

INGENIERÍA INDUSTRIAL

CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS
PARA LA INNOVACIÓN PRÁCTICA



Alvaro Valverde G.
COMPILADOR

© Alvaro Valverde G.

Autor compilador:

Alvaro Valverde G.

Dirección y edición editorial:

Jorge Luis Maza-Córdova

Comité de arbitraje:

Karina Lozano

Diseño y diagramación:

Kevin Feijóo Carrión

Primera Edición:

Diciembre 2024

Editorial:

Ediciones RISEI

ISBN Electrónico: 978-9942-7256-0-8

ISBN Impreso: 978-9942-8997-9-8

Como citar este libro:

Valverde, A., (Compilador). (2024). Ingeniería Industrial. Contribuciones Científicas para la Innovación Práctica. Ediciones RISEI. <https://editorial.risei.org/>

Publicación dictaminada.

Los trabajos publicados en esta obra colectiva fueron previamente sometidos a dictamen de expertos bajo la modalidad Doble Ciego.



Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International License. ¡Esta es una Licencia de Cultura Libre!

Este libro esta disponible en: <https://editorial.risei.org/>



620.006

Valverde, A., (Compilador). (2024). Ingeniería Industrial. Contribuciones Científicas para la Innovación Práctica.

ISBN Electrónico: 978-9942-7256-0-8

ISBN Impreso: 978-9942-8997-9-8

Ingeniería Industrial. Contribuciones Científicas para la Innovación Práctica.

Alvaro Valverde G.

Publicación en formato: PDF.

Contenido

Capítulo I

Innovación y buenas prácticas en seguridad industrial y sostenibilidad: experiencias y lecciones aprendidas en la industria boliviana8

Ahmed Amusquivar

Abad L. Aguilar M.

Mario Zenteno

Capítulo II

Innovación Tecnológica y Gestión de Activos en la Industria Cementera: Mantenimiento Inteligente 31

Nelson Condorena Avila

Carla Kaune Sarabia

Efrain Santalla

Capítulo III

Análisis de componentes principales para identificar la variabilidad temperaturas medias en Bolivia..... 51

Carlos Nina Choque

Scirley Nina Yucra

Juan Quispe Apaza

Capítulo IV

Gestión de proyectos de desarrollo e inversión pública en Bolivia62

Anaceli T. Espada Silva

Carlos N. Cárdenas Cespedes

Capítulo V

Extracción de saponinas en granos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*), saponinas triterpénicas en cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) relación-ecotipo 73

Hugo Mobarec C.

Carlos Díaz Mercado

Capítulo VI

Calidad de la medición antropométrica en los universitarios de la UMSA.....84

Monica Lino

Oswaldo Terán

Capítulo VII

Avances y desafíos en la Implementación de ODS's prioritarios en Bolivia.....98

Ramiro Flores

Zaida Albino

Franz Zenteno Benítez

Capítulo VIII

Situación actual del gas natural boliviano.....137

Jorge Vásquez

Pamela Chambi

Rómulo Encinas

Capítulo IX

Impacto del Cambio Climático, en la salud, educación y el ingreso: Un enfoque multidisciplinario153

Richard Flores

Capítulo X

Paradigma emergente en la Industria 4.0175

Tania A. Terán-Mita

Ronald Huanca

Orietta Blacutt

Prólogo

La ingeniería industrial se erige como un pilar fundamental en el desarrollo y la optimización de procesos que impulsan la eficiencia y la innovación en diversos sectores y rubros industriales, por lo que se constituye en una disciplina dinámica y multifacética que continuamente evoluciona para satisfacer las necesidades cambiantes de la sociedad y de las industrias.

Este libro, reúne una serie de artículos derivados de procesos de investigación en el marco del Programa de Doctorado en Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), como una muestra representativa del vasto alcance y profundidad con que se aborda actualmente la ingeniería industrial en el contexto boliviano, como testimonio del rigor y de la aplicabilidad que estos estudios contemporáneos abordan respecto a los desafíos y oportunidades en este campo.

Los artículos compilados en esta obra abarcan diversas líneas de investigación, reflejando la riqueza y diversidad de enfoques en ingeniería industrial, por lo que cada uno de estos trabajos, es el resultado de un riguroso proceso académico que ofrece aportes significativos orientados a transformar prácticas y perspectivas dentro de múltiples sectores, pues cada uno de estos, refleja un compromiso inquebrantable con la excelencia académica y la innovación productiva.

En efecto, la publicación aborda un conjunto de temas importantes y relevantes para la proyección científica, académica y profesional en el área de la ingeniería industrial, resaltando estudios vinculados con la innovación y las buenas prácticas en seguridad y salud ocupacional que son fundamentales para proteger el bienestar de los trabajadores y mejorar las condiciones laborales, subrayando la importancia de plantear enfoques novedosos para mitigar riesgos y promover ambientes de trabajo más seguros y saludables.

De igual manera, surge la importancia de considerar los criterios y aplicaciones de la sostenibilidad en el campo industrial, en el que se determinan los avances alcanzados respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la realidad del gas boliviano, que reflejan la importancia de integrar prácticas sostenibles en las operaciones industriales. Estos estudios ofrecen un análisis detallado de cómo las industrias pueden alinearse con los ODS y contribuir a un futuro más sostenible.

También se establecen estudios relacionados con la industria 4.0, con énfasis en la digitalización y la automatización, que está transformando la manera cómo las empresas operan. La

investigación aquí compilada explora cómo las tecnologías emergentes están redefiniendo la producción y la gestión industrial, proporcionando una hoja de ruta para la adopción de estas innovaciones.

Respecto a la gestión empresarial y los proyectos de inversión pública, un estudio muestra que son clave para el desarrollo económico y social, donde se ofrecen nuevos modelos y metodologías para optimizar la toma de decisiones y mejorar la eficiencia en la gestión de recursos y proyectos, a partir de los escenarios y etapas de inversión pública.

Asimismo, se integra un estudio referido a la medición antropométrica en la industria textil como elemento esencial para garantizar la calidad y el ajuste de los productos textiles, presentando avances en técnicas de medición y su aplicación en la industria textil.

Se muestra también la importancia del mantenimiento inteligente en la industria cementera o del sector de la construcción, siendo vital para mejorar la eficiencia y reducir costos operativos. El estudio en esta línea propone soluciones avanzadas para el mantenimiento predictivo y la optimización de los procesos en el sector.

Adicionalmente, se muestra un estudio respecto a la importancia de extracción de saponinas y su relación con la química y la tecnología de alimentos como un área de creciente interés. El estudio incluido en este libro, explora las propiedades y aplicaciones de las saponinas, aportando conocimientos valiosos para la industria alimentaria.

Finalmente, se muestra un estudio sobre la variabilidad de temperaturas medias en Bolivia como un criterio que fusiona la física aplicada con la ingeniería industrial ofreciendo un enfoque metodológico innovador para la determinación de datos atmosféricos en la región.

Este compendio no solo es una fuente de conocimiento académico, sino también una herramienta práctica para profesionales del campo de la ingeniería industrial y disciplinas afines. Cada contribución ha sido cuidadosamente seleccionada para proporcionar información relevante, actual y aplicable.

Agradecemos a todos los autores por su arduo trabajo y dedicación, así como a los revisores que han asegurado la calidad de cada artículo. Esperamos que este libro inspire futuras investigaciones y prácticas innovadoras, fomentando un desarrollo industrial más eficiente, seguro y sostenible.

Bienvenidos a un viaje de descubrimiento y aprendizaje en el fascinante mundo de la ingeniería industrial.

Innovación y buenas prácticas en seguridad industrial y sostenibilidad: experiencias y lecciones aprendidas en la industria boliviana

Ahmed Amusquivar*
Abad L. Aguilar M.**
Mario Zenteno***

Palabras clave:

*Seguridad industrial,
sostenibilidad, industria
boliviana, cultura
preventiva, riesgos
laborales.*

Keywords:

*Industrial safety,
sustainability, bolivian
industry, preventive
culture, occupational
hazards.*

Palavras chave:

*Segurança industrial,
sustentabilidade,
indústria boliviana,
cultura preventiva,
riscos ocupacionais.*

Resumen

La presente investigación se ha desarrollado en Bolivia en el sector minero, el sector informal, la nano empresa, la microempresa y la gran empresa, en relación a la seguridad y salud ocupacional, así como a la sostenibilidad. Siendo el objetivo de la investigación la caracterización de las actuales prácticas de seguridad, salud y sostenibilidad en la industria nacional, para esto se procedió al planteamiento de un diseño de investigación cualitativo, mediante el desarrollo de estudios de caso y revisión documental que permite el establecimiento de criterios de análisis. Siendo necesario el desarrollo de fichas y gestores bibliográficos, así como cuadernos de observación. Producto de la aplicación de las técnicas e instrumentos de análisis se evidencia la existencia de empresas informales donde se cuenta con condiciones que promueven la insalubridad fundamentalmente en el sector minero, así como nano empresas que

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: ahmedamusquivar@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-6048-2932>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: aaguilar@umsa.edu.bo | <https://orcid.org/0009-0003-0995-6957>

*** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: ssp.mariozenteno@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-8897-5675>

se constituyen en entidades ajenas a las normativas mismas que son invisibilizadas por parte del Estado, siendo por último evidente el rezago en la aplicación de seguridad y salud ocupacional en microempresas con consecuencias fatales. A su vez se ha evidenciado como otras empresas bolivianas son galardonadas y reconocidas por su aporte a la seguridad, salud ocupacional y sostenibilidad, así también se observa el caso de EMBOL S.A. que logró alcanzar el nivel de 0 residuos, mejorando sus procesos. Es de este contraste de experiencia que se generan lecciones desde la óptica de las oportunidades gracias a las buenas prácticas de seguridad y sostenibilidad, formuladas mediante la innovación que dan lugar a la posibilidad de transferir conocimiento de las empresas saludables y sostenibles, a las empresas informales, generando una oportunidad para desarrollar transformaciones en el país. Estos hechos deben ser apoyados en forma decidida por el Estado visibilizando a las empresas informales, desarrollando políticas públicas de inclusión que permitan el desarrollo integral de la seguridad y la sostenibilidad en la industria boliviana.

Abstract

This research has been developed in Bolivia in the mining sector, the informal sector, the nano company, the microenterprise and the large company, in relation to occupational health and safety, as well as sustainability. The objective of the research being the characterization of the current safety, health and sustainability practices in the national industry, for this a qualitative research design was proposed, through the development of case studies and documentary review that allows the establishment of analysis criteria. The development of bibliographic files and managers, as well as observation notebooks, is necessary. As a result of the application of analysis techniques and instruments, the existence of informal companies is evident where there are conditions that promote unhealthy conditions, mainly in the mining sector, as well as nano companies that are constituted as entities outside the regulations that are made invisible. by the State, finally being evident the lag in the application of occupational safety and health in microenterprises with fatal consequences. At the same time, it has been evident how other companies in Bolivia are awarded and recognized for their contribution to safety, occupational health and sustainability, as is the case of EMBOL S.A. that managed to reach the level of 0 waste, improving its processes. It is from this contrast of experience that lessons are generated

from the perspective of opportunities thanks to good safety and sustainability practices, formulated through innovation that give rise to the possibility of transferring knowledge from healthy and sustainable companies to informal companies. , generating an opportunity to develop transformations in the country. These facts must be decisively supported by the State, making informal companies visible, developing public inclusion policies that allow the comprehensive development of safety and sustainability in the Bolivian industry.

Resumo

Esta pesquisa foi desenvolvida na Bolívia no setor de mineração, no setor informal, na nanoempresa, na microempresa e na grande empresa, em relação à saúde e segurança ocupacional, bem como à sustentabilidade. O objetivo da pesquisa foi a caracterização das práticas atuais de segurança, saúde e sustentabilidade na indústria nacional, para isso foi proposto um desenho de pesquisa qualitativa, através do desenvolvimento de estudos de caso e revisão documental que permite o estabelecimento de critérios de análise. É necessário o desenvolvimento de arquivos e gerenciadores bibliográficos, bem como de cadernos de observação. Como resultado da aplicação de técnicas e instrumentos de análise, é evidente a existência de empresas informais onde existem condições promotoras de insalubridade, principalmente no sector mineiro, bem como de nanoempresas que se constituem como entidades à margem das regulamentações que são feitas. invisível por parte do Estado, sendo finalmente evidente o atraso na aplicação da segurança e saúde no trabalho nas microempresas com consequências fatais. Ao mesmo tempo, ficou evidente como outras empresas na Bolívia são premiadas e reconhecidas pela sua contribuição à segurança, saúde ocupacional e sustentabilidade, como é o caso da EMBOL S.A. que conseguiu atingir o nível de desperdício 0, melhorando seus processos. É a partir deste contraste de experiências que se geram lições na perspectiva das oportunidades graças às boas práticas de segurança e sustentabilidade, formuladas através da inovação que dão origem à possibilidade de transferência de conhecimento de empresas saudáveis e sustentáveis para empresas informais. desenvolver transformações no país. Estes factos devem ser apoiados de forma decisiva pelo Estado, dando visibilidade às empresas informais, desenvolvendo políticas de inclusão pública que permitam o desenvolvimento integral da segurança e da sustentabilidade na indústria boliviana.

Introducción: La importancia de la Seguridad Industrial y la Sostenibilidad en Bolivia

En Bolivia, la seguridad industrial y la sostenibilidad son temas de gran importancia y contraste en el ámbito empresarial y social. La seguridad industrial se constituye en un mecanismo que busca mejorar las condiciones de trabajo mediante el desarrollo de buenas prácticas que están vinculadas a actividades laborales cambiantes y por ende requieren el desarrollo de innovación constante (Arellano Díaz y Rodríguez Cabrera, 2013; Asfahal, 2000).

La actividad del ser humano en un ambiente laboral genera exposición de este a diverso tipo de riesgos los cuales pueden provocar variedad de patologías en los trabajadores (Mateo Floría, 2004). Se puede evidenciar que existen carencias referidas a regulaciones tanto en el ámbito legal como técnico normativo no obligatorio, esto queda patente en la caducidad de la normativa legal fundamental en seguridad y salud ocupacional como es el caso del decreto ley 16998 que data del año 1979, y que presenta un enfoque a la minería tal es el caso del nivel de detalle en la norma respecto a ascensores de minas, bocaminas y otros (República de Bolivia, 1979), que no son propios de todos los sectores productivos, sin embargo encontrándose mencionada normativa a la fecha desactualizada a la fecha frente a las nuevas tecnologías en el sector, así también pese a que desde el año 2014 se ha desarrollado normativa técnica especializada en seguridad y salud ocupacional la misma no ha contado con un proceso metodológico sustentable para su aplicación, habiendo sido adecuadas de otras normativas internacionales que no responden al contexto nacional. Por tanto, si bien existen leyes y regulaciones relacionadas con la seguridad industrial, a menudo son insuficientes o no se aplican adecuadamente. Esto crea un ambiente de riesgo para los trabajadores y la comunidad en general.

En Bolivia casi el 80% de los trabajadores se encuentran ajenos a la seguridad social tanto a largo y a corto plazo, esto hace que los trabajadores estén invisibilizados de las estadísticas nacionales en relación con el riesgo, siendo incluso difícil acceder a información del riesgo al cual están expuestos los trabajadores registrados en la seguridad social, estos elementos sumados a la burocratización del estado y a la judicialización civil y penal de la seguridad y salud ocupacional hace que la mayor parte de los trabajadores informales estén ajenos a las buenas prácticas de seguridad y salud ocupacional (OIT 2022). Sin embargo, a esta realidad también se puede mencionar la visión que han tomado diversas empresas en Bolivia, buscando la mejora

de las condiciones de seguridad y salud ocupacional, así como realizando la búsqueda de la sostenibilidad mediante la mejora continua de sus procesos, llegando incluso a ser galardonadas por mencionadas iniciativas, estas actividades que generan valor para las empresas y la sociedad.

Serán pues las lecciones aprendidas en la industria en Bolivia un contraste entre las consecuencias de la mala aplicación de la seguridad y salud ocupacional y las buenas prácticas que mediante la innovación generan empresas saludables y sostenibles. Siendo fundamental Caracterizar los distintos casos que nos presenta la realidad nacional de la seguridad y salud ocupacional, así como la sostenibilidad. La investigación resulta importante al realizar un relevamiento de información real contrastada con aspectos técnico legales, encontrándose el abordaje de los casos constituidos en casos de seguridad y salud ocupacional, así como casos de sostenibilidad. Mostrando como un reto de la industria boliviana generar una transferencia de buenas prácticas de los sectores que han logrado casos de éxitos a aquellos que aún se encuentran en un estado muy reducido de seguridad y sostenibilidad, en este contexto la participación del Estado es fundamental para consolidar políticas públicas que faciliten el desarrollo de este intercambio y permitan la mejora de las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores en Bolivia.

