbb{N} \rightarrow Y$  biyección.

Definimos,

$$H : \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow X \times Y$$

$$(m,n) \mapsto H(m,n) := (f(m),g(n))$$

entonces  $H$  es sobreyectiva. En efecto, sean  $(x,y) \in X \times Y$  entonces  $x \in X$  e  $y \in Y$ , luego  $\exists m \in \mathbb{N}$  tal que  $f(m) = x$  y  $\exists n \in \mathbb{N}$  tal que  $g(n) = y$ . Luego, existe  $(m,n) \in \mathbb{N} \times \mathbb{N}$  tal que  $H(m,n) = (f(m),g(n)) = (x,y)$ .

Se observa que  $H$  también es inyectiva.

Luego,  $H$  sobreyectiva implica que  $X \times Y$  es infinito numerable.

**Caso II** Sean  $X$  e  $Y$  finitos entonces  $X \times Y$  es finito.

En efecto, si  $X$  es finito entonces  $\exists f : I_n \rightarrow X$  biyección. También, como  $Y$  es finito entonces  $\exists g : I_m \rightarrow Y$  biyección.

Definimos,

$$\tilde{H} : I_n \times I_m \rightarrow X \times Y$$

$$(k,j) \mapsto \tilde{H}((k,j)) := (f(k),g(j))$$

entonces  $\tilde{H}$  es sobreyectiva. En efecto, sean  $(x,y) \in X \times Y$  entonces  $x \in X$  e  $y \in Y$ , luego  $\exists k \in I_n$  tal que  $f(k) = x$  y  $\exists j \in I_m$  tal que  $g(j) = y$ . Luego, existe  $(k,j) \in I_n \times I_m$  tal que  $\tilde{H}((k,j)) = (f(k),g(j)) = (x,y)$ .

Se observa que  $\tilde{H}$  también es inyectiva.

Luego,  $\tilde{H}$  sobreyectiva e  $I_n \times I_m$  finito implica que  $X \times Y$  es finito.

**Caso III** Se  $X$  finito e  $Y$  infinito numerable entonces  $X \times Y$  es infinito numerable. En efecto, si  $X$  es finito entonces  $\exists f : I_n \rightarrow X$  biyección. También, como  $Y$  es infinito numerable entonces  $\exists g : \mathbb{N} \rightarrow Y$  biyección.

Definimos,

$$\tilde{F} : I_n \times \mathbb{N} \rightarrow X \times Y$$

$$(k,j) \mapsto \tilde{F}((k,j)) := (f(k),g(j))$$

entonces  $\tilde{F}$  es sobreyectiva. En efecto, sean  $(x,y) \in X \times Y$  entonces  $x \in X$  e  $y \in Y$ , luego  $\exists k \in I_n$  tal que  $f(k) = x$  y  $\exists j \in \mathbb{N}$  tal que  $g(j) = y$ . Luego, existe  $(k,j) \in I_n \times \mathbb{N}$  tal que  $\tilde{F}((k,j)) = (f(k),g(j)) = (x,y)$ .

Se observa que  $\tilde{F}$  también es inyectiva.

Luego,  $\tilde{F}$  sobreyectiva e  $I_n \times \mathbb{N}$  infinito numerable implica que  $X \times Y$  es infinito numerable.

**Proposición 3.20**  $\underbrace{\mathbb{N} \times \mathbb{N} \times \dots \times \mathbb{N}}_{n\text{-veces}}$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Su prueba es análoga al caso  $n = 2$ .

En la siguiente sección veremos que  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$  no es numerable.

**Proposición 3.21** Si  $X_i$  son infinito numerables para  $i = 1, \dots, n$  con  $n \in \mathbb{N}$ , entonces  $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Su prueba es análoga al caso  $n = 2$ .

**Observación 3.4** Cabe resaltar que del Teorema 2.3 se tiene: ser infinito numerable es el menor de los infinitos. Equivalente a decir:

“Todo conjunto infinito contiene un subconjunto infinito numerable”.

**Observación 3.5** El conjunto de los números enteros  $\mathbb{Z}$  es infinito numerable.

Como  $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z}$ ,  $\mathbb{Z}$  no puede ser finito. Ahora, definimos  $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{Z}$  como

$$f(n) = \begin{cases} \frac{n-1}{2} & \text{si } n \text{ es impar} \\ -\frac{n}{2} & \text{si } n \text{ es par} \end{cases}$$

y se verifica fácilmente que  $f$  es biyectiva.

Otra prueba, sería expresar

$$\mathbb{Z} = \mathbb{N} \cup \{0\} \cup (-\mathbb{N})$$

como unión finita de conjuntos numerables, donde  $-\mathbb{N} := \{-n, n \in \mathbb{N}\}$  y este es infinito numerable desde que existe  $\vartheta$

$$\vartheta : \mathbb{N} \rightarrow -\mathbb{N}$$

$$n \mapsto \vartheta(n) = -n$$

biyección.

Luego,  $\mathbb{Z}$  es infinito numerable.

**Observación 3.6** Cabe mencionar que a pesar de que  $\mathbb{N}$  está contenido propiamente en  $\mathbb{Z}$ , ambas tienen la misma cardinalidad.

**Observación 3.7**  $\mathbb{Z}^* := \mathbb{Z} - \{0\}$  es infinito numerable.

Como  $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z}^*$ ,  $\mathbb{Z}^*$  no puede ser finito. Ahora, definimos  $\Lambda : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{Z}^*$  como

$$\Lambda(n) = \begin{cases} \frac{n+1}{2} & \text{si } n \text{ es impar} \\ -\frac{n}{2} & \text{si } n \text{ es par} \end{cases}$$

y se verifica fácilmente que  $\Lambda$  es biyectiva.

Otra prueba, sería expresar

$$\mathbb{Z}^* = \mathbb{N} \cup (-\mathbb{N})$$

como unión finita de conjuntos infinito numerables. Luego,  $\mathbb{Z}^*$  es infinito numerable.

**Observación 3.8** El conjunto de los números racionales  $\mathbb{Q} := \{\frac{m}{n}, m \in \mathbb{Z}, n \in \mathbb{Z}^*\}$  es infinito numerable.

Como  $\mathbb{N} \subset \mathbb{Q}$ ,  $\mathbb{Q}$  no puede ser finito. Ahora, se observa que  $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}^*$  es infinito numerable, definimos la función  $\Delta : \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}^* \rightarrow \mathbb{Q}$  como  $\Delta(m, n) = \frac{m}{n}$ , se demuestra fácilmente que  $\Delta$  es sobreyectiva. Luego,  $\mathbb{Q}$  es infinito numerable.

**Proposición 3.22** Sea  $A \neq \emptyset$ ,  $y \sim$  una relación de equivalencia en  $A$ . Si  $A$  es numerable entonces el conjunto cociente de  $A$ :  $A/\sim$  es numerable.

**Prueba.-** Si  $A$  es numerable entonces existe  $f : \mathbb{N} \rightarrow A$  sobreyectiva. Como la proyección natural  $P : A \rightarrow A/\sim$  es sobreyectiva, entonces  $P \circ f : \mathbb{N} \rightarrow A/\sim$  es sobreyectiva, luego  $A/\sim$  es numerable.

**Proposición 3.23** Sea  $P_f(\mathbb{N}) := \{X \subset \mathbb{N} \text{ tal que } X \text{ es finito}\}$  entonces  $P_f(\mathbb{N})$  es infinito numerable.

**Prueba.-** Para cada  $n \in \mathbb{N}$ , definimos el siguiente conjunto

$$P_n := \{X \subset \mathbb{N} \text{ tal que } \text{card}(X) = n\}.$$

Primero, observemos que  $P_1$  es infinito numerable. En efecto, existe  $\psi : \mathbb{N} \rightarrow P_1$  biyección que asocia a cada  $m \in \mathbb{N}$  al conjunto  $\{m\} \in P_1$ .

Luego, como  $\underbrace{P_1}_{\text{inf num}} \subset P_f$  entonces  $P_f$  no puede ser finito.

Probaremos que  $P_n$  es infinito numerable  $\forall n \in \mathbb{N}$ . En efecto, para  $n \in \mathbb{N}$  fijado, basta definir

$$F : P_n \rightarrow \underbrace{\mathbb{N} \times \dots \times \mathbb{N}}_{n\text{-veces}}$$

$$X \mapsto F(X) := (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

donde  $\mathbb{N} \supset X$  es finito de cardinalidad  $n$ , i.e.  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  con  $x_i \neq x_j$  si  $i \neq j$ , mejor aún:  $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ .

Luego,  $F$  es inyectiva. En efecto, sean  $X, Y \in P_n$  tal que  $F(X) = F(Y)$  entonces  $(x_1, x_2, \dots, x_n) = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ , esto es  $x_i = y_i$  para  $i = 1, \dots, n$ ; i.e.  $X = Y$ .

Luego,  $F$  inyectiva y  $\mathbb{N}^n$  infinito numerable implica  $P_n$  infinito numerable.

Vale la siguiente igualdad:

$$P_f(\mathbb{N}) = \left( \bigcup_{n=1}^{\infty} P_n \right) \cup \{\emptyset\}$$

Por lo tanto,  $P_f(\mathbb{N})$  es infinito numerable, al ser unión numerable de conjuntos numerables.

En la siguiente sección veremos que  $P(\mathbb{N})$  no es numerable.

## EXISTENCIA DE CONJUNTOS NO NUMERABLES

**Definición 4.1** Sea  $X$  un conjunto, diremos que  $X$  es no numerable cuando no cumple:  $X$  es finito o  $\exists f$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $X$  (notación:  $\mathbb{N} \stackrel{f}{\cong} X$ ). Esto es,  $X$  no es finito (i.e.  $X$  es infinito) y  $\nexists$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $X$ .

Usaremos el “Método de la Diagonal de Cantor” para probar que algunos conjuntos son no numerables.

**Proposición 4.1**  $\{0,1\}^{\mathbb{N}} := \{s : \mathbb{N} \rightarrow \{0,1\} \text{ función}\}$  es no numerable.

**Prueba.-** Antes de iniciar con la prueba observemos que  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$  no es finito, mejor aún observemos que posee un subconjunto infinito numerable “trivial”: la sucesión

$$e_j : 0, \dots, 0, \underbrace{1}_{j\text{-ésima}}, 0, \dots, 0, \dots$$

Luego,  $\{e_j\}_{j=1}^{\infty} \subset \{0,1\}^{\mathbb{N}}$ .

Lo que también nos permite obtener:  $\text{card}(\mathbb{N}) \leq \text{card}(\{0,1\}^{\mathbb{N}})$ . Y usando que  $\nexists f$  bisección entre  $\mathbb{N}$  y  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$ , concluimos que

$$\text{card}(\mathbb{N}) < \text{card}(\{0,1\}^{\mathbb{N}}).$$

Podemos observar otros elementos de  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$ , como son las sucesiones constantes:  $\bar{0}$  y  $\bar{1}$ .

Ahora, pasamos a probar que  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$  no es numerable.

Sea  $\{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\}$  un conjunto infinito numerable (arbitrario) de elementos de  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$ .

Así,

$s_1$	:	<b>s11</b>	$s_{21}$	$s_{31}$	$s_{41}$	...	$s_{m1}$	...
$s_2$	:	$s_{12}$	<b>s22</b>	$s_{32}$	$s_{42}$	...	$s_{m2}$	...
$s_3$	:	$s_{13}$	$s_{23}$	<b>s33</b>	$s_{43}$	...	$s_{m3}$	...
$s_4$	:	$s_{14}$	$s_{24}$	$s_{34}$	<b>s44</b>	...	$s_{m4}$	...
	:	:	:	:	:	...	:	...
$s_m$	:	$s_{1m}$	$s_{2m}$	$s_{3m}$	$s_{4m}$	...	<b>smm</b>	...
	:	:	:	:	:	...	:	...

Construimos

$$s^* : s_1^* \quad s_2^* \quad s_3^* \quad s_4^* \quad \dots \quad s_m^* \quad \dots$$

tal que  $s_m^* \neq s_{mm}$ ,  $\forall m \in \mathbb{N}$ . Esto es posible desde que tenemos  $\text{card}(\{0,1\}) = 2$ ; así, para cada  $m \in \mathbb{N}$  tomamos

$$s_m^* = \begin{cases} 0 & \text{si } s_{mm} = 1 \\ 1, & \text{si } s_{mm} = 0. \end{cases}$$

Luego,  $s^* \in \{0,1\}^{\mathbb{N}}$  y satisface:  $s^* \neq s_m, \forall m \in \mathbb{N}$ .

Esto es,  $s^* \notin \{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\}$ . O sea, "ningún conjunto infinito numerable de  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$  llega a ser todo  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$ ".

Otra forma de redactar esta prueba, sería proceder por el absurdo. Supongamos que exista una  $f$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$ ; luego  $\mathbb{N} \equiv f(\mathbb{N}) = \{0,1\}^{\mathbb{N}}$ , denotemos a  $f(\mathbb{N}) = \{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\}$ . Para esta familia numerable aplicamos la diagonal de Cantor para construir  $s^* \in \{0,1\}^{\mathbb{N}} - \{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\} \neq \emptyset$ . Lo que contradice  $f(\mathbb{N}) = \{0,1\}^{\mathbb{N}}$ .

**Proposición 4.2** Si  $a \neq b$  entonces  $\{a,b\}^{\mathbb{N}}$  es no numerable.

**Prueba.-** La prueba es análoga a la demostración de la Proposición 4.1.

**Proposición 4.3** Si  $A$  es un conjunto con  $\text{card}(A) = n \geq 2$  entonces  $A^{\mathbb{N}}$  es no numerable.

**Prueba.-** La prueba es análoga a la demostración de la Proposición 4.1.

**Proposición 4.4**  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$  es no numerable.

**Prueba.-** Como  $\{1,2\} \subset \mathbb{N}$  entonces  $\{1,2\}^{\mathbb{N}} \subset \mathbb{N}^{\mathbb{N}}$ . Luego,  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$  no puede ser numerable.

Podemos dar otra prueba usando el método de la Diagonal de Cantor, conservando, viendo a los elementos de  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$  como funciones de  $\mathbb{N}$  a  $\mathbb{N}$ .

En efecto, sea  $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n, \dots\}$  un conjunto infinito numerable (arbitrario) de elementos de  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$ . Así,

$\varphi_1$	:	$\varphi_1(1)$	$\varphi_1(2)$	$\varphi_1(3)$	$\varphi_1(4)$	...	$\varphi_1(m)$	...
$\varphi_2$	:	$\varphi_2(1)$	$\varphi_2(2)$	$\varphi_2(3)$	$\varphi_2(4)$	...	$\varphi_2(m)$	...
$\varphi_3$	:	$\varphi_3(1)$	$\varphi_3(2)$	$\varphi_3(3)$	$\varphi_3(4)$	...	$\varphi_3(m)$	...
$\varphi_4$	:	$\varphi_4(1)$	$\varphi_4(2)$	$\varphi_4(2)$	$\varphi_4(4)$	...	$\varphi_4(m)$	...
...	:							
$\varphi_m$	:	$\varphi_m(1)$	$\varphi_m(2)$	$\varphi_m(2)$	$\varphi_m(4)$	...	$\varphi_m(m)$	...
:	:							

Construimos

$$\varphi^* : \varphi^*(1) \quad \varphi^*(2) \quad \varphi^*(3) \quad \varphi^*(4) \quad \dots \quad \varphi^*(m) \quad \dots$$

tal que  $\varphi^*(m) \neq \varphi_m(m), \forall m \in \mathbb{N}$ . Esto es posible desde que tenemos  $\text{card}(\mathbb{N}) > 2$ ; así, para cada  $m \in \mathbb{N}$  tomamos

$$\varphi^*(m) = \{k \neq j \quad \text{si } \varphi_m(m) = j.$$

Luego,  $\varphi^* \in \mathbb{N}^{\mathbb{N}}$  y satisface:  $\varphi^* \neq \varphi_m, \forall m \in \mathbb{N}$ .

Esto es,  $\varphi^* \notin \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n, \dots\}$ . O sea, "ningún conjunto infinito numerable de  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$  llega a ser todo  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$ ".

Otra forma de redactar esta prueba, sería proceder por el absurdo. Supongamos que exista una  $f$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $\mathbb{N}^{\mathbb{N}}$ ; luego  $\mathbb{N} \equiv f(\mathbb{N}) = \mathbb{N}^{\mathbb{N}}$ , denotemos a  $f(\mathbb{N}) = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n, \dots\}$ . Para esta familia numerable aplicamos la diagonal de Cantor para construir  $\varphi^* : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ , tal que  $\varphi^* \in \mathbb{N}^{\mathbb{N}} - \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n, \dots\} \neq \emptyset$ .

Lo que contradice  $f(\mathbb{N}) = \mathbb{N}^{\mathbb{N}}$ .

**Proposición 4.5** Si  $X_n$  es infinito numerable  $\forall n \in \mathbb{N}$  entonces  $\prod_{n=1}^{\infty} X_n$  es no numerable.

**Prueba.-** Sea  $\{y_1, y_2, \dots, y_n, \dots\}$  un conjunto infinito numerable (arbitrario) de elementos de  $\prod_{i=1}^{\infty} X_i$ . Así,

$y_1$	:	<b>y11</b>	$y_{21}$	$y_{41}$		...	$y_{m1}$	...
$y_2$	:	$y_{12}$	<b>y22</b>	$y_{32}$	$y_{42}$	...	$y_{m2}$	...
$y_3$	:	$y_{13}$	$y_{23}$	<b>y33</b>	$y_{43}$	...	$y_{m3}$	...
$y_4$	:	$y_{14}$	$y_{24}$	$y_{34}$	<b>y44</b>	...	$y_{m4}$	...
:	:							
$y_m$	:		$y_{1m}$	$y_{2m}$	$y_{3m}$	$y_{4m}$	...	<b>y<sub>mm</sub></b> ...
:	:							

Construimos

$$y^* : y_1^* \ y_2^* \ y_3^* \ y_4^* \ \dots \ y_m^* \ \dots$$

tal que  $y_m^* \neq y_{mm}, \forall m \in \mathbb{N}$ . Esto es posible desde que tenemos  $\text{card}(X_m) = \text{card}(\mathbb{N}) > 2$ ; así, para cada  $m \in \mathbb{N}$  tomamos

$$y_m^* = \{ a \in X_m, (a \neq b), \text{ si } s_{mm} = b \in X_m.$$

Luego,  $y^* \in \prod_{i=1}^{\infty} X_i$  y satisface:  $y^* \neq y_m, \forall m \in \mathbb{N}$ .

Esto es,  $y^* \notin \{y_1, y_2, \dots, y_n, \dots\}$ . O sea, "ningún conjunto infinito numerable de  $\prod_{i=1}^{\infty} X_i$  llega a ser todo  $\prod_{i=1}^{\infty} X_i$ ".

Otra forma de redactar esta prueba, sería proceder por el absurdo. Supongamos que exista una  $f$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $\prod_{i=1}^{\infty} X_i$ ; luego  $\mathbb{N} \equiv f(\mathbb{N}) = \prod_{i=1}^{\infty} X_i$ , denotemos a  $f(\mathbb{N}) = \{y_1, y_2, \dots, y_n, \dots\}$ . Para esta familia numerable aplicamos la diagonal de Cantor para construir  $y^* \in \prod_{i=1}^{\infty} X_i - \{y_1, y_2, \dots, y_n, \dots\} \neq \emptyset$ . Lo que contradice  $f(\mathbb{N}) = \prod_{i=1}^{\infty} X_i$ .

**Proposición 4.6** Si  $X_n$  es finito con  $\text{card}(X_n) \geq 2, \forall n \in \mathbb{N}$  entonces  $\prod_{n=1}^{\infty} X_n$  es no numerable.

**Prueba.-** La prueba es análoga a la demostración de la Proposición previa, desde que  $\text{card}(X_m) \geq 2, \forall m \in \mathbb{N}$ .

**Proposición 4.7** El intervalo  $(0, 1) = \{x \in \mathbb{R}, 0 < x < 1\}$  es no numerable.

**Prueba.-** Se sabe que si  $a \in (0,1)$  entonces  $a = 0.a_1 a_2 a_3 \dots a_i \dots$  representa la expresión decimal de  $a$ , donde  $a_i \in \{0,1,2,3,\dots,9\}$ .

Antes de iniciar con la prueba observemos que  $(0,1)$  no es finito, mejor aún observemos que posee un subconjunto infinito numerable “trivial”:

$$d_j := 0.0 \dots 0 \underbrace{1}_{j\text{-ésima}} 0 \dots 0, \dots$$

Luego,  $\{d_j\}_{j=1}^{\infty} \subset (0,1)$ .

Lo que también nos permite obtener:  $\text{card}(\mathbb{N}) \leq \text{card}((0,1))$ . Y usando que  $\nexists f$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $(0,1)$ , concluimos que

$$\text{card}(\mathbb{N}) < \text{card}((0,1)).$$

Podemos observar otros elementos conocidos de  $(0,1)$ :  $0.\bar{1}$ ,  $0.\bar{2}$ ,  $0.\bar{3}$ , ... y  $0.\bar{9}$

Ahora, pasamos a probar que  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$  no es numerable.

Sea  $\{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\}$  un conjunto infinito numerable (arbitrario) de elementos de  $(0,1)$ . Así,

$s_1 = 0.$	<b>s11</b>	$s_{21}$	$s_{31}$	$s_{41}$	...	$s_{m1}$	...
$s_2 = 0.$	$s_{12}$	<b>s22</b>	$s_{32}$	$s_{42}$	...	$s_{m2}$	...
$s_3 = 0.$	$s_{13}$	$s_{23}$	<b>s33</b>	$s_{43}$	...	$s_{m3}$	...
$s_4 = 0.$	$s_{14}$	$s_{24}$	$s_{34}$	<b>s44</b>	...	$s_{m4}$	...
$\vdots = \vdots$							
$s_m = 0.$	$s_{1m}$	$s_{2m}$	$s_{3m}$	$s_{4m}$	...	<b>smm</b>	...
$\vdots = \vdots$							

Construimos

$$s^* = 0. s_1^* s_2^* s_3^* s_4^* \dots s_m^* \dots$$

tal que  $s_m^* \neq s_{mm}$ ,  $\forall m \in \mathbb{N}$ . Esto es posible desde que  $s_{ij} \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 9\}$ ; así, para cada  $m \in \mathbb{N}$  tomamos

$$s_m^* = \begin{cases} s_{mm} + 1, & \text{si } s_{mm} < 9 \text{ (i.e. } s_{mm} \in \{0,1,2,3,\dots,8\}) \\ 0, & \text{si } s_{mm} = 9. \end{cases}$$

Luego,  $s^* \in (0,1)$  y satisface:  $s^* \neq s_m$ ,  $\forall m \in \mathbb{N}$ .

Esto es,  $s^* \notin \{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\}$ . O sea, “ningún conjunto infinito numerable de  $(0,1)$  llega a ser todo  $(0,1)$ ”.

Otra forma de redactar esta prueba, sería proceder por el absurdo. Supongamos que exista una  $f$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $(0,1)$ ; luego  $\mathbb{N} \equiv f(\mathbb{N}) = (0,1)$ , denotemos a  $f(\mathbb{N}) = \{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\}$ . Para esta familia numerable aplicamos la diagonal de Cantor para construir  $s^* \in (0,1) - \{s_1, s_2, \dots, s_n, \dots\} \neq \emptyset$ . Lo que contradice  $f(\mathbb{N}) = (0,1)$ .



**Proposición 4.8**  $IR$  es no numerable.

**Prueba.-** Como  $(0,1) \subset IR$  y  $(0,1)$  es no numerable entonces  $IR$  es no numerable. O bien, como existe biyección entre  $IR$  y  $(0,1)$ , siendo  $(0,1)$  no numerable entonces  $IR$  es no numerable.

**Observación 4.1** La proposición 4.8 también puede ser demostrado usando intervalos encajados, citamos [2].

**Proposición 4.9** El conjunto de los números irracionales  $I$  es no numerable.

**Prueba.-** Como  $IR = \mathbb{Q} \cup I$  entonces  $I$  es no numerable. Supongamos que  $I$  fuese numerable entonces  $\mathbb{Q} \cup I$  es numerable, lo cual es absurdo pues  $IR$  es no numerable.

**Proposición 4.10** El intervalo  $(a,b)$  no degenerado (i.e.  $a < b$ ) es no numerable.

**Prueba.-** Tenemos que existe la función  $f : (a,b) \rightarrow (0,1)$ , definida por  $f(x) := \frac{1}{b-a}(x - a)$ , que es biyectiva. Luego,  $(a,b)$  es no numerable. En efecto, supongamos que  $(a,b)$  sea numerable, i.e. existe  $\varphi$  biyección entre  $IN$  y  $(a,b)$ , luego  $f \circ \varphi$  es biyección entre  $IN$  y  $(0,1)$ , lo cual es absurdo.

**Proposición 4.11** Sea  $a < b$ , los intervalos  $(a,b)$ ,  $[a,b)$  y  $[a,b]$  son no numerables.

**Prueba.-** Desde que  $(a,b] = (a,b) \cup \{b\}$  y  $(a,b)$  es no numerable, entonces  $(a,b]$  es no numerable. En efecto, si fuese numerable; usando el hecho de que “todo subconjunto de un conjunto numerable es numerable”,  $(a,b)$  sería numerable, lo cual es absurdo. Así, también, como  $[a,b) = (a,b) \cup \{a\}$  y  $(a,b)$  es no numerable, entonces  $[a,b)$  es no numerable. Y finalmente, como  $[a,b] = (a,b) \cup \{a,b\}$  y  $(a,b)$  es no numerable, entonces  $[a,b]$  es no numerable.

**Observación 4.2** Sean  $a,b \in IR$ , los intervalos  $(a,\infty)$ ,  $(-\infty,b)$ ,  $[a,\infty)$ ,  $(-\infty,b]$  son no numerables.

En efecto, basta observar que para  $\epsilon \geq 0$  existe  $c \in IR$  tal que  $(a + \epsilon, c) \subset (a,\infty)$  y como  $(a + \epsilon, c)$  es no numerable, entonces  $(a,\infty)$  no puede ser numerable. Por lo tanto,  $(a,\infty)$  es no numerable y también lo es  $[a,\infty)$  desde que  $[a,\infty) \supset (a,\infty)$ .

Análogamente se prueban los otros dos casos.

Ahora, introduciremos un resultado importante debido a Cantor.

**Teorema 4.1 (Cantor)** Sea  $A$  un conjunto, entonces  $\nexists f : A \rightarrow P(A)$  sobreyectiva, donde  $P(A) := \{F, F \subset A\}$ .

**Prueba.-** Sea  $f : A \rightarrow P(A)$  una función arbitraria, probaremos que  $f$  no es sobreyectiva. Esto es, probaremos que:  $\exists B \in P(A)$  tal que

$$\nexists a \in A \text{ con } f(a) = B. \quad (4.1)$$

Definimos el conjunto,

$$B := \{x \in A, x \notin f(x)\} \subset A$$

Luego,  $B \in P(A)$ .

**Ahora, probaremos (4.1).** El enunciado (4.1) nos dice que “ $B$  no es imagen de ningún elemento de  $A$ ”; esto es,

$$B \notin f(A) := \{f(x), x \in A\}.$$

Procederemos por el absurdo, i.e. suponemos que

$$\exists a \in A \text{ tal que } f(a) = B \tag{4.2}$$

Si  $a \in B$ , de la definición de  $B$  y (4.2) tenemos:  $a \in A$  y  $a \notin f(a) = B$ , lo cual es absurdo.

Si  $a \notin B$ , de (4.2) tenemos que  $a \in f(a) = B$ , lo cual es absurdo.

Luego, vale (4.1).

**Proposición 4.12** Sea  $A$  un conjunto no vacío, definimos

$$g : A \rightarrow P(A)$$

$$x \mapsto \{x\}$$

Entonces  $g$  es inyectiva. Además,  $g : A \rightarrow g(A)$  es biyectiva; de donde se deduce que  $A \equiv g(A) \subset P(A)$  y  $\text{card}(A) \leq \text{card}(P(A))$ .

**Prueba.-** En efecto, si  $g(x) = g(y)$ , esto es  $\{x\} = \{y\}$ , entonces  $x = y$ .

**Proposición 4.13** Sea  $A$  un conjunto no vacío, entonces  $\nexists f$  biyección entre  $A$  y  $P(A)$ . Además,  $\text{card}(A) < \text{card}(P(A))$ .

**Prueba.-** En efecto, si  $\exists f$  biyección entre  $A$  y  $P(A)$ , entonces  $f$  es sobreyectiva, esto contradice al Teorema de Cantor.

**Observación 4.3**  $P(\mathbb{N})$  no es finito.

En efecto, para cada  $n \in \mathbb{N}$ , definimos  $A_n := \mathbb{N} - \{1, 2, \dots, n\}$ , que es infinito numerable y subconjunto de  $\mathbb{N}$ ; así

$$\{A_n\}_{n=1}^{\infty} \subset P(\mathbb{N}).$$

**Proposición 4.14**  $P(\mathbb{N})$  no es numerable y  $\text{card}(\mathbb{N}) < \text{card}(P(\mathbb{N}))$ .

**Prueba.-** Es consecuencia de la proposición 4.13 aplicado a  $A := \mathbb{N}$ ; esto es,  $\nexists$  biyección entre  $\mathbb{N}$  y  $P(\mathbb{N})$ . Luego,  $P(\mathbb{N})$  no es numerable.

Además, vale  $\text{card}(\mathbb{N}) < \text{card}(P(\mathbb{N}))$ .

**Observación 4.4** Otro modo de probar que  $P(\mathbb{N})$  es no numerable es identificándolo con  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$ , vía una biyección  $\psi$ ; y como  $\{0,1\}^{\mathbb{N}}$  es no numerable, entonces  $P(\mathbb{N})$  es no numerable.

Esto es,  $\psi$  a cada  $X \subset \mathbb{N}$  le asocia la sucesión de ceros y unos, donde el  $n$ -ésimo término es 1 si  $n \in X$  y 0 si  $n \notin X$ .

Podemos evidenciar la acción de  $\psi$ , por ejemplo si  $X := \{3,5,13\}$  entonces

$$\psi(X) = (0, 0, 1, 0, 1, \dots, 0, \underbrace{1}_{\text{Posición 13}}, 0, \dots).$$

Si  $Y := \{1,4\}$  entonces

$$\psi(Y) = (1, 0, 0, \underbrace{1}_{\text{Posición 4}}, 0, \dots, 0, \dots).$$

Si  $U :=$  es el conjunto de los números pares entonces

$$\psi(U) = (0, 1, 0, 1, 0, \underbrace{1}_{\text{Posición par}}, \dots).$$

Si  $V :=$  es el conjunto de los números impares entonces

$$\psi(V) = (1, 0, 1, 0, \underbrace{1}_{\text{Posición impar}}, 0, \dots).$$

**Observación 4.5** Otro importante conjunto no numerable es el conjunto de Cantor. Para ver esto citamos [2].

## CONCLUSIONES

En este trabajo, hemos realizado lo siguiente:

1. Estudio intuitivo de existencia de conjuntos numerables: unión y producto de una familia de conjuntos.
2. Usando el método de la diagonal de Cantor se probó la existencia de conjuntos no numerables.
3. Finalmente, estudiamos el Teorema de Cantor en conexión a no numerabilidad.

## REFERENCIAS

1. Cantor, Georg -*Beiträge zur Begründung der transfiniten Mengenlehre (1)*. *Mathematische Annalen*, 1895; 46 (4): 481-512.
2. Lima, E. -*Análise Real, Vol 1*, IMPA Rio de Janeiro. (1989).
3. Lima, E. -*Curso de Análise, Vol 1*, Edición XIV, IMPA Rio de Janeiro. (2016).
4. Sze-Tsen Hu -*Elements of Real Analysis*, Holden-Day. (1967).

# GENERAR AMBIENTES DE APRENDIZAJE EN LOS ALUMNOS DE CUARTO SEMESTRE EN LA ESCUELA PREPARATORIA NO.18

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

**Rocio Tobias Castillo**

Universidad de Guadalajara

**Irma Elizabeth del Rosario Naranjo  
Núñez**

Universidad de Guadalajara

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación surge a raíz de la reflexión sobre la importancia y la demanda que la sociedad exige al docente sobre mejorar su labor educativo, el proceso del conocimiento en la práctica docente, implica el análisis de algunas características, por ejemplo se puede iniciar con la práctica docente, tomando en cuenta que también se necesita el conocimiento de los métodos, tanto el cuantitativo como el cualitativo, pero dadas las cualidades del fenómeno a estudiar, la metodología de corte cualitativo resulta ser la más viable para la investigación, porque el fenómeno de enseñanza y aprendizaje esta matizado por esencias, tanto de los alumnos como de los profesores.

Por ello surge la necesidad de conocer el sentir de los estudiantes por medio de la Inteligencia emocional, para evitar la deserción en los estudiantes de la escuela Preparatoria No.18. La educación emocional se impone de manera inevitable y puesta en práctica desde edades

**RESUMEN:** Esta investigación está conformada por cinco capítulos, en el capítulo I se habla sobre el contexto de la Escuela Preparatoria No.18, esta muy interesante lo que ha suscitado desde antes y después de la pandemia por el COVID-19, en el capítulo II se aborda el enfoque pedagógico y se plantea el problema que será parte importante para el inicio de este proyecto de intervención, en el capítulo III, se basa sobre el objetivo, las técnicas a utilizar, sobre la inteligencia emocional. En el cuarto capítulo IV es la implementación del proyecto a intervenir por medio de planeación de actividades, la autoevaluación de la inteligencia emocional (Test de Emily Sterrett), los logros alcanzados y los resultados obtenidos en este viaje de investigación y por último en el capítulo V se habla sobre las reflexiones realizadas con base a la información recabada, así como las áreas de mejora para continuar con el proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Habilidades socioemocionales, cuantitativo, cualitativo, Docente, educación media superior.

tempranas, contribuye al desarrollo de capacidades emocionales que ayudan a un mejor bienestar personal y social.

Este trabajo de investigación surge a raíz de la reflexión sobre la importancia y la demanda que la sociedad exige al docente sobre mejorar su labor educativo, el proceso del conocimiento en la práctica docente, implica el análisis de algunas características, por ejemplo se puede iniciar con la práctica educativa y docente, tomando en cuenta que también se necesita el conocimiento de los métodos, tanto el cuantitativo como el cualitativo, pero dadas las cualidades del fenómeno a estudiar, la metodología de corte cualitativo resulta ser la más viable para la investigación, porque el fenómeno de enseñanza y aprendizaje esta matizado por esencias, tanto de los alumnos como de los profesores.

La importancia de las llamadas “habilidades socioemocionales” en educación, viene siendo reconocida de forma progresiva, se plantean estudios empíricos y revisiones sistemáticas de la literatura que corroboran su impacto en la mejora de las habilidades de lectura, matemáticas y ciencias, así como en los conocimientos y las metacogniciones, por ello es necesario conocer en los alumnos de cuarto semestre del grupo E del turno matutino, sus características para poder implementar estrategias de mejora para mejorar su vida personal.

Con el desarrollo socioemocional en la infancia y adolescencia, se mejora la percepción de sí mismos, de las escuelas, sus lugares de pertenencia y entornos. Al desarrollo socioemocional y de la apreciación del entorno se le atribuye, un impacto subsecuente en la autoestima y en las habilidades que promueven el aprendizaje, al mismo tiempo que reduce el estrés emocional y las conductas problemáticas en el aula.

La Educación Media Superior EMS a nivel nacional mediante la integración de un Sistema Nacional de Bachillerato SNB, asegurando una educación de calidad y estandarizada en conocimientos y competencias entre los jóvenes de México, por lo tanto parte fundamental para el desarrollo en la educación en México cuyo objetivo es mejorar la calidad educativa, una situación que se ha manifestado es la deserción escolar por parte de los estudiantes de la preparatoria No.18 y es necesario evitarla, dicho escenario se ha visto incrementado debido al impacto de la pandemia COVID-19.

Se busca generar ambientes de aprendizaje en los alumnos ya que al afectarse la salud mental pueden surgir situaciones como bajos resultados académicos en algunas materias, desmotivación para continuar con la formación, deserción de la educación universitaria y hasta posibles trastornos mentales. De esta manera, se muestra que en los últimos años ha venido en incremento la deserción universitaria, no sólo debido a factores de índole académico y socioeconómicos, sino principalmente a una errada orientación vocacional, indecisión sobre el proyecto de vida y baja tolerancia a la frustración, todas ellas generadas por la ausencia de herramientas que permitan obtener una inteligencia emocional favorable (Rodríguez, 2019).

Debido a situaciones como las mencionadas anteriormente, es fundamental poseer las habilidades suficientes de inteligencia emocional que permitan independizar la capacidad de decidir libremente, sin el sometimiento implícito que ejerce en un individuo la fuerza impulsiva de las emociones, por esta razón, este proyecto de intervención pretende realizar un recorrido por los principales fundamentos de la inteligencia emocional y la forma en que las personas pueden apropiarse de ellas. El tipo de investigación es cualitativa, la metodología que se utiliza es la observación participante, los instrumentos son la encuesta y entrevista para tener un panorama sobre la personalidad de los alumnos la estrategia empleada inteligencia emocional.

## DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

### Justificación

Argumentar la relevancia y pertinencia de la propuesta de intervención para la comunidad educativa y sociedad en general.

Es significativo investigar la actividad de la docente, porque sus características o cualidades como persona representan modelos o patrones a seguir entre los alumnos, además de que el edificar algunas de estas acciones permite mejorar el rendimiento o aprovechamiento académico de los estudiantes, por medio del perfeccionamiento de habilidades, destrezas y actitudes o evitando errores que se cometen de manera consciente o inconsciente, y que a la vez se aprenden de algún modelo o patrón que sigue reforzando en el actuar. Por lo tanto, el descubrir lo que hace la docente en el aula beneficia a sus alumnos, y también en ella, al mejorar su trabajo.

El desarrollo de las habilidades socioemocionales en el entorno educativo ha venido creciendo de manera indiscutible desde los últimos veinte años. Se han perfeccionado y mejorado programas de intervención y se han hecho esfuerzos desde diversas propuestas metodológicas para su fundamentación. En la actualidad, existen diversos enfoques; algunos involucran los niveles de educación básica, otros incluyen hasta la educación media superior, en este caso en específico la docente se centrará en este nivel educativo que es el bachillerato o la educación media superior. algunos lo hacen como programas complementarios y otros como programas inmersos, como es el caso de México. (Arias, Hincapie, & Paredes, 2020). Documentaron las iniciativas y estrategias que se implementan en América Latina y el Caribe desde el marco legal responsable de la educación en los países.

## Contexto escolar

Se realiza este proyecto de intervención con respecto a la educación emocional de los estudiantes de cuarto semestre del grupo E del turno matutino de la Unidad de Aprendizaje de Matemática y Ciencia II que se imparte en el 4to semestre del BGC, de la Preparatoria No.18 que se encuentra en la zona Balcones De Oblatos viven alrededor de 13,000 personas en 2,910 unidades habitacionales. Se contabilizan 2,216 personas por km<sup>2</sup>, con una edad promedio de 30 años y una escolaridad promedio de 8 años cursados. De las 20,000 personas que habitan en Balcones De Oblatos, 4,000 son menores de 14 años y 4,000 tienen entre 15 y 29 años de edad. Cuando se analizan los rangos etarios más altos, se contabilizan 5,000 personas con edades de entre 30 y 59 años, y 1,400 individuos de más de 60 años.

Según estimaciones de (MarketDataMexico, 2018). Balcones De Oblatos tiene un output económico estimado en MXN \$1,000 millones anuales, de los cuales MXN \$610 millones corresponde a ingresos generados por los hogares y unos MXN \$390 millones a ingresos de los 440 establecimientos que allí operan.

Adicionalmente, se estima que en la colonia laboran 2,000 personas, lo que eleva el total de residentes y trabajadores a 20,000. Entre las principales empresas (tanto públicas como privadas) con presencia en la colonia se encuentra UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, que junto a otras dos organizaciones emplean unas 273 personas, equivalente al 71% del total de los empleos en la colonia. Uno de los problemas que los profesores se enfrentan es a la inasistencia de algunos alumnos lo que ocasiona que se queden rezagados, otra situación es que los estudiantes trabajan por estos motivos existe la deserción por parte de ellos.

La docente busca es que sus alumnos asimilen y no sigan arrastrando el prejuicio que las matemáticas que son imposibles, difíciles y que no le van a entender, es por ello que recurre a promover el desarrollo de las habilidades socioemocionales y generar ambiente de aprendizajes adecuados para ellos ya que es de vital importancia tratar de desbloquear este concepto que cada uno de ellos trae desde su educación básica (primaria y secundaria), se busca que aparte de reflexionar sobre esta situación una de las cuales también es factor de deserción, conozcan las causas por las que sucede y que cuenten con datos específicos para conocer la realidad que se vive dentro de su preparatoria. ya que los estudiantes son parte de la nueva generación productiva en nuestro país, cuya meta es el que exista menor deserción, y que cada día los jóvenes se sigan superando ya que el México que actualmente se conoce, exigen más preparación a sus pobladores.

## Planteamiento del problema

Localizar el problema que presenta la profesora en su actuar como docente, por lo tanto, encontrar algunas características que no le permiten una mejora en su práctica cotidiana en la docencia, ya que es la continuación de la caracterización. Partiendo de estos puntos, se inicia con el concepto de problema, el cual se define como:

El problema real, es una necesidad, una laguna, una carencia relativa al sistema educativo, al funcionamiento organizativo, de la institución pedagógica o a los procesos de enseñanza aprendizaje. También consiste en decir clara y concisamente lo que se va a investigar. El problema de investigación es el resultado de la problematización (Sánchez, 1993, p. 6)

Como se menciona, hay que localizar esa laguna o carencia que se está presentando en el proceso de enseñanza aprendizaje, y que debido al análisis ya realizado se puede tener una idea de esas lagunas o deficiencias que se presentan. Y como resultado del proceso de problematización se obtendrá el problema, y la docente se hace las siguientes preguntas ¿Por qué los estudiantes que faltan no asisten a las asesorías? ¿Qué métodos se deben modificar para lograr que los estudiantes terminen el bachillerato?

## MARCO REFERENCIAL

### Enfoque pedagógico

La actividad de la docente, el actuar en el aula y la subjetividad entre los alumnos y la profesora, puede partir de un análisis sociológico que se fundamenta en métodos, que en esta ocasión se toma el método de investigación cualitativo. Ahora bien, se inicia con la descripción de una investigación cualitativa, la cual:

pretende dar cuenta de significados, actividades, acciones e interacciones cotidianas de distintos sujetos, observados éstos en un contexto específico o en un ámbito de dicho contexto. Así, la perspectiva cualitativa no está interesada en contar y medir cosas, ni convertir observaciones en números, se interesa por preguntar, interpretar y relacionar lo observado, es decir, por construir un sentido sobre la problemática que nos condujo al campo de observación (Reynaga S. , 2002, p. 126)

Este es un modelo de investigación que explica con mayor profundidad lo que se quiere lograr en la intervención de la práctica docente para generar ambientes de aprendizaje dado que el interés central se enfoca en interpretar y relacionar lo que se observa del fenómeno en la práctica de la docente por ejemplo, el analizar y el prestar atención a las acciones que realiza la docente con los alumnos, así como también en la manera de hacerles preguntas, la forma de corregirlos, la didáctica que utiliza, las emociones que proyecta hacia ellos, la transmisión de valores, entre otros.



## Antecedentes teóricos

El papel que juega la Reforma Integral de la Educación Media Superior RIEMS es de gran importancia ya que busca estandarizar la Educación Media Superior EMS a nivel nacional mediante la integración de un Sistema Nacional de Bachillerato SNB, asegurando una educación de calidad y estandarizada en conocimientos y competencias entre los jóvenes de México, los cuales son el futuro en este país, es decir, genera en los estudiantes referente a las escuelas y subsistemas, que descubran y reflexionen sobre el contexto en que se desenvuelven, por tal motivo es necesario que lo conozcan para que se identifiquen e integren en esta nueva sociedad, teniendo en cuenta las situaciones ajenas a él, que se les llegara a presentar como el suspender su proceso en la EMS en el tránsito de este, pudiera continuar en otro plantel educativo para mejorar la calidad académica del alumno, empleando el desarrollo de sus habilidades, conocimientos y las competencias que le permitan abrirse paso en su carrera profesional y posteriormente en el campo laboral.

Se entiende como “competencia adquirir significado en la atribución de pautas de desempeño en un sujeto, como capacidad para resolver algún problema” (Díaz Barriga, 2006). Es decir, en este caso los alumnos al terminar el bachillerato por competencias el cual está regida la Universidad de Guadalajara, será capaz de resolver cualquier situación que se le presente en la vida tanto personal como laboral.

Parte fundamental para el desarrollo en la educación en México cuyo objetivo es mejorar la calidad educativa y por esta situación es necesario evitar la deserción por parte de los estudiantes de la preparatoria No.18 y se ha visto incrementada debido al impacto de la pandemia COVID-19.

La Universidad de Guadalajara para evitar que tanto los profesores, administrativos, operativos y los alumnos sufrieran de contagios debido a la contingencia, el regreso a clases fue el 10 de agosto será 100 por ciento virtual (UdeG, 2021), después que los docentes regresaron a trabajar como lo había recomendado las autoridades.

Gran porcentaje de la población estudiantil, dejaron de asistir a las clases virtuales debido a la situación ya que ayudaban al sustento familiar, es decir los estudiantes preferían trabajar ya que como en el contexto en el que se encuentra la preparatoria, las familias se dedican al comercio muchas de estas familias tuvieron dificultades económicas y por ello los hijos tenían que apoyar para poder solventar los gastos familiares. 114 millones de niños, en marzo de 2021, aún no asistían a la escuela. Las interrupciones escolares han tenido un impacto catastrófico en los logros de aprendizaje, la protección, la salud, la salud mental de los estudiantes y sus perspectivas socioeconómicas en el futuro UNICEF (Salud, 2021).

El regreso a las clases de manera presencial fue el lunes 21 de febrero 2022 después de 23 meses de suspensión, clases virtuales e híbridas por la pandemia del COVID-19 (Montiel, 2022). Una vez que se ingresó a la presencialidad aún se contaba

con inasistencias por parte de los estudiantes y los que se habían incorporado con normalidad presentaban comportamientos como aislamiento por parte de los estudiantes con sus propios compañeros del aula, parte de lo vivido en la Pandemia contribuyen a la generación de una serie de problemas de salud mental, entre ellos, un aumento de la ansiedad, depresión, problemas para dormir, aumento de consumo de alcohol, tabaco, drogas, sustancias y situaciones de violencia intrafamiliar (Salud, 2021).

## DIAGNÓSTICO SITUACIONAL ACTUAL

En general la relación entre la sociedad y la preparatoria es cordial, nunca se han suscitado problemas graves, y la visión es positiva y en la relación social de la docente con la comunidad estudiantil se encuentran elementos de este tipo, por ejemplo: cuando la profesora da un punto de vista sobre un fenómeno y tiene relevancia en el grupo, esos comentarios trascienden al grado de que en varias semanas se siguen escuchando ecos de ese comentario, o cuando la profesora a través de su ejemplo imparte valores y estos trascienden hasta la familia o algún otro contexto social del alumno.

El papel de la educación, preparar al individuo para la vida, la escuela ha de cumplir el compromiso social de formar las cualidades necesarias que permitan a cada persona satisfacer las demandas de su tiempo y es, en este sentido, que las concepciones acerca de la inteligencia desempeñan un lugar destacado en tanto se asocian a ella para una buena función. Se considera que el papel de la profesora debe ser un guía o alguien que orienta o dirige, a través de los procesos del aprendizaje y del desarrollo del estudiante. Con lo cual se invita a la introspección de la forma de trabajo en el aula y el tipo de actividades que se acostumbra a realizar.

Respecto ante esta preocupación la docente investigadora, tomo cursos sobre los cuidados de la salud mental que se ofreció en los cursos de formación docente para que ella conozca las opciones sobre lo que se ha desarrollado en los estudiantes ya que antes de la pandemia, claro que se escuchaba sobre la depresión pero existe un antes y un después de la pandemia que se llegó a niveles que la docente desconocía como desenvolverse e interactuar con sus alumnos ya que ella imparte la Unidad de aprendizaje (materia) matemática y ciencia II y como se tiene conocimiento muchos de los alumnos tienen un mal concepto de esta rama de la ciencia ya que la consideran complicada, difícil y estresante, es un gran reto ya que, aparte de la Unidad de aprendizaje que ella imparte, vio en sus estudiantes afectados con respecto a su desenvolvimiento social y emocional con relación a generaciones anteriores.

## Objetivos

Generar ambientes de aprendizaje en los alumnos ya que al afectarse la salud mental pueden surgir situaciones como bajos resultados académicos en algunas materias, desmotivación para continuar con la formación, deserción de la educación universitaria y hasta posibles trastornos mentales. De esta manera, se muestra que en los últimos años ha venido en incremento la deserción universitaria, no sólo debido a factores de índole académico y socioeconómicos, sino principalmente a una errada orientación vocacional, indecisión sobre el proyecto de vida y baja tolerancia a la frustración, todas ellas generadas por la ausencia de herramientas que permitan obtener una inteligencia emocional favorable (Rodríguez, 2019).

## Técnicas e instrumentos

La técnica que se utiliza es la observación participante “se basa en la observación de lo que ocurre, la participación del investigador en la vida de la comunidad para obtener su visión sobre los acontecimientos” (Yuni & Urbano, 2005).

Haciendo uso de encuestas y entrevistas para la obtención de la información. La entrevista es conocida como las “conversaciones o discusiones, lo que indica mejor un proceso libre, abierto, democrático, bidireccional e informal, y en el que los individuos pueden manifestarse como son, sin sentirse atados a papeles predeterminados” (Wood, citado en García, 1997, p. 51), en muchas ocasiones la docente olvida que el alumno es un ser pensante que cuenta con opiniones y sentimientos, es por ello, que la entrevista se enfoca en este sentir por parte del estudiante para que el docente adquiriera otro tipo de información de manera constructiva haciendo referencia a los puntos débiles y buenos que sus alumnos perciben de ella.

Se presenta a continuación una muestra de la encuesta que se les aplico a los estudiantes de cuarto semestre lo respondieron 49 alumnos de un total de 56 estudiantes de la escuela preparatoria No.18 realizada el día 26 de enero de 2024.



Imagen 1

Se presenta a continuación una muestra de la entrevista que se les aplicó a los estudiantes de cuarto semestre de la escuela preparatoria No.18 realizada el día 12 de febrero de 2024.

¿Cuál está siendo la parte más difícil de la escuela para ti?

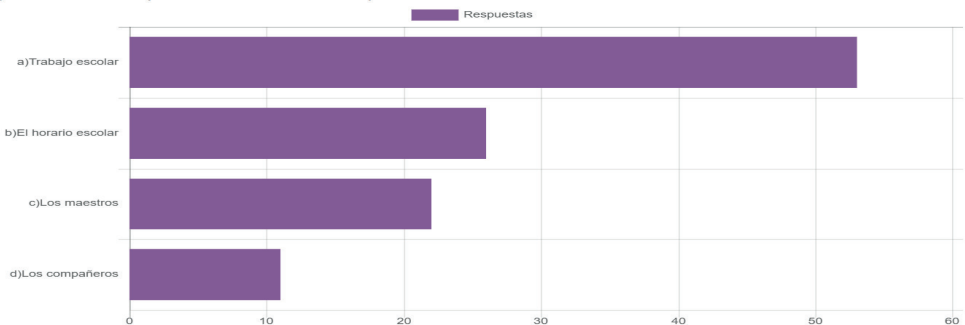


Imagen 2

## Análisis de la información

De lo ecuánime a lo subjetivo es el proceso de análisis de la información de los datos obtenidos, de esta manera se lleva a cabo este proceso, es decir, en esta etapa del proyecto se realiza todo un análisis de la información recabada de instrumentos de recolección de datos. Esto aporta material muy valioso que se vincula con los siguientes procesos, ya que permitirá posteriormente la caracterización de la práctica y encontrar la problemática de la actividad de la docente.

La encuesta realizada está compuesta por 12 preguntas que se realizó el día 26 de enero esto con el objetivo de conocer como estaban los estudiantes con respecto a su instancia en la preparatoria y conocer más de ellos los resultados como se puede observa

en la imagen 1, sobre las razones por las cuales los estudiantes podrían dejar la escuela y una de ellas fue debido al abandono por ir a trabajar, llamo la atención de la docente investigadora sobre otro resultado que arrojo la encuesta es sobre que a pesar de ser padre o madre soltera ya no es impedimento para dejar la escuela o desertar eso es algo con lo que no se tenía contemplado. Otra pregunta sobre la encuesta fue que si el alumno consideraba que las malas amistades son un factor para la deserción escolar se encuentra en Anexo imagen 3. Arrojo como respuesta que si es parte de que sea un factor posible para abandonar la escuela ya que 78.43% dijo que sí.

Con respecto a la pregunta de la entrevista imagen 2, se muestra que los estudiantes consideran el trabajo escolar la parte más difícil de la escuela, esta información resulto muy valiosa ya que la docente investigadora cuando realizo dicho instrumento considero que una de las altas opciones serían los maestros ya que muchas ocasiones los estudiantes hacen referencia que los docentes no los ayudamos.

## **Resultados (definir a partir de los resultados del problema o situación concreta a intervenir)**

El problema que se encontró es *Identificar los posibles casos, situaciones por las cuales los alumnos tengan la intención de abandonar la escuela*, dicha situación se observa con la poca iniciativa en la participación del alumno, cuyo origen surge de las inasistencias, por esta situación se busca generar ambientes adecuados para ellos, así promover la participación del estudiante y lograr su permanencia en la preparatoria.

El alumno falta y cuando se le invita a que asista a una asesoría comenta que no pude ir ya que trabaja. Retomando que a pesar de que ya se regresó a la presencialidad hay que conocer a los estudiantes, las posibles causas que puedan generar en él una relación con el estrés, la ansiedad y el mismo proceso biológico de la transición de la adolescencia a la adultez temprana, por no tener un adecuado manejo de la inteligencia emocional (Auerbach, y otros, 2018).

También otra situación problemática que se podría decir que va en conjunto es sobre la inteligencia emocional y como el alumno se deja influenciar por sus amistades ya que una respuesta a las preguntas que se realizó en la encuesta fue ¿consideras que las malas amistades son un factor para la deserción escolar? Donde arrojo una gran afirmación de que si fuera una posible causa.

## INTERVENCIÓN. LA INTELIGENCIA EMOCIONAL PARA ORIGINAR LA PARTICIPACIÓN DEL ALUMNO.

El proyecto de intervención resulta importante, porque se ha demostrado que es necesaria una mejora en la práctica de la docente, y el principal punto a intervenir resulta Falta de iniciativa en la participación del alumno, debido a que los alumnos desconocen sobre la inteligencia emocional, esto provoca que los alumnos en muchas ocasiones sean entes pasivos o receptores de la experiencia o conocimientos.

La Inteligencia Emocional como el conjunto de habilidades que le permiten al individuo ser capaz de motivarse y persistir frente a las decepciones; controlar sus impulsos y demorar el deseo de gratificación, regular su humor y evitar que los trastornos disminuyan su capacidad de pensar; mostrar empatía y mantener la esperanza (Goleman, 2012).

Se toma la propuesta de inteligencia emocional de la autora Emily Sterrett ha denominado el modelo K-A-B (por sus siglas en inglés), el cual se presenta a continuación:

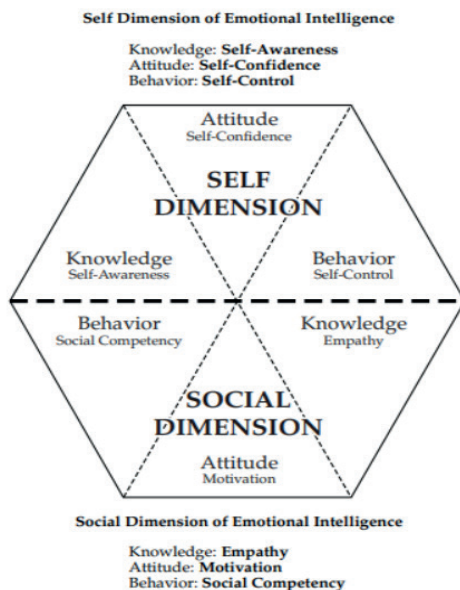


Figura 1. Modelo K-A-B de la Inteligencia Emocional.

Fuente: (Sterrett, The manager's pocket guide to Emotional Intelligence, 2000, pág. 7).

Según la autora Emily Sterrett, este modelo compuesto de 6 áreas, parte de la premisa de que una persona con un nivel alto de Inteligencia Emocional debe tener conocimiento y una actitud positiva, además de comportarse hábilmente en las dimensiones del Yo y la dimensión Social. La dimensión del Yo de la Inteligencia Emocional está relacionada con la aceptación y comprensión de uno mismo y se compone de tres áreas:

1. Conocimiento (K): Autoconciencia
2. Actitud (A): Autoconfianza
3. Comportamiento (B): Autocontrol

Por su parte, la dimensión Social de la Inteligencia Emocional está relacionada con la experiencia y las relaciones con los demás y está compuesta de tres áreas:

4. Conocimiento (K): Empatía
5. Actitud (A): Motivación
6. Comportamiento (B): Competencia social

Como se puede observar, las líneas que encierran las 6 áreas del modelo K-A-B son discontinuas con el fin de mostrar que todas se influyen entre sí (Sterrett, 2000)

Para las prácticas de mindfulness, se va a realizar la meditación las investigaciones mencionan que los efectos clínicos de la meditación están bien documentados en la literatura. Por ejemplo, se ha encontrado que disminuye la ansiedad y el estrés de manera tan efectiva como la relajación (Benson, 1976).

## Diseño

**Actividades de autoconocimiento:** Proporciona actividades que ayuden a los alumnos a conocerse a sí mismos, sus fortalezas, debilidades y patrones emocionales. Esto puede incluir cuestionarios de autoevaluación, diarios emocionales o ejercicios de visualización.

### *Actividad reconocer mi cualidad*

– Promover que los estudiantes reconozcan las cualidades de otros compañeros y compañeras

– Posibilitar a que las personas a que se den cuenta de las cualidades que poseen, hasta entonces ignoradas

#### El desarrollo

La docente comenzará diciendo que, en la vida diaria, la mayoría de las veces las personas no observan las cualidades, sino los defectos del prójimo. En este ejercicio, cada cual se tendrá la oportunidad de realzar una cualidad de un compañero.

Se les pedirá a los integrantes que se sienten formando un gran círculo y se le entregará una hoja a cada participante. Cada cual deberá escribir en ella la cualidad que a su entender caracteriza a su compañero/a de la derecha.

La hoja deberá ser completamente anónima, sin ninguna identificación, no debe tener el nombre de la persona de la derecha ni estar firmada. Se solicita que todos doblen la hoja para ser recogida, mezclada y distribuida al azar entre todos.

Al finalizar la docente les solicita que realicen una pequeña reflexión para que respondan la encuesta que está compuesta por cinco preguntas (formulario Google)

Autoevaluación de la inteligencia emocional (Test de Emily Sterrett), se utiliza plataforma moodle consta de 30 preguntas.

**Prácticas de mindfulness:** Introducir prácticas de atención plena en el aula para ayudar a los estudiantes a manejar el estrés y mejorar su concentración. Realizar ejercicios de respiración consciente, meditación.

La docente les da una explicación y una muestra del cómo realizar una respiración consciente.

Se les pedirá a los alumnos que guarden silencio que se sienten cómodos que no crucen sus brazos ni sus piernas que escuchen con atención la meditación.

Al finalizar se les pide que hagan una reflexión sobre donde utilizarían esta práctica en su vida cotidiana y con base a esta reflexión respondan la encuesta que está compuesta por cinco preguntas.

Plan de ejecución: acciones, responsables, fechas y recursos necesarios

Planeación de actividades	Meses			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Socialización sobre la inteligencia emocional				
<i>Actividad reconocer mi cualidad</i>				
<i>Autoevaluación de la inteligencia emocional (Test de Emily Sterrett)</i>				
<i>Realizar ejercicios de respiración consciente, meditación guiada.</i>				
<i>Resultados</i>				



Por medio de las habilidades de la Inteligencia Emocional que pueden desarrollar los estudiantes para generar ambientes de aprendizaje y así evitar la deserción. Haciendo uso de encuestas, actividades de autoconocimiento, prácticas de mindfulness.

## Ejecución

Con el objetivo de mostrar de manera general la metodología empleada, se presenta la **figura 2** a continuación:

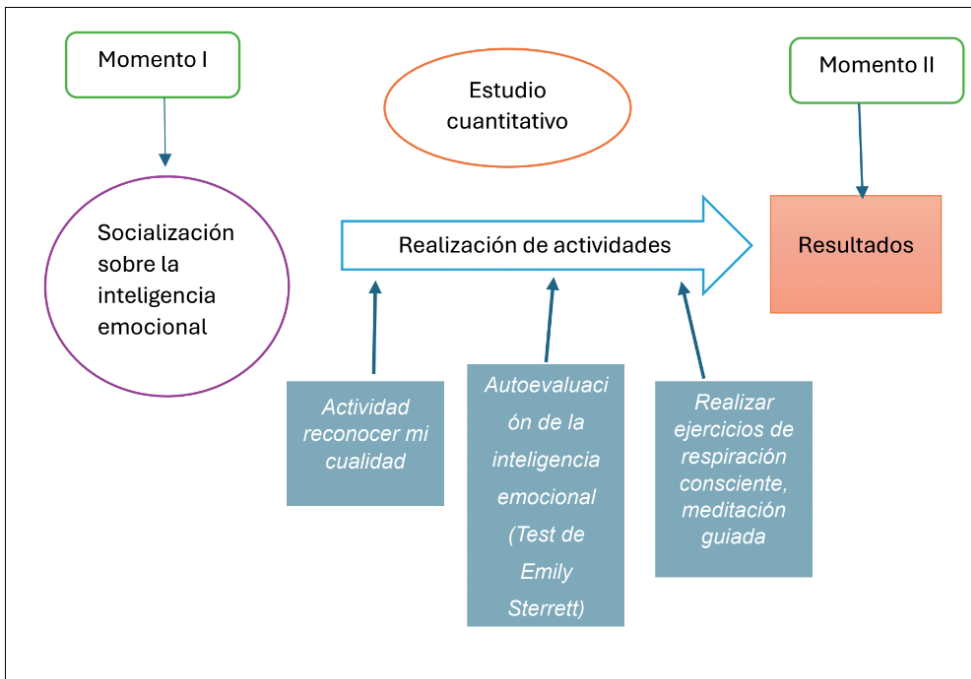


Figura 2

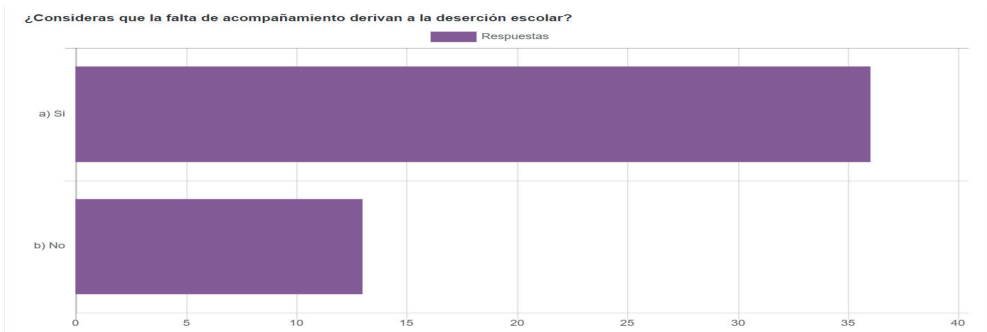
Como se puede observar en la figura 2, la docente investigadora considero conveniente para poder emplear el proceso metodológico en dos momentos, en el momento I, es dar a conocer a los estudiantes, como se va a trabajar por ello es la socialización de todo el proceso que se va a realizar para que los estudiantes estén enterados de cada una de las actividades a realizar para evitar dudas por parte de ellos.

Con respecto a las actividades se consideraron las siguientes: Actividad reconocer mi calidad, autoevaluación de la inteligencia emocional (Test de Emily Sterrett) y realizar ejercicios de respiración consciente, meditación guiada se llevaron a cabo la realización de cada una de ellas disponiendo para ello de tres clases que facilito la docente; es decir una clase para cada actividad. Su realización fue de manera presencial, en ellos se abordaron temas relacionados con la empatía, las relaciones sociales, el autocontrol, autoconfianza,

autoconsciencia y la automotivación finalmente, se aplicó el Test de Emily Sterrett con el fin de determinar el cambio de las dimensiones de la Inteligencia Emocional que se brindaron a los participantes, después de la participación de todas las actividades propuestas para este proyecto de investigación.

## Resultados

Actividad reconocer mi cualidad una vez que se realizó la actividad se procede a responder una encuesta realizada el día el 15 de febrero 2024 a los alumnos de cuarto semestre del grupo E turno matutino. Imagen 4



Como se observa en la imagen 4, la encuesta fue respondida por 49 estudiantes y con base a la investigación arroja que el 36 de los alumnos es decir el 73.47% consideran que es muy importante el acompañamiento para que ellos se sientan seguros para culminar su estancia en la preparatoria.

Otra situación donde se muestra que los alumnos están siendo conscientes sobre la importancia de estar rodeados de personas que sean una buena influencia para ellos y que eso con lleva a que sean mejores personas es la pregunta ¿consideras que las amistades que tienes actualmente son buena influencia para ti (te ayudan hacer mejor persona)? Se encuentra en Anexo Imagen 5, la gran mayoría de los alumnos respondió que si fue el 77.55% y tal vez fue el 22.45%, se observa una mejoría después de realizar la actividad reconocer mi cualidad ya que ninguno de los estudiantes eligió la opción No, ya que es fundamental para ellos como lo mencionaron anteriormente que consideran la importancia de estar acompañados y que mejor que ellos sientan que están rodeados de buenas personas y que con ello, los estudiantes logren una estancia amena y agradable en su transcurso por la preparatoria No.18

En la siguiente imagen 6 que se muestra a continuación como se puede observar en la pregunta y después de la realización de la actividad los alumnos se reconocieron que se sienten muy felices fueron 32 estudiantes cuando alguien les dice una cualidad, los que dijeron que Bien fueron 15 alumnos. En la opción que se muestra que Feliz pero agobiada fue una persona que respondió y lo mismo sucede con la respuesta de Bien pero algo extraño

1. ¿Como te hace sentir cuando alguien te dice una cualidad?  
49 respuestas

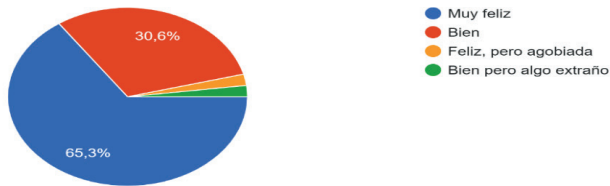


Imagen 6

A continuación, se muestra en la imagen 7, con respecto a la actividad reconocer mi cualidad,

2. ¿Algunas de las cualidades que te escribieron, te identificas?  
49 respuestas

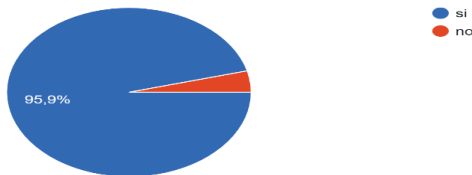


Imagen 7

Como se observa en la imagen 7. Una vez que conocieron que es una cualidad se continuo de que los estudiantes reconozcan las cualidades de otros compañeros y compañeras, para que se den cuenta de las cualidades que poseen, hasta entonces ignoradas por parte de ellos, el 47 de los estudiantes mencionaron que las cualidades que les mencionaron sus compañeros concuerdan con lo que ellos descubrieron o reafirmaron con respecto a sus cualidades.

Autoevaluación de la inteligencia emocional (Test de Emily Sterrett), este compuesto por 30 preguntas en los cuales se encuentran seis indicadores. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por medio de la metodología empleada a los alumnos de cuarto semestre fue realizada el 11 de marzo 2024.

## RESULTADOS. Test autoevaluación de la inteligencia emocional (Emily A. Sterrett)



Grafica 1

Los resultados obtenidos en la Grafica 1, fue elaborada por la docente investigadora y muestra los valores de los promedios por parte de los estudiantes en las diferentes áreas que como se muestra está compuesta por 6 áreas, al ser inferior a 20 representa, según (Sterrett, 2000), es un área en la que los estudiantes deben enfocarse y trabajar como oportunidad de mejora ya que sabiendo que todas son una fuerte área de mejora para ellos, se observa que existe un nivel bajo de empatía que está relacionado con la poca sensibilidad hacia los demás, es decir, tienen dificultades para conectar con los sentimientos del otro, para percibir sus sentimientos, enfocándose en los sentimientos y deseos propios. Esta actitud los lleva a tener dificultades en las relaciones sociales porque las demás personas pueden tomarlos como egoístas, esto como consecuencia del confinamiento debido a la pandemia por COVID 19.

Y para finalizar estas actividades se realizó la práctica de mindfulness, por medio de la meditación fue realizada el 18 de marzo del 2024, después de la realización se les pidió a los estudiantes que realizaran la reflexión la cual ellos comentaron que se sintieron relajados y la docente investigadora les hizo mención sobre los estudios que se han realizado de que es una actividad que está fundamentada sobre los meditadores parecen tener una menor reacción ante el estrés.

### Logros alcanzados

La docente investigadora después de realizar la intervención que fue muy enriquecedora para los estudiantes y también para la docente fue el conocer sobre la importancia que tiene la inteligencia emocional ya que se podría decir que es un concepto nuevo, hace aproximadamente 20 años atrás, este término era totalmente desconocido para muchas personas, después del confinamiento debido a la pandemia por COVID 19, ya nada sería igual. La docente, por medio de reflexiones que fue realizando gracias a este proyecto logra comprender las dificultades por lo que los estudiantes están enfrentando todos los

instrumentos que se utilizaron para los chicos fue algo nuevo ya que tanto la docente como sus estudiantes desconocían el Test autoevaluación de la inteligencia emocional (Sterrett, 2000), al igual que la meditación ellos no habían tenido alguna interacción semejante.

Se logro el identificar por medio del Test autoevaluación de la inteligencia emocional las áreas de mejora para los estudiantes en las seis áreas que propone la Autora (Sterrett, 2000) que son: autoconciencia, autoconfianza, autocontrol, empatía, motivación, competencia social.

Retomando la gráfica 1 se observa que los alumnos de cuarto semestre 4.E turno matutino ellos estuvieron en un rango de 10.88-12.31, el puntaje ideal es de 20, a lo que se llega a la conclusión que están arriba de la media, aun hay mucho camino por recorrer, cabe señalar que el grupo es muy numeroso el número de participantes fue de 49 alumnos, aun teniendo ese reto, los estudiantes respondieron y se logró que fueran participantes activos en las actividades, estuvieron involucrados jamás se vio una negativa por parte de ellos, sino todo lo contrario cuando conocieron sus puntajes ellos estaban sorprendido ya que expresaron ese sentir, sus palabras fueron *penseque estaba haciendo bien las cosas*, esa parte fue muy enriquecedora.

Una vez que se retomó la cotidianidad con las clases de matemáticas los alumnos poco a poco van teniendo una mejor aceptación unidad de aprendizaje o materia, se observa que después de dicha intervención se generó un mejor ambiente de aprendizaje ya que se leve atentos y más contentos, asisten a las clases ya faltan menos y cuando lo hacen es debido a alguna enfermedad.

Las limitaciones con la que la docente investigadora enfrente fue la falta de mas tiempo para poder llevar a cabo la intervención durante todo el semestre ya que el semestre termina hasta junio y se tuvo que realizar el proceso de manera apresurada y no a los tiempos de los alumnos para que pudieran mejor asimilar todo lo que vivieron con respecto a las experiencias de las actividades programadas para este proyecto de intervención. También se sacrificaron algunos temas de la unidad de aprendizaje en este caso de matemática y ciencia II, ya que se tenia que contar con el mayor numero de estudiantes del grupo.

## REFLEXIONES Y SUGERENCIAS

Este proyecto de intervención en lo personal, muestra que realizar una investigación no es tarea fácil de hacer ya que se debe dedicar mucho tiempo en ella, por ello se debe tener claro que es lo que se desea conocer para después seleccionar que método ayuda satisfacer esa necesidad, al igual con que elementos, las técnicas se va a realizar y que instrumentos son los adecuados para lograr el éxito; Este es el inicio de una gran investigación que se desea alcanzar, donde lo primero que se debe realizar es el conocerse, para después poder intervenir esa práctica de una forma adecuada y fundamentada para que los cambios y mejoras se verán reflejadas.

La elaboración del proyecto de intervención, resulto laborioso la construcción de los objetivos, porque a final de cuentas estos resultan ser la guía del trabajo, otros elementos como la fundamentación teórica también resultaron ser actividades que requirieron investigación a fondo. En tanto la planificación de actividades el cronograma y la evaluación, Aunado a que la búsqueda de información sobre la inteligencia emocional, para la docente investigadora resulto complejo ya que ella estudio la licenciatura en matemáticas y necesito de una investigación amplia para poder comprender sobre el tema y así poder elegir actividades que fueran las adecuadas para sus estudiantes.

Los logros obtenidos para la docente investigadora es que existió un antes y después con respecto a la intervención realizada ya que la docente al principio tenia una cierta incertidumbre sobre las inasistencias de algunos alumnos así como que ella observaba poca participación por parte de ellos, después de la aplicación de los instrumentos y la realización de las actividades como la meditación fue algo novedoso de implementar en el aula tanto para la docente como para los alumnos, se observo una excelente participación, disposición por parte de ellos. Al final si se cumplió con generar ambientes de aprendizaje ya que los estudiantes se muestran atentos y contentos.

Resulta gratificante este proceso de aprendizaje, siempre productivo ya que se aprende demasiado sobre formas diferentes de cómo ser mejor docente, siempre será el reto de perder el miedo a una forma de experimentar la docencia diferente y poco común.

Después de la elección y aplicación de los instrumentos como el test de Emily Sterrett se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos indican que los estudiantes deben seguir trabajando para mejorar sus habilidades de inteligencia emocional, pues todos valores obtenidos fueron menores a 20 puntos, lo que indica la importancia de una intervención para mejorar el nivel de estas dimensiones, por lo que la docente investigadora seguirá realizando evaluaciones más frecuentes para ir analizando las mejoras e implementar más estrategias.

## REFERENCIAS

Arias, O., Hincapie, D., & Paredes, D. (Julio de 2020). *Banco Interamericano de Desarrollo. División de Educación*. Obtenido de Educar para la vida. El desarrollo de las habilidades socioemocionales y el rol de los docentes: <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Educar-para-la-vida-El-desarrollo-de-las-habilidades-socioemocionales-y-el-rol-de-los-docentes.pdf>

Auerbach, R., Mortier, P., Bruffaerts, R., Alonso, J., Benjet, C., Cuijpers, D., & Demyttenaere. (2018). *WHO World Mental Health Surveys International College Student Project: Prevalence and distribution of mental disorders*. Obtenido de PubMead.gov

Benson, H. (1976). *The relaxation response*. Nueva York: Avon Books.

Diaz Barriga, A. (2006). *El enfoque de competencias en la Educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio?* Obtenido de <https://www.scielo.org.mx>: <https://www.scielo.org.mx/pdf/peredu/v28n111/n111a2.pdf>

García, H. (1997). *Entorno a la práctica educativa*. México : UNED.

Goleman, D. (2012). *La inteligencia emocional* (22 ed.). (E. Mateo, Trad.) México: Ediciones B.

Manuel Fernando, P. H., Erika Janneth, P. R., & Gaviria, S. M. (Abril de 2024). *Universidad Católica de Pereira*. Obtenido de Impacto en las dimensiones de la Inteligencia Emocional en el marco del Covid-19 a través de una propuesta pedagógica con la técnica de taller reflexivo: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/2b76a06b-3fe2-4f2e-92f9-d81da00c261f/content

MarketDataMexico. (2018). *MarketDataMexico*. Obtenido de Colonia Balcones De Oblatos, Guadalajara, en Jalisco: <https://www.marketdatamexico.com/es/article/Colonia-Balcones-De-Oblatos-Guadalajara-Jalisco>

Montiel, G. A. (21 de febrero de 2022). *gaceta udg*. Obtenido de <https://www.gaceta.udg.mx/>: <https://www.gaceta.udg.mx/regreso-a-clases-cien-por-ciento-presencial-en-la-udeg/>

Plutchik R. (1980). *Emotion: A Psychoevolutionary Synthesis*. Nueva York: Harper & Row.

Rodriguez, M. (2019). La investigación sobre deserción universitaria en Colombia 2006-2026. Tendencias y resultados. Pedagogía y Saberes.

Salud, O. P. (2021). *Pan American Health Organization (PAHO)*. Recuperado el 01 de Abril de 2024, de Boletín Desastres N.131.- Impacto de la pandemia COVID-19 en la salud mental de la población: <https://www.paho.org/es/boletin-desastres-n131-impacto-pandemia-covid-19-salud-mental-poblacion>

Sánchez, R. (1993). *Didáctica de la problematización en el campo científico de la educación. En perfiles educativos*. México: UNAM\_CISE.

Sterrett, E. A. (2000). *The manager's pocket guide to Emotional Intelligence*. Amherst, Massachusetts: HRD Press.

UdeG, P. (03 de agosto de 2021). *Universidad De Guadalajara. Red Universitaria e Institucion Benemérita de Jalisco*. Obtenido de [udg.mx: https://www.udg.mx/es/noticia/con-base-en-criterios-cientificos-udeg-confirma-regreso-clases-100-por-ciento-virtual](https://www.udg.mx/es/noticia/con-base-en-criterios-cientificos-udeg-confirma-regreso-clases-100-por-ciento-virtual)

Yuni, J., & Urbano, C. (2005). *Mapas y herramientas para conocer la escuela. Investigación etnográfica, Investigación-Acción*. Córdoba-Argentina: Editorial Brujas.

**FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA:** Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica – UFRO (Brasil) y Profesor/Investigador del Programa de Doctorado PGDRA/UFRO (Brasil). Líder del grupo de investigación GEITEC ([www.geitec.unir.br](http://www.geitec.unir.br)). Es Doctor en Física por la UFC (Brasil) desde 2005 con posdoctorado - UFMT/CNPq - Brasil (2009).

<http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>

<https://www.researchgate.net/profile/Fabricio-Almeida>



**A**

Ácido propiônico 42, 43, 44, 45, 46, 49

Ácido sórbico 42, 43, 44, 45, 46, 47

Actitud (A): Autoconfianza 109

Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 41

Aguas subterráneas urbanas 1, 3, 9, 11, 12, 13

Algorithms 66

**B**

Bacillus mojavensis 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36

**C**

Celda electrolítica 54, 57, 62

Chronic Renal Failure (CKD) 24

Comportamiento (B): Autocontrol 109

Conjuntos no numerables 79, 80, 91, 97

Conjuntos numerables 79, 80, 81, 82, 85, 87, 89, 90, 97

Conocimiento (K): Autoconciencia 109

Contaminación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 62

Creatinina 16, 17, 18, 19, 22, 25

**D**

Daño renal 16, 18, 21

Densidad Óptica (DO) 30, 31

Diabetes 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 28

**E**

Electropulido 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

ELL-PBT em agrotóxicos 51, 52

El Teorema de Cantor 79, 97

Espectrofotómetro Micronal B495 2

Experimentation 38

Extração de pesticidas 51

**F**

Factores de riesgo 21, 23, 24, 25, 26, 27

Film polarizado 54

Food 38, 41

Função Z 69

**G**

GAMS (General Algebraic Modeling System) 65, 66, 67, 70, 78

GL= Grados de Libertad 20, 21

Glucosa 16, 17, 18, 19, 21, 22

Glucosuria 16, 19

**H**

Habilidades socioemocionales 98, 99, 100, 101, 116

Health 38, 116, 117

Hemodiálisis 23, 24, 25, 26, 27

**I**

IC de 95% para la diferencia 20

Insuficiencia renal crónica 23, 24, 25, 28

**K**

Kriging indicativo 2, 5

**L**

Lipopéptidos de *B. mojavensis* 29, 36

**M**

Mapeo 1, 2, 7

Marino 29

Método de la diagonal de cantor 79, 80, 97

**N**

Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 2, 3, 12, 14

**O**

Optimization 53, 66, 78

Orgânico monocarboxílico 43

**P**

Padecimiento de gran prevalencia 21

Planificación de actividades 116

Power Systems 66, 78

Pozos poco profundos 2, 11

Preservatives 38

**R**

Recolectaron 80, 40 y 120 1

Risk factors 24

**S**

SAE 1040 steels 54

Sistema para -20 °c 51

Superficie 1, 8, 31, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63

**T**

Terapia sustitutiva 26, 27

**U**

Urea 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25

**V**

Valor P= El valor P es la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta 20, 21

# EXPLORANDO LAS CIENCIAS EXACTAS

TEORÍA Y APLICACIONES  
EN EL MUNDO DE LOS  
NÚMEROS 3



[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)

# EXPLORANDO LAS CIENCIAS EXACTAS

TEORÍA Y APLICACIONES  
EN EL MUNDO DE LOS  
NÚMEROS 3

 [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)