



REVISTA

Ingenium



JULIO - DICIEMBRE / 2025 / Volumen 3 - Número 2

ISSN: En proceso / Depósito Legal: LA2024000023



Comité Editorial

Director

Dr. Daniel Rojas Agüero. Universidad Yacambú
<https://orcid.org/0000-0001-6346-3502>

Editora

MSc. María Gabriela Jiménez. Universidad Yacambú
<https://orcid.org/0009-0001-0099-3503>

Comité Científico Nacional

MSc. Germán Vargas. Universidad Yacambú
<https://orcid.org/0009-0001-9554-6000>

Ing. Ana Salas. Universidad Yacambú
<https://orcid.org/0009-0001-2367-2825>

Ing. Jazmín Durán. Universidad Yacambú
<https://orcid.org/0009-0001-1577-7045>

Ing. Rafael Flores. Universidad Yacambú
<https://orcid.org/0009-0000-7672-5487>

Lic. Alexander Pérez. Universidad Yacambú
<https://orcid.org/0009-0002-2611-2118>

Comité Científico Internacional

Ing. Rosangel Rojas. Universidad Federal de Rio Grande, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-0776-599X>

Ing. Rafael Yépez. Universidad Federal de Rio Grande, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-2557-8779>

Equipo de Apoyo

Ing. Andrei Núñez. Apoyo técnico
<https://orcid.org/0009-0008-3488-8534>

TSU Mercis Molero. Corrector de estilo / Maquetación
<https://orcid.org/0009-0003-4441-4408>

ISSN: en proceso

Depósito Legal: LA2024000023

Facultad de Ingeniería de la Universidad Yacambú



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Editorial

Ingeniería para un mundo posible: cuando la ciencia, la tecnología y la humanidad se encuentran

En un tiempo marcado por transformaciones aceleradas, incertidumbres globales y desafíos que atraviesan todas las dimensiones de la vida, la ingeniería se reafirma como un poderoso puente entre lo que somos y lo que aspiramos a construir. Cada línea de investigación, cada ecuación resuelta y cada prototipo que toma forma es, al mismo tiempo, una expresión de conocimiento y de esperanza. En este número de Revista Ingenium, convergen miradas diversas para recordarnos que la ingeniería no solo emerge en laboratorios y redes eléctricas, sino también en la conciencia humana, en los modelos económicos inclusivos y en el cuidado del planeta.

Presentamos en esta edición una propuesta audaz: el Estoicismo Cuántico, que fusiona la serenidad filosófica con la naturaleza probabilística del universo cuántico. Este ensayo invita a los lectores a reflexionar sobre cómo, en tiempos de entornos variables y sistemas complejos, la ingeniería también requiere una mente capaz de habitar la incertidumbre sin perder el propósito. La ciencia moderna nos demuestra que la observación altera la realidad, mientras que la filosofía nos recuerda que nuestra actitud la transforma. Esta original aproximación revela algo esencial para el ingeniero contemporáneo: comprender el mundo requiere instrumentación precisa, pero afrontarlo exige claridad interior.

Otro de los aportes de esta edición nos traslada del plano conceptual al tejido social: los negocios inclusivos y la gerencia evaluativa. En un mundo que avanza hacia modelos productivos más éticos y sostenibles, este artículo recalca que la ingeniería —como disciplina y como profesión— debe contribuir a reducir brechas, democratizar oportunidades y generar valor real para quienes históricamente han quedado fuera del progreso. Las cooperativas, analizadas como plataformas ideales para este enfoque, reflejan cómo el conocimiento técnico se integra con la responsabilidad social y la economía solidaria. Aquí, la ingeniería se convierte no solo en infraestructura, sino en instrumento de justicia y equidad.

El viaje continúa hacia uno de los recursos más estratégicos de la transición energética: el litio. Desde su origen en salmueras y rocas hasta su llegada a las baterías que alimentan dispositivos, vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento energético, este artículo explica cómo cada átomo de litio representa una promesa... y un desafío. La ingeniería química, minera, ambiental y de materiales se entrelazan para demostrar que el futuro energético no depende únicamente del recurso, sino del modo en que lo obtenemos, procesamos y gestionamos. En tiempos donde el planeta exige responsabilidad, este análisis nos recuerda que innovar también implica cuidar, restaurar y anticipar los efectos de nuestras acciones.

Finalmente, cerramos con un fundamento esencial para múltiples avances tecnológicos: la ecuación de onda no homogénea en teoría electromagnética. A través de un análisis riguroso, el artículo conduce al lector por el fascinante universo de Maxwell, los potenciales escalar y vectorial, y su relación con la propagación de la energía. Cada deducción matemática no solo construye conocimiento, sino que abre puertas hacia tecnologías que van desde las telecomunicaciones hasta el transporte inalámbrico de energía. Esta contribución nos recuerda que detrás de cada dispositivo moderno late un sistema de ecuaciones que hace posible lo imposible.

Aunque los contenidos transitan territorios distintos, comparten un mensaje poderoso: La ingeniería es, a la vez, ciencia exacta y experiencia humana. Es capacidad de transformar, pero también de escuchar. Es innovación técnica y, al mismo tiempo, reflexión ética. Desde la metafísica cuántica hasta la inclusión económica, desde la extracción responsable de recursos estratégicos hasta la formulación matemática que explica la energía misma, esta edición nos invita a entender que el futuro no se construye con respuestas aisladas, sino con conexiones nuevas y valientes.

A nuestros lectores, ingenieros en formación, investigadores, docentes y profesionales, los exhortamos a recorrer estas páginas con mente abierta y espíritu curioso. Que este número recuerde que la ingeniería no se limita a resolver problemas sino a crear posibilidades. Y toda posibilidad es un nuevo comienzo.

Sigamos pensando, creando y transformando... porque el futuro aún está por diseñarse.

MSc. María Gabriela Jiménez

Tabla de Contenido

Artículos

Impacto de los Negocios Inclusivos: Análisis desde la Perspectiva de Gerencia Evaluativa y Dinámicas Económica. *Yenifer Carolina Rojas de García; Josmir Jesue García*..... 5

Ensayos

Estrategia Comparativa para Obtener la Ecuación de Onda no Homogénea del Potencial Escalar y Vectorial en Teoría Electromagnética. *Victor Hugo Ordoñez Navea* 18

Estoicismo Cuántico: Una Fusión Anti-Paradigmática. *Rubén Bravo* 28

El Litio: Del Subsuelo a la Batería. *Liliana Inés Soto Petit* 35

**IMPACTO DE LOS NEGOCIOS INCLUSIVOS: ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE GERENCIA
EVALUATIVA Y DINÁMICAS ECONÓMICA**

**IMPACT OF INCLUSIVE BUSINESS: ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF EVALUATIVE MANAGEMENT
AND ECONOMIC DYNAMICS**

Yenifer Carolina Rojas de García¹

 <https://orcid.org/0009-0006-0472-3830>

Josmir Jesue García²

 <https://orcid.org/0009-0007-5981-7612>

Recibido: 12-11-2025

Aceptado: 10-12-2025

Resumen

En la actualidad los cambios generados a nivel empresarial, producto de la globalización e innovación tecnológica, han generado que las organizaciones incorporen la inclusión como un eje estratégico para el desarrollo social y la competitividad del mercado. El objetivo esencial fue analizar el impacto y la efectividad teórica de los negocios inclusivos en cooperativas, enfocada en la perspectiva de la Gerencia Evaluativa el mismo se desarrolló metodológicamente bajo un enfoque cualitativo basado en un diseño de revisión bibliográfica, a través de la cual se seleccionó la literatura indispensable relacionada con la inclusión, dinámicas económicas, gestión evaluativas y cooperativismo. Dentro de los resultados se logra destacar la exitosa implementación de los negocios inclusivos que requieren de un sólido direccionamiento estratégico, así como la aplicación sistémica de los principios de la gerencia evaluativa con la finalidad de medir el impacto social y económico real, buscando garantizar la transparencia y sostenibilidad. En conclusión, se puede indicar que las cooperativas representan un canal idóneo para los negocios inclusivos, siempre que puedan lograr la integración de la evaluación constante como un mecanismo para organizar los procesos productivos con los requerimientos de las personas, buscando combatir la desigualdad de forma efectiva.

Palabras clave: inclusión; gerencia evaluativa; negocios inclusivos; cooperativas; impacto socioeconómico.

Abstract

Currently, changes at the business level, resulting from globalization and technological innovation, have led organizations to incorporate inclusion as a strategic axis for social development and market competitiveness. The essential objective was to analyze the impact and theoretical effectiveness of inclusive businesses in cooperatives, focusing on the perspective of Evaluative Management. The methodological approach was developed using a qualitative approach based on a bibliographic review design, through which essential literature related to inclusion, economic dynamics, evaluative management, and cooperativism was selected. The results highlight the successful implementation of inclusive businesses, which require solid strategic direction, as well as the systematic application of

¹ Universidad Nacional Experimental del Táchira. Correo: yeniferrojas1083@gmail.com

² Universidad Politécnica Territorial Agroindustrial del Táchira. Correo: iejig2103@gmail.com

evaluative management principles to measure the real social and economic impact, seeking to guarantee transparency and sustainability. In conclusion, it can be said that cooperatives represent an ideal channel for inclusive businesses, provided they can integrate ongoing evaluation as a mechanism for organizing production processes in line with people's needs, seeking to effectively combat inequality.

Keywords: inclusion; evaluative management; inclusive businesses; cooperatives; socioeconomic impact.

Introducción

Las organizaciones a nivel mundial se enfrentan a una serie de retos que deben ser sobrellevados y adoptados de la mejor manera posible, generados por una serie de dinámicas económicas que pueden incidir de manera directa en los procesos inclusivos, es por ello que uno de los aspectos a tomar en considera en estos tiempos es la inclusión que juega un rol preponderante en el mundo globalizado y sistematizado en el cual se desarrolla el ser humano en la actualidad, por lo tanto es un aspecto importante debido a que promueve la diversidad, la equidad y la justicia social esquemas que en este momento las empresas y sus clientes toman como de suma importancia.

En muchos países ya es obligatorio que las organizaciones promuevan y apliquen estrategias que conlleven a un nivel de inclusión adecuado, para ello el área de los recursos humanos de las empresas juegan un rol preponderante y de suma importancia debido que son los encargados de establecer la planificación de los procesos de contratación de las empresas, por ende, deben desarrollar y mantener procedimientos de contratación que faciliten la inclusión de cualquier persona con habilidades idóneas para el cargo, teniendo en cuenta siempre planes de capacitación que faciliten la adaptación de los nuevos trabajadores a sus áreas laborales.

En tal razón, Talahua (2020) señala que a nivel mundial se viene gestando una vertiente en cuanto a la inclusión de personas excluidas en las áreas productivas de los diferentes países tanto en el ámbito público como en las empresas privadas cumpliendo con las líneas de inclusión y respecto al derecho a trabajar que poseen todos los seres humanos en edades productivas, conociendo esto como negocios inclusivos que para Montoya & Montoya (2022) son aquellos que buscan de una manera u otra generar un impacto social y económico al mismo momento en el que persigue objetivos de orden de beneficios financieros, en este tipo de empresas se busca incluir personas que tradicionalmente han debido soportar la exclusión del mercado laboral tradicional siendo relegados de los beneficios económicos que esto conlleva, personas de bajos ingresos, grupos de mujeres y personas discapacitadas, en este modelo de empresa no tan solo se persigue el beneficio económico de la misma sino por el contrario lograr un beneficio también para las comunidades en donde opera, que no tan solo pueden ser monetarios sino

que se pueden traducir en mejorar la calidad de las personas y reducir el nivel de pobreza en el cual se encuentran.

Esta situación no escapa de iniciar en la cooperativas que nivel global son un modelo de negocio que han alcanzado y demostrado ser auto sustentables, muestran como en las dos últimas décadas son responsable de al menos del 5% del PIB mundial por lo tanto son organizaciones que deben ser cuidadas y protegidas de la mejor manera posible, dentro de su concepción y desarrollo es necesario contar con un plan de trabajo bastante idóneo para el modelo de negocio que se quiere seguir, teniéndose en cuenta que un plan de negocio no es más que describir la visión, misión, objetivos, estrategias y tácticas de una empresa, es una herramienta clave y necesaria para la toma de decisiones dentro de la cooperativa con la finalidad de conseguir los caminos más idóneos para alcanzar los objetivos previstos, el aplicar un plan de acción a una cooperativa es una de las medidas mediante las cuales se garantiza de manera enfática el establecimiento y crecimiento de este tipo de negocio debido que establece los métodos y procedimientos a través de los cuales serán canalizados los procesos productivos, operativos, organizativos y administrativos de la cooperativa, definiendo claramente los productos o servicios que esta va a ofrecer (Gómez, 2014).

En tal sentido, se considera necesario que se desarrollen planes de acción los cuales son conocidos como aquellas estrategias empresariales que deben ser tomadas en cuenta en el momento de crear un negocio inclusivo debido que en este se logra la planificación tanto del impacto de beneficio que presenta la empresa, pero también planificar el beneficio sobre el impacto social, económico que genera tanto para los colaboradores como para el ambiente social al cual pertenece, dentro de los aspectos que complementa el desarrollo de un negocio inclusivo, se encuentra la reducción de la pobreza y la desigualdad, lo que impacta positivamente en factores tanto sociales como económicos, facilitan el posicionamiento y reconocimiento de la empresa o cooperativa debido que manejan políticas de inclusión que facilita el reconocimiento que le brinda la localidad a la cual pertenece (Sinforoso et al., 2022).

De acuerdo a lo expuesto en los párrafos anteriores, surge la necesidad de desarrollar el presente artículo de investigación que tiene por objetivo realizar un análisis de las diversas dinámicas económicas y su efecto en los procesos de inclusión, esto observado desde el desarrollo de los negocios inclusivos para las cooperativas, el cual será realizado bajo una revisión bibliográfica de tipo documental, selecciona la información de una serie de bases de datos de reconocido prestigio, los cuales servirán de sustento teórico para el desarrollo de este artículo.

Materiales y Métodos

En los diferentes procesos de investigación, las estrategias metodológicas a seguir son la parte esencial, debido a que por medio de estas se puede realizar un análisis de los datos es obtenida a través de una diversidad de pasos y etapas diseñadas para brindar coherencia y respuestas a las preguntas planteadas por el investigador para validar las cuestiones que lo llevaron a realizar el estudio. Al respecto, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) señalaron que hay muchas metodologías para el desarrollo de las investigaciones, no obstante, este estudio optó por el enfoque cuantitativo, cuya elección se origina en que usa la recolección de la información como mecanismos para poder realizar la comprobación de las hipótesis establecidas, en donde se enfoca en mediciones numéricas, combinadas con análisis de información con herramientas estadísticas que pueden identificar tendencias o comportamientos mientras se prueban teorías. Cabe destacar, que este importante método se basa en una rigurosa y secuencial estructura de fases, a través de los cuales se cumple con la resolución de las interrogantes planteadas en el estudio. (Tamayo y Tamayo, 2014).

De acuerdo a lo expuesto, es necesario destacar que el presente estudio será de tipo descriptivo ya que a través de esta se realizará el análisis tanto las investigaciones obtenidas acerca del tema, por lo tanto, se asumirá el diseño documental ya que se realiza la búsqueda de una serie de investigaciones anteriores relacionadas con el tema de plan de acción y negocios inclusivos; dicha información es recabada de revistas arbitradas, artículos de investigación, trabajos de investigación y tesis de grado.

A su vez, se encuentran basada principalmente en donde se miden las diferentes características de los fenómenos, en tal sentido, surge debido a que se fundamenta teóricamente en la existencia ampliada de la aceptación de las variables analizadas (Bernal, 2010, p. 23). De acuerdo a lo expresado anteriormente, se puede decir que el presente estudio se fundamenta en una serie de teorías, por medio de las cuales se realiza la obtención de la información, que posteriormente se tabulará y analizará con la finalidad de alcanzar las conclusiones, que permitan dan respuesta a la situación problemática analizada, es por ello, que se puede decir que se considera como no subjetiva, ya que se encuentra basada una datos económicos y financieros.

Resultados o Hallazgos

La inclusión ha sido un concepto abordado desde diferentes aristas de estudio debido que posee aplicabilidad en diferentes disciplinas y acciones del ser humano entre las ramas que la han estudiado y fundamentado se encuentran la filosofía, la antropología y la sociología, dan diferentes vertientes de aplicación con respecto a la delimitación de la perspectiva de lo que es inclusión, naciendo según lo descrito por Ceballos y Acosta (2016) al ser escenario de negocios un ambiente de socialización por

excelencia, en donde se estructura y convergen vertientes definatorios sobre el desarrollo y la experiencia humana, es por ello que es el ámbito que es más discutido la aproximación e intervención de lo que es inclusión que busca generalmente el establecer el disfrute de los derechos que se derivan del proceso a los diferentes actores, sin importar algún impedimento físico o social que se deba enfrentar, la definición de inclusión en si misma es un reto bastante alto debido que se debe describir desde el punto de vista fundamentalista al igual que las dimensiones que abarca debido que su aplicación y fundamentación es bastante abstracta motivado que cada individuo presenta diferentes necesidades que deben ser cubiertas para lograr sentirse incluido.

En este contexto, al definir la inclusión se deben tomar en consideración sus diferentes dimensiones y perspectivas, por medio de las cuales se puede orientar el estudio, elaboración e implementación de las políticas públicas, como elemento esencial por lo cual tomando esto en consideración han logrado identificarse una serie de aportes teóricos enfocados en diversas perspectivas relacionadas con el tema, en este contexto, Castrillo (2022) señala que el termino inclusión se encuentra relacionado en la actualidad en los diferentes ámbitos de la política pública, logrando con esto una objetividad relacionada con este aspecto, la cual es usada de acuerdo a uso etimológico de la palabra, surgiendo de allí la necesidad de contemplar distintas dimensiones y aplicación del concepto de inclusión, visto desde enfoques de lo social, económico, educativo, político, religioso, entre otros.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se evidencia la necesidad considerar elementos importante para poder concebir la inclusión basado en la diversidad de contextos, en donde este es considerado como uno de los principales factores que se toman en consideración, debido a que engloba tanto a las personas, como a los grupos en general, refiriéndose principalmente a la equidad e igualdad tomada como una perspectiva requerida en cualquier escenario de participación de los ciudadanos y su derecho de participar en cualquier ámbito de los contextos que se desarrollan en el país (Ramírez, 2017). Con base a lo descrito anteriormente, se puede tener evidencia de la evolución que ha tenido el concepto de inclusión, desde las diferentes formas en la cual se abordan, siendo un resultado de la reconstrucción social que orienta el termino y sus métodos para realizar la intervención.

Al mismo tiempo, al hacer referencia a la conceptualización de negocios, se puede decir que son las diferentes actividades de origen comercial que se realizan con la finalidad de poder generar ingresos o utilidades por medio de la ventas de bienes o servicios a los clientes, cabe destacar que los negocios son estructuras de transacciones comerciales por medio de los cuales los dueños pueden obtener recursos económicos, a través del intercambio de bienes o servicios a terceras personas, en este sentido, Roldán (2020) señala que los negocios son definidos como las actividades económicas por medio de las cuales se

pretende lograr la obtención de ingresos esencialmente cual se venden productos o se suministran servicios a terceras personas, en donde a través de estos se pueden satisfacer principalmente las necesidades de los usuario o clientes que adquieren esos bienes o servicios.

Cabe destacar que los negocios tienen la ventaja que pueden incorporar una o varias fases dentro de su cadena productiva, dentro de las cuales se pueden mencionar la fabricación, venta, distribución, reventa, extracción de materia prima natural, almacenamiento, entre otros, es por esta razón que el término de negocio, puede ser utilizado de igual manera para hacer mención a un local de comercio en donde se vendan algún producto o servicio, cuya finalidad primordial es la obtención de recursos económicos o ganancias, ahora bien, dentro de este contexto es necesario destacar que cuando su objetivo es sin fines de lucro no puede ser llamado negocios a pesar que puedan tener algunas características iguales o similares, dentro de estas se mencionan las entidades gubernamentales (Westreicher, 2020).

De acuerdo a lo anterior surgen los negocios inclusivos, en los cuales este tipo de negocios hacen referencia a las empresas u organizaciones cuyo objetivo es promover la inclusión económica y social de los ciudadanos o sociedades que están en situaciones vulnerables, a través de los cuales se les puede ofrecer empleos y además acceso a los productos, servicios y bienes a los que tiene derechos, además de poder ser partícipes es una serie de actividades en cualquier ámbito organizaciones o empresarial a los que quieran asistir, sin que sean discriminados o rechazados por ningún motivo o circunstancia.

En este contexto, se puede decir que un negocio o emprendimiento inclusivo es una iniciativa organizacional que es rentable, en el contexto ambiental y social con carácter de responsabilidad que, con base en la razón del beneficio recíproco, incluye las sociedades que tienen ingresos mínimos en su cadena de valor y mejora su calidad de vida, cabe destacar que un negocio incluyente incorpora comunidades con ingresos bajos. Es decir, se buscan encontrar modelos de negocios sostenibles donde se pueda ayudar a otros a prosperar, el negocio principal tiene una incidencia positiva, tanto ambiental y social, es por ello que se puede decir que los negocios inclusivos son estrategias que tienen una adecuada viabilidad, debido a que brindan servicios, medios y bienes que permiten que los ciudadanos puedan vivir en la cúspide de la pirámide a escala o de manera escalable, lo que les permite actuar como proveedores, distribuidores, minoristas, incluidos proveedores, distribuidores (Díaz, 2021).

La evolución de los Negocios Inclusivos ha generado la necesidad de un marco de medición riguroso, ya que estos se diferencian de la filantropía porque busca la sostenibilidad económica y el impacto social de manera simultánea, cabe resaltar que, en consecuencia, la literatura especializada exige que su evaluación se base en el Triple Bottom Line (TBL), el cual evalúa el desempeño económico, social

y ambiental tal como lo confirma Elkington (1997). Siguiendo el hilo conductor del escrito, al ser aplicado a las cooperativas, este marco debe medir no solo la rentabilidad del negocio, sino también indicadores específicos de inclusión, tales como el aumento en el ingreso familiar de los participantes, la mejora en el acceso a servicios básicos y el incremento en el empoderamiento y la participación comunitaria (Talahua, 2020).

Por su naturaleza y principios, el cooperativismo se alinea intrínsecamente con el modelo negocios inclusivos, en donde la estructura democrática y el enfoque en la membresía y la comunidad facilitan la implementación de modelos de evaluación participativa, un pilar fundamental de la gerencia evaluativa, donde los beneficiarios también son gestores y evaluadores del impacto generado (Sinforoso et al, 2022), no obstante, esta dualidad, exige de las cooperativas la formalización de procesos de gerencia evaluativa concretos y preciosos, con la finalidad de no caer en el riesgo del deslumbramiento social, donde la intención social no se traduce en resultados verificables.

De acuerdo a lo anterior y producto de la revisión bibliográfica, realizada en este artículo se evidencia que los negocios inclusivos en el contexto del cooperativismo representando una importante herramienta por medio de la cual se puede lograr integrar los diferentes sectores que han sido excluidos de la economía formal, cabe destacar que dichas empresas o negocios pueden participar desplazados, minorías étnicas, mujeres, jóvenes, para las diferentes actividades económicas que son productivas, ofreciendo una serie de accesos a apoyo técnico, formación, así como recursos económicos necesarios para poder ejecutar los procesos productivos de los negocios.

Las teorías tienen la particularidad que hacen referencia al análisis que se realiza acerca de un determinado fenómeno y la explicación que se realiza sobre el mismo, intentando identificar y comprender las causas que lo pueden generar, esta sirve para poder mejorar la realidad de lo observado, en tal sentido, Placeres-Salinas et al. (2022) señalan que se puede mencionar que dentro de la presente investigación se realiza un análisis acerca de este concepto tan relevante, con el objetivo de poder entender de forma clara su definición, composición, ventajas, desventajas, objetivos, buscando de esta forma lograr la aplicación de los conocimientos que se obtienen del contexto en una realidad laboral.

En este sentido, se puede decir que cualquiera de las organizaciones que se constituyan de forma legal de acuerdo a los requisitos exigidos en cada país, de tener un correcto plan o direccionamiento estratégico, en tal sentido (Valdés, 2019) señala que para lograr el éxito dentro de las organizaciones, es necesario que se aplique una adecuada gerencia estratégica ya que por medio de esta se pueden establecer elementos fundamentales como la misión, visión, valores, objetivos y metas que se cumplirán en un tiempo determinado, es por ello, que de acuerdo a lo expresado por el autor, se puede decir que al

establecer una la misión se pretende expresar la razón de ser de la organización enfocada principalmente con el contexto en que se pueden ejecutar las actividades fundamentales, las cuales permiten determinar la orientación hacia los elementos que son relevantes para la alcanzar la competitividad de las organizaciones, dentro de los cuales se pueden mencionar las funciones, políticas, objetivos, estrategias, tareas, políticas, entre otras, así mismos se debe contar con una correcta estructura organizacional, ya que esta juega un rol esencial para el adecuado funcionamiento de la organización, esto debido a que por medio de ella se pueden distribuir los diferentes cargos y actividades de los trabajadores que prestan sus servicios a la empresa, dando con esto cumplimiento a los elementos que se plantean dentro de las empresas (Mendoza, 2021).

Dentro de este contexto, se puede mencionar lo descrito por García (2020) quien señala que la teoría de la organización de basa en unos principios fundamentales que son los objetivos, especialización, jerarquía y responsabilidad, siendo relevantes para poder alcanzar el éxito de las mismas. En tal sentido, al mencionar los objetivo se hace referencia a las diferentes tareas o actividades que se desarrollan dentro de las organizaciones las cuales deben estar enfocadas en las metas comunes que se plantear con la finalidad de poder impulsar o lograr el crecimiento de las empresas; por otra parte, con respecto a la especialización se debe mencionar la necesidad de que todos los empleados de capaciten o formen académicamente de acuerdo a las labores asignadas dentro de la organización.

Esto con la finalidad de poder aumentar sus habilidades y mejorar de esta manera la productividad en sus funciones; de igual manera con respecto a la jerarquía, se considera de gran relevancia que se plantea una estructura jerárquica en donde se establezca personas responsabilidad de ciertos procesos, especialmente el de comunicación de acuerdo a los objetivos planteados y por último la responsabilidad en donde se considera necesario la relación que puede existir entre los responsables de unidades o departamento con la ejecución de sus funciones, ya que para poder dar cumplimiento es relevante que se tenga un grado de autoridad, la cual va a depender directamente del rol que cumpla dentro de la organización (Pérez et al., 2018).

Esto incluye la transición de la gestión estratégica a la gestión evaluativa, no obstante, la eficacia de la gestión estratégica, especialmente en modelos con un componente social interno, como la empresa inclusiva (EI), no se basa únicamente en la planificación, ya que toma en cuenta esencialmente la integración de la gestión evaluativa (GE), definida como un enfoque gerencial centrado en el uso sistemático de la información de evaluación para la toma de decisiones, el aprendizaje organizacional y la mejora continua es esencial para lograr el éxito, tal como es sustentado por Patton (2011).

En tal sentido, se puede destacar que la gerencia evaluativa desplaza el enfoque de la gestión del

rendimiento de las actividades a la medición y el aseguramiento del impacto y los resultados, cuya premisa principal es que las organizaciones deben operar según una teoría del cambio que establezca una cadena de valor entre los recursos invertidos (insumos), las actividades realizadas (productos) y los cambios sociales y económicos esperados (resultados e impactos). En este contexto, la GE se convierte en una herramienta de legitimidad y transparencia, ya que permite cuantificar y cualificar la contribución real a la reducción de la pobreza y la exclusión, y va más allá de la simple retórica de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) (Brugué y Goma, 2021).

Por otra parte, es necesario señalar que el conjunto de procedimientos mediante los cuales se desarrolla la planificación de las diferentes estrategias que se siguen en los procesos productivos de una organización, con la finalidad de contar con la integración de los recursos y cualidades de mayor impacto que faciliten alcanzar las metas propuestas por las unidades gerenciales y el comité de accionistas, la planificación estratégica presenta como objetivo primordial el garantizar el logro eficiente de los objetivos financieros que se hayan planificado para la empresa, teniendo en cuenta que deben ser tomados en cuenta los costos, los recursos y plazos que son necesarios para alcanzar el cumplimiento de lo planificado según el plan como se ha estructurado. Al respecto, Raffino (2020) define la planificación financiera como el conjunto de procesos que son establecidos en una organización, empresa o persona, aplicando las ciencias administrativas haciendo uso y aprovechamiento de los recursos tanto económicos, financieros, talento humano y acciones operativas para alcanzar los objetivos que son propuestos.

Discusión

Esta revisión bibliográfica confirma la validez de los Negocios Inclusivos (NI) como respuesta estratégica y evolutiva a los imperativos de la dinámica económica actual, caracterizada por la globalización y la necesidad de cerrar las brechas de exclusión social y económica. Los datos teóricos obtenidos, centrados en el papel del cooperativismo y la aplicación de la Gestión de la Evaluación (GE), permiten identificar la tesis principal de este estudio: la sostenibilidad y el impacto real de los Negocios Inclusivos están inextricablemente ligados a la formalización del proceso de gestión de la evaluación en la estructura organizacional.

La literatura analizada posiciona los NI como un modelo que va más allá de la responsabilidad social corporativa (RSC), integrando a los grupos vulnerables de la población no solo como beneficiarios, sino también como actores activos (proveedores, empleados, distribuidores y clientes) en la cadena de valor (Procel-Quiñonez et al., 2022). Esta doble función (social y económica) exige, por definición, que su gestión se base en la evidencia, de acuerdo a lo descrito, se evidencia que los resultados muestran la necesaria convergencia con la gerencia evaluativa, ya que, si bien la planificación estratégica de acuerdo

a lo descrito por Raffino (2020) define las razones y los métodos para la inclusión, la gerencia evaluativa proporciona un marco riguroso para medir su eficacia, garantizando que el triple resultado (económico, social y ambiental) sea real y no meramente retórico.

Así, mismo, se puede indicar que la gerencia evaluativa es un mecanismo de legitimidad, ya que la necesidad de su existencia se hace evidente al considerar las asimetrías de poder e información inherentes a la inclusión en la base de la pirámide tal como lo sustentan Arias (2018) y Croceta (2025) quienes resalta la importancia que abordar la gerencia evaluativa para lograr la efectividad de los negocios inclusivos desde cualquier sector de la economía. No obstante, al promover el uso de teorías de cambio e indicadores de resultados e impacto, la gerencia evaluativa traduce la promesa social de inclusión en un compromiso medible. Por el contrario, los modelos tradicionales de Responsabilidad Social Corporativa a menudo se limitan a indicadores de resultados (inversiones realizadas o número de personas involucradas) sin medir los resultados (cambios en la calidad de vida real o los ingresos). La gobernanza corporativa requiere la trazabilidad del impacto y la validación de los supuestos de valor, lo que otorga a las empresas inclusivas una mayor legitimidad ante los grupos de interés, los inversores y la propia comunidad.

Conllevando de esta manera a alcanzar una notable ventaja competitiva de los desafíos de medición y el cooperativismo, en tal sentido, el análisis realizado también destaca que la naturaleza socialmente responsable y la estructura democrática del cooperativismo lo convierten en un vehículo ideal para implementar la gerencia evaluativa, cuya ventaja comparativa reside en que sus principios (membresía abierta, participación económica de los socios) están estrechamente vinculados a los objetivos de la empresa inclusiva (integración activa).

Sin embargo, esta ventaja estructural solo se traduce en un impacto medible si la cooperativa aplica el modelo de práctica general relacionada con la gerencia evaluativa, en donde el principal desafío radica en estandarizar los indicadores, este debido a que la literatura existente que la gerencia evaluativa debe adaptarse de forma que capture no solo los beneficios tangibles, sino también los intangibles (empoderamiento, capital social), sino también los tangibles (aumento de los ingresos, eficiencia operativa). Es por tal razón que al integrar la evaluación como un componente sistémico de su gestión, en lugar de como un evento único, las organizaciones cooperativas pueden rendir cuentas de su impacto de forma transparente, validar sus supuestos de impacto y, lo más importante, recibir la retroalimentación necesaria para mejorar continuamente sus procesos de inclusión productiva, reduciendo así el riesgo de sombra social y garantizando la sostenibilidad empresarial, no obstante, tomando en consideración lo descrito anteriormente, se puede indicar que la gerencia evaluativa dentro del marco de los negocios

inclusivos, puede ser considerado como un mecanismo para asegurar la calidad del impacto de una empresa inclusiva, proporcionando el marco analítico necesario para la dinámica económica de las inversiones socialmente responsables

Conclusiones o Reflexiones

Luego de realizar el presente artículo de investigación, se logró evidenciar que las dinámicas sobre inclusión se enfatizan en los ámbitos social, político, económico y educativo, políticas, entendimientos académicos, iniciativas públicas y privadas emergen como alternativas para combatir la exclusión. En los últimos años, a partir de la reflexión económica sobre la relación entre exclusión y desarrollo, este tema se ha vuelto cada vez más importante, así, distintas disciplinas han desarrollado un interés por la inclusión y el concepto implica aspectos que complican aún más la acción en este ámbito. Por lo tanto, el entendimiento propuesto varía ampliamente, desde posiciones relacionadas con el progreso económico hasta discusiones sobre la integración y la inclusión en escenarios clave para el desarrollo social y personal, en tal sentido los negocios deben incorporar nuevas modalidades como la inclusión basada en la investigación y ser centros de acción, en donde el proceso empresarial y su desarrollo como sujeto asegura el éxito de todos y es reflexivo, crítico y abierto.

En un contexto de desafíos económicos y sociales, promover negocios inclusivos dentro de las cooperativas se posiciona como una alternativa prometedora para impulsar las economías locales y promover la inclusión social, las investigaciones muestran que estas empresas promueven la igualdad de oportunidades, el empoderamiento de las comunidades desfavorecidas y la sostenibilidad económica. El estudio explora la construcción social y su relevancia en el desarrollo socioeconómico y social desde una perspectiva empresarial inclusiva, en donde además se muestran que promover negocios inclusivos y solidarios es crucial para abordar los desafíos del desempleo y la falta de productividad en la región. Estos modelos de negocios tienen el potencial de integrar a los sectores marginados a la economía formal, brindándoles recursos, capacitación y apoyo técnico.

Referencias

- Arias, S. (2018). Gerenciar la evaluación. Proyecto de programa doctoral en Gerencia Evaluativa. *Revista Acción Pedagógica*, 27(1), 113 – 127. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7442977>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. (3ª ed.). Prentice Hall. Bogotá Colombia.
- Brugué, Q., & Goma, R. (2021). Evaluación, transparencia y rendición de cuentas en la administración pública. *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, (27), 24-38.

- Castrillo, V. (15 de noviembre de 2022). *La inclusión laboral ¿Qué es y porque tiene que importarnos?* Banco Interamericano de Desarrollo. [BID | La inclusión laboral: ¿Qué es y por qué tiene que importarnos?](#)
- Ceballos, B. y Acosta, N. (2015). Análisis documental sobre inclusión educativa en Colombia a partir de la producción académica de estudiantes de los programas de Licenciatura en Pedagogía Infantil y de Licenciatura en Educación Infantil de tres universidades. *Revista Interacción*, 14 (2), 111 – 118.
- Crocetta, V. (2025). La gerencia evaluativa en el ámbito de la tecnología emergente. *Revista Aula Virtual*, 6(13), 3-12. <https://ve.scielo.org/pdf/auvir/v6n13/2665-0398-auvir-6-13-e437.pdf>
- Díaz, C. (2021). Negocios inclusivos. <https://n9.cl/wzvs2>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing.
- García, M. (2020). Que es la teoría de la organización en administración. <https://n9.cl/2o8zq4>
- Gómez, J. (2014). Creación de empresas y estrategias, reflexiones desde el enfoque de los recursos. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/3609-Texto%20del%20art%C3%ADculo-12198-1-10-20111209.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Mendoza, A. (2021). Teoría de la organización. *Revista de ciencias sociales*, 2(1), 21-32. <https://n9.cl/72qik>
- Montoya- Restrepo, L. & Montoya-Restrepo, I. (2022). Negocios inclusivos. Un Modelo de metáfora bibliográfica para el sector agropecuario. *Revista de Ciencias de la Administración y economía*, 12(3), 25-44. <https://n9.cl/wuw22>.
- Patton, M. (2011). *Developmental evaluation: Applying complexity concepts to enhance innovation and use*. Guilford Press.
- Pérez, E. Pérez, M. Choreño, J. (2018). Plan de negocios para la creación de una empresa que vincule a la ciudadanía con los programas sociales de la CDMX a través de una aplicación móvil. <https://n9.cl/org56c>
- Placeres-Salinas, S., Araiza-Vázquez, M. y Torres-Mansur, S. (2022). El compromiso organizacional un factor clave para la innovación en las organizaciones. *Revista Vinculatégica Efan*, 8(2), 153-164. <https://vinculategica.uanl.mx/index.php/v/article/view/341>

- Procel-Quiñonez, G., Sarmiento-Nieves, M., Solorzano-Solorzano, S. Y Gonzales- Illescas, M. (2022). Negocios inclusivos como estrategia de creación de valor en el sector exportador ecuatoriano. *Polo de Conocimiento*, 7(02), 481-435. <https://n9.cl/ilejr>.
- Raffino, M. (2020). Planeación estratégica. <https://concepto.de/planeacion-financiera/>
- Ramírez, W. (2017). La inclusión: una historia de exclusión en el proceso de enseñanza aprendizaje. *Cuadernos de Lingüística Hispánica*, (30), 211-230. <http://www.scielo.org.co/pdf/clin/n30/0121-053X-clin-30-00211.pdf>
- Roldán, P. (2020). Negocios. *Revista de economía*, 12(4). <https://n9.cl/ekjvf>
- Sinforoso, S., Villafuerte, L. y Carrera, O. (2022). Competitividad empresarial de las organizaciones desde las externalidades ambientales. Análisis teórico. *Revista Venezolana De Gerencia*, 27(7), 47-60. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.7.4>
- Talahua, M. (2020). El comportamiento socio-económico de los negocios inclusivos en la provincia de Tungurahua [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://n9.cl/9nvq2>
- Tamayo, N., & Tamayo, M. (2014). *Metodología de la Investigación Científica*. Limusa Noriega. México.
- Valdés, D. (2019). La incidencia de la gestión del conocimiento en el éxito de las organizaciones. *Revista de Cooperativismo y Desarrollo*, 7(3), 392-405. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7122047>
- Westreicher, G. (2020). Conceptualización de negocio y objetivos. <https://n9.cl/ekjvf>

ESTRATEGIA COMPARATIVA PARA OBTENER LA ECUACIÓN DE ONDA NO HOMOGÉNEA DEL POTENCIAL ESCALAR Y VECTORIAL EN TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

COMPARATIVE STRATEGY FOR OBTAINING THE NON-HOMOGENEOUS WAVE EQUATION OF SCALAR AND VECTOR POTENTIAL IN ELECTROMAGNETIC THEORY

Victor Hugo Ordoñez Navea ¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5753-9117>

Recibido: 26-11-2025

Aceptado: 15-12-2025

Resumen

En este trabajo se establece un análisis estratégico comparativo entre la onda no homogénea del potencial escalar y no homogénea del potencial vectorial, con el objeto de obtener la ecuación de onda no homogénea del potencial escalar y establecer una base teórica que de un comportamiento de aplicación tecnológica energética. Utilizando el análisis se ha extendiendo de la teoría de campos electromagnéticos de Maxwell a los vórtices de campo eléctrico se encuentra en forma teórica la onda no homogénea del potencial escalar, permitiendo con esto establecer una comparación entre la onda no homogénea del potencial escalar y la del potencial vectorial con la aplicación de la ley de Gauss, ley de Faraday y la ley de Ampere de la forma de las cuatro ecuaciones de Maxwell, en la cual juega un rol importante y es fundamental en la obtención de una expresión matemática que dentro de la praxis académica de teoría electromagnética recibe el nombre de la ecuación de onda no homogénea del potencial escalar.

Palabras clave: Ecuaciones de Maxwell, onda no homogénea, potencial escalar, Vórtice.

Abstract

This paper presents a comparative strategic analysis between the non-homogeneous wave of the scalar potential and the non-homogeneous wave of the vector potential, with the aim of obtaining the non-homogeneous wave equation of the scalar potential and establishing a theoretical basis for its application in energy technology. Using analysis that extends Maxwell's electromagnetic field theory to electric field vortices, the non-homogeneous wave of the scalar potential is theoretically derived. This allows for a comparison between the non-homogeneous wave of the scalar potential and that of the vector potential through the application of Gauss's law, Faraday's law, and Ampere's law in the form of Maxwell's four equations. These equations play a crucial role and are fundamental in obtaining a mathematical expression that, within the academic practice of electromagnetic theory, is known as the equation of the non-homogeneous wave of the scalar potential.

Keywords: Maxwell's equations, non-homogeneous wave, scalar potential, vortex.

Introducción

La realización de este trabajo tiene que ver con el hecho que la mayoría de la información que aparece en la literatura, muestra el vector de campo asociado a un potencial escalar se obtiene calculando

¹ Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: y-30025977@micorreo.uny.edu.ve

el gradiente de dicho potencial escalar. El gradiente, en este contexto es un campo vectorial que indica la dirección y la magnitud del cambio más rápido del potencial escalar en cada punto del espacio. En términos más específicos el potencial escalar de un campo escalar asigna un valor escalar (un número) a cada punto en el espacio. Ejemplos incluyen la temperatura en un lugar o la altura sobre el nivel del mar.

Con este análisis principal sobre el entendimiento de lo vectorial y escalar se presenta la descripción sobre lo que es un análisis vectorial y lo que es un análisis escalar y los principios fundamentales de este desarrollo, en él se plantea matemáticamente y la visión física en el campo electromagnético, lo que lleva de medida dentro del contenido de la unidad curricular de teoría electromagnética.

El electromagnetismo clásico, se concluyó de forma definitiva con la formulación de un conjunto de ecuaciones diferenciales que llevan el nombre de ecuaciones de Maxwell en honor de James Clerk Maxwell (1831-1879). Describen la dependencia espaciotemporal del campo electromagnético. Son una magnífica aproximación fenomenológica a los fenómenos electromagnéticos clásicos.

De esta manera, para el gradiente en el contexto para un campo escalar dado, el gradiente es un campo vectorial que apunta en la dirección de la mayor tasa de cambio del campo escalar. La magnitud del gradiente indica la rapidez de ese cambio. Cabe destacar la relación, en la cual si tienes un potencial escalar ' ϕ ', su gradiente, $\nabla\phi$, será un campo vectorial que representa la fuerza o la tasa de cambio del potencial en cada punto. Este campo vectorial se considera el campo de fuerzas asociado al potencial escalar. En resumen, para encontrar el vector de campo asociado a un potencial escalar, se calcula el gradiente de ese potencial escalar.

Cabe mencionar como ejemplo en física, el campo gravitatorio se puede obtener como el gradiente negativo del potencial gravitatorio. En electrostática, el campo eléctrico se puede obtener como el gradiente negativo del potencial eléctrico, el cual tiene su movimiento en cada región de coordenadas.

Formalmente:

Si $\phi(x, y, z)$ es un campo escalar, entonces su gradiente, $\nabla\phi$, se define como: $\nabla\phi = (\partial\phi/\partial x, \partial\phi/\partial y, \partial\phi/\partial z)$

Donde: $\partial\phi/\partial x$, $\partial\phi/\partial y$, y $\partial\phi/\partial z$ son las derivadas parciales de ϕ con respecto a x , y , z , respectivamente.

La ecuación de onda no homogénea para el potencial escalar, que describe la propagación de ondas en presencia de fuentes, se obtiene modificando la ecuación de onda homogénea con un término fuente. Este término fuente representa la contribución de las cargas y corrientes eléctricas al potencial. La ecuación resultante es una ecuación de onda con un término no homogéneo, de ahí su nombre.

Esto implica, como se deriva la ecuación de onda homogénea: La ecuación de onda homogénea para el potencial escalar (ϕ) en el vacío, que describe la propagación de ondas electromagnéticas en ausencia de fuentes, es:

$$\nabla^2 = \nabla^2 - (1/c^2) \partial^2/\partial t^2$$

Donde c es la velocidad de la luz y ∇^2 es el operador d'Alembert es la generalización del operador laplaciano a un espacio de Minkowski, y las ecuaciones de Maxwell: Las ecuaciones de Maxwell, en términos del potencial escalar (ϕ) y el potencial vectorial (A), son:

$$\nabla^2 \phi + (1/c) \partial(\nabla \cdot A) / \partial t = -\rho/\epsilon_0$$

$$\nabla^2 A - (1/c^2) \partial^2 A / \partial t^2 - \nabla(\nabla \cdot A + (1/c) \partial \phi / \partial t) = -\mu_0 J$$

Donde ρ es la densidad de carga y J es la densidad de corriente. Desde este enfoque se utiliza el calibre de Lorenz: Para simplificar las ecuaciones anteriores, se introduce la condición de calibre de Lorenz:

$$\nabla \cdot A + (1/c) \partial \phi / \partial t = 0$$

Esta condición permite separar las ecuaciones y obtener ecuaciones individuales para ϕ y A . La ecuación de onda no homogénea para ϕ , sustituyendo la condición de calibre en la primera ecuación de Maxwell, se obtiene la ecuación de onda no homogénea para el potencial escalar:

$$\nabla^2 \phi = -\rho/\epsilon_0$$

Cabe destacar, que esta ecuación describe cómo el potencial escalar ϕ cambia en el espacio y el tiempo debido a la presencia de una densidad de carga ρ . En la cual la ecuación de onda no homogénea para A : De manera similar, se puede obtener la ecuación de onda no homogénea para el potencial vectorial A :

$$\nabla^2 A = -\mu_0 J$$

Esta ecuación representa, cómo el potencial vectorial A cambia en el espacio y el tiempo debido a la presencia de una densidad de corriente J . En esto se resume como la ecuación de onda no homogénea para el potencial escalar se obtiene al incorporar la densidad de carga en la ecuación de onda homogénea, utilizando la condición de calibre de Lorenz para simplificar las ecuaciones de Maxwell.

De tal forma, el término $-\rho/\epsilon_0$ representa la fuente que causa la no homogeneidad de la ecuación de onda, y su solución describe la propagación de ondas electromagnéticas en presencia de cargas eléctricas.

$$\text{Condición de Lorenz } \nabla \cdot E = (1/c^2) \partial E / \partial t \quad \text{o} \quad \nabla^2 E = (1/c^2) \partial^2 E / \partial t^2.$$

Desarrollo

Ecuaciones de Maxwell y Condición de Lorenz

Se plantea el vector laplaciano $\nabla^2 E = \nabla \nabla E - \nabla \times \nabla \times E$, para iniciar de esta forma la ecuación de una onda electromagnética en el vacío $\nabla^2 E = 1/c^2 \partial^2 E / \partial t^2$, cabe destacar los criterios de unificación de igualdad del laplaciano y el análisis como se presenta en la siguiente ecuación.

$$\text{Laplaciano} = \text{Escalar} - \text{Vectorial} = \text{Condición de calibre de Lorenz}$$

Planteando esta ecuación de onda

$$\nabla^2 E = \nabla \nabla E - \nabla \times \nabla \times E = (1/c^2) \partial^2 E / \partial t^2$$

De tal manera, partiendo del vector laplaciano con el análisis estratégico como encontrar la ecuación de la onda no homogénea para el potencial escalar y para el potencial vectorial, se trazan estas directrices de aplicaciones de las ecuaciones de Maxwell con las leyes de los campos electromagnéticos como lo hace referente en el libro de teoría electromagnética de Hayt y Buck (2012).

Se hace el análisis referente a la parte en el rotacional del rotacional del campo eléctrico, establece que es parte vectorial, en la cual presenta una onda transversal y la divergencia del campo eléctrico es cero $\nabla \cdot E = 0$. Ahora se plantea las ecuaciones de Maxwell de la ley de Ampere y la ley de Faraday para campos variantes en el tiempo de forma diferencial ¿por qué razón? Para deducir el planteamiento $-\nabla \times \nabla \times E = 1/c^2 \partial^2 E / \partial t^2$ como es:

$$\nabla \times E = -\partial B / \partial t \rightarrow \text{Ley de Faraday de forma diferencial} \quad \text{ecuación 1}$$

Esta ley de Faraday muestra un campo magnético variante con el tiempo produce un campo eléctrico, en el cual tiene propiedad espacial de la circulación.

$$\nabla \times H = J + \partial D / \partial t \rightarrow \text{Ley de Ampere de forma diferencial} \quad \text{ecuación 2}$$

Ahora el término $\partial D / \partial t$, tiene dimensiones de densidad de corriente, como resulta de una densidad de flujo eléctrico variante con el tiempo, según Hayt y Buck (2012) describe que Maxwell lo nombro una densidad de corriente de desplazamiento. Esto implica mediante el operador de Laplace, la conocida ecuación de onda, según las reglas del análisis vectorial, puede descomponerse en dos partes: la vectorial ($\nabla \times \nabla \times E$), que resulta de las ecuaciones de Maxwell, y la escalar $\nabla (\nabla \cdot E)$; Cabe destacar que $\nabla \times \nabla \times E$, en la cual se hace el análisis para la onda transversal.

$$\nabla \times H = J + \partial D / \partial t \quad \text{ecuación 3}$$

En la cual, tenemos una densidad de corriente $J = 0$, ya que está en un medio no conductor en el que no está presente una densidad de carga volumétrica. Ahora la analogía entre vectores de intensidad E y H y los vectores de densidad de flujo, $D = \epsilon E$, sustituyendo en la ley de Ampere, nos queda:

$$\nabla \times H = J + \partial D / \partial t \quad J=0, D = \epsilon_0 E \rightarrow \nabla \times H = \partial \epsilon_0 E / \partial t \quad \text{ecuación 4}$$

$\nabla \times E = - \partial B / \partial t$, utilizar la densidad de flujo magnético del espacio libre $B = \mu_0 H$, queda de esta forma:

$\nabla \times E = - \partial \mu_0 H / \partial t \rightarrow \nabla \times E = - \mu_0 \partial H / \partial t$, De tal forma multiplicar por el ∇ , se realizó

$$\nabla \times \nabla \times E = - \mu_0 \nabla \times \partial H / \partial t \quad \text{ecuación 5}$$

Sustituir la ecuación 4 en la ecuación 5

$\nabla \times \nabla \times E = - \mu_0 \partial (\partial \epsilon_0 E / \partial t) / \partial t \rightarrow \nabla \times \nabla \times E = - \mu_0 \epsilon_0 \partial^2 E / \partial t^2$, multiplicamos por (-1) toda la ecuación.

$-\nabla \times \nabla \times E = \mu_0 \epsilon_0 \partial^2 E / \partial t^2 \rightarrow \mu_0 \epsilon_0 = 1/c^2$, viaja a la velocidad de la luz

Derivación para el Potencial Vectorial "A"

El campo eléctrico E varia con el tiempo y viaja en el vacío a la velocidad de la luz. Si $\nabla \times E = 0$, entonces tenemos una onda longitudinal. Según Zohuri (2019), "las aplicaciones de energía impulsada por ondas escalares plantean que si " $\nabla \times E = 0 \rightarrow$ tenemos una onda longitudinal" (p.484).

$$-\nabla \times \nabla \times E = (1/c^2) \cdot \partial^2 E / \partial t^2$$

Reorganizando las ideas, se utiliza la identidad vectorial

$$\nabla \times (\nabla \times V) = \nabla (\nabla \cdot V) - \nabla^2 V$$

Se utilizan para los potenciales las ecuaciones de Maxwell en su forma diferencial y en el vacío.

La ley de Gauss $\nabla \cdot E = \rho / \epsilon_0$

La ley de Gauss para el magnetismo $\nabla \cdot B = 0$

La ley de Faraday $\nabla \times E = - \partial B / \partial t$

La ley de Ampere – Maxwell $\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \partial E / \partial t$

El campo magnético B , se puede expresar como el rotacional de un potencial vectorial A , porque la divergencia de un rotacional siempre es cero, lo cual satisface la segunda ecuación de Maxwell. Entonces de acuerdo con el teorema de Helmholtz de la descomposición, según Arfken et al. (1995, 2005) que afirma que cualquier campo vectorial A , puede ser descompuesto en la suma de una componente irrotacional cuyo rotor debe ser cero.

$B = \nabla \times A$, ecuación a

Ahora sustituir en la ley de Faraday

$$\nabla \times E = - \partial (\nabla \times A) / \partial t = \nabla \times (\partial A / \partial t) \rightarrow \nabla \times (E + \partial A / \partial t) = 0$$

Dado que el rotacional de una cantidad es cero, esta cantidad debe ser el gradiente de una función escalar, que se designa como $-\phi$. Según Cheng (1998) plantea que:

Para campos variables con el tiempo E depende tan de ϕ como de A; Es decir la intensidad de campo eléctrico puede ser el resultado de las acumulaciones de carga a través del término $-\nabla\phi$ y de campos magnéticos variables con el tiempo por medio del término $-\partial A/\partial t$. Puesto que B también depende de A, E y B están acoplados (p.251).

$$E + \partial A/\partial t = -\nabla\phi \rightarrow E = -\nabla\phi - \partial A/\partial t, \text{ ecuación b}$$

Según Resnick, Halliday et al. (2002) sostienen que, "La ley de Faraday aparece en esta forma como una de las cuatro ecuaciones básicas del electromagnetismo propuestas por Maxwell. En esa forma, evidentemente significa que un campo magnético variable produce un campo eléctrico" (p.784). En lo que respecta a la ley de Ampère-Maxwell de esta forma al sustituir las ecuaciones de a y b en la ley de Ampère-Maxwell nos queda:

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \partial E/\partial t \rightarrow \nabla \times \nabla \times A = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \partial/\partial t (\nabla\phi - \partial A/\partial t), \text{ ecuación c}$$

Se aplicó la identidad vectorial, a la ecuación c

$$\nabla \times (\nabla \times V) = \nabla (\nabla \cdot V) - \nabla^2 V \rightarrow \nabla (\nabla \cdot A) - \nabla^2 A = \mu_0 J - \mu_0 \epsilon_0 \nabla (\partial\phi/\partial t) - \mu_0 \epsilon_0 \partial^2 A/\partial t^2$$

Reordenando la ecuación y agrupando los términos del potencial

$$\nabla^2 A - \mu_0 \epsilon_0 \partial^2 A/\partial t^2 - \nabla (\nabla \cdot A) + \mu_0 \epsilon_0 \nabla (\partial\phi/\partial t) = -\mu_0 J \quad \text{Usando la relación } \mu_0 \epsilon_0 = 1/c^2$$

$$\nabla^2 A - 1/c^2 \partial^2 A/\partial t^2 - \nabla (\nabla \cdot A + 1/c^2 \partial\phi/\partial t) = -\mu_0 J$$

La ecuación anterior acopla los potenciales A y ϕ , ahora tenemos una libertad de elegir una condición de acoplamiento entre A y ϕ para simplificar la ecuación tomamos la elección del calibre de Lorenz, es útil porque desacopla la ecuación de onda para ambos potenciales.

$$\nabla \cdot A + (1/c) \partial A/\partial t = 0$$

Al sustituir la condición del calibre de Lorenz

$$\nabla^2 A - 1/c^2 \partial^2 A/\partial t^2 - \nabla (\nabla \cdot A + 1/c^2 \partial\phi/\partial t) = -\mu_0 J$$

$$\nabla^2 A - 1/c^2 \partial^2 A/\partial t^2 - \nabla (0) = -\mu_0 J$$

$$\nabla^2 A - (1/c^2) \partial^2 A/\partial t^2 = -\mu_0 J$$

Esta es la ecuación de onda no homogénea para el potencial vectorial A, $-\mu_0 J$ es el termino fuente que hace que la ecuación sea no homogénea y representan las corrientes eléctricas que actúan como fuentes de ondas.

Derivación para el Potencial Escalar " ϕ "

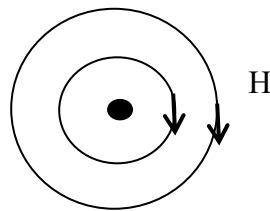
$$\nabla^2 E = \nabla \nabla E = 1/c^2 \partial^2 E/\partial t^2$$

La trayectoria es cerrada y se va reduciendo a cero y el rotacional queda definido en un punto $\nabla \times E$, pero el campo magnético, no es cero y la divergencia del campo eléctrico es diferente de cero $\nabla \cdot E \neq 0$

es una onda escalar, El $\nabla \times E=0$, de acuerdo con el planteamiento Meyl (2001) en la teoría y experimentos de ondas escalares en el modelo de vórtice. Sin embargo, el experimento de Nikola Tesla muestra más.

El físico matemático James Clerk Maxwell, en sus ecuaciones matemáticas originales sobre electromagnetismo, estableció la existencia teórica de las ondas escalares. Dichas ondas longitudinales existen obviamente incluso sin plasma en el aire e incluso en el vacío. Según Zohuri (2019), plantea la posibilidad de desarrollar un medio para establecer comunicación a través de un medio no homogéneo se presenta muy prometedora mediante el uso de la teoría electrodinámica más completa. “Esta teoría revela que la onda escalar longitudinal, es creada por una corriente impulsada por un gradiente” (p.458).

Figura 1



Nota. Elaboración propia.

Según Zohuri (2019), las aplicaciones de energía impulsada por ondas escalares plantean que si “ $\nabla \cdot E = 0 \rightarrow$ tenemos una onda transversal” (p.484). Cabe destacar que estas teorías alternativas de (Tesla, Meyl, Zohuri) se presentan como hipótesis experimentales, las cuales plantean las ondas de plasma de electrones longitudinales.

$$\nabla (\nabla \cdot E) = \nabla \cdot \nabla E \rightarrow E = -\nabla\phi$$

$$\nabla \cdot \nabla E = 1/c^2 \partial^2 E / \partial t^2 \rightarrow \nabla \cdot \nabla E = 1/c^2 \partial^2 (-\nabla\phi) / \partial t^2$$

$$\nabla \cdot \nabla E = -\nabla \cdot 1/c^2 \partial^2 \phi / \partial t^2 \rightarrow E = -\nabla\phi \quad \text{ecuación 6}$$

$$\nabla \cdot E = -\nabla \nabla \phi$$

En el cual ϕ es el potencial eléctrico y c la velocidad de luz, así mismo ρ es la densidad de carga y de esta manera al introducir fuentes como la densidad de carga ρ y la densidad de corriente $J=0$. Aplicar la primera ley de Maxwell $\rightarrow \text{div } D = \rho \rightarrow \nabla D = \rho$, **no existe dependencia temporal** $\rightarrow D = \epsilon \cdot E$; Sustituir la densidad de flujo de carga, ya que es una fuente o suministro de la línea de flujo eléctrico $\nabla \cdot E = \rho / \epsilon$, y de esta forma llegar a la ley de Gauss $\nabla \cdot E = \rho / \epsilon$.

Sustituir la ecuación 6, en la ley de Gauss

$$E = -\nabla\phi \rightarrow \nabla \cdot E = \rho / \epsilon \rightarrow \nabla \cdot (-\nabla\phi) = \rho / \epsilon$$

$$\nabla^2 \varphi_a = -\rho / \epsilon, \quad \text{densidad de carga eléctrica momento dipolar ecuación 7}$$

$$\nabla \cdot \nabla \cdot E = -\nabla^2 1/c^2 \partial^2 \varphi / \partial t^2$$

$$\nabla \cdot \nabla \cdot E = -\nabla \cdot 1/c^2 \partial^2 \varphi / \partial t^2 \rightarrow \text{multiplicar toda la ecuación por } (1/\nabla)$$

$$\nabla \cdot E = -1/c^2 \partial^2 \varphi / \partial t^2 \rightarrow \text{div } E = -\nabla \cdot \nabla \varphi = \nabla \cdot E = \nabla \cdot (-\nabla \varphi) \rightarrow \nabla \cdot E = -\nabla \cdot \nabla \varphi$$

$$\nabla \cdot \nabla \varphi = 1/c^2 \partial^2 \varphi / \partial t^2 \rightarrow \nabla^2 \varphi_b = 1/c^2 \partial^2 \varphi / \partial t^2, \text{ ecuación 8}$$

$$\Delta \cdot E = \nabla^2 \cdot E \rightarrow \Delta \cdot \varphi = \nabla^2 \cdot \varphi, \text{ ecuación 9 entonces nos queda}$$

$$\Delta \cdot \varphi = \nabla^2 \cdot \varphi_a + \nabla^2 \cdot \varphi_b, \text{ ecuación 10}$$

Sustituir la ecuación 7 y 8 en la ecuación 10

$$\Delta \cdot \varphi = \nabla^2 \cdot \varphi_a + \nabla^2 \cdot \varphi_b = 1/c^2 \partial^2 \varphi / \partial t^2 - \rho / \epsilon \rightarrow \nabla^2 \cdot \varphi = 1/c^2 \partial^2 \varphi / \partial t^2 - \rho / \epsilon$$

$$\nabla^2 \cdot \varphi = (1/c^2) \partial^2 \varphi / \partial t^2 - \rho / \epsilon$$

Esta ecuación de onda no homogénea, para el potencial escalar es un análisis de cómo se propaga por el espacio en el vacío la onda llevando la energía desde el enfoque escalar, este desarrollo no solo recoge el aporte matemático y físico dentro de la unidad curricular de teoría electromagnética, así mismo aporta a la relación investigativa de la transmisión de energía eléctrica inalámbrica.

El desarrollo y la aplicación de las leyes físicas como la ley Faraday, la ley de Ampere y la ley de Gauss en el campo electromagnético, es precisamente relevante su análisis de propagación en el vacío, como la onda se propaga y lleva la energía en el espacio libre, proporciona una gran magnitud de proyectar intencionalmente investigaciones en la praxis académica de la unidad curricular teoría electromagnética.

Según Zohuri (2019), las aplicaciones de energía impulsada por ondas escalares plantean:

Si derivamos el vector de campo a partir de un potencial escalar φ , este enfoque conduce inmediatamente a una ecuación de onda no homogénea, denominada onda de plasma. Se conocen soluciones, como las ondas de plasma de electrones, que son oscilaciones longitudinales de la densidad electrónica: ondas de Langmuir (p.484).

Teniendo presente los análisis anteriores, se puede construir la tabla I, donde se establece una relación de dualidad o transformación entre algunos conceptos de la onda no homogénea del potencial escalar y la onda no homogénea del potencial vectorial que corresponde a la parte central de este trabajo y que es lo que se pretende relacionar.

Según Meyl (2001) plantea en su teoría que las ecuaciones de Maxwell se pueden derivar como un caso especial donde la ley de Gauss para el magnetismo no es igual a cero. Esto significa que las cargas magnéticas sí existen. La física clásica no reconoce partículas de energía, es decir vórtices potenciales. De tal forma uno de los experimentos de Nikola Tesla, que demuestra la existencia de ondas escalares. Las ondas escalares son simplemente vórtices de energía en forma de partículas.

Resultados

Obteniendo el presente análisis anterior, se logra construir la tabla I, en la cual se establece el análisis comparativo de algunos conceptos y análisis matemáticos de la teoría electromagnética para la onda no homogénea del potencial escalar y vectorial que corresponde a la parte central de este trabajo y lo que se pretende es relacionar.

Tabla 1

| La Onda no Homogénea del Potencial Escalar | La Onda no Homogénea del Potencial Vectorial |
|--|--|
| Contribuye al campo E | Contribuye al campo E y B |
| No existe densidad de corriente $J=0$ | No hay densidad de carga eléctrica |
| Permitividad eléctrica del vacío ϵ | Permeabilidad magnética en el vacío μ |
| Existe densidad de carga eléctrica ρ | Existe densidad de corriente J |
| $\nabla \cdot E \neq 0, \nabla \times E=0$ para onda longitudinal | $\nabla \cdot E = 0$, onda transversal |
| campo magnético H no es cero | |
| Condición de Lorentz | Condición de Lorentz |
| Vector laplaciano | Vector laplaciano |
| Las 4 ecuaciones de Maxwell, en su forma diferencial y en el vacío | Las 4 ecuaciones de Maxwell, en su forma diferencial y en el vacío |
| Relación con el campo vectorial: su gradiente negativo da un campo vectorial | Relación con el campo vectorial: su rotación da un campo vectorial |
| Relación con el campo: $E = -\nabla\phi - \partial A/\partial t$ | Relación con el campo: $B = \nabla \times A$ |

Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

Se concluye que los campos electromagnéticos, en la cual se analiza teóricamente la extensión de la teoría de campos de Maxwell a los vórtices del campo eléctrico. Estos denominados vórtices potenciales son capaces de formar estructuras y propagarse en el espacio debido a su biósfera corpuscular, similar a una onda de choque longitudinal. El concepto del modelo, se basa en el modelo de vórtice anular de

Hermann Von Helmholtz, de esta manera contrastar con la teoría electromagnética en un análisis de investigación de praxis académica.

En conclusión, se realizó el análisis demostrativo y la explicación teórica como base fundamental de la praxis académica de la unidad curricular teoría electromagnética con el fin de aplicar las ecuaciones Maxwell con las leyes de Ampere, Gauss y Faraday, explicando una visión de la física y un desarrollo matemático en la carrera de ingeniería eléctrica; De tal forma se plantearon las ecuaciones de onda no homogénea para el potencial escalar y el potencial vectorial con el fin de cómo explicar el desplazamiento de la energía en el espacio libre.

Se concluye el análisis comparativo, con la relación aplicada en la condición de Lorentz, el vector laplaciano, las cuatro ecuaciones Maxwell, la cual presenta la rotación de un campo vectorial y un gradiente negativo en la construcción del campo E; De esta manera se encontró la solución de la ecuación de onda no homogénea para el potencial escalar y vectorial.

A pesar de las dificultades del desarrollo de aplicación de la praxis en la teoría de campos, todo físico buscará inicialmente una explicación convencional. Se intentó como ingeniero en electrónica de forma práctica con interpretación mediante circuitos resonantes en la transmisión de energía eléctrica inalámbrica en transmitir en zona cercana 20 centímetros del transmisor al receptor se logró con éxito tal experimento.

Referencias

- Arfken, G. & Weber, H. (1995). *Mathematical Methods for Physicists*, (4th. ed.). Academic Press: San Diego.
- Arfken, G. & Weber, H. (2005). *Mathematical Methods for Physicists*, International Edition (6th. ed.). Academic Press: San Diego.
- Cheng, D. (1998). *Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*. Addison-Wesley, Longman de México, S.A, de C.V.
- Halliday, D., Resnick, R. & Krane, K. (2002). *Physics*. John Wiley & Sons, New York.
- Hayt, W. y Buck, J. (2012). *Teoría Electromagnética*. (7ª. Ed.). Editorial. McGraw-Hill/interamericana editores, s.a. De C.V. México.
- Meyl, K. (2001). Scalar Waves: Theory and Experiments1. *Journal of Scientific Exploration*, 15(2), 199–205.
- Zohuri, B. (2019). *Capítulo retractado: Ondas escalares*. En: *Libro retractado: Aplicaciones de energía impulsada por ondas escalares*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91023-9_6

ESTOICISMO CUÁNTICO: UNA FUSIÓN ANTI-PARADIGMÁTICA *QUANTUM STOICISM: AN ANTI-PARADIGMATIC FUSION*

Rubén Bravo¹

 <https://orcid.org/0009-0005-5497-0779>

Recibido: 18-07-2024

Aceptado: 20-08-2024

Resumen

El estoicismo cuántico representa una unión antiparadigmática entre la física cuántica y la filosofía estoica, ya que fusiona dos visiones tradicionalmente disímiles: la ciencia empírica que describe la incertidumbre y la interconexión del universo, con la filosofía que enseña la serenidad interior y el dominio de las emociones. Mientras la física cuántica revela que la realidad está sujeta a la probabilidad, la observación y la energía, el estoicismo enseña que el ser humano solo puede controlar su mente y su actitud ante lo inevitable. Esta unión rompe paradigmas porque integra el conocimiento externo del cosmos con la sabiduría interna del alma, mostrando que comprender el universo y aceptarlo son dos aspectos de una misma conciencia.

Palabras clave: física cuántica; filosofía estoica; paradigma; principio de incertidumbre; realidad.

Abstract

Quantum Stoicism is an anti-paradigmatic union between quantum physics and Stoic philosophy, merging two seemingly opposite perspectives: the empirical science that explores uncertainty and interconnection in the universe, and the philosophy that teaches inner peace and emotional mastery. While quantum physics reveals that reality depends on probability, observation, and energy, Stoicism reminds us that we can only control our thoughts and reactions to what happens. This synthesis breaks paradigms by linking external cosmic knowledge with internal spiritual wisdom, suggesting that understanding the universe and accepting it are two sides of the same consciousness..

Keywords: quantum physics; Stoic philosophy; paradigm; uncertainty principle; reality.

Introducción

*“Donde hay orden, puede nacer el estancamiento,
donde hay caos, puede nacer la creatividad.”*

Carl Jung

*“La física cuántica nos enseña que la realidad es incierta y moldeable,
el estoicismo, que nuestro poder reside en nuestra reacción
ante esa incertidumbre.”*

Anónimo moderno

¹ Investigador independiente. Venezuela. Correo: rubenbravo1957@gmail.com

Unir sabiduría antigua y ciencia postmoderna...

Imagina que estas en la orilla de un río, el agua fluye tranquila, a veces más rápida, a veces más lenta, pero nunca se detiene. Tú no puedes controlar su curso, pero si puedes decidir como estas frente a él: te desgastas intentando frenarlo, o hallas paz al observar su fluir y comprender las lecciones que trae su movimiento. Vivir con calma y en sintonía con la realidad es como aceptar ese río, reconocer que la vida sigue su curso, que no todo depende ti, y que tu verdadera fuerza está en como eliges responder, tomando en cuenta que si eliges la serenidad y claridad tu camino se hace más fácil de recorrer.

En este artículo se abordará un novísimo concepto asociado a la filosofía estoica y la física cuántica, el cual resulta de esta unión “antiparadigmática”: El **estoicismo cuántico**, un concepto que tiene sus bases teóricas en estas dos cosmovisiones y viene a coadyuvar a comprender el porqué de nuestra realidad, como aprender a relativizarla para crecer como persona humana. Se espera, de este modo, contribuir con nuevas ideas en este maravilloso campo del empoderamiento personal y abrir un camino alternativo de exploración y descubrimiento para todo aquel que camine en la dirección de buscarle a la vida un sentido y un propósito. Para comenzar revisaremos los dos conceptos fundamentales que le darán el marco teórico a este texto: uno relacionado con la física cuántica y el otro con la filosofía estoica.

La física cuántica es la rama de la ciencia que estudia cómo funciona la naturaleza a escalas muy pequeñas, como lo son átomos, electrones, fotones y partículas infinitesimalmente pequeñas, que pueden o no tener carga. Nos dice que el universo, en lo más pequeño, funciona como un campo de posibilidades invisibles que construyen lo que vemos en lo grande (Martini, 2024). Su nacimiento se suele ubicar en 1900, cuando **Max Planck** (1858-1947) introdujo la idea de que la energía no se emite de manera continua, sino en “**cuantos**” (pequeños paquetes discretos de energía), por ello el nombre de física cuántica. Entre sus máximos exponentes se encuentran, entre otros, Albert Einstein, Werner Heisenberg y Erwin Schrödinger.

A diferencia de lo que vemos en el mundo cotidiano, en ese mundo microscópico las cosas no siguen reglas fijas. Así, por ejemplo, una partícula atómica o subatómica puede estar en dos lugares al mismo tiempo (superposición), no se puede saber con total precisión dónde está y qué velocidad tienen al mismo tiempo (principio de incertidumbre) y solo al **observarla** decidimos su estado (colapso de la función de onda). Estas ideas, que hasta el momento nos parecen “**extrañas**”, por decir lo menos, son de uso cotidiano entre la comunidad de físicos teóricos.

Asimismo, este nuevo concepto asociado a la física cuántica y sus derivados poco a poco van permeando la vida diaria, la narrativa y el discurso de la sociedad en general, tal y como se hizo con la “física clásica” de Newton. En virtud de ello, desde hace algún tiempo se viene evidenciando que,

tímidamente van impregnando el quehacer cotidiano, ya que por “necesidad” se han ido adoptando de una u otra forma en las distintas manifestaciones e instrumentos del quehacer diario de nuestras vidas, lo podemos evidenciar en, por ejemplo, los microondas, los resonadores magnéticos, la encriptación de información, el rayo láser, las distintas aplicaciones relacionadas con la inteligencia artificial, entre las muchas manifestaciones prácticas de esta nueva física. Así, en un futuro no muy lejano, en la mayoría de nuestras conversaciones cotidianas conceptos como “principio de incertidumbre”, “entrelazamiento cuántico”, por comentar algunos, muy pronto serán de uso regular.

Por otra parte, la teoría alternativa que le da otra dimensión referencial al presente texto está relacionado con la filosofía **estoica, la cual** es una filosofía antigua que nos enseña a vivir de acuerdo con la razón y la naturaleza, aceptando lo que no podemos controlar y concentrándonos en lo que sí depende de nosotros, entre los que tenemos, nuestros pensamientos, acciones y actitudes (Hadjioannou, 2023). La **filosofía estoica** nació en la antigua Grecia hacia el **siglo III a.C.**, fundada por **Zenón de Citio**.

Entre los autores principales de esta filosofía están: **Epicteto** (55–135 d.C.), Filósofo y esclavo romano, enseñó que solo debemos preocuparnos por lo que depende de nosotros. Su obra más conocida: *El Manual* (o *Enquiridión*), basada en sus enseñanzas orales. También se tiene a **Séneca** (4 a.C-65 d.C.), político y escritor romano, aplicó el estoicismo a la vida pública y personal, sus obras destacadas: *Cartas a Lucilio*, *De la brevedad de la vida*, y por **Marco Aurelio** (121–180 d.C.), Emperador romano y filósofo. Su diario personal, ***Meditaciones***, es uno de los textos más influyentes del estoicismo.

Pues bien, en un mundo donde la complejidad domina cada aspecto de nuestra existencia, el ser humano busca constantemente formas de comprender su lugar en el universo. Por tanto, esta fusión de saberes nos permite una integración **metafórica, conceptual y práctica** que puede ofrecer perspectivas profundas sobre la comprensión de la realidad, la mente y la vida humana. A partir de esta combinación se puede construir una ética del asombro y de la responsabilidad. Asombro por el misterio del universo, por su belleza cuántica, por el hecho de que cada átomo de nuestro cuerpo estuvo alguna vez en el corazón de una estrella y responsabilidad, porque, aunque no controlamos todo, sí podemos elegir cómo actuar, cómo tratar a los demás y qué actitud tener ante la vida.

En tiempos de crisis personales o colectivas, una visión así ofrece algo que ni la tecnología ni el consumismo pueden dar: **sentido**. Sentido no como una certeza absoluta, sino como una brújula interior. Vivir de acuerdo con esta brújula es vivir con serenidad en medio del caos, con humildad ante lo que no comprendemos, y con fortaleza para lo que nos exige valentía.

En definitiva, al buscar una visión de la vida orientada por el estoicismo y la cuántica, no se pretende respuestas absolutas, sino una forma más sabia de estar en el mundo. Una manera de caminar

en la incertidumbre, con los pies en la razón y los ojos en el misterio. En este sentido, el **estoicismo cuántico** aporta al crecimiento personal una visión integradora que combina la sabiduría antigua con los descubrimientos modernos de la ciencia (Merritt, 2025). Su valor está en mostrar cómo vivir con serenidad en medio de la incertidumbre, y a la vez reconocer nuestro poder de cocreación en la realidad.

Estoicismo Cuántico: Una fusión anti-paradigmática

"Una partícula puede estar en múltiples estados al mismo tiempo."

Principio de superposición, desarrollado por varios científicos, especialmente Erwin Schrödinger y Niels Bohr

"No nos afecta lo que nos sucede, sino lo que pensamos sobre lo que nos sucede."

Epicteto

La noción de estoicismo cuántico constituye un ejercicio de pensamiento transgresor. No se trata de una disciplina académica consolidada ni de un nuevo paradigma filosófico o científico, sino de una tentativa conceptual que confronta dos universos que, a primera vista, parecen irreconciliables, por un lado, la filosofía estoica, con su raíz en la racionalidad antigua, y por el otro, la física cuántica, emblema de la incertidumbre científica contemporánea. Precisamente en esa tensión se manifiesta lo que podemos denominar su carácter antiparadigmático, pues no busca instaurar un sistema unificado, sino abrir un espacio de reflexión donde el contraste mismo es fuente de sentido.

El estoicismo clásico afirmaba que el cosmos está regido por un logos racional, una ley universal que confiere orden y coherencia a todo cuanto existe. De esta premisa derivaba la ética del sabio, la cual consiste en aceptar con serenidad lo inevitable, cultivar la virtud como único bien verdadero y vivir en conformidad con la naturaleza. Se trataba, en esencia, de una filosofía del determinismo cósmico, donde el destino de cada acontecimiento estaba inscrito en la totalidad ordenada del universo.

En contraposición, la física cuántica desmantela toda certeza absoluta sobre el comportamiento de la realidad. Sus principios de superposición, incertidumbre y dualidad cuestionan la estabilidad del mundo que los clásicos imaginaban regido por leyes inmutables, netamente mecanicista (Preskill, 2023). La cuántica introduce una lógica donde lo posible se entrelaza con lo real y donde la observación humana no es pasiva, sino constitutiva del fenómeno. En este sentido, la física cuántica sustituye la noción de orden absoluto por la de probabilidad y contingencia.

El encuentro de estas dos cosmovisiones genera un choque conceptual profundo. El estoicismo se alimenta de la confianza en la razón cósmica; la cuántica, en cambio, expone un universo donde la ambigüedad y el azar son constitutivos. De ahí que el estoicismo cuántico sea una unión antiparadigmática, pues no pretende conciliar lo inconciliable, sino más bien sostener el diálogo imposible entre el determinismo filosófico y la indeterminación científica.

En este sentido, lejos de buscar una síntesis, el estoicismo cuántico asume la paradoja como método. Por un lado, la disciplina estoica invita al ser humano a aceptar el orden de lo real, con independencia de su comprensión. Por otro lado, la física cuántica muestra que lo real mismo carece de la fijeza que el estoico atribuía al cosmos. De esta contradicción surge una ética renovada, aceptar no solo lo inevitable, sino también lo incierto, ejercitando una serenidad que no depende de la estabilidad del mundo, sino de la disposición interior frente a lo incontrolable.

En este marco, el estoicismo cuántico se convierte en una noción de la incertidumbre virtuosa. El sabio ya no es quien descifra un orden preexistente, sino quien aprende a vivir con la multiplicidad de posibilidades, cultivando la templanza frente a lo que no se puede predecir. El antiparadigma se manifiesta aquí en su máxima expresión, la sabiduría no consiste en hallar un fundamento último, sino en habitar dignamente la ausencia de fundamento.

Asimismo, esta unión nos obliga a repensar la relación entre filosofía y ciencia. El estoicismo cuántico no subordina la filosofía a la física, ni convierte la física en mera metáfora de la ética. Se trata de una interferencia recíproca, donde la ciencia recuerda a la filosofía los límites de su confianza en el logos, y la filosofía advierte a la ciencia sobre la necesidad de dotar de sentido humano a la incertidumbre objetiva (Bauman, 2007).

En este sentido, podemos afirmar que el estoicismo cuántico es un espacio crítico de resistencia frente a la tentación de absolutizar cualquier paradigma, sea el racionalismo antiguo o el cientificismo postmoderno. Su carácter antiparadigmático consiste en mantener abierto el campo de lo posible, sin clausurarlo bajo la seguridad de un marco único de interpretación.

La fecundidad de esta unión reside en que transforma la incertidumbre en ocasión de virtud. Frente al caos aparente que revela la física cuántica, el espíritu estoico enseña a conservar la calma, la ecuanimidad y la firmeza de carácter. Y frente al riesgo de convertir la serenidad en resignación pasiva, la física cuántica recuerda que la realidad está siempre abierta, que cada decisión humana puede alterar el curso de lo posible.

Por tanto, en este acercamiento el estoicismo cuántico es una unión antiparadigmática porque no aspira a sustituir un paradigma por otro, sino a cuestionar el mismo concepto de paradigma. Es un

ejercicio de pensamiento que habita la paradoja y la convierte en oportunidad de crecimiento. Su valor no está en la coherencia sistemática, sino en la potencia crítica de reconocer que el ser humano vive entre el determinismo y la indeterminación, entre el logos y la probabilidad, entre la certeza y la duda. Y es precisamente allí, en ese intersticio, donde puede desplegarse una ética de serenidad lúcida frente a lo incontrolable.

En el ámbito del **crecimiento personal**, el estoicismo cuántico ofrece una herramienta poderosa para desarrollar autocontrol, resiliencia y comprensión profunda de la realidad. Al integrar la aceptación estoica con la incertidumbre cuántica, la persona aprende a convivir con la impermanencia sin perder equilibrio. La mente deja de resistirse al cambio y comienza a fluir con él, reconociendo que la incertidumbre no es enemiga del bienestar, sino su condición natural. De este modo, el individuo transforma la ansiedad en curiosidad, y la frustración en aprendizaje.

Además, esta fusión invita a un despertar de la conciencia. Comprender que el observador participa en la construcción de su realidad lleva al ser humano a asumir responsabilidad sobre sus pensamientos y emociones (Wallace, 2024). Ya no se trata solo de aceptar el destino con calma, como enseñaban los estoicos, sino de participar activamente en la creación de una vida más coherente, ética y consciente. La serenidad no surge de la pasividad, sino del equilibrio entre la acción intencional y la aceptación sabia.

Por lo tanto, el **estoicismo cuántico** representa una revolución silenciosa del pensamiento contemporáneo. Su valor radica en unir lo que parecía inconciliable, entre la ciencia del todo y la filosofía del alma. Al hacerlo, ofrece una vía de crecimiento personal basada en la comprensión de que somos observadores y creadores de nuestra experiencia, y que el verdadero poder no está en dominar el universo, sino en aprender a fluir con él con mente clara y corazón sereno.

Ahora bien, desde una perspectiva académica, el **Estoicismo Cuántico** puede entenderse como una **fusión antiparadigmática** que rompe los límites tradicionales entre las ciencias empíricas y las humanidades filosóficas. Esta integración propone una nueva forma de pensamiento que supera las divisiones entre razón y contemplación, entre lo medible y lo vivencial. En lugar de concebir la física cuántica como un campo exclusivo de las matemáticas o de la observación experimental, y el estoicismo como un ejercicio moral o espiritual, esta síntesis plantea un espacio interdisciplinario donde ambas corrientes dialogan sobre la naturaleza de la realidad y el papel del ser humano en ella.

Desde el punto de vista del **crecimiento personal**, el Estoicismo Cuántico ofrece una pedagogía del equilibrio. Nos enseña que la vida, como el universo cuántico, no es completamente predecible; sin embargo, dentro de esa incertidumbre podemos encontrar libertad. Aprender a observar, aceptar y

actuar con serenidad (sin pretender controlar lo incontrolable) se convierte en una práctica de madurez emocional e intelectual. Así, la incertidumbre deja de ser una amenaza y se transforma en un espacio de posibilidad y autodescubrimiento.

Por tanto, esta fusión promueve un modelo integrador de conocimiento que trasciende los dualismos clásicos. Su valor no radica en reemplazar teorías previas, sino en proponer una visión transdisciplinaria que invite al diálogo entre ciencia y filosofía. Tal integración es especialmente relevante en el contexto contemporáneo, donde la fragmentación del saber dificulta la comprensión del ser humano como totalidad.

Por último, el **Estoicismo Cuántico**, al unir la lógica de la física moderna con la ética del pensamiento antiguo, se convierte en una vía para el **crecimiento personal y la expansión de la conciencia**. Demuestra que el verdadero avance humano no consiste en elegir entre ciencia o filosofía, sino en reconocer que ambas son expresiones complementarias del mismo impulso: comprender el universo y, al mismo tiempo, comprendernos a nosotros mismos.

Referencias

- Bauman, Z. (2007). *Liquid times: Living in an age of uncertainty*. Polity Press.
- Hadjioannou, C. (2023). At home in the world: Two western Models of Mindfulness. *Journal of Applied Philosophy*, 0(0).
- Merritt, M. (2025). *Kant and Stoic*. Cambridge University Press.
- Preskill, J. (2018). Quantum computing in the NISQ era and beyond. *A review quantum*. 7(1213), 100120.
<https://10.22331/q-2023-07-10-1213>
- Wallace, D. (2024). Quantum systems other than the universe. arXiv: 2406.13058.
<https://arxiv.org/abs/2406.13058>.

EL LITIO: DEL SUBSUELO A LA BATERÍA

THE LITHIUM: FROM THE UNDERGROUND TO THE BATTERY

Liliana Inés Soto Petit¹

 <https://orcid.org/0009-0007-8105-1190>

Alessandra Valentina Lievano Avendaño²

 <https://orcid.org/0009-0006-8522-4311>

Recibido: 15-10-2025

Aceptado: 25-11-2025

Resumen

Esta investigación se realizó con el objetivo de proporcionar una comprensión detallada sobre los procesos de extracción y procesamiento del litio, destacando su importancia en la industria moderna, especialmente en la fabricación de baterías. El litio es un elemento químico fundamental en la transición energética, este se extrae principalmente de depósitos subterráneos de salmuera y minerales como la espodumena. Su extracción implica procesos específicos de perforación y evaporación en salmueras, y de minería y procesamiento químico en minerales. El litio es crucial en la fabricación de baterías de iones de litio, así como también es indispensable en dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos. La selección adecuada del litio y su procesamiento eficiente son esenciales para satisfacer la creciente demanda global. Además, se hace mucho énfasis en la relevancia del control de calidad del litio para así poder garantizar su pureza, rendimiento y seguridad en todas y cada una de sus aplicaciones, abordando todas las técnicas y etapas involucradas en estos procesos, con la finalidad de que se pueda proporcionar un producto de alta calidad.

Palabras clave: Litio, proceso., extracción., calidad., batería.

Abstract

This research was conducted to provide a detailed understanding of lithium extraction and processing, highlighting its importance in modern industry, especially in battery manufacturing. Lithium is a fundamental chemical element in the energy transition, primarily extracted from underground brine deposits and minerals such as spodumene. Its extraction involves specific drilling and evaporation processes in brines, as well as mining and chemical processing of minerals. Lithium is crucial in the manufacture of lithium-ion batteries and is also indispensable in electronic devices and electric vehicles. Proper lithium selection and efficient processing are essential to meet growing global demand. Furthermore, significant emphasis is placed on the importance of lithium quality control to ensure its purity, performance, and safety in all applications. This research addresses all the techniques and stages involved in these processes to provide a comprehensive overview.

Keywords: Lithium., process., extraction., quality., battery.

¹ Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: y-30025977@micorreo.uny.edu.ve

² Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: y-30025977@micorreo.uny.edu.ve

Introducción

El litio es conocido por ser uno de los primeros elementos formados en el universo, junto con el hidrógeno y el helio.

Se caracteriza por ser un elemento alcalino y su notable capacidad para almacenar energía.

En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente en aire o agua. Es el elemento sólido más ligero (0,53 gr/ml), posee alta conductividad térmica, baja viscosidad y el calor específico más alto entre los elementos alcalinos. Se emplea especialmente en aleaciones conductoras del calor y en baterías eléctricas por su capacidad de acumular altas densidades de carga en un espacio pequeño; (Díaz, et al. 2009, p.1).

El litio, es un elemento químico ligero y altamente reactivo, siendo actualmente el componente esencial en diversas tecnologías modernas, incluyendo baterías recargables, electrónica portátil y aplicaciones médicas. Su demanda ha aumentado exponencialmente en los últimos años, impulsada por la creciente adopción de vehículos eléctricos y la transición hacia fuentes de energía renovables. No obstante, lo que más destaca del litio es su capacidad para almacenar energía, permitiendo acumular altas densidades de carga en un espacio pequeño.

“Este metal fue descubierto por el químico sueco Johan August Arfwedson en 1817”. Pero, no fue hasta 110 años más tarde cuando se empezó a sintetizar a escala industrial. Según Buendía-Valverde, et al. (2024), fue la compañía japonesa Sony en 1990 la que provocó un notable aumento en el valor del litio. Sony lanzó al mercado la primera batería recargable de iones de litio, marcando un hito en la industria y abriendo un nuevo horizonte para el uso del litio. Desde entonces, el principal uso de este mineral se encuentra en la manufactura de baterías de litio, substituyendo al níquel.

Si bien el litio es moderadamente abundante, especialmente en zonas volcánicas, esto no implica que sea un recurso inagotable. La creciente demanda del litio está llevando a estimar que las reservas actuales de litio podrían durar unos 365 años. La mayor parte de estas reservas se encuentran mayoritariamente en Latinoamérica, sobre todo en países como Argentina, Chile y Bolivia. En Europa, España también alberga importantes depósitos de litio en muchas de sus antiguas minas, representando entre el 3% y el 5% de la oferta mundial. Para Viscaya (2023).

La gran demanda de litio se debe a que este mineral puede utilizarse en otras tecnologías limpias, como por ejemplo las turbinas eólicas, ya que existen materiales a base de litio usados en la creación de lubricantes y grasas para estos equipos. Asimismo, considerando que el mundo industrial apunta hacia un futuro sostenible con la transición energética y las tecnologías limpias, el litio, gracias a su versatilidad de uso, se convierte en una base esencial para el óptimo desarrollo de estos conceptos que buscan garantizar

un mejor futuro. Adicionalmente, este autor propone que se usen métodos de extracción que no sean tan invasivos y dañinos, ya que la mayoría de los métodos tradicionales producen consecuencias como: agotamiento de recursos hídricos, salinización de suelos y humedales, contaminación del suelo por sustancias y residuos.

Sin embargo, a pesar de su abundancia moderada, es importante tener en cuenta que la extracción del litio a menudo se vuelve complicada debido a su tendencia a formar compuestos con otros minerales. Por lo tanto, aunque es un recurso valioso, los desafíos que presenta su extracción nos recuerdan la importancia de seguir investigando y desarrollando tecnologías sostenibles para aprovechar este metal de manera responsable.

Discusión teórica

La minería de litio es un conjunto de procesos químicos que tienen por objetivo aislar el litio de fuentes naturales para convertirlo en una forma comercializable, comúnmente en un compuesto estable como el carbonato de litio. La minería de litio implica la extracción de minerales o salmueras ricas en litio, generalmente de depósitos subterráneos (Vizcaya, 2023). El litio se obtiene principalmente de dos fuentes: los depósitos subterráneos de salmuera y los minerales de roca como la espodumena (mineral silicato de litio y aluminio). Cada método presenta sus propios desafíos y ventajas. Entre los procesos de extracción más comunes tenemos:

Los depósitos subterráneos de salmuera, el cual es un proceso predominante de extracción comercial de litio, que se realiza a través de salmueras, especialmente en el Triángulo del Litio, una zona geográfica ubicada en las fronteras de Bolivia, Argentina y Chile, así como también en China. Es un método que implica perforar el suelo para acceder a depósitos de agua salada subterráneos. El agua salada se bombea a la superficie y se dirige a estanques de evaporación.

A medida que el agua se evapora, la concentración de litio en la salmuera aumenta, una vez alcanzada la concentración óptima de litio, se transfiere la salmuera a una instalación de recuperación de litio mediante bombeo para llevar a cabo el proceso de extracción del metal y permitiendo su posterior procesamiento para extraer el litio en forma de carbonato de litio. Es importante señalar que, si bien este método es más eficiente en términos de costo y energía comparado con la extracción de minerales de roca, produce un mayor impacto negativo en el medio ambiente pues requiere grandes cantidades de agua y afectando directamente al ecosistema local.

En el caso de las figuras, éstas incluyen las imágenes, gráficos e ilustraciones. Ejemplo:

Figura 1

Planta de obtención de litio en el Salar de Atacama, Chile



Nota. Tomado de Nova Ciencia (2023).

La extracción de litio a partir de minerales de roca, como la espodumena, representa una pequeña parte de la producción mundial ya que, aunque más de 100 minerales contienen litio, solo cinco se explotan activamente. El proceso de extraer litio de la espodumena es más complejo. Primero, el mineral se extrae, se calienta y se pulveriza. Luego, se trata con ácido sulfúrico para formar sulfato de litio. Aunque este método consume más recursos y energía, es necesario en regiones donde los depósitos de salmuera son escasos.

Sin embargo, es más costoso y tiene un mayor impacto ambiental. Para eliminar el magnesio presente en la espodumena, se utiliza cal, y se añade carbonato de sodio para obtener el carbonato de litio en la solución final filtrada. Es este sentido, se evidencia la prevalencia del factor económico por encima del evidente impacto que el proceso de extracción mediante perforación y bombeo de aguas subterráneas produce en el medio ambiente.

Figura 2

Minería de arcilla que contiene litio



Nota. Tomado de Carmeuse systems (2023).

Si bien el llamado triángulo del litio (Chile, Argentina y Bolivia), constituyen un gran proveedor de este mineral, la principal mina a nivel mundial se encuentra en Australia (Greenbushes), donde el mineral se extrae de la roca, se tritura y se procesa químicamente para producir concentrados de litio que se exportan, mayormente a China, para su posterior procesamiento. Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), la única producción de litio a escala comercial en ese país proviene de una operación de salmuera en Nevada.

Sin embargo, hay cada vez mayor presión para aumentar la producción de litio en los Estados Unidos y así garantizar los suministros de este metal esencial. La explotación de las minas o pozos subterráneos obedecen principalmente a la demanda mundial para la fabricación de diferentes productos tecnológicos, dejando de lado la importancia de dar tiempo a los suelos para su regeneración. Hay oportunidades para la extracción directa de litio, especialmente de salmueras geotérmicas del Mar de Salton, en California USA, y la llamada "agua producida" a partir del fracking de gas de lutita en Texas.

Existen empresas que se encuentran en la búsqueda activa para extraer litio de arcillas que lo contienen, especialmente en Nevada. Se están probando varios métodos distintos de producción, incluyendo filtrado de ácido tanto en ácido sulfúrico como clorhídrico. Otro método que se está desarrollando con la esperanza de que este pueda acelerar la producción de litio y reducir su huella ambiental, es el uso de procesos para extraer el metal de la salmuera a modo de "imán", lo que evitaría "una posible contaminación y un alto consumo de agua", según un estudio realizado en 2021 por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable del Departamento de Energía de Estados Unidos. Aunque es menos costoso, este método de extracción también es lento y sobre todo consume grandes cantidades de agua.

En este mismo sentido, luego que se realiza la extracción de litio, viene una nueva etapa: El procesamiento del litio; el cual es crucial y es esencial para convertir el material bruto en compuestos utilizables en diversas aplicaciones industriales, especialmente en la fabricación de baterías de iones de litio. Una vez realizado de forma exitosa el proceso de extracción del Litio, la solución acuosa obtenida se traslada a otra planta, de la que, tras la filtración y la adición de productos químicos, saldrá carbonato de litio y, en algunos casos, hidróxido.

Para que se puedan obtener los compuestos mencionados anteriormente se debe realizar un procesamiento que corresponda al método de extracción empleado. Entonces tenemos que, para el procesamiento de salmuera, después de la extracción; la salmuera es transferida a estanques de evaporación, a medida que el agua se evapora, aumenta la concentración de litio, y cuando se alcance la

concentración deseada, se utilizarán procesos químicos para precipitar el litio como carbonato de litio o hidróxido de litio.

Por otro lado, en el procesamiento de minerales de roca, el mineral extraído se tritura y muele hasta obtener un polvo fino, dicho polvo se calienta a altas temperaturas en un horno para convertir el mineral en una forma que pueda ser tratada químicamente, y ese mineral tratado se somete a lixiviación con ácido sulfúrico para extraer el litio en forma de sulfato de litio, y similar al procesamiento de salmuera, el sulfato de litio se convierte en carbonato de litio o hidróxido de litio mediante procesos químicos y se purifica para que así se logre obtener el producto final, el cual luego se someterá a un control de calidad.

Figura 3

Muestras de litio en laboratorio



Nota. Tomado de Lavanguardia (26 de octubre de 2022)

Por otro lado, un punto de gran importancia es la selección del litio, el cual es un proceso complejo que requiere una evaluación cuidadosa de diversos factores técnicos, económicos y ambientales. Algunos de esos factores son los tipos de compuesto que posea el litio, como el carbonato de litio, hidróxido de litio, cloruro de litio, entre otros. La elección del compuesto adecuado dependerá del proceso de extracción y del producto final deseado. Otra característica que se debe tomar en cuenta es la fuente de donde se obtiene el litio, ya que dependiendo tanto de la fuente como del proceso que se usa para extraer el litio se podrá determinar el costo de este mismo. Además, otro factor muy importante para la selección del litio será su nivel de pureza, el cual será el encargado de garantizar el rendimiento y la seguridad de las aplicaciones finales del litio.

Dentro de la extracción y procesamiento del litio se tiene en cuenta el control de calidad, siendo este un proceso riguroso de principio a fin. Su objetivo es garantizar que el litio cumpla con los estándares requeridos para su aplicación específica, ya sea en baterías, cerámicas y vidrio, lubricantes o en la

medicina. Para realizar un buen control de calidad se deben tomar en cuentas diversos aspectos, lo cuales servirán para garantizar que el material contenga un buen nivel de pureza y eficiencia. Algunos de estos aspectos se caracterizan por la realización de pruebas exhaustivas para determinar la composición química del litio, identificando y cuantificando las impurezas presentes.

De igual forma, se realizan ensayos, que tienen como propósito evaluar las propiedades físicas como la densidad, la granulometría y la solubilidad, para garantizar que el litio cumpla con las especificaciones requeridas. Una vez, se realicen los análisis y ensayos pertinentes, se procede a hacer pruebas específicas para evaluar el rendimiento del litio en la aplicación final, para luego saber si el elemento cuenta con todos los parámetros especificados y así poder obtener las certificaciones de calidad de terceros, donde se demuestra que el litio cumple con los más altos estándares de calidad tanto nacionales como internacionales, con las regulaciones ambientales y satisfaga las demandas de un mercado en constante evolución.

Para garantizar la calidad del litio en cada etapa del proceso, se utilizan diversas técnicas analíticas, como: Espectroscopia de emisión atómica (permite determinar la concentración de elementos presentes en el litio, incluyendo impurezas), espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (permite detectar elementos en concentraciones muy bajas), difracción de rayos X (proporciona información sobre la estructura cristalina del litio), análisis térmico (se encarga de evaluar el comportamiento del litio ante cambios de temperatura), microscopía electrónica de barrido (permite observar la superficie y la microestructura del litio), pruebas de porosidad (mide la cantidad de poros en el litio), y pruebas de densidad (determina la densidad del litio). Estas técnicas ayudaran a que el litio posea los estándares necesarios para que así se pueda utilizar en cualquier aplicación requerida.

En este mismo orden de ideas, es importante resaltar que la creciente demanda de baterías de litio, impulsada por la electromovilidad y la electrónica, ha puesto en el centro de atención los impactos ambientales asociados a la extracción de este metal. Aunque el litio es fundamental para una transición energética más limpia, su obtención conlleva una serie de desafíos y consecuencias para el medio ambiente. Entre estos tenemos el consumo masivo del agua, la extracción del litio en regiones áridas como el ya mencionado Triángulo del Litio, implica la evaporación de grandes cantidades de agua salada en estanques. Otra consecuencia importante es que la evaporación del agua salada concentra las sales en el suelo, lo que puede provocar la salinización de los suelos y las aguas subterránea, lo que afecta en gran magnitud la fertilidad de los suelos, la flora, la fauna, los ecosistemas frágiles y la calidad del agua. Además, la extracción de litio genera grandes cantidades de residuos sólidos, como yeso y otros compuestos químicos, y genera una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero.

Como se puede observar, existen tal vez más consecuencias que beneficios de la minería y extracción del litio, sin embargo existen procesos que sirven de mitigantes de estos impactos, hoy en día se siguen explorando diversas estrategias, pero entre las más usadas tenemos la implementación de tecnologías que reducen el consumo de agua y mejoran la eficiencia de los procesos de extracción, el desarrollo de tecnologías para tratar los residuos generados y minimizar su impacto ambiental, creación de programas de restauración de los ecosistemas afectados por la minería, uso de energías renovables para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la extracción y procesamiento del litio. Es importante destacar que la extracción de litio es un proceso complejo y que no existe una solución única para todos los desafíos ambientales. La búsqueda de soluciones sostenibles requiere una colaboración entre gobiernos, empresas, comunidades locales y científicos.

Reflexiones Finales

La minería de litio es un componente esencial en la transición hacia una economía basada en energías renovables, ha demostrado ser un elemento versátil y crucial en la industria tecnológica moderna. Los procesos de extracción y procesamiento del litio, junto con el control de calidad, son esenciales para asegurar su disponibilidad y rendimiento. El litio representa una oportunidad única para impulsar la transición energética y el desarrollo sostenible, es por esto que la demanda de este continúa aumentando, y se hace imperativo abordar los desafíos ambientales y de sostenibilidad asociados a su extracción y procesamiento de manera proactiva y colaborativa.

Sin embargo, detrás de cada tonelada de litio extraída, hay personas, comunidades y ecosistemas que merecen nuestra atención. La búsqueda de eficiencia y rentabilidad no debe estar reñida con la responsabilidad social y ambiental. Es fundamental desarrollar tecnologías que permitan extraer y procesar el litio de manera más limpia y eficiente, reduciendo al mínimo su impacto en el medio ambiente y garantizando condiciones de trabajo dignas para los mineros.

Así mismo, la creciente demanda de energía limpia y renovable ha posicionado al litio como un mineral estratégico a nivel global. Su aplicación en baterías de ión de litio ha revolucionado la industria electrónica y ha abierto nuevas posibilidades en el sector del transporte. Aunque, la extracción y el procesamiento del litio presentan desafíos significativos, tanto ambientales como sociales. La explotación de salmueras y minerales de litio, especialmente en regiones áridas, genera un alto consumo de agua, conflictos con las comunidades locales, contaminación de suelos y aguas.

Es así como la ciencia de los materiales desempeña un papel clave en la búsqueda de soluciones innovadoras para optimizar el uso del litio y minimizar su impacto ambiental. La innovación en métodos

de extracción y procesamiento, junto con el desarrollo de tecnologías de reciclaje, y la implementación de políticas públicas que promuevan una gestión responsable de este recurso; lo cual, no solo implica regular las prácticas de extracción, sino también garantizar que las comunidades locales sean escuchadas y sus derechos respetados, integrando sus necesidades y preocupaciones en la planificación y ejecución de proyectos mineros. Todos y cada uno de estos factores son fundamentales que se apliquen e implementen, ya que, estos serían un punto clave para asegurar un suministro sostenible y responsable de este recurso vital en el futuro.

Referencias

- Díaz, A., Carpio, M. y Ramírez, J. (2009). *Litio*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos. Lima, Perú.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1956/1/A6483-Litio.pdf>
- Buendía-Valverde, M., Gómez-Merino, F., Fernández-Pavía, Y., Mateos-Nava, R. y Trejo-Téllez, L. (2024). Litio: Un elemento con potencial para enfoques de bioestimulación y biofortificación en plantas. *Horticulturae*, 10(10), 2-15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101022>
- Vizcaya, J. (2023). La Minería del Litio porque es importante y cómo funciona. Artículo en línea. <https://inspenet.com/articulo/mineria-de-litio-extraccion-importancia/>
- Vogler, J. (21 de julio de 2025). *La minería de litio: ¿Cómo funciona y por qué es importante?* INSPENET. <https://inspenet.com/articulo/mineria-de-litio-extraccion-importancia/>
- La Vanguardia. (26 de octubre de 2022). *Extracción de litio un proceso que consume mucha energía y grandes cantidades de agua*. <https://www.lavanguardia.com/natural/contaminacion/20221026/8581105/extraccion-litio-energia-agua-pmv.amp.html>
- Quintero, V. (2021). *Baterías del ion litio, características*. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/3392002003.pdf>