Materiales y métodos

La investigación se realizó empleando un diseño metodológico cualitativo enfocado en abordar diversos casos relacionados a la seguridad y salud ocupacional así como a la sostenibilidad, mismo que para su materialización requirió del desarrollo de varias etapas en las cuales se, realizó una revisión de la temática a desarrollar, una revisión bibliográfica de la información, la generación de registro bibliográfico, para finalmente concluir en la redacción del documento. La revisión de la temática implicó establecer una serie de límites a la investigación respecto a los casos que se analizaran, así como el contenido que permita respaldar los criterios vertidos en cada caso, en una segunda fase se establecieron las fuentes bibliográficas a emplear, así también se detalló la fuente específica de información generando el registro bibliográfico, finalmente se consideró el desarrollo de un proceso de observación y revisión documental que da lugar, a una interpretación del estado de la seguridad y salud ocupacional en el área de trabajo; lo que constituye el estudio de varios fenómenos de la realidad actual en diversas entidades organizacionales, contando por tanto con un carácter descriptivo, considerando además a la

innovación y las buenas prácticas como elementos diferenciadores de algunas empresas respecto a otras en un mismo país. Siendo necesario para el estudio del contexto necesaria la aplicación del método de investigación acción participativa, así como el uso de fichas y gestores bibliográficos, a su vez el uso de la entrevista y la observación participante; permiten una evaluación integral de los casos de estudio analizados en el documento (Bunge 2004).

Para la ejecución de las acciones destinadas a la aplicación de los métodos se organizaron las tareas de acuerdo a un cronograma, en función al cual se estableció el requerimiento de técnicas e instrumentos. Entre los instrumentos empleados se contó con las fichas bibliográficas que se sistematizaron mediante el uso de un soporte físico en papel para el control y registro, a su vez se empleó el software de gestión bibliográfica Mendeley para la adecuada estructuración del documento. Así también se empleó un cuaderno de investigación a fin de cotejar diversos hallazgos. Para la aplicación de la observación participante se requirió el uso de una grabadora y cámara fotográfica incorporada en el celular. En el caso de la observación estructurada se empleó una lista de chequeo que permitió verificar y anotar detalles sobresalientes de las áreas de trabajo visitadas en el estudio.

Ejecutadas las tareas de investigación se sistematizó la información recabada y se procedió al trabajo de gabinete en el cual se detallaron, definieron y evaluaron los hallazgos más significativos y se discutieron los resultados de la investigación efectuada.

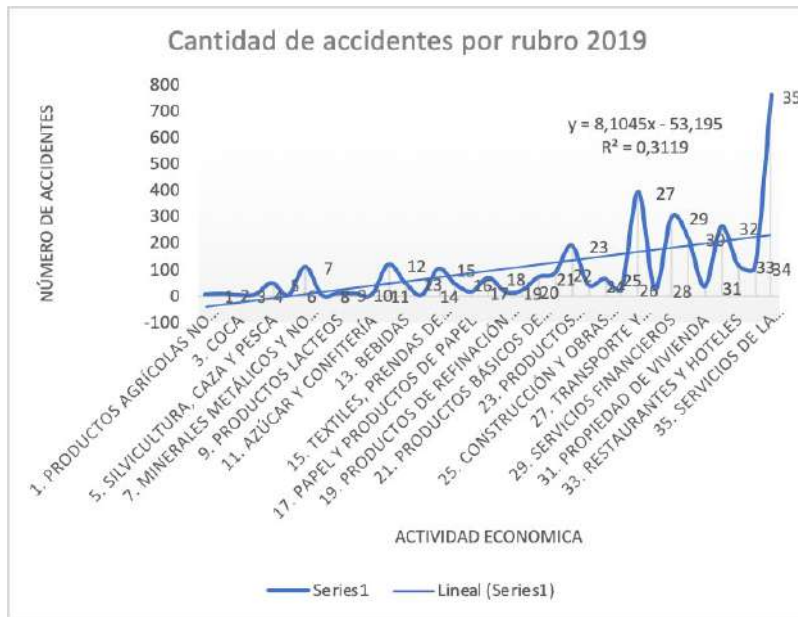
Resultados y discusiones

Contexto de la industria boliviana

Actualmente en Bolivia se cuenta con una variedad de actividades económicas, entre las que destacan la actividad minera y la micro y pequeña empresa productiva, estos hechos son continuamente mencionadas por entidades gubernamentales tales como la Organización Internacional del Trabajo (OIT 2019).

De acuerdo al Instituto Nacional de Salud Ocupacional (2019) en Bolivia existen accidentes laborales en diversos sectores, siendo el rubro del transporte, la construcción y la actividad productiva, datos que son obtenidos de acuerdo al registro de denuncia de accidentes laborales, pudiendo visualizarse en el siguiente gráfico la distribución de accidentes por rubro.

Figura 1.
Cantidad de accidentes por rubro 2019



Fuente: Elaboración con base en datos del Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO, 2021).

Sin embargo, cabe señalar, que la información obtenida únicamente representa los datos de personas registradas en el sistema de seguridad social a corto y largo plazo; de acuerdo a la ley 065/2010 (Ley de pensiones), este hecho hace que únicamente se pueda visualizar información del 20% de los trabajadores Bolivianos, quedando al descubierto un 80% de trabajadores que no cuentan con el amparo de la seguridad social, y a su vez están invisibilizados de la información estadísticas, que les deja fuera del planteamiento de políticas públicas del Estado nacional. Siendo necesario de acuerdo a la evidencia la generación de estrategias que permitan establecer planes de acción para reducir la accidentabilidad en sectores como la construcción o los servicios (OIT, 2022).

La difícil realidad de algunas industrias bolivianas en materia de seguridad ocupacional

De acuerdo al análisis exploratorio de los hechos empíricos aplicados al 80% de trabajadores informales y a los trabajadores del sector minero, se presentan tres casos referidos a:

- La minería una actividad primordial en Bolivia en medio de la insalubridad
- Las nano empresas como mecanismo de subsistencia en la ciudad de El Alto Bolivia
- Explosión de caldero pirotubular

A continuación se describe cada uno de los casos de investigación realizados con el fin de caracterizar la realidad de la salud y seguridad ocupacional en los sectores.

La minería una actividad primordial en Bolivia en medio de la insalubridad.

Se observa de acuerdo a Machicado (2003) que el producto interno bruto nacional recibe un aporte de aproximadamente del 6% por parte de la minería, esta situación ha promovido que el estado conforme una estructura normativa destinada a regular esta actividad, tal como lo es la ley de minería 535 del año 2014, la ley de condiciones insalubres ley 573 del año 2014, e incluso el decreto ley 16998 del año 1979 que se formuló con un enfoque a la protección del trabajador minero, Sin embargo a estas acciones la peligrosidad en el trabajo minero es cotidiano reportándose en Bolivia unos tres fallecimientos por mes y hasta 15 accidentes graves, fundamentalmente en la minería pequeña; en este tipo de minería se ha observado una elevada tasa de accidentabilidad, así como de insalubridad esto ligado a condiciones termo higrométricas inadecuadas y a procesos de ventilación deficientes, el denominado “mal de mina” es quizás la enfermedad predominante en los trabajadores mineros, sabiendo que en aproximadamente tres meses de iniciar la actividad en interior mina se van presentando síntomas de mencionada patología (OIT, 2022).

El mal de mina es un tipo de tuberculosis que puede derivar incluso en un cáncer de pulmón, esta enfermedad muestra sus efectos comúnmente a trabajadores mineros con 35 años de edad o más, siendo factores que coadyuvan a generar esta afectación las condiciones climatológicas, así como el consumo de alcohol y cigarro. Se ha demostrado que se presenta un vínculo directo entre la altura geográfica en la cual se desarrollan normalmente las tareas de la minería en Bolivia y los valores de la hemoglobina, esto como un factor que pretende mantener la homeostasis corporal en el entendido de la singular tensión hipóxica característica en el cuerpo humano expuesto en el sector. El polvo, dependiendo del tamaño de grano, puede generar obstrucción de vías aéreas en los alveolos, reduciendo como resultado, la capacidad de ventilación de los pulmones, incrementando los valores de hemoglobina, por la necesidad de aprovechar con mayor intensidad el oxígeno captado en alveolos aún libres. Este fenómeno sin embargo no es indefinido, llegando a un límite en el cual el proceso respiratorio es penoso imposibilitando que el trabajador realice actividades laborales (Centro de Prevención y Control de Enfermedades 2021; Cosio 1972; Huayllas et al. 2014).

La ley, de condiciones insalubres promulgada el año 2014, buscó ampliar una normativa que se desarrolló el año 1980, con un enfoque pobre en prevención de riesgos laborales, y una mayor vocación al control de pérdidas en las empresas, entendiéndose esto por el momento histórico relacionado con la crisis económica en Bolivia y con el enfoque del trabajador como un elemento más de la empresa que pueden ser fácilmente sustituido. Esta norma se denomina DS. 17305 del año 1980 estableció que el trabajo insalubre es aquel en el cual se va a provocar con certeza una enfermedad, siendo por concepto mismo inaceptable, pese a esta situación no se prohíbe el trabajo insalubre, sino más bien se lo regula estableciendo una reducción en la edad de jubilación, fenómeno que resulta incluso contradictorio respecto al decreto ley 16998/1979 que hace referencia a la necesidad de detener cualquier tipo de trabajo que pudiera conllevar un riesgo a la salud o seguridad de las personas, hasta que se evidencia una modificación a las condiciones laborales (Estado Plurinacional de Bolivia 2014; República de Bolivia 1979; 1980)

La ley de condiciones insalubres estableció la comisión de condiciones insalubres destinada a realizar la identificación y catalogación de áreas de trabajo insalubres, la misma que se encuentra constituida, por la Autoridad de Supervisión de la Seguridad Social a Corto Plazo (ASUSS), el Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO) y la Caja Nacional de Salud (CNS); estas entidades, tienen la responsabilidad de establecer condiciones para la clasificación de áreas de trabajo insalubres. Si bien este hecho resulta en una iniciativa importante, la norma no prevé la búsqueda de mejora de las condiciones de trabajo, quedando únicamente, circunscrita, la función de la comisión a emitir un criterio de insalubridad, que dará lugar a una reducción en la edad de jubilación, legalizado de facto el trabajo malsano en el Estado Plurinacional de Bolivia (Estado Plurinacional de Bolivia, 2014).

Sin embargo, a lo mencionado, el trabajo de la comisión, resultaría en un aporte fundamental al realizar por lo menos un informe del área de trabajo del sector minero, sin embargo se deben destacar ciertos fenómenos que limitan este hecho, como la restricción de personal en las instituciones que componen la comisión de trabajos insalubres, estando la misma supeditada a las capacidades de los funcionarios que en muchos casos tienen áreas específicas, donde la evaluación suele limitarse al fenómeno químico.

Este hecho deja de lado aspectos como la psicología o la ergonomía entre otras, a su vez algunos funcionarios son susceptibles a generar preconceptos sobre empresas mineras por su

trayectoria, o incluso potenciales conflictos de intereses al haber sido funcionarios de las mismas, lo cual hace que la posibilidad de realizar un análisis objetivo del problema se estanque.

Finalmente, la potencial influencia de algunas empresas mineras, sobre instituciones del Estado hace que los estudios se limiten a factores que puedan ser aprobados, sin considerar elementos de seguridad y salud, que realmente afectan al trabajador minero. Frente a esta situación es importante establecer un mecanismo técnico jurídico que establezcan de forma fehaciente, la necesidad que las empresas mineras, mejoren sus procesos productivos y protejan de manera efectiva a sus trabajadores, para esto, además es necesario constituir entidades técnicas que sean capaces de realizar un trabajo ajeno a influencias políticas o económicas.

Así también, esta entidad deberá contar con personal técnico calificado en el ámbito de la prevención de riesgos laborales y no limitándose únicamente al riesgo químico que, a la fecha, resulta un tipo de evaluación importante pero limitada en relación con otros fenómenos, como es la ergonomía, la psicología y los riesgos físicos. Este factor modificaría a la actual comisión de trabajos insalubres, siendo ya una entidad obsoleta, estableciéndose una autoridad de seguridad y salud ocupacional en Bolivia.

Las nano empresas como mecanismo de subsistencia en la ciudad de El Alto Bolivia.

Como se señaló anteriormente, los trabajadores que no cuentan con el registro en la seguridad social a corto y largo plazo se dedican a actividades informales, tal es el caso de aquellos trabajadores que constituyen nano empresas, que es un concepto singular y muy peligroso de iniciativa privada, fundamentada esta denominación en el entendido que esta organización está constituida por una o dos personas, comúnmente familiares, que efectúan sus actividades laborales en su vivienda o en la calle, mayoritariamente ubicadas en las ciudades de El Alto y La Paz.

Estas unidades económicas están caracterizadas por no ser visibles ante las regulaciones del Estado, este fenómeno hace que el trabajador informal se encuentre ajeno a responsabilidades legales, así como a determinados derechos en el ámbito de la seguridad ocupacional, la seguridad social y aspectos de carácter impositivo; los impuestos en Bolivia desde la perspectiva del trabajador por cuenta propia vienen a constituirse en un conjunto de reglas que en lugar de beneficiar a su esquema de negocio lo limitan, retrasa y reduce su ingreso; esto sumado a

la burocracia y la lentitud a la hora de desarrollar trámites se interpreta por el informal como un mecanismo que sabotea su actividad fundamental (OIT 2022).

A su vez, la judicialización de la seguridad ocupacional que toma un carácter jurídico civil o penal, antes que técnico, hace que la generación de multas y sanciones por parte de entes estatales sea más común que la búsqueda de mejoras en las áreas de trabajo, sumado esto a un número reducido de personal técnico en contraposición del personal jurídico en entidades gubernamentales, hace que las soluciones a los problemas identificados en inspecciones del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social vayan directamente ligadas a multas y sanciones a las unidades económicas.

En una visita realizada a una zona de la ciudad de El Alto, colindante con la ciudad de La Paz se pudo apreciar que un aparente barrio residencial contaba en la mayoría de sus viviendas con talleres de diferentes rubros, entre los que destacan la reparación de equipos, confección de trajes, la fabricación de zapatos y el tejido; evidenciando diversidad en el nivel tecnológico empleado por estos trabajadores.

En el caso de la fabricación de trajes, se ingresó a un lugar donde una mujer confeccionista de aproximadamente 40 años de edad desarrollaba su trabajo; esta persona había permitido el ingreso a su vivienda considerando que el dirigente del barrio había consensuado la visita para posteriormente recibir los resultados del estudio, se observó al ingresar desniveles significativos en las gradas que conducían al taller de costura, que a su vez servía como dormitorio para la trabajadora, el área de la habitación destacaba por ser reducida de aproximadamente 9 metros cuadrados y de una altura de 2 metros, lugar donde se encontraban en forma desordenada una cama, un velador, un guardarropa una máquina de coser, un cajón de costurero, tela y otros pequeños elementos propios del oficio.

Observando las condiciones ambientales al ingresar al sector se pudo detectar polvo y fibras aún suspendidas en el ambiente, a su vez se destaca la dificultad para poder visualizar el área de trabajo con una iluminación que alcanzaba apenas los 80 lux, que de acuerdo a la normativa nacional NTS 001/2017 debía incluso superar los 300 Lux dicha luminaria distorsionaba el aspecto cromático con una luz tenue color amarilla, siendo que lo recomendado para estas áreas de trabajo es una luz blanca, la baja iluminación en horario de la mañana se debió a que las ventanas se encontraban obstruidas por cajas cargadas con trajes confeccionados que iban a ser entregados a un cliente al día siguiente de la visita.

Las instalaciones eléctricas eran deficientes, realizadas con aplicaciones que se encontraban únicamente unidas a alambres que salían de la pared de ladrillo sin revoque, siendo que estos tomacorrientes no estaban unidos a la pared. Las instalaciones eléctricas en empresas productivas de acuerdo al Sistema de inspección y protección contra incendios (SIPPCI) deben realizarse de acuerdo a la NB 777, hecho que se encuentra lejano a esta realidad. Respecto a la protección contra incendios no se identificó un extintor en el área de trabajo, mucho menos algún documento relacionado con este tipo de prevención, quedando este taller expuesto a un elevado riesgo (Estado Plurinacional de Bolivia, 2014).

Finalmente, en una evaluación de medicina laboral a la trabajadora del taller se identificó que esta presenta reducción de su capacidad respiratoria, con estertores y ronquidos a nivel pulmonar, así también se identificó una dioptría elevada hecho fácilmente constatable al verificar el grosor de los lentes, a su vez se evidencio un estado de sobrepeso, puesto que el trabajo que realiza es normalmente sedentario. Al realizar una entrevista con la trabajadora ella indicó que su jornada laboral normal podía pasar de las 12 a 18 horas diarias, dependiendo de la cantidad de contratos que deba cumplir; mencionó la dificultad para respirar y la dificultad para ver. Así también indicó que no cuenta con tiempo para realizarse un chequeo médico, porque debe cumplir actividades y cuidar a su madre quien vive en una habitación contigua a su taller.

Como se puede evidenciar en el caso, la trabajadora informal realiza jornadas muy superiores a las que la normativa indica, a su vez se evidencia una relación directa entre las condiciones de trabajo y sus afectaciones a la salud, siendo lo más destacable la dificultad respiratoria y los polvos y fibras en el ambiente; la obesidad provocada por un trabajo sedentario y el desgaste visual significativo directamente relacionado con la iluminación del área de trabajo, la mayor parte de estos hechos pueden verse como infracciones a la seguridad y salud ocupacional de acuerdo a la ley 16998 del año 1979.

Aunque pareciera simple realizar una denuncia de estos hechos que atentan de forma fehaciente contra la salud y seguridad de la trabajadora se tiene que considerar dos elementos clave, el primero el limitar la actividad laboral de esta persona atentaría contra su supervivencia y la de su familia hecho protegido por la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia; así también el hecho de realizar esta actividad en casa genera una limitación legal evidente en la Ley 16998 en su artículo 3 en el mismo destaca que las actividades realizadas en la casa del

trabajador o por la familia del trabajador se encuentran ajenas a la aplicación de la mencionada ley (Estado Plurinacional 2014; República de Bolivia, 1979)

Otro caso relacionado a un trabajador informal que realizaba la reparación de equipos eléctricos y electrónicos, destaca en que al momento de realizar la inspección a su área de trabajo desde la avenida principal, se observó un sector con derrumbes y deslizamientos, puesto que el lugar de trabajo se encontraba en plena ladera de la ciudad, dentro del ambiente se destacaba la falta de revoque y las instalaciones eléctricas deficientes, así también se tenía un espacio reducido, es destacable que el trabajador superaba los 80 años, el mismo de acuerdo a la referencia que se brindó no contaba con seguro social a corto o largo plazo. Esta situación involucra aspectos que van más allá de la seguridad ocupacional, llegando los hechos constatados a constituirse en un elemento que afecta a su calidad de vida.

En el último caso relacionado a la trabajadora informal tejedora, se constató que la misma efectúa sus labores en todo lugar, pudiendo realizar su actividad laboral en la calle, en su dormitorio, en su puesto de venta o cualquier sector; este fenómeno complica el análisis de exposición de la persona al riesgo, sin embargo, también brinda un criterio respecto a las condiciones de trabajo y al estrés laboral, que no limitan el espacio ni el tiempo de trabajo, estableciendo el riesgo psicosocial de doble presencia. Así también se debe destacar que esta trabajadora realiza su venta sentada en la calle estando directamente expuesta a condiciones térmicas cambiantes, radiación y material particulado que promueve un riesgo químico y biológico, fruto de los productos de combustión de los vehículos y de las heces fecales y orín de los animales y de las personas.

Todos los casos expuestos muestran infracciones a la normativa Boliviana de seguridad y salud ocupacional, sin embargo existe una imposibilidad humanitaria para limitar este tipo de trabajo en nano empresas en la ciudad de El Alto, bajo estas condiciones es necesario que el Estado establezca mecanismos técnicos que permitan apoyar a la mejora de las condiciones laborales para los trabajadores informales, así también se debe buscar formas para que los trabajadores informales puedan acceder a la seguridad social al corto y largo plazo.

Explosión de caldero pirotubular en proximidades a la ciudad de La Paz.

Considerando una empresa de fabricación de sombreros de fieltro (lana de oveja) en proximidades de la ciudad de La Paz se observó otro tipo de accidente por explosión de un caldero, cuya consecuencia fue la muerte de dos trabajadores, uno

de manera instantánea y otro, después de dos días de haber ocurrido la explosión. De este hecho se evidencia aspectos relativos a la inadecuada aplicación de prácticas de seguridad industrial, en la que no se consideró al momento de la instalación del caldero la seguridad física del ambiente de trabajo, como ser las paredes, techos, pisos, así como elementos que definen los espacios de trabajo, disposiciones de máquinas, orden y limpieza, riesgos eléctricos, resguardos contra incendios, explosiones, entre otros.

Cuando se efectúa un análisis de este tipo de accidentes, también se debe considerar los aspectos concernientes a la higiene ocupacional, que se vincula a los contaminantes químicos, polvos, humos, gases, aerosoles y a los contaminantes físicos, puesto que la planta contaba con cuatro calderos, pirotubulares, constituidos por un paquete de tubos por los que circula el agua y que es atravesado exteriormente por el flujo de gases calientes. Los tubos tienen un nivel de agua definido, mientras que el área de calor requiere un domo que refuerza la estructura.

Al estar el caldero en funcionamiento produce ruido y vibración que pueden provocar afectaciones al sistema nervioso y a la audición; se destaca que al momento de la explosión el termómetro registró 870,0°F, (465 °C), pudiéndose observar restos del caldero en la figura 2; de acuerdo a las normas internacionales como la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) “Generalmente las calderas pirotubulares se usan hasta presiones de 25-30 bar y a temperaturas máximas de 300°C con la incorporación de sobrecalentadores de vapor”

Figura 2.

Imagen de caldero en visita a área de explosión.



Fuente: Captura de foto propia

La cantidad de vapor generada en el caldero depende de la tasa de transferencia de calor del caldero y la entalpía del agua. Una vez que se conoce el flujo másico del agua, se puede utilizar la siguiente fórmula para calcular la tasa de transferencia de calor requerida:

$$Q = m * (h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})$$

Donde:

Q = tasa de transferencia de calor en vatios (o unidades de energía por unidad de tiempo),

m = flujo másico del agua en kg/s,

h_{vapor} = entalpía del vapor en J/kg, y

h_{agua} = entalpía del agua en J/kg.

Para determinar la temperatura necesaria, es necesario considerar la presión del sistema y utilizar tablas de propiedades termodinámicas del agua para obtener los valores de entalpía correspondientes a la presión y la temperatura requeridas. (GPT Lite)

Por lo que se requiere, nuevamente plantearse la siguiente interrogante, ¿Por qué explosiono el caldero?, realizando la investigación de accidentes, se establecen los hechos técnicos y humanos que llevaron a la explosión:

Técnicos:

- Falta de alimentación de agua al caldero
- Corte de llama, al subir la temperatura
- Válvula de escape de vapor Obstruida
- Falta de tratamiento de agua, que alimenta al caldero (incrustaciones de calcio, magnesio y otros)
- Purgas de agua no realizadas en las paradas programadas (semanal, quincenal)
- Mantenimiento incorrecto de equipos y sensores
- Mala ubicación de los cuatro calderos pirotubulares

Humanos:

- Falta de entrenamiento en el manejo de calderos
- Mala programación de mantenimiento
- Mala planificación en gestión de la seguridad e higiene industrial

De acuerdo con los resultados de la investigación de accidentes se puede evidenciar que la gestión de la seguridad y salud ocupacional en el área de trabajo es deficiente, requiriéndose el desarrollo de adecuados procesos de mantenimiento, capacitación para el manejo de equipos y maquinaria, uso de criterios

adecuados para la localización y operación del caldero, constituyéndose estos en prácticas necesarias que podrían haber evitado los hechos que derivaron en la explosión del caldero.

Innovaciones tecnológicas para mejorar la seguridad industrial y sostenibilidad

Desde otra perspectiva existen en Bolivia empresas que se han propuesto desarrollar aportes a la seguridad industrial y la sostenibilidad constituyéndose en temas de gran importancia en el mundo empresarial. Las empresas buscan constantemente nuevas innovaciones tecnológicas que les permitan mejorar en estos aspectos y así cumplir con las regulaciones gubernamentales, reducir costos y aumentar su reputación y credibilidad ante los consumidores y la sociedad en general.

Es por esta razón que muchas empresas van más allá del cumplimiento de las regulaciones nacionales, logrando establecer mejoras a nivel de seguridad y salud ocupacional y reducción del impacto ambiental, mediante la inversión en tecnologías, que permiten la reducción de costos y el incremento del valor ante los clientes.

La implementación de tecnologías como sensores inteligentes, sistemas de monitoreo remoto, drones y robots autónomos han revolucionado la manera en que se aborda la seguridad industrial y sostenibilidad en las empresas. Estas herramientas permiten detectar riesgos potenciales antes de que ocurran accidentes o daños al medio ambiente. Además, estas herramientas son fundamentales para garantizar la sostenibilidad empresarial a largo plazo, ya que contribuyen a minimizar el impacto ambiental y reducir costos operativos. Sin duda, invertir en tecnología es una decisión estratégica que puede marcar la diferencia entre un negocio exitoso y uno con problemas recurrentes que dañen al valor de la empresa.

Buenas prácticas en Seguridad Industrial y Sostenibilidad: Experiencias y casos de éxito en la Industria Boliviana

Las buenas prácticas constituyen acciones valiosas que se apoyan en la experiencia y permiten su transmisión a otras entidades, así también son respuestas a problemas recurrentes que permiten el aprendizaje entre entidades. El extrapolar las prácticas de seguridad industrial y sostenibilidad beneficia a los trabajadores y al medio ambiente, así también genera un impacto positivo en la reputación de la empresa y su relación con la comunidad. A continuación, se observan algunos casos de empresas que han implementado con éxito buenas prácticas de seguridad y salud ocupacional.

Empresa Minera San Cristóbal

Esta compañía minera ha implementado una serie de medidas para garantizar la seguridad de sus trabajadores y minimizar su impacto ambiental, esto es evidenciable a ser una de las pocas empresas en el país en el sector minero que ha obtenido la certificación como empresa saludable el año 2014 como se observa en la figura 3. Este logro se obtuvo gracias a la inversión en tecnología de vanguardia para monitorear y controlar los riesgos en sus operaciones mineras, así como en capacitación y entrenamiento constante para su personal, tal como menciona la empresa. Además, han adoptado prácticas de gestión ambiental responsables, como la recuperación y reutilización de agua, el control de emisiones y la rehabilitación de áreas impactadas. Estos hechos son claramente evidenciables con la certificación de calidad, medio ambiente y seguridad, elemento singular que demuestra que si es posible generar minería saludable.

Figura 3.

Imagen de reconocimiento a San Cristóbal como empresa saludable.



Fuente: Empresa Minera San Cristóbal.

Embotelladoras Bolivianas Unidas EMBOL SA

Es una empresa que produce y comercializa los productos de The Coca Cola Company, la compañía líder de bebidas en el mundo. Esta compañía de bebidas ha implementado una serie de medidas para garantizar la seguridad de sus trabajadores y de empresas terceras al mismo tiempo que hizo muchas inversiones para mitigar el impacto ambiental. Estas inversiones van desde la implementación de planta de tratamiento de efluentes como de iniciativas para tratar sus residuos de planta. Específicamente la planta de Embol Cochabamba fue certificada como 1ª planta “Cero Residuos” de Bolivia, hecho que muestra una empresa sustentable con un significativo compromiso medio ambiental

La planta de EMBOL en Cochabamba, es un ejemplo destacado de cómo minimizar la generación de residuos y transformar los existentes en nuevos materiales. La empresa se enfoca en reutilizar, dar una segunda vida y reciclar los desechos de sus productos, contribuyendo así a un uso más sostenible de los recursos y reduciendo el impacto ambiental. La creación de sinergias con diferentes actores locales, como el personal interno, los recolectores, los emprendedores sostenibles y las Organizaciones de la Sociedad Civil, ha sido un paso importante en este proceso. Esta colaboración nos ha permitido establecer relaciones sólidas y trabajar juntos hacia objetivos comunes.

Este proceso inició en el año 2020 cuando EMBOL alcanzó una tasa de reciclaje del 97,47%, en 2021 aumentó su capacidad de reciclaje al 98,06%, para el año 2022 la empresa alcanzó un 98,95% de reciclaje, logrando el año 2023 al reciclaje del 100% generando cero residuos. Para lograr este cometido EMBOL trabajó arduamente en un proceso que se enfocó en cinco etapas:

- a. Diagnóstico: Se identifican los principales tipos de residuos de la planta y sus áreas, siendo los principales los desechos orgánicos y algunos no necesariamente generados por la misma, por ejemplo las bombillas que retornan dentro de los envases de Coca-Cola mini de vidrio.
- b. Comunicación: implicó una importante inversión de recursos y esfuerzos para la consolidación de nuevos hábitos para una cultura ambiental responsable, no solo con personal interno, ya que se capacitó también a proveedores, contratistas, recicladores y clientes.
- c. Implementación: se encontraron diferentes destinos para que los residuos se transformen en materia prima: Se optó por colocar cuatro cajas de compostaje para desechos orgánicos y se sellaron distintas alianzas estratégicas con acopiadores, empresas recicladoras e incluso albergues de mascotas que serían beneficiados con los alimentos restantes del comedor de la empresa. Se aportó además a la formalización y consolidación de nuevos modelos de negocio.

Figura 4.

Iniciativas productivas apoyadas por Coca Cola.



Fuente: <https://valoragregado.net/embol-logra-certificado-cero-residuos/>

- d. Monitoreo: A partir de la implementación se realiza un constante monitoreo de la ejecución del plan y evaluación a los aliados.
- e. Mejora: como última etapa para la mejora continua de los procesos.

Se afinaron detalles y se demostró durante cinco meses consecutivos un ratio 100% de reciclaje, para garantizar el sostenimiento del proyecto, logrando la certificación de planta Cero Residuos. Hablando de otras iniciativas de éxito de EMBOL SA, podemos comentar que dicha empresa en los últimos 7 años fue implementando normativa de seguridad tanto internas como para empresas terceras, cada día más exigentes para todos los trabajos realizados al interior de sus plantas como también en la distribución de su producto. Estas normativas están basadas en la tolerancia cero de trabajar sin seguridad, impulsado principalmente por su gerente de operaciones a nivel nacional Ing. David Penazzi.

Otros casos de desarrollo de buenas prácticas

Industria INDE es una empresa dedicada a la fabricación de envases plásticos y se ha comprometido con la sostenibilidad a través de la implementación de prácticas responsables, han adoptado tecnologías de producción más eficientes y han implementado sistemas de gestión de residuos sólidos y líquidos. Además, han promovido el reciclaje de sus productos y fomentado la conciencia ambiental entre sus empleados y la comunidad.

Quinoa Foods Company han adoptado un enfoque integral de sostenibilidad, desde la producción agrícola hasta la comercialización. Han implementado prácticas agrícolas sostenibles, como el uso eficiente del agua y la protección de la biodiversidad. También han establecido alianzas con pequeños productores locales y promueven el comercio justo. Además, se enfocan en el desarrollo de productos saludables y respetuosos con el medio ambiente.

La Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS) ha realizado inversiones significativas en infraestructura para garantizar el acceso equitativo al agua potable y han implementado programas de educación y concientización sobre el uso responsable del agua. También se han comprometido con la protección de las fuentes de agua y la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Los casos mostrados destacan en el compromiso y los esfuerzos de empresas en Bolivia para integrar la seguridad y la sostenibilidad en sus operaciones. Su enfoque responsable no solo contribuye a la protección del medio ambiente, sino también

al bienestar de sus trabajadores y comunidades. Elemento clave que debe ser considerado en el caso nacional pues evidencia que, si es posible efectuar una transformación de la forma de hacer empresa en Bolivia que depende fundamentalmente de la visión de la alta dirección de las empresas y el compromiso de sus miembros.

Contrastes y oportunidad de transformación

Los casos expuestos de la industria boliviana en relación con la seguridad industrial y la sostenibilidad, marcan un contraste significativo entre condiciones de trabajo peligrosas en empresas que son ajenas a aspectos de seguridad y sostenibilidad, mientras otras han desarrollado procesos de innovación que les permite el día de hoy ostentar niveles significativos de prevención y sostenibilidad, así pues se puede percibir que la falta de conciencia, la carencia de información, la resistencia al cambio y la disponibilidad de recursos son hechos que pueden limitar a las empresas en Bolivia a realizar transformaciones. Sin embargo, a esto las oportunidades emergentes, fruto de transformaciones en la legislación o la normativa técnica y las demandas del mercado global pueden constituirse en hitos que modifiquen la salud de muchos trabajadores en Bolivia.

Para poder establecer estos hitos es necesario marcar un camino que brinde a las empresas más rezagadas en aspectos de seguridad y salud ocupacional y sostenibilidad, la visión que exponga en inicio el riesgo y las oportunidades perdidas al no constituirse como entidades integradas a la sociedad, estableciendo una perspectiva que más allá del Estado es fundamental extender una relación con la sociedad y el mercado internacional, y considerando que en las actuales condiciones en las que desarrollan sus actividades podrían ser percibidas como empresas irresponsables y poco confiables por parte de los consumidores.

Una vez comprendida su situación actual respecto al entorno se debe garantizar una solución que parte del establecimiento de manuales de buenas prácticas y el contacto efectivo entre las empresas que logran desarrollar actividades de innovación y que además cuenten con la predisposición de transferir sus conocimientos a otras entidades, posibilitando esto mediante visitas empresariales, ruedas de transferencia tecnológica y conferencias de buenas prácticas para la transformación empresarial. Al adoptar prácticas empresariales responsables y trabajar en colaboración con otras partes interesadas, las empresas bolivianas pueden mejorar su imagen pública, reducir costos operativos y fomentar el desarrollo sostenible en todo el país en su conjunto.

La globalización implica consolidar empresas que permitan lograr centros de trabajo seguros y saludables, que además puedan contar con sostenibilidad, y una relación entre el medio ambiente y las comunidades locales. El acceso limitado a recursos, la falta de información sobre aspectos de seguridad y sostenibilidad generan la falsa creencia que no existe inversión en seguridad, y que resultan un gasto que debe cumplirse como una consecuencia legal.

Finalmente, la participación del estado es crucial para el establecimiento de criterios en el marco de la seguridad y salud ocupacional y de la sostenibilidad que superen el aspecto coercitivo sancionatorio, siendo importante emplear criterios de apoyo a la seguridad y salud ocupacional mediante el apoyo a la transformación de las áreas productivas brindando facilidades impositivas, técnicas que desarrollen nuevos productos y mejoren sus procesos de producción y de acceso a financiamiento apoyando a las iniciativas de cambio positivo en las empresas.

Conclusiones

Como se pudo apreciar en el desarrollo del documento se evidenció:

El ciclo económico que ha pasado el país los últimos años ha permitido un desarrollo significativo de la industria, siendo este hecho evidente desde diversos datos e indicadores, sin embargo, a esto también se ha evidenciado la existencia de cifras significativas de accidentabilidad en el país. Al evaluar determinados campos de la industria manufacturera y extractiva se evidencian riesgos para los trabajadores que realizan actividades en los sectores tales como la minería, la producción en nano empresas industriales y la confección textil (sombrerería).

Es importante observar cómo la realidad descrita anteriormente contrasta con otras empresas que han seguido un camino de aprendizaje que ha generado una serie de lecciones aprendidas que permiten mejorar su gestión, y preservar la salud de sus trabajadores. La seguridad industrial y la protección del medio ambiente son temas fundamentales en la industria actual. Afortunadamente, gracias a los avances tecnológicos, es posible monitorear y controlar de manera continua los procesos productivos para minimizar el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajadores.

Se debe constituir mecanismos que garanticen la transferencia de experiencias, buenas prácticas e innovación entre empresas en Bolivia, que permitan inicialmente consolidar una visión empresarial que permita desarrollar un trabajo seguro y sostenible, a su vez el Estado debe promover normativa y legislación que coadyuve a promover un cambio en busca de mejorar la salud de los trabajadores.

Referencias

- Arellano Díaz, J., & Rodríguez Cabrera, R. (2013).** Salud en el trabajo y seguridad industrial. *Academia.edu*. https://www.academia.edu/41540111/Salud_en_el_trabajo_y_Seguridad_Industrial_Javier_Arellano_D%C3%ADaz
- Asfahl, C. R. (2000).** Seguridad industrial y salud (6a ed.). *Pearson Educación*. <https://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2017/02/seguridad-y-salud-industrial-ray-asfahl.pdf>
- Bunge, M. (2004).** La investigación científica: Su estrategia y su filosofía. *Siglo XXI Editores*. <https://ia600604.us.archive.org/20/items/BungeMarioLaInvestigacionCientificaSuEstrategiaYSuFilosofia/Bunge%20Mario%20-%20La%20Investigacion%20Cientifica%20-%20Su%20Estrategia%20Y%20Su%20Filosofia%20.pdf>
- Centro de Prevención y Control de Enfermedades. (2021, 16 de noviembre).** Tema de minería: Enfermedades respiratorias. <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/mining/topics/enfermedades.html>
- Cosio, G. (1972).** Características hemáticas y cardiopulmonares del minero andino. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 72(6), 547-555. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/10934/v72n6p547.pdf?sequence=1>
- Estado Plurinacional de Bolivia. (2014).** Ley de reducción de edad por trabajos insalubres. *Lexivox*. <http://www.lexivox.org>
- Huayllas, N., Huayllas, N. N., Quiri, P., Calvimontes, J., Choquevillca, N., & Moreno, R. (2014).** Factores para la adquisición de “mal de mina” en la Cooperativa Minera Siete Suyos Provincia Sud-Chichas [Trabajo de grado, Universidad Autónoma Tomás Frías]. *Repositorio institucional*.
- Mateo Floría, P. (2004).** Gestión de la higiene industrial en la empresa (5a ed.). *Fundación Confemetal*.
- Organización Internacional del Trabajo. (2019, 28 de octubre).** Micro y pequeñas empresas bolivianas son más productivas gracias a metodología de “mejora continua” de OIT. https://www.ilo.org/lima/sala-de-prensa/WCMS_718407/lang--es/index.htm
- Organización Internacional del Trabajo. (2022).** Panorama laboral 2022: América Latina y el Caribe. https://www.ilo.org/americas/publicaciones/WCMS_867497/lang--es/index.htm

República de Bolivia. (1979). Ley general de higiene y seguridad ocupacional y bienestar (Decreto Ley No. 16998). *Gaceta Oficial de Bolivia*. <https://bolivia.infoleyes.com/norma/3130/ley-general-de-higiene-y-seguridad-ocupacional-y-bienestar-decreto-ley>

República de Bolivia. (1980). Decreto Supremo No. 17305. <https://bolivia.infoleyes.com/norma/2058/decreto-supremo-17305>

Innovación Tecnológica y Gestión de Activos en la Industria Cementera: Mantenimiento Inteligente

Nelson Condorena Avila*
Carla Kaune Sarabia**
Efrain Santalla***

Resumen

La industria cementera, en su constante búsqueda de mayor eficiencia y calidad, se enfrenta al reto de adaptarse a la creciente demanda global de materiales de construcción. En este contexto, la innovación tecnológica emerge como un recurso fundamental para asegurar la competitividad y rentabilidad de estas empresas en un mercado en constante evolución. Un aspecto crítico en la gestión de esta industria es el mantenimiento de activos, que tradicionalmente se ha basado en enfoques convencionales como el mantenimiento preventivo y correctivo, fundamentados principalmente en parámetros de tiempo y desgaste. Sin embargo, estas prácticas han evidenciado limitaciones considerables en términos de costos, eficiencia operativa y tiempos de inactividad no programados. Por contraste, la adopción del mantenimiento inteligente, que incorpora tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT) y el análisis de datos, habilita una supervisión constante y una gestión predictiva de activos en tiempo real. A pesar

Palabras clave:

Innovación, gestión, activos, mantenimiento, industria cementera.

Keywords:

Innovation, management, assets, maintenance, cement industry.

Palavras chave:

Inovação, gestão, ativos, manutenção, indústria de cimento.

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: nelsoncondorenaavila@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-2415-8932>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: ckaune@hotmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-2589-6734>

*** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: esantalla@umsa.bo | <https://orcid.org/0000-0002-8934-4859>

de los innegables beneficios del mantenimiento inteligente, su implementación plantea desafíos considerables, incluyendo una inversión inicial significativa en tecnología y capacitación especializada en análisis de datos. La seguridad de los datos también constituye una preocupación constante. Además, la optimización de las actividades de mantenimiento mediante sistemas de gestión de activos computarizados (CMMS) se ha revelado como una estrategia efectiva, facilitando una planificación más precisa y una asignación eficaz de recursos. La industria del cemento, al abrazar estas innovaciones tecnológicas en su gestión de activos y mantenimiento, se encuentra en una posición óptima para cosechar beneficios sustanciales en términos de eficiencia y rentabilidad. Se plantea como objetivo del presente trabajo analizar la implementación y efectividad del mantenimiento inteligente en la industria del cemento, con un enfoque en la optimización de la eficiencia operativa y la reducción de costos, manteniendo al mismo tiempo una producción sostenible y de alta calidad.

Abstract

The cement industry, in its constant search for greater efficiency and quality, faces the challenge of adapting to the growing global demand for construction materials. In this context, technological innovation emerges as a fundamental resource to ensure the competitiveness and profitability of these companies in a constantly evolving market. A critical aspect in the management of this industry is asset maintenance, which has traditionally been based on conventional approaches such as preventive and corrective maintenance, based mainly on time and wear parameters. However, these practices have shown considerable limitations in terms of costs, operational efficiency and unscheduled downtime. In contrast, the adoption of smart maintenance, which incorporates advanced technologies such as the Internet of Things (IoT) and data analytics, enables constant monitoring and predictive management of assets in real time. Despite the undeniable benefits of smart maintenance, its implementation poses considerable challenges, including a significant initial investment in technology and specialized training in data analysis. Data security is also a constant concern. Furthermore, the optimization of maintenance activities through computerized asset management systems (CMMS) has been revealed as an effective strategy, facilitating more precise planning and efficient resource allocation. The cement industry, by embracing these technological innovations

in its asset management and maintenance, is optimally positioned to reap substantial benefits in terms of efficiency and profitability. The objective of this work is to analyze the implementation and effectiveness of intelligent maintenance in the cement industry, with a focus on optimizing operational efficiency and reducing costs, while maintaining sustainable and high-quality production.

Resumo

A indústria cimenteira, na sua constante procura por maior eficiência e qualidade, enfrenta o desafio de se adaptar à crescente procura mundial de materiais de construção. Neste contexto, a inovação tecnológica surge como um recurso fundamental para garantir a competitividade e rentabilidade destas empresas num mercado em constante evolução. Um aspecto crítico na gestão desta indústria é a manutenção de ativos, que tradicionalmente tem sido baseada em abordagens convencionais como a manutenção preventiva e corretiva, baseada principalmente em parâmetros de tempo e desgaste. No entanto, estas práticas têm apresentado limitações consideráveis em termos de custos, eficiência operacional e paragens não programadas. Em contrapartida, a adoção da manutenção inteligente, que incorpora tecnologias avançadas como a Internet das Coisas (IoT) e a análise de dados, permite o monitoramento constante e a gestão preditiva dos ativos em tempo real. Apesar dos benefícios inegáveis da manutenção inteligente, a sua implementação coloca desafios consideráveis, incluindo um investimento inicial significativo em tecnologia e formação especializada em análise de dados. A segurança dos dados também é uma preocupação constante. Além disso, a otimização das atividades de manutenção através de sistemas informatizados de gestão de ativos (CMMS) tem-se revelado uma estratégia eficaz, facilitando um planeamento mais preciso e uma alocação eficiente de recursos. A indústria do cimento, ao abraçar estas inovações tecnológicas na sua gestão e manutenção de ativos, está idealmente posicionada para colher benefícios substanciais em termos de eficiência e rentabilidade. O objetivo deste trabalho é analisar a implementação e eficácia da manutenção inteligente na indústria cimenteira, com foco na otimização da eficiência operacional e na redução de custos, mantendo uma produção sustentável e de alta qualidade.

Introducción

En el contexto de una creciente demanda global de materiales de construcción, la industria del cemento se enfrenta a desafíos persistentes que requieren una mejora constante de su eficiencia operativa y la reducción de costos, mientras se asegura una producción sostenible y de alta calidad. La innovación tecnológica emerge como un factor crítico para impulsar la competitividad y la rentabilidad de las empresas en este mercado en constante evolución.

El mantenimiento de los activos industriales desempeña un papel crucial en el rendimiento y la confiabilidad de los procesos productivos en la industria cementera. La adopción de enfoques tradicionales de mantenimiento en esta industria, que históricamente se han basado en criterios de tiempo y desgaste de los equipos, ha revelado una serie de limitaciones significativas que han impactado negativamente en la operatividad y la rentabilidad de las empresas del sector (Zamora, 2022).

En primer lugar, el mantenimiento basado en el tiempo a menudo conduce a inspecciones y tareas de mantenimiento programadas de manera regular, sin tener en cuenta las condiciones reales de los activos. Esto significa que, en muchos casos, se realizan intervenciones de mantenimiento cuando podrían no ser necesarias, lo que resulta en costos innecesarios en términos de piezas de repuesto, mano de obra y tiempo de inactividad de la maquinaria. La falta de adaptabilidad a las condiciones reales de funcionamiento puede llevar a un gasto excesivo y una utilización subóptima de los recursos (Ponsot y Zambrano, 2023).

En segundo lugar, el enfoque basado en el desgaste también presenta desafíos significativos. Con este enfoque, las intervenciones de mantenimiento se realizan cuando los equipos han alcanzado un cierto nivel de desgaste predefinido. Aunque puede parecer una estrategia lógica, esto puede conducir a un mayor riesgo de fallas inesperadas (Razzeto, 2022). La maquinaria puede desgastarse de manera impredecible, y esperar hasta que se alcance un umbral de desgaste puede resultar en tiempos de inactividad no planificados costosos y reparaciones de emergencia, lo que afecta negativamente la eficiencia operativa y la rentabilidad (Zamora, 2022).

Además, estos enfoques tradicionales no aprovechan las ventajas de las tecnologías modernas y el acceso a datos en tiempo real. La falta de monitoreo continuo y análisis de datos significa que las empresas pueden perder oportunidades para detectar y abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas costosas (Razzeto, 2022). Esto es especialmente relevante en una industria como la del cemento,

donde la operación continua y eficiente de la maquinaria es esencial para cumplir con las demandas del mercado y mantener la competitividad.

En medio de esta disyuntiva, la transición hacia el mantenimiento inteligente, basado en tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de datos, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, plantea preguntas cruciales como: ¿Puede esta transformación tecnológica revolucionar verdaderamente la industria del cemento? ¿Puede anticipar fallos, mejorar la disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento de manera efectiva? ¿Cuáles son los obstáculos y riesgos asociados a esta transformación? Estas interrogantes generan un debate fundamental sobre la necesidad de cambios sustanciales en la gestión de activos en la industria cementera, donde la innovación tecnológica podría ser tanto una solución como un desafío.

El objetivo del presente trabajo es analizar de manera detallada la implementación y efectividad del mantenimiento inteligente en la industria del cemento, con un enfoque en la optimización de la eficiencia operativa y la reducción de costos, manteniendo al mismo tiempo una producción sostenible y de alta calidad. Se emplea una metodología mixta que combina la recopilación y análisis de datos de fuentes primarias y secundarias, como informes de empresas del sector, registros de mantenimiento, datos operativos y estudios de caso. Además, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con la innovación tecnológica, la gestión de activos y el mantenimiento inteligente en la industria del cemento. Este enfoque metodológico permite obtener una visión integral de la relación entre la innovación tecnológica y la gestión de activos en esta industria, así como identificar las mejores prácticas y desafíos para la implementación exitosa del mantenimiento inteligente.

Mantenimiento Inteligente: ¿Una respuesta emergente?

El mantenimiento inteligente tiene la capacidad de evaluar el estado real de los activos en función de datos en tiempo real, lo que significa que las intervenciones se programan cuando realmente son necesarias, en lugar de en función de un calendario fijo (Cárdenas et al., 2022). Esto puede evitar la sustitución prematura de componentes y reducir los costos operativos a largo plazo. Además, al prever fallas potenciales, se pueden realizar reparaciones proactivas, lo que minimiza los tiempos de inactividad no planificados y mejora la eficiencia general de las operaciones. Sin embargo, la adopción del mantenimiento inteligente no es un camino único ni carente de desafíos. Algunos pueden argumentar que las inversiones iniciales en tecnologías avanzadas son costosas y que la capacitación del personal es fundamental.

Además, la seguridad de los datos y la ciberseguridad son preocupaciones cruciales cuando se trata de la implementación de sistemas de monitoreo en red y el análisis de datos en tiempo real (Cárdenas et al., 2022).

El avance de la innovación tecnológica ha transformado numerosos sectores industriales, y la industria cementera no es una excepción. En este contexto, la gestión de activos y el mantenimiento juegan un papel crucial para garantizar la eficiencia operativa, minimizar los tiempos de inactividad no planificados y maximizar la vida útil de los equipos en la industria cementera (Quispe y Sucari, 2022). Como ejemplo, en la figura 1, se muestra un dashboard con información de mantenimiento (Indicadores de rendimiento) generada en la nube de Microsoft con la herramienta Power BI.

Figura 1.
Dashboard en POWER BI.



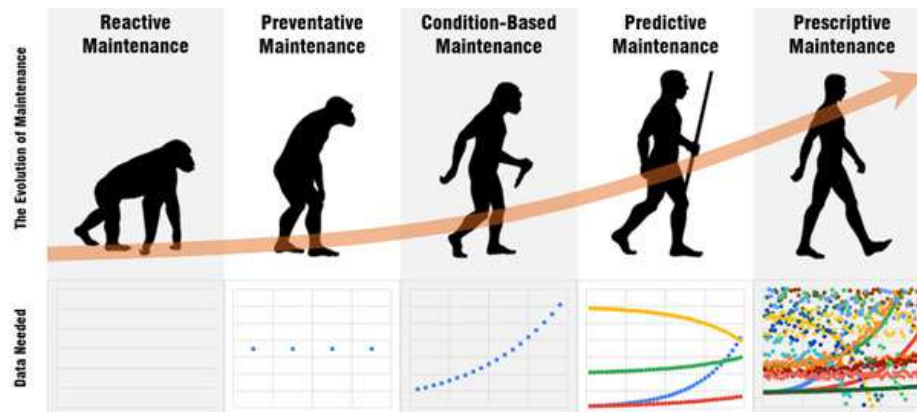
Fuente: El gráfico representa la estadística de fallas para equipos industriales, recuperado de Imágenes de Google.

Evolución del mantenimiento hacia un Mantenimiento Inteligente
 La evaluación de las estrategias de mantenimiento en la industria es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo de los activos. Comprende una variedad de enfoques, desde el mantenimiento reactivo, que se centra en reparar activos después de que han fallado, hasta el mantenimiento preventivo, que se basa en la programación de inspecciones y tareas de mantenimiento periódicas (Acevedo et al., 2022). Además, el mantenimiento basado en la condición se centra en la monitorización de parámetros específicos para tomar decisiones de mantenimiento, mientras que el mantenimiento predictivo utiliza tecnologías avanzadas para prever fallas potenciales en función de datos en tiempo real. Por último, el mantenimiento prescriptivo va más allá al proporcionar recomendaciones específicas para la acción con

base en análisis avanzados. Evaluar y seleccionar la estrategia de mantenimiento más adecuada para un entorno industrial dado implica considerar factores como la criticidad de los activos, el costo operativo, la disponibilidad de datos y la tecnología disponible, con el objetivo de optimizar la confiabilidad, la eficiencia y la rentabilidad de la operación (Cortes, 2022).

Figura 2.

Evolución de mantenimiento.



Fuente: La figura muestra la evolución del mantenimiento desde un mantenimiento reactivo hasta un mantenimiento prescriptivo, recuperado de Differences Between Condition-Based, Predictive, and Prescriptive Maintenance por Hanly, S. (2021).

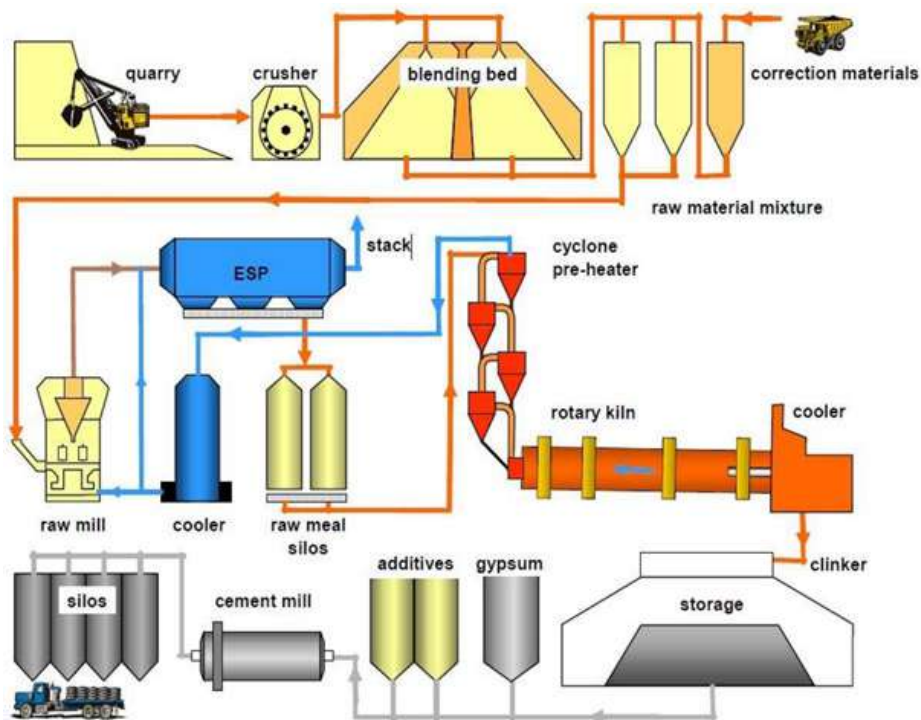
La evolución hacia el mantenimiento inteligente representa un avance significativo en la gestión de activos industriales. El mantenimiento inteligente se basa en la aplicación de tecnologías de vanguardia como el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de datos, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para llevar a cabo la monitorización y la gestión predictiva de activos en tiempo real (Reyna y Romero, 2022). Esta aproximación va más allá de la detección de fallas y la programación de tareas, ya que permite prever de manera proactiva problemas potenciales, anticiparse a las fallas y, en última instancia, optimizar los costos de mantenimiento al minimizar tiempos de inactividad no planificados y maximizar la disponibilidad de activos (Magoni et al., 2018). Evaluar la transición hacia el mantenimiento inteligente implica considerar factores adicionales como la inversión en infraestructura tecnológica, la capacitación del personal en la interpretación de datos y la toma de decisiones basada en la información proporcionada por estas tecnologías avanzadas. La elección de la estrategia de mantenimiento más adecuada dependerá de la industria, el tipo de activos y los objetivos específicos de cada organización en su búsqueda de una gestión de activos eficaz y sostenible en el largo plazo (Cortes, 2022).

Fallas en la Industria Cementera

La detección oportuna de fallas en equipos en la industria cementera tiene una gran importancia debido a que, si se logra anticipar a una parada forzosa, se pueden tomar acciones para evitar que exista pérdida en la producción y precautelar el estado de los equipos industriales (Aguilar et al., 2010). En la fabricación de cemento, hay múltiples equipos que se tienen que monitorear. En la Figura 3 se muestran los activos principales en un proceso de obtención de cemento.

Figura 3.

Proceso de fabricación de cemento.



Fuente: La gráfica muestra los equipos principales de un proceso de fabricación de cemento. Recuperado de: An Insight into the Chemistry of Cement—A Review. Por Lavagna, L., y Nisticò, R. (2023).

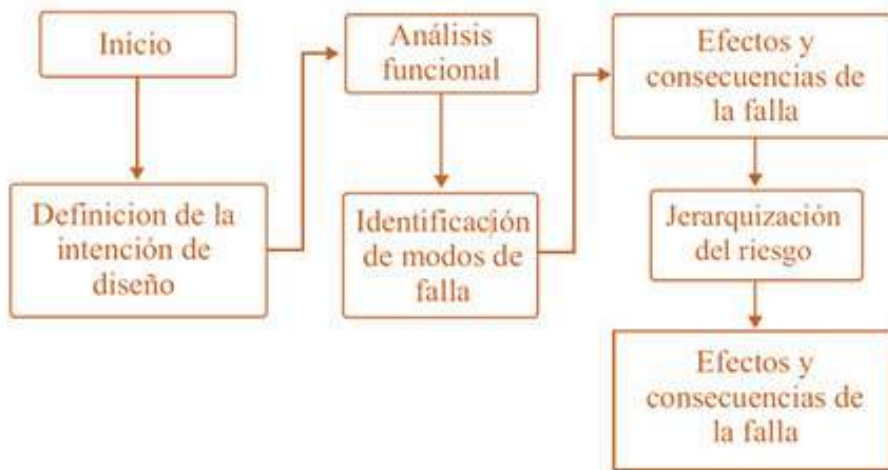
Cada falla en la industria cementera representa un riesgo potencial, entendiendo la forma en que los equipos fallan, se podrá diseñar mejores acciones correctivas o preventivas como parte del mantenimiento. Estas acciones se derivan del proceso de análisis de modos de falla, donde a cada modo de falla se le asigna una tarea específica. Un modo de falla puede definirse como la forma en que un equipo o activo experimenta una falla (Aguilar et al., 2010).

En la industria cementera, las averías ocurren cuando no existe un buen control en la detección oportuna de anomalías para prevenir que el equipo falle. Es por eso que existe en muchas fábricas el Mantenimiento Basado en Condición (MBC), que es una forma de detectar anomalías antes que ocurra la falla por medio de técnicas predictivas (Conklin et al.,2011).

Un modo de falla es la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función, a cada modo de falla se le asigna una acción de mitigación o prevención dentro del proceso de Administración del Riesgo. Estas acciones pueden estar dirigidas a desviaciones del proceso, factores humanos u otros aspectos relevantes. En el caso específico del FMECA (Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad), cuyo objetivo es diseñar un plan de mantenimiento, a cada modo de falla se le asignará una tarea específica relacionada con el mantenimiento (Aguilar et al., 2010).

Figura 4.

Diagrama de la metodología de análisis de modos de falla y sus efectos - FMEA.



Fuente: En la figura se muestra la secuencia para el análisis de modos de falla y efectos en equipos industriales, recuperado de Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad por Aguilar et al. (2010).

Se puede observar en la figura 4 que, la metodología para analizar los modos de falla implica definir la intención de diseño para el análisis, realizar el análisis de funciones de los equipos, identificar los modos de falla y efectos, realizar una jerarquización del riesgo y analizar las consecuencias de una determinada falla.

Los efectos de la falla se refieren a cómo se manifiesta el problema, es decir, cómo afecta al conjunto ante la falla del equipo o activo, ya sea localmente o en otras partes del sistema. Estas manifestaciones pueden incluir aumentos o disminuciones de nivel,

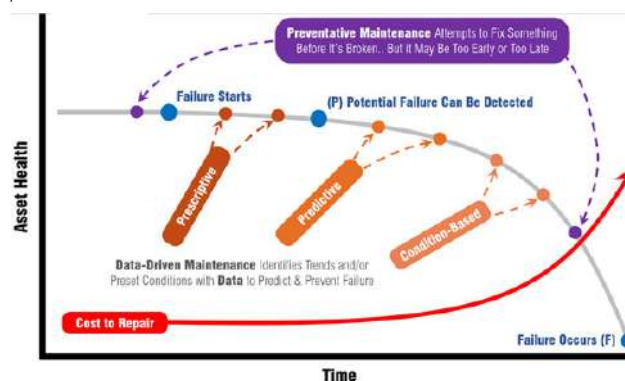
variaciones de temperatura, activación de señales, alarmas o dispositivos de seguridad, entre otras. Además, se toma en cuenta la sintomatología asociada con la falla, como ruidos o aumentos en la vibración, entre otros posibles indicadores (Aguilar et al., 2010).

Por otro lado, la falla de un activo se puede analizar según la curva P-F, que es una herramienta utilizada en el mantenimiento predictivo de activos industriales para evaluar y prever el tiempo entre el punto en el que se detecta un problema potencial (P, de “Potential Failure”) y el punto en el que efectivamente ocurre una falla (F, de “Failure”) (Medina y Moreno, 2022). Esta curva es una representación gráfica que permite a los equipos de mantenimiento anticipar y planificar intervenciones antes de que ocurra una falla no planificada. El eje horizontal de la curva P-F representa el tiempo, mientras que el eje vertical representa la condición del activo. La curva comienza en el punto P, que indica el momento en el que se detecta una anomalía o un cambio en la condición del activo. A partir de este punto, se inicia un período de tiempo llamado “vida restante del activo”. Durante esta fase, el equipo de mantenimiento puede llevar a cabo inspecciones y monitoreo adicionales para determinar cuándo se acerca el punto F, que es el momento en el que se espera que ocurra la falla.

La utilidad de la curva P-F radica en la capacidad de programar las actividades de mantenimiento de manera proactiva antes de que ocurra una falla, lo que puede minimizar los tiempos de inactividad no planificados, reducir los costos de reparación y prolongar la vida útil de los activos (Contreras y Rojano, 2023). Además, al monitorear continuamente la condición de los activos y utilizar tecnologías de mantenimiento inteligente, como sensores y análisis de datos, se puede afinar la precisión de la curva P-F, permitiendo una gestión más eficiente de los activos.

Figura 5.

Curva P-F para un activo industrial



Fuente: La figura muestra la curva P-F para un activo desde el inicio de la falla hasta la pérdida de función del equipo, recuperado de Differences Between Condition-Based, Predictive, and Prescriptive Maintenance por Hanly, S. (2021).

Criterio de Disponibilidad en el Mantenimiento Industrial

La disponibilidad, que es el objetivo principal del mantenimiento, es la confianza en que un componente o sistema que ha sido sometido a mantenimiento, sea capaz de desempeñar satisfactoriamente su función durante un período de tiempo determinado (Mesa et al., 2006). De manera práctica, la disponibilidad se expresa en términos porcentuales del tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, es decir, su capacidad de operar de manera continua. Buscar el equilibrio entre la disponibilidad y el costo es un aspecto muy importante con la finalidad de obtener los mayores beneficios para la organización. Dependiendo de los requisitos específicos del sistema, el diseñador puede ajustar los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad para reducir el costo total del ciclo de vida (Mesa et al., 2006).

A continuación, en la tabla 1, se muestran ejemplos de equipos que necesitan tener alta confiabilidad, mientras que otros necesitan tener alta disponibilidad o alta mantenibilidad.

Tabla 1.

Requisitos de algunos sistemas y enfoque de los indicadores

| | Requisitos | Ejemplos |
|---|---|-----------------------------|
| 1 | Alta confiabilidad | Generación de electricidad |
| | Poca disponibilidad | Tratamiento de agua |
| 2 | Alta disponibilidad | Refinerías de petróleo |
| | | Acerías |
| 3 | Alta confiabilidad | Incineradores hospitalarios |
| | Alta mantenibilidad | |
| 4 | Disponibilidad basada en buena práctica | Procesamiento por etapas |
| 5 | Alta disponibilidad | Sistemas de emergencia |
| | Alta confiabilidad | Plataformas petroleras |

Nota. Esta tabla muestra categorías de disponibilidad para diferentes ejemplos, recuperado de La Confiabilidad, la Disponibilidad y la Mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al Mantenimiento por Mesa et al. (2006)

Matemáticamente la disponibilidad $D(t)$ es la relación entre el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas) y el tiempo total de reparación TMPR (Tiempo Medio Para Reparaciones) (Mesa et al., 2006).

Primera forma

$$D(t) = \frac{\sum \text{tiempos disponibles para la producción}}{\sum \text{tiempos disponibles para la producción} + \sum \text{tiempos en mantenimiento}}$$

Primera forma

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

El Tiempo Medio de Reparación (TMPR) depende, en general, de varios factores, como la facilidad con la que se puede realizar el mantenimiento en el equipo o sistema, el nivel de capacitación profesional de quienes realizan la intervención, así como de las características organizacionales y la eficiencia en la planificación del mantenimiento (Mesa et al., 2006).

Asimismo, la disponibilidad está expuesta a condiciones de entorno humano operacional. El uso de tecnologías avanzadas y servicios personalizados, podría mejorar las interacciones entre el operador y el sistema que controla (Bajic et al., 2008). En la industria del cemento, la reducción de gastos está estrechamente vinculada a lograr que los equipos funcionen de manera más prolongada y eficiente. Esto disminuye el riesgo de averías inesperadas y optimiza las operaciones de mantenimiento preventivo (Bigares et al., 2022). Esto se traduce en una producción continua y eficiente, la minimización de tiempos de inactividad no planificados, una mayor confiabilidad de los activos y la optimización de costos de mantenimiento. En un mercado altamente competitivo, la capacidad de mantener activos disponibles y en condiciones óptimas es esencial para impulsar la rentabilidad y la competitividad de las empresas industriales (Pérez, 2022).

Implementación de Mantenimiento Inteligente: Industria Cementera

La implementación exitosa del mantenimiento inteligente en la industria cementera ha demostrado numerosos beneficios. En primer lugar, se logra una mayor disponibilidad y confiabilidad de los activos, ya que las fallas se detectan y abordan de manera proactiva. Esto se traduce en una reducción significativa de los costos asociados con los tiempos de inactividad no planificados y las reparaciones de emergencia (Bigares et al., 2022). Además, el mantenimiento inteligente permite una mayor eficiencia operativa al optimizar las tareas de mantenimiento y reducir los tiempos de inactividad planificados. Esto se traduce en un aumento de la productividad y la rentabilidad en la industria cementera (Ponsot y Zambrano, 2023).

La implementación del mantenimiento inteligente, si bien ofrece un conjunto impresionante de beneficios, no es un proceso exento de obstáculos y desafíos. Uno de los desafíos más destacados es la inversión inicial necesaria para adoptar estas tecnologías y sistemas. Esto implica la adquisición de equipos de monitoreo avanzados, la implementación de sensores en activos, la configuración de infraestructura de red adecuada y el desarrollo o adquisición de software especializado (Cárdenas et al., 2022). Este gasto inicial puede ser una barrera significativa para muchas empresas, especialmente las más pequeñas o aquellas que ya están operando con márgenes ajustados.

Además de la inversión financiera, la implementación exitosa del mantenimiento inteligente requiere una inversión considerable en la capacitación del personal. Los empleados deben estar preparados para operar y mantener la nueva tecnología, así como para comprender y analizar los datos generados (Cárdenas et al., 2022). Esto incluye la formación en la configuración de sensores, la interpretación de los resultados y la toma de decisiones basada en datos. La capacitación es un proceso continuo a medida que evolucionan las tecnologías y las mejores prácticas, lo que significa que las empresas deben comprometerse con la educación continua de su personal.

La recopilación masiva de datos en tiempo real y su posterior análisis requieren habilidades específicas que a menudo no están presentes en las organizaciones (Butala et al., 2020). La falta de expertos en análisis de datos puede obstaculizar la capacidad de una empresa para aprovechar al máximo el potencial del mantenimiento. Por lo tanto, las empresas deben considerar la contratación de profesionales con experiencia en este campo o proporcionar formación adicional a su personal existente. Además, es fundamental destacar que la seguridad de los datos es una preocupación constante en la implementación del mantenimiento inteligente. A medida que se recopilan grandes cantidades de datos relacionados con la operación de los activos, se deben implementar sólidas medidas de ciberseguridad para proteger estos datos de posibles amenazas. La pérdida de datos o la exposición a ciberataques pueden tener consecuencias significativas en términos de pérdida de competitividad y confianza del cliente (Butala et al., 2020).

Mejora de la disponibilidad y confiabilidad de los activos

La mejora de la disponibilidad y confiabilidad de los activos en la industria del cemento a través del mantenimiento inteligente es un proceso que abarca múltiples aspectos clave. En primer lugar, el monitoreo en tiempo real proporciona una visibilidad constante sobre el estado de los activos (Apostolov, 2006). Esto significa que

cualquier cambio inusual en la temperatura, la vibración, la presión u otros parámetros críticos puede ser detectado instantáneamente, permitiendo una respuesta inmediata para abordar cualquier problema emergente antes de que se convierta en una falla costosa.

Además, el análisis de datos desempeña un papel fundamental al aprovechar algoritmos avanzados y técnicas de inteligencia artificial para identificar patrones y tendencias en los datos de los activos. Esto va más allá de la simple detección de problemas evidentes, ya que puede revelar indicadores tempranos de desgaste o deterioro que podrían no ser apreciables de manera inmediata (Hart, 2005). Como resultado, las acciones de mantenimiento preventivo o predictivo pueden llevarse a cabo en el momento óptimo para evitar problemas mayores.

La combinación de monitoreo en tiempo real y análisis de datos no solo reduce los tiempos de inactividad no planificados, sino que también mejora la confiabilidad de los activos al garantizar que estén operando dentro de parámetros seguros y eficientes en todo momento (Parejo, 2021). Esto no solo aumenta la productividad, sino que también contribuye a la seguridad de las operaciones y a la calidad del producto final, factores cruciales en la industria del cemento. En última instancia, la mejora de la disponibilidad y confiabilidad de los activos a través del mantenimiento inteligente se traduce en un aumento significativo de la eficiencia operativa y la rentabilidad de las empresas cementeras.

Reducción de los costos de mantenimiento

La reducción de los costos de mantenimiento mediante la implementación del mantenimiento inteligente en la industria cementera es un aspecto clave que merece una ampliación detallada. Esta estrategia permite un enfoque proactivo hacia el cuidado de los activos, lo que significa que las reparaciones o reemplazos de piezas se realizan antes de que ocurran fallas catastróficas (Suarez y Paredes, 2022). Esto evita los costosos tiempos de inactividad no planificados, ya que las interrupciones en la producción pueden resultar en pérdida de ingresos significativos.

Además, el mantenimiento inteligente se beneficia de la recopilación y análisis de datos a lo largo del tiempo. Los algoritmos avanzados pueden identificar patrones de desgaste y desempeño de activos, lo que permite una programación precisa de las intervenciones de mantenimiento (Contreras y Rojano, 2023). Esto se traduce en un uso más eficiente de los recursos y una reducción de los costos asociados con el mantenimiento preventivo, ya que las acciones se toman en función de la necesidad real en lugar de una programación fija.

Otro aspecto importante es la prolongación de la vida útil de los activos. Al detectar y abordar problemas tempranos, el mantenimiento inteligente permite que los activos funcionen en condiciones óptimas durante más tiempo antes de requerir reemplazo (Velez de Villa, 2022). Esto no solo ahorra en costos de reemplazo de activos, sino que también maximiza el retorno de la inversión en equipos y maquinaria.

Optimización de las actividades de mantenimiento

La optimización de las actividades de mantenimiento en la industria cementera es un proceso que abarca diversas dimensiones cruciales para su éxito. Los sistemas de gestión de activos computarizados (CMMS) son un componente fundamental en esta optimización. Estos sistemas no solo centralizan y gestionan toda la información relacionada con los activos, sino que también ofrecen una variedad de beneficios:

En primer lugar, los CMMS permiten una planificación precisa de las tareas de mantenimiento. Los calendarios de mantenimiento se pueden configurar de manera que las inspecciones, revisiones y reparaciones se realicen en el momento más oportuno, teniendo en cuenta factores como la carga de trabajo, la disponibilidad de piezas de repuesto y la programación de producción (Acevedo et al., 2022). Esto evita la interrupción innecesaria de las operaciones y contribuye a una producción más fluida. Además, los CMMS brindan una mayor visibilidad y trazabilidad de las actividades de mantenimiento. Los registros de mantenimiento son detallados y se mantienen de manera organizada, lo que facilita la supervisión y el seguimiento del estado de los activos. Esto es especialmente valioso en la industria cementera, donde la seguridad y la calidad son de suma importancia.

Otra ventaja importante es la asignación eficiente de recursos. Los CMMS ayudan a programar las tareas de mantenimiento de acuerdo con la disponibilidad de técnicos, herramientas y repuestos. Esto significa que los recursos se utilizan de manera más efectiva y que no se desperdician en esperas innecesarias o tareas duplicadas. Por último, los CMMS generan informes y análisis que respaldan la toma de decisiones estratégicas. Los datos recopilados a lo largo del tiempo permiten identificar tendencias y áreas de mejora en el proceso de mantenimiento (Acevedo et al., 2022). Esto es esencial para la mejora continua y la optimización de las operaciones en la industria del cemento.

Resultados y discusiones

La aplicación del mantenimiento inteligente ha demostrado tener un impacto positivo en la disponibilidad y confiabilidad de los activos en la industria del cemento. Gracias al monitoreo en tiempo real y al análisis de datos, es posible detectar y abordar problemas potenciales de manera anticipada, evitando tiempos de inactividad no planificados y mejorando la productividad de las instalaciones de manera significativa.

El mantenimiento inteligente ha demostrado ser una estrategia efectiva para reducir los costos asociados con el mantenimiento en la industria cementera. La capacidad de detectar fallas tempranas y tomar medidas preventivas permite minimizar los costos de reparaciones de emergencia y los tiempos de inactividad, lo que se traduce en ahorros significativos a largo plazo. La implementación de tecnologías como los sistemas de gestión de activos computarizados (CMMS) ha facilitado la planificación y programación de las tareas de mantenimiento en la industria cementera. Esto permite una asignación más eficiente de los recursos, una mayor coordinación entre los equipos de mantenimiento y una reducción de los tiempos de inactividad planificados.

La implementación de estas estrategias ha demostrado ser altamente beneficiosa para mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad de las empresas en este sector. Sin embargo, es importante tener en cuenta algunos aspectos discutibles en relación con el mantenimiento inteligente en la industria cementera. Por ejemplo, se debe considerar la inversión inicial requerida para implementar las tecnologías y sistemas necesarios. Esto puede representar un desafío para algunas empresas, especialmente para aquellas de menor tamaño o con recursos limitados. Es esencial evaluar cuidadosamente los costos y beneficios antes de tomar decisiones de implementación.

Además, la capacitación y el desarrollo de habilidades del personal son fundamentales para el éxito del mantenimiento inteligente. Es necesario contar con profesionales capacitados en análisis de datos y en el uso de las tecnologías utilizadas en el mantenimiento inteligente. La falta de personal con preparación puede limitar la efectividad de la implementación y reducir los beneficios esperados. Otro punto a considerar es la seguridad de los datos recopilados y analizados en el mantenimiento inteligente. Las empresas deben asegurarse de implementar medidas de seguridad adecuadas para proteger la información sensible y garantizar la confidencialidad de los datos. Finalmente, es importante destacar que el mantenimiento inteligente en la industria cementera es un campo en constante evolución. A medida que

nuevas tecnologías y enfoques surgen, es necesario continuar investigando y adaptándose a los avances tecnológicos para mantenerse al día y maximizar los beneficios de la innovación tecnológica en la gestión.

Conclusiones

El mantenimiento inteligente, basado en tecnologías como el IoT, el Machine Learning y la IA, tiene un impacto significativo en la industria cementera, permitiendo mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los activos, reducir los costos de mantenimiento y optimizar las actividades de mantenimiento. El monitoreo en tiempo real y el análisis de datos son herramientas clave en el mantenimiento inteligente, ya que proporcionan información en tiempo real sobre el estado de los activos, permitiendo una detección temprana de problemas y una toma de decisiones proactiva.

La implementación de sistemas de gestión de activos computarizados (CMMS) facilita la planificación y programación de las tareas de mantenimiento, mejorando la eficiencia y la coordinación entre los equipos. La inversión inicial y la capacitación del personal son aspectos críticos en la implementación exitosa del mantenimiento inteligente, ya que se requiere un compromiso financiero y recursos humanos adecuados para aprovechar al máximo las tecnologías y maximizar los beneficios. El mantenimiento inteligente en la industria cementera tiene el potencial de generar ahorros significativos a largo plazo al reducir los tiempos de inactividad no planificados, minimizar los costos de reparaciones de emergencia y optimizar la productividad de las instalaciones.

En resumen, la adopción de tecnologías de mantenimiento inteligente en la industria cementera es una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad. Sin embargo, es necesario evaluar cuidadosamente los costos y beneficios, garantizar la capacitación adecuada del personal y asegurar la seguridad de los datos. La industria cementera puede beneficiarse en gran medida de la implementación de estas innovaciones tecnológicas en su gestión de activos y mantenimiento.

Referencias

Acevedo, L., Acuña, M., Bazán, A., Grijalba, E., Guarderas, M., Huaila, C., y Lázaro, D. (2022). La Implementación de un Sistema ERP en las PYMES de Manufactura. *Gestión De Operaciones Industriales*, 1(1), 61-72. <https://doi.org/10.17268/goi4.0.2022.04>

- Aguilar, J., Magaña, D, y Torres, R. (2010).** Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1), 15–26. <https://bit.ly/3NCL7lq>
- Apostolov, A. (2006).** Automatic Fault Analysis and User Notification for Predictive Maintenance. *AREVA T&D Energy Automation & Information*. <https://doi.org/10.1109/citcon.2006.1635705>
- Bajic, E., Dobre, D., Morel, G., y Petin, J.-F. (2008).** Improving digital interaction for operator-driven process-plant operation. *Centre de Recherche En Automatique de Nancy (CRAN)*. <https://bit.ly/44oUCuK>
- Bigares, F., Guitiss, H., y Fernandes, D. (2022).** Propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento con Base en la Filosofía Lean e Industria 4.0. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 8(587), 1-16. <https://doi.org/10.32358/rpd.2022.v8.587>
- Butala, A., Daji, D., Ghule, K., Gagdani, S., Kamat, H., y Talele, P. (2020).** Cloud-Based Asset Monitoring and Predictive Maintenance in an Industrial IoT System. *International Conference for Emerging Technology (INCET)*. <https://doi.org/10.1109/INCET49848.2020.9154148>
- Cárdenas, A., Cardona, A., Cardona, C., y Ñañez, A. (2022).** Propuesta de un modelo de uso de elementos de la industria 4.0 en industrias intensivas en activos. *20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.11.412>
- Conklin, C., Kurosky, J., y Stewart, C., (2011).** Incorporating an Advanced Maintenance Strategy Improves Equipment Reliability and Reduces Cement Plant Costs. *53rd Cement Industry Technical Conference*. <https://doi.org/10.1109/citcon.2011.5934564>
- Contreras, S. y Rojano, X. (2023).** Sistema Inteligente De Monitoreo Y Control Para La Planta de Tratamiento de Agua Potable “El Carrizal-Salcedo” Basado en IoT e Inteligencia Artificial. *Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador*. <https://bit.ly/44T7NnJ>
- Cortes, G. (2022).** Metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos de construcción. *Universidad Cooperativa De Colombia*. <https://bit.ly/3LoZr0e>
- Hanly, S. (2021).** Differences Between Condition-Based, Predictive, and Prescriptive Maintenance. <https://bit.ly/3PHQC4n>

- Hart, D. (2005).** Linking Equipment Reliability & Optimum Repair Practices: A Business-Based Maintenance Approach. *Record Cement Industry Technical Conference*. <https://doi.org/10.1109/citcon.2005.1516355>
- Lavagna, L., y Nistico, R. (2023).** An Insight into the Chemistry of Cement—A Review. *Appl. Sci.* 2023, 13, 203. <https://doi.org/10.3390/app13010203>
- Magoni, S., Riva, M., y Scarpellini, M., Testa, M. (2018).** Asset Assessment Method in a MV Predictive Model to Estimate the Asset Status. *Petroleum and Chemical Industry Conference Europe (PCIC Europe)*. <https://doi.org/10.23919/pciceurope.2018.8491417>
- Medina, L., y Moreno, C. (2022).** Identificación de Factores Relevantes que Afectan el Desempeño Organizacional en Empresas con Tecnología del Internet de las Cosas (IoT): Un Estudio Multicaso en Colombia. *Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia*. <https://bit.ly/44T6Lln>
- Mesa, D., Ortiz, Y., y Pinzón, M. (2006).** La Confiabilidad, la Disponibilidad y la Mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al Mantenimiento. *Scientia et Technica Año XII*, 30, 155-160. <https://bit.ly/3CShCH2>
- Parejo, M. (2021).** Desarrollo Metodológico para la Optimización del coste eléctrico en fábricas de Cemento mediante el uso de Inteligencia Artificial. *Universidad de Sevilla, Sevilla, España*. <https://bit.ly/3PoUaa6>
- Pérez, V. (2022).** Metodología para administración de falla, desgaste y obsolescencia en gestión de activos industriales. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 99-119. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.925>
- Ponsot, E., y Zambrano, T. (2023).** Aplicación de un modelo estocástico para el Análisis RAM de Máquinas Rotatorias en la Industria 4.0. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 5818-5851. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5756
- Quispe, U., y Sucari, Y. (2022).** Tecnologías Convergentes en la Industria 4.0 (I4.0). *Revista de Ciencias Sociales Aplicadas Waynarroque*, 64-74. <https://bit.ly/3pzwAhU>
- Razzeto, J. (2022).** Mantenimiento RCM y disponibilidad de equipos de la sección de embolsado y despacho de una empresa cementera. *Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Peru*. <https://bit.ly/3r8kkpH>
- Reyna, A., y Romero, C. (2022).** Propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad mecánica de las maquinarias de construcción, en una empresa constructora aplicando RCM y TPM. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú*. <https://bit.ly/3PFyfvJ>

- Suárez, J. y Paredes, S. (2022).** El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 10(24), 1-18. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81727>
- Velez de Villa, C. (2022).** Valorización de la Empresa YURA S.A. *Universidad del Pacifico, Escuela de posgrado, Lima, Peru.* <https://bit.ly/438lXiX>
- Zamora, I. (2022).** Desarrollo de un sistema mantenimiento basado en condición con incorporación de indicadores de sostenibilidad energética para el proceso productivo de fibrocemento en la empresa Plycem bajo el concepto IoT. *Instituto Tecnológico De Costa Rica.* <https://bit.ly/3Pl0fE>

Análisis de componentes principales para identificar la variabilidad temperaturas medias en Bolivia

Carlos Nina Choque*
Scirley Nina Yucra**
Juan Quispe Apaza***

Palabras clave:

Temperatura media, varianza, componentes principales, cambio climático, análisis de componentes principales.

Keywords:

Temperatura média, variância, componentes principais, alterações climáticas, análise de componentes principais.

Palavras chave:

PCA; Temperatura média, variância; componentes principais; mudança climática.

Resumen

El estudio aplica análisis de componentes principales (PCA), para identificar la variabilidad de las temperaturas medias en diferentes regiones de Bolivia, encontrando patrones comunes en los datos. Se recopilieron datos de temperaturas de 10 ciudades capitales, registrados en la base de datos de entidades públicas desde el año 1990 hasta abril de 2023. Se identificaron los principales componentes que contribuyen a la variabilidad de las temperaturas. Los componentes revelan la tendencia común en temperaturas medias en Bolivia, proporcionando una comprensión más profunda de los factores que influyen en las variaciones climáticas en el país. Existen dos componentes principales, PC1 y PC2, (PC1, PC2 representa el 66.46% y 7.76 % de la varianza total respectivamente). Las capitales de El Alto, Oruro, Cochabamba y Santa Cruz aportan más varianza a PC1; Sucre y Potosí aportan más varianza a PC2. La temperatura media de El Alto, Oruro oscilan entre 7 a 9 °C, Cochabamba entre 17 a 19 °C, Santa Cruz entre 24 a 26 °C, dando temperaturas

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: cnina1010@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0001-8113-0189>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: scirleymaritzaninayucra@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-5456-9492>

*** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: juancarlos_quispeapaza@hotmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-7533-6604>

relativamente constantes; en el caso de Potosí la temperatura media oscila entre 7 a 11 °C, Sucre entre 13 a 17 °C la variabilidad de temperatura media es relativa. Las ciudades de La Paz, Cobija, Trinidad y Tarija son más propensas a cambios de temperatura bruscos, se presentan también cambios de humedad o sequedad de terreno. Los resultados obtenidos son útiles en la toma de decisiones en áreas como: agricultura, planificación urbana y gestión de recursos naturales.

Abstract

The study applies principal component analysis (PCA) to identify the variability of average temperatures in different regions of Bolivia, finding common patterns in the data. Temperature data were collected from 10 capital cities, recorded in the database of public entities from 1990 to April 2023. The main components that contribute to the variability of temperatures were identified. The components reveal the common trend in average temperatures in Bolivia, providing a deeper understanding of the factors that influence climatic variations in the country. There are two main components, PC1 and PC2, (PC1, PC2 represent 66.46% and 7.76% of the total variance respectively). The capitals of El Alto, Oruro, Cochabamba and Santa Cruz contribute more variance to PC1; Sucre and Potosí contribute more variance to PC2. The average temperature of El Alto, Oruro ranges between 7 to 9 °C, Cochabamba between 17 to 19 °C, Santa Cruz between 24 to 26 °C, giving relatively constant temperatures; In the case of Potosí the average temperature ranges between 7 to 11 °C, Sucre between 13 to 17 °C, the average temperature variability is relative. The cities of La Paz, Cobija, Trinidad and Tarija are more prone to sudden changes in temperature, changes in humidity or dryness of the terrain also occur. The results obtained are useful in decision making in areas such as: agriculture, urban planning and natural resource management.

Resumo

O estudo aplica a análise de componentes principais (PCA) para identificar a variabilidade das temperaturas médias em diferentes regiões da Bolívia, encontrando padrões comuns nos dados. Foram coletados dados de temperatura de 10 capitais, registrados em banco de dados de órgãos públicos de 1990 a abril de 2023. Foram identificados os principais componentes que contribuem para a variabilidade das temperaturas. Os

componentes revelam a tendência comum das temperaturas médias na Bolívia, proporcionando uma compreensão mais profunda dos fatores que influenciam as variações climáticas no país. Existem dois componentes principais, PC1 e PC2, (PC1, PC2 representam 66,46% e 7,76% da variância total, respectivamente). As capitais El Alto, Oruro, Cochabamba e Santa Cruz contribuem com maior variação para PC1; Sucre e Potosí contribuem com mais variância para PC2. A temperatura média de El Alto, Oruro varia entre 7 a 9 °C, Cochabamba entre 17 a 19 °C, Santa Cruz entre 24 a 26 °C, proporcionando temperaturas relativamente constantes; No caso de Potosí a temperatura média varia entre 7 a 11 °C, Sucre entre 13 a 17 °C, a variabilidade média da temperatura é relativa. As cidades de La Paz, Cobija, Trinidad e Tarija são mais propensas a mudanças bruscas de temperatura, também ocorrem mudanças de umidade ou ressecamento do terreno. Os resultados obtidos são úteis na tomada de decisões em áreas como: agricultura, planejamento urbano e gestão de recursos naturais.

Introducción

La variabilidad de las temperaturas medias desempeña un papel fundamental en el estudio del clima y sus consecuencias en diferentes regiones. Este fenómeno actúa como indicador clave del cambio climático, afectando la salud de los ecosistemas, los ciclos hidrológicos, los niveles del mar, la agricultura y la seguridad alimentaria, así como la salud humana. Además, tiene implicaciones directas en la economía y la sociedad, ya que influye en sectores clave. Comprender estas variaciones es esencial para anticipar y abordar los impactos del cambio climático en diversos aspectos de la vida cotidiana y en la sostenibilidad a largo plazo del planeta.

En el caso de Bolivia, país con una geografía diversa y amplia gama de condiciones climáticas, comprender la variabilidad de las temperaturas medias es crucial para la toma de decisiones en áreas como agricultura, planificación urbana y gestión de recursos naturales.

El estudio, implica múltiples factores interrelacionados que contribuyen a la complejidad de los sistemas climáticos y sus impactos. La técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) puede justificarse como una herramienta analítica valiosa para desentrañar la estructura subyacente de estos datos climáticos complejos. Al aplicar PCA a conjuntos de datos de temperaturas medias, se pueden identificar patrones dominantes y relaciones clave entre variables, ayudando a simplificar la información y resaltar las tendencias más significativas. Esto facilita la

interpretación de la variabilidad climática y contribuye a una comprensión más profunda de cómo diferentes factores interactúan en el contexto del cambio climático, ofreciendo así información valiosa para la toma de decisiones y la formulación de políticas.

Se aplicará el análisis de componentes principales (PCA) para examinar la variabilidad de las temperaturas medias en diferentes regiones de Bolivia. La técnica proporcionará información sobre las tendencias comunes y los factores subyacentes que influyen en las variaciones climáticas en el país.

El análisis de la temperatura media ha generado diversos estudios (Nina y Quispe, 2022; Tejeda, 2013; Plateros, 2019). Los investigadores se han orientado a descubrir: (i) La degradación del suelo que se produce por la pérdida de cobertura vegetal; (ii) la valoración del estrés térmico que afecta a empleados (Rayo, 2022); (iii) el daño en la siembra de trigo al sur de Buenos Aires por causas climáticas, para obtener mapas de riesgo de temperaturas extremas frías para un periodo sensible del cultivo de trigo en esa región; (iv) el análisis si las temperaturas extremadamente elevada afecta en la mortalidad de las personas de diferente grupo de edad (Linares y Diaz, 2008); (v) el cambio climático afecta en la producción de alimentos en distintas regiones, lo que da un riesgo a lo que está expuesta la seguridad alimentaria de comunidades (Montenegro y Pitti, 2020); (vi) aumento de las precipitaciones a consecuencia del aumento de la temperatura (Pettit, 2022); (vii) el calor extremo provoca frío extremo (Pettit, 2022).

Con base en las características geográficas de Bolivia, se identifican los cambios de temperatura media en las ciudades capitales de Bolivia, que influyen en el cambio climático que ocasionan sequía, humedad, desborde de ríos, heladas, y descongelación de glaciares.

Materiales y métodos

Existen métodos estadísticos cuyo objetivo principal es definir la estructura subyacente de los datos y la interrelación que existen entre las variables, tales como el PCA (Análisis de componentes principales) y FA (Análisis factorial). PCA es una técnica no supervisada, lo que significa que no tiene en cuenta la información de las variables dependientes. Por otro lado, FA es una técnica supervisada, lo que significa que utiliza la información de las variables dependientes para identificar los factores que mejor explican la varianza de los datos.

El análisis de componentes principales (PCA) es adecuado para identificar la variabilidad de las temperaturas medias en Bolivia en comparación con el análisis factorial (FA) debido a su enfoque en la varianza total de los datos (Amat, 2017). PCA se

centra en la varianza total, ayuda a identificar los componentes principales que explican la mayor parte de la variabilidad en las temperaturas medias, lo que es crucial para comprender los patrones climáticos en diferentes regiones de Bolivia. Por otro lado, el análisis factorial se centra en la varianza compartida entre las variables dependientes, lo que puede no ser tan relevante para el estudio de la variabilidad climática.

La investigación tiene como objetivo abordar la variabilidad de las temperaturas medias a través de la aplicación del Análisis de Componentes Principales (PCA). Se busca comprender la estructura subyacente de los datos climáticos, identificar patrones y relaciones clave entre variables relevantes. Se procederá a la recopilación de datos climáticos históricos, su preprocesamiento y la aplicación del PCA para analizar la variabilidad. Los resultados serán interpretados y validados estadísticamente, proporcionando conclusiones significativas sobre la influencia de diferentes factores climáticos. Este enfoque contribuirá a una comprensión más profunda de la variabilidad climática, con implicaciones para la toma de decisiones y la gestión climática en la región estudiada.

Para realizar el análisis estadístico se recurre como fuente a diversas instituciones como: INE (Instituto Nacional de Estadística), Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. Estos datos obtenidos se muestran en la tabla 1 y la tabla 2.

Tabla 1.

Base de datos, temperatura media ciudades capitales por departamento de Bolivia, periodo: 1990-2023.

| Periodo | Sucre | La Paz | Cochabamba | Oruro | Potosí | Tarija | Santa Cruz | Trinidad | Cobija | El Alto |
|---------|-------|--------|------------|-------|--------|--------|------------|----------|--------|---------|
| <dtm> | <dbl> | <dbl> | <dbl> | <dbl> | <dbl> | <dbl> | <dbl> | <dbl> | <dbl> | <dbl> |
| 1990-01 | 15.9 | 11.6 | 19.2 | 11.6 | 8 | 20.8 | 25.8 | 26 | 25.4 | 8.01 |
| 1990-02 | 15 | 11.7 | 18.3 | 11 | 7.4 | 19.8 | 26.4 | 27.4 | 25.6 | 8.31 |
| 1990-03 | 16.4 | 12.1 | 19.6 | 10.2 | 7.8 | 21.2 | 26.8 | 26.9 | 26.2 | 8.76 |
| 1990-04 | 16.2 | 11.8 | 18.2 | 9.1 | 8 | 20.4 | 25.6 | 26.4 | 26 | 8.52 |
| 1990-05 | 14.1 | 10.7 | 16.2 | 6.05 | 5.8 | 16.2 | 21.4 | 23.4 | 24.8 | 7.11 |
| 1990-06 | 12.2 | 8.4 | 13.4 | 3.9 | 3.6 | 12.7 | 19.4 | 24.6 | 23.2 | 4.49 |
| 1990-07 | 10.9 | 8.4 | 13 | 2 | 2.8 | 11.2 | 18.4 | 22.5 | 22.2 | 4.34 |
| 1990-08 | 13.4 | 9.7 | 15.7 | 4.7 | 5.1 | 15.8 | 22.6 | 25.4 | 25.2 | 5.68 |
| 1990-09 | 14.1 | 10.7 | 17.2 | 6.15 | 6.6 | 15.6 | 22.6 | 24.6 | 24.2 | 7.46 |
| 1990-10 | 16.2 | 12.1 | 19.4 | 10.2 | 8.8 | 21.1 | 26.6 | 27.5 | 26.6 | 8.56 |

Nota. El periodo que se tomó es desde enero de 1990 a junio de 2023.

En la tabla 1 se muestra la Base de datos, temperatura media ciudades capitales por departamento de Bolivia , periodo: 1990-2023.

El PCA identifica dos componentes principales (PC1 y PC2), utilizando el Software RStudio, para el análisis se procesan 400 datos como se muestra en la tabla 1.

Tabla 2.

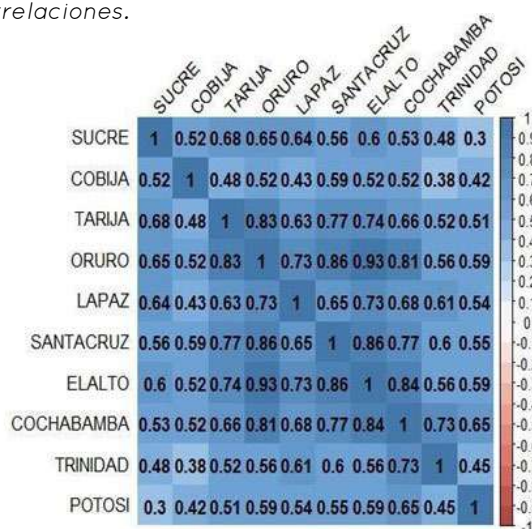
VARIABLES DE TEMPERATURA MEDIA DE CIUDADES CAPITALES DE BOLIVIA.

| Variable | Descripción |
|------------|--|
| Sucre | Temperatura media de la ciudad de Sucre |
| La Paz | Temperatura media de la ciudad de La Paz |
| Cochabamba | Temperatura media de la ciudad de Cochabamba |
| Oruro | Temperatura media de la ciudad de Oruro |
| Potosí | Temperatura media de la ciudad de Potosí |
| Tarija | Temperatura media de la ciudad de Tarija |
| Santa Cruz | Temperatura media de la ciudad de Santa Cruz |
| Trinidad | Temperatura media de la ciudad de Beni |
| Cobija | Temperatura media de la ciudad de Pando |
| El Alto | Temperatura media de la ciudad de El Alto |

En la tabla 2, se muestran 10 variables de temperatura media de las ciudades capitales de Bolivia, para la identificación de variabilidad de temperatura, predecir el comportamiento de cambio climático que afecta directamente a regiones específicas de la región de Bolivia.

Figura 1.

Matriz de Correlaciones.



Fuente: Elaboración en base a Análisis de Correlación de Variables con R-Studio.

La figura 1 muestra la matriz de correlaciones de temperaturas medias de las ciudades capitales de Bolivia, dicha matriz desempeña un papel esencial en un estudio de Análisis de Componentes Principales (PCA). Esta herramienta facilita la identificación de relaciones lineales entre variables climáticas, ayudando en la selección de variables relevantes para el PCA y en la comprensión de la multicolinealidad. Además, permite anticipar interacciones complejas entre las variables, lo que es crucial para interpretar las componentes principales resultantes.

En base a los resultados de la matriz de correlaciones el azulado de la figura 1 evidencia que la correlación es positiva (según la escala de 0 a 1 es Positivo de color azulado y de 0 a -1 es negativo de color rojizo), lo que concluye que todas las correlaciones son positivas y también que son directamente proporcionales entre ciudades del eje andino y de los valles con respecto a las ciudades del oriente.

Resultados

El análisis de componentes principales identificó las direcciones en las que la varianza es mayor, la Figura 2 muestra los componentes principales más significativos.

Figura 2.

Cálculo de Componentes Principales.

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 |
|------------|------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| SUCRE | 0.2837731 | -0.612446993 | -0.200025999 | 0.13088988 | 0.362254505 | -0.17470127 | 0.46907693 |
| LAPAZ | 0.3179801 | -0.006282875 | -0.297162171 | 0.06675518 | 0.486046110 | 0.56508873 | -0.45955005 |
| COCHABAMBA | 0.3458212 | 0.277206233 | -0.055732879 | 0.12192411 | -0.218330155 | 0.09017519 | 0.47547398 |
| ORURO | 0.3616225 | -0.027138494 | -0.016992179 | -0.33771560 | -0.108778974 | 0.08131918 | 0.10016189 |
| POTOSI | 0.2648576 | 0.575273336 | 0.379276797 | -0.02268160 | 0.562251778 | -0.29057472 | 0.09002415 |
| TARIJA | 0.3285981 | -0.220150881 | -0.053149643 | -0.32267678 | 0.006760851 | -0.59648446 | -0.37390474 |
| SANTACRUZ | 0.3477707 | 0.014536059 | 0.105645183 | -0.17460819 | -0.399802026 | 0.01115776 | -0.29404297 |
| TRINIDAD | 0.2793238 | 0.239049081 | -0.440947761 | 0.63972258 | -0.234191491 | -0.26290595 | -0.13999044 |
| COBIJA | 0.2519470 | -0.327505694 | 0.718339582 | 0.47101931 | -0.099507708 | 0.14141142 | -0.13728045 |
| ELALTO | 0.3569712 | 0.057165128 | -0.002448484 | -0.28856079 | -0.179633128 | 0.32548612 | 0.24466109 |
| | PC8 | PC9 | PC10 | | | | |
| SUCRE | 0.3100406 | -0.09472676 | -0.01893647 | | | | |
| LAPAZ | -0.1254265 | -0.15054207 | -0.03066767 | | | | |
| COCHABAMBA | -0.4426472 | -0.54180327 | -0.11929098 | | | | |
| ORURO | -0.1116573 | 0.52484480 | -0.66162268 | | | | |
| POTOSI | 0.2076715 | 0.05067082 | 0.01362471 | | | | |
| TARIJA | -0.4286343 | -0.09803810 | 0.21823991 | | | | |
| SANTACRUZ | 0.6378858 | -0.40777092 | -0.13263690 | | | | |
| TRINIDAD | 0.1012928 | 0.32344011 | 0.05213036 | | | | |
| COBIJA | -0.1752952 | 0.10733300 | 0.01995204 | | | | |
| ELALTO | 0.0706927 | 0.32366814 | 0.69152260 | | | | |

Nota. Las Componentes Principales se denotan con la abreviación PC seguido del numeral que indica su grado de significancia, estos van de PC1 a PC10, por tanto, la PC1 y PC2 son las más importantes (se resalta de color rojo y color azul respectivamente).

Figura 3.

Tabla de Resultados de las Componentes Principales.

| Importance of components: | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 | PC8 | PC9 |
| Standard deviation | 2.5780 | 0.88177 | 0.81282 | 0.77324 | 0.6768 | 0.57382 | 0.48237 | 0.38578 | 0.30582 |
| Proportion of variance | 0.6646 | 0.07775 | 0.06607 | 0.05979 | 0.0458 | 0.03293 | 0.02327 | 0.01488 | 0.00935 |
| Cumulative Proportion | 0.6646 | 0.74234 | 0.80840 | 0.86819 | 0.9140 | 0.94692 | 0.97019 | 0.98507 | 0.99442 |
| PC10 | | | | | | | | | |
| Standard deviation | 0.23615 | | | | | | | | |
| Proportion of Variance | 0.00558 | | | | | | | | |
| Cumulative Proportion | 1.00000 | | | | | | | | |

Nota. Los valores numéricos denotan la desviaciones y varianzas de cada componente.

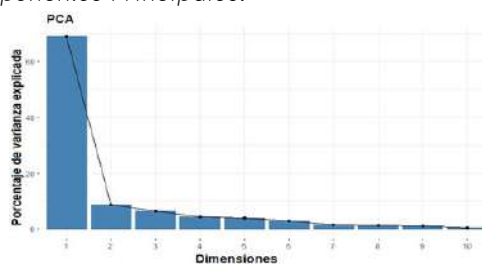
La varianza explicada por cada componente refleja la cantidad de información que captura en relación con la variabilidad total del conjunto de datos. Decisiones clave, como la selección de componentes relevantes, se basan en la evaluación de las varianzas explicadas acumulativas. Las componentes con varianza alta indican patrones estructurados en los datos, y al examinar las cargas factoriales, se puede asociar la varianza explicada con patrones específicos en las variables originales. La interpretación de estas varianzas contribuye a una comprensión más profunda de la estructura subyacente de los datos, siendo fundamental para la toma de decisiones y la identificación de patrones significativos en el análisis de componentes principales.

En el contexto del análisis de componentes principales (PCA) aplicado a las temperaturas medias en Bolivia, la interpretación de la varianza se enfocaría en cómo cada componente principal explica la variabilidad de los datos. El primer componente principal representa el 66.46% de la varianza total, esto indicaría que ese componente captura una cantidad significativa de la variabilidad en las temperaturas medias. Así, al interpretar la varianza en PCA, se busca comprender qué componentes explican la mayor parte de la variabilidad y cómo esos componentes se relacionan con las condiciones climáticas en diferentes regiones de Bolivia.

Se puede indicar que las temperaturas medias de Cochabamba, Oruro, Santa Cruz y El Alto aportan más datos de varianza a la componente principal PC1; Sucre y Potosí aportan más datos a la componente principal PC2.

Figura 4.

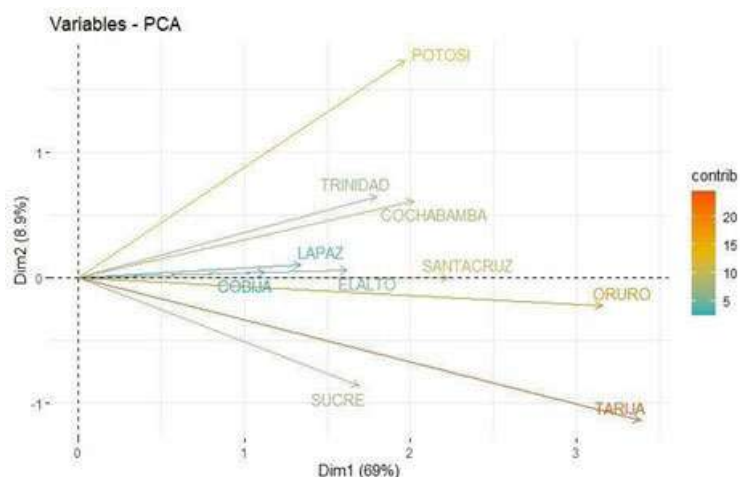
Análisis de Componentes Principales.



Fuente: Elaboración en base a Análisis de Componentes Principales con R-Studio.

La figura 4, visualiza el porcentaje de varianza explicada versus dimensiones, lo que indica que la PC1 y PC2 son las componentes principales más significativas.

Figura 5.
PC1 vs PC2.



Fuente: Elaboración en base a Análisis de Componentes Principales con R-Studio.

La interpretación de los resultados obtenidos del análisis de componentes principales (PCA) aplicado a las temperaturas medias de diversas ciudades, la mención de que Potosí y Sucre se acercan más al eje vertical, asociado con la componente principal 2 (PC2), sugiere que estas ciudades comparten patrones de variabilidad específicos que pueden estar relacionados con factores climáticos particulares. Por otro lado, El Alto, Oruro, Cochabamba y Santa Cruz se acercan más al eje horizontal de la PC1, indicando que estas ciudades comparten patrones de variabilidad diferentes. La afirmación de que las temperaturas medias de estas ciudades son relativamente constantes sugiere que la variabilidad en estas áreas está más influenciada por factores asociados con la PC1. En contraste, se sugiere que otras ciudades muestran una mayor propensión a cambios significativos de temperatura, lo que podría implicar que su variabilidad está más influenciada por factores asociados con la PC2.

Discusiones y Conclusiones

La investigación realizada se concluye que la ciudad de El Alto, Oruro, Cochabamba y Santa Cruz, contribuyen con mayor cantidad de datos a la primera componente principal lo que muestra que la temperatura media en estos son relativamente constantes, para las capitales de El Alto y Oruro las temperaturas

medias en estos lugares oscilan entre 7 a 9 grados centígrados, en Cochabamba entre 17 a 19 grados centígrados y finalmente en Santa Cruz entre 24 a 26 grados centígrados, lo que da una variación de 2 grados centígrados aproximadamente.

Potosí y Sucre aportan mayor cantidad de datos a la segunda componente principal, lo cual muestra una variabilidad relativa en las temperaturas medias, (en el caso de Potosí la temperatura media oscila entre 7 a 11 grados centígrados y en Sucre la temperatura media entre 13 a 17 grados centígrados).

Las ciudades como La Paz, Cobija, Trinidad y Tarija son más propensas a cambios bruscos de temperatura, lo que sugiere que la variabilidad en estas ciudades está influenciada por patrones específicos relacionados con la Componente Principal 2 (PC2). En el contexto del análisis de componentes principales (PCA), esto significa que estas ciudades exhiben variaciones notables que están vinculadas a factores climáticos asociados con la PC2.

La mención de que estas ciudades "pueden o no presentar cambios por humedad y sequedad de terreno" sugiere que, aunque la variabilidad de temperatura es evidente, otros factores como la lluvia, nevada e inundaciones pueden contribuir de manera variable a estos cambios. Estos factores adicionales podrían ser explorados a través de análisis más detallados de las variables originales o mediante la consideración de otros componentes principales en el PCA para identificar riesgos de temperatura extrema en Bolivia producidos por el cambio climático.

Referencias

- Amat, J. (2017, julio 28).** Análisis de componentes principales (*Principal Component Analysis, PCA*) y *t-SNE*. *R Pubs by RStudio*. https://rpubs.com/Joaquin_AR/287787
- Linares, C., y Díaz, J. (2008).** Temperaturas extremadamente elevadas y su impacto sobre la mortalidad diaria según diferentes grupos de edad. *Gaceta Sanitaria*, 22(2), 115-119. <https://doi.org/10.1157/13119318>
- Montenegro, E., y Pitti, J. (2020).** Análisis de riesgos climáticos en el sistema alimentario indígena de El Teribe, Panamá. *Acta Nova*, 9(5-6), 713-736. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000200005
- Nina, C., Nina, S., & Quispe, J. C. (2022).** Análisis de componentes principales de bio-clima en Bolivia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 4005-4014. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3370

- Pettit, K. (2022, 9 de diciembre).** Todo sobre las temperaturas extremas: Causas, consecuencias y soluciones. *EarthShare*. <https://www.earthshare.org/es/all-about-extreme-temperatures-causes-consequences-and-solutions/>
- Plateros, P. A. (2019, abril 3).** Reducción de dimensiones y selección de variables en modelos de distribución de especies. *RPubs by RStudio*. <https://rpubs.com/PedroAPG/556685>
- Rayo, J. C. L. (2022).** Valoración del riesgo de estrés térmico: índice "WBGT". *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas*, 18, 74-78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8771910>
- Tejada, F. (2013).** Experiencias locales en adaptación al cambio climático en Bolivia. *T'inkazos*, 16(34), 23-56. <https://www.redalyc.org/pdf/4261/426142156002.pdf>

Gestión de proyectos de desarrollo e inversión pública en Bolivia

Anaceli T. Espada Silva*
Carlos N. Cárdenas Cespedes**

Resumen

La Presente investigación pretende hacer un análisis de la situación y aplicabilidad de la gestión de proyectos de desarrollo en Bolivia, para ello se hace la revisión bibliográfica, identificación de metodologías para el ciclo de vida del proyecto, análisis, discusión y conclusiones. A través de la revisión de documentos sobre la evolución de la gestión de proyectos, el análisis de metodologías de concepción, formulación, evaluación y ejecución de proyectos de desarrollo de inversión pública, metodologías de gestión de proyectos, con lo que se identifica que la realización de la gestión de proyectos en la etapa de ejecución y post ejecución será preponderante para resolver los desfases que existen en los proyectos entre lo programado y lo ejecutado. La aplicación de metodologías para la gestión de proyectos podría ser una solución para la disminución de las brechas entre lo programado y lo ejecutado en la implementación ex ante y ex post, en los Proyectos de Desarrollo. Entre las Metodologías de Gestión de Proyectos que pueden contribuir con la disminución de este desfase se tiene la metodología del PMI, metodología seis sigma, herramientas lean y metodologías ágiles.

Palabras clave:

Proyectos de desarrollo, gestión de proyectos, metodologías para la gestión de proyectos.

Keywords:

Development projects, project management, methodologies for project management.

Palavras chave:

Projetos de desenvolvimento, gestão de projetos, metodologias de gestão de projetos.

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: anaceli.espada@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0001-5836-7348>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: cardenasind@yahoo.com | <https://orcid.org/0009-0008-9823-9517>

Abstract

This research aims to make an analysis of the situation and applicability of the management of development projects in Bolivia, for this purpose a bibliographic review is carried out, identification of methodologies for the project life cycle, analysis, discussion and conclusions. Through the review of documents on the evolution of project management, the analysis of methodologies for the conception, formulation, evaluation and execution of public investment development projects, project management methodologies, which identifies that the implementation of project management in the execution and post-execution stage will be predominant to resolve the gaps that exist in the projects between what is scheduled and what is executed. The application of methodologies for project management could be a solution to reduce the gaps between what was programmed and what was executed in ex ante and ex post implementation, in Development Projects. Among the Project Management Methodologies that can contribute to reducing this gap are the PMI methodology, six sigma methodology, lean tools and agile methodologies.

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo fazer uma análise da situação e aplicabilidade da gestão de projetos de desenvolvimento na Bolívia, para isso é realizada uma revisão bibliográfica, identificação de metodologias para o ciclo de vida do projeto, análise, discussão e conclusões. Através da revisão de documentos sobre a evolução da gestão de projetos, da análise de metodologias de concepção, formulação, avaliação e execução de projetos de desenvolvimento de investimento público, metodologias de gestão de projetos, que identifica que a implementação da gestão de projetos na execução e pós-execução será predominante para resolver as lacunas que existem nos projetos entre o que está programado e o que é executado. A aplicação de metodologias de gestão de projetos poderá ser uma solução para reduzir as lacunas entre o que foi programado e o que foi executado na implementação ex ante e ex post, nos Projetos de Desenvolvimento. Dentre as Metodologias de Gestão de Projetos que podem contribuir para reduzir essa lacuna estão a metodologia PMI, metodologia seis sigma, ferramentas enxutas e metodologias ágeis.

Introducción

Según Rosales Posas (2013), en el contexto paradigmático del siglo XX e inicio del XXI, emerge, se desarrolla, evoluciona e innova la teoría de gestión de proyectos, permitiendo así contribuir a los procesos de planificación, administración, control y evaluación de los recursos destinados a la inversión.

A principios del siglo XX, surgieron los primeros instrumentos y métodos para conferir coherencia a los procesos de inversión, entre ellos, el sistema conocido como la barra de Gantt, que supervisa el tiempo, la utilización y gestión de los recursos humanos y financieros, abordando los problemas de la época. Sin embargo, la creciente complejidad de los proyectos de envergadura y la intensificación de la competencia entre los actores principales del mundo desarrollado evidenciaron las limitaciones de las técnicas de programación disponibles, generando así la búsqueda de nuevos métodos más eficientes para coordinar y controlar los proyectos. Estas preocupaciones impulsaron la aprovechamiento de los avances en el conocimiento científico que se produjeron en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial (Rosales Posas, 2013).

A partir de entonces, surgieron metodologías para la gestión de proyectos, tales como el Método del Camino Crítico (CPM), la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), y el Análisis de Gráficos de Barras (ABC). No obstante, hasta principios de los años sesenta, la teoría de proyectos se enfocan principalmente en herramientas destinadas a respaldar la ejecución de inversiones, relegando el desarrollo en el ámbito de la planificación de las mismas. A partir de la década de los setenta, se observa un fuerte desarrollo de herramientas para fortalecer la preparación y evaluación de las propuestas de proyectos, lo que denota un gran auge en la fase de preinversión, impulsado por la necesidad de los gobiernos de obtener financiamiento para proyectos de desarrollo.

En este mismo periodo, la teoría de gestión de proyectos se vio enriquecida con la generación de un vasto conocimiento tanto en la formulación y evaluación como en la administración de proyectos. Es relevante señalar que en la década de los setenta ya se estaban gestando los enfoques de la Asociación Internacional en Dirección de Proyectos (IPM) y del Instituto de Dirección de Proyectos (PMI). Según García (2016), la dirección de proyectos del PMI se fundamenta en etapas organizadas por grupos de procesos, los cuales se repiten en cada fase o subproyecto.

En la actualidad, se hace mención de las metodologías ágiles, las cuales, según García (2016), son técnicas que surgieron en el ámbito del desarrollo de software pero que también se han

aplicado en otros tipos de proyectos. El desarrollo ágil de software se refiere a métodos de ingeniería del software basados en el desarrollo iterativo e incremental, adaptándose a los requisitos y soluciones que evolucionan con el tiempo de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Bolivia ha implementado proyectos de desarrollo con el propósito de mejorar la calidad de vida, reducir la brecha de pobreza y fomentar su desarrollo económico y social. Entre los proyectos más destacados se encuentran la reforma agraria de Bolivia y el proyecto de Desarrollo Rural Sostenible. Sin embargo, en estos proyectos de desarrollo no se observa el uso de indicadores que permitan medir o identificar la discrepancia entre lo planificado y el resultado real en términos de tiempo y costos, lo que impide ajustar los nuevos proyectos y reducir la discrepancia entre lo planificado y lo ejecutado.

De acuerdo con el Fondo Nacional de Inversión Pública y Social (2022), se identificaron 643 proyectos, de los cuales el 17% se encontraba en etapa de evaluación, el 34% en fase de aprobación, el 8% en licitación, ningún proyecto en etapa de contratación, el 27% en fase de ejecución y el 13% en etapa de conclusión. Esto evidencia un bajo porcentaje de proyectos concluidos, lo que dificulta el análisis del desfase entre lo planificado y lo ejecutado en un proyecto finalizado, así como la realización de un análisis post-ejecución.

Metodologías empleadas en el ciclo de vida de los proyectos

En proyectos financiados por la Cooperación se establece un ciclo de vida, que puede constar de 6 o 7 etapas según distintos autores, aunque para análisis generales se consideran tres etapas principales: Preparación (identificación, formulación y planificación), implementación (ejecución y seguimiento) y evaluación ex post (evaluación de resultados o evaluación de impacto) (González, 2000). Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2023), la adopción de metodologías en los Sistemas Nacionales de Inversión Pública responde a la necesidad de homogeneizar la evaluación de proyectos y programas. Cada país determina cómo enunciar sus proyectos, su enfoque metodológico y la evaluación de sus beneficios económicos, sociales y ambientales, encontrando similitud en las estructuras de formulación y evaluación de proyectos en la región, variando solo en el grado de profundidad con que se tratan los temas.

A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversas metodologías para la preparación, implementación y evaluación ex post de proyectos, con el fin de que cumplan con las necesidades de la población y se ajusten a la programación en términos de tiempos

y costos. De acuerdo con el Fondo Nacional de Inversión Pública y Social (2022), los proyectos de inversión siguen una metodología para la preparación e implementación que incluye la sistematización de la población, la formulación de proyectos para atender las necesidades de desarrollo, la definición de programas por parte de los Ministerios, la asignación de recursos, la selección de proyectos para financiamiento, la licitación para ejecución, la recepción de proyectos y el envío al Fondo de Inversión Social. Este último se encarga de la evaluación, aprobación, fiscalización de la ejecución y transferencia de proyectos concluidos a Municipios o Gobernaciones (Organización de Naciones Unidas, ONU, 2020).

El Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (2016), con el apoyo de algunos ministerios, ha desarrollado metodologías específicas para los sectores más representativos de la inversión pública en Bolivia. Estas buscan orientar la formulación y evaluación de proyectos a través de la identificación del problema, búsqueda de soluciones, evaluación de alternativas (calculando el Valor Actual Neto Social y Privado), análisis del impacto ambiental y fase de implementación. La responsabilidad de implementar los proyectos recae en las entidades ejecutoras, que informan mensualmente sobre el avance físico y financiero, mientras que el VIPFE realiza visitas de campo y elabora reportes trimestrales de evaluación para el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.

En los proyectos de inversión pública se realiza un seguimiento hasta la conclusión del proyecto, pero no se lleva a cabo la evaluación ex post (ONU, 2020). En este sentido, es crucial garantizar la implementación detallada de proyectos industriales, así como la realización de evaluaciones ex post en Bolivia para satisfacer las necesidades de un mercado globalizado competitivo.

En el manual de Supervisores de Proyectos de Preinversión, propuesto por la Unidad de Gestión de Proyectos de la Dirección General de Desarrollo Industrial a Mediana y Gran escala, se establece un procedimiento para evaluar los proyectos concluidos. Este proceso incluye que el supervisor evalúe el producto con el equipo, verificando si cumple con los tiempos establecidos en los Términos de Referencia y la Propuesta aceptada. Luego, elabora un Informe Técnico de evaluación, que concluye con la Aprobación o Rechazo del producto. En caso de rechazo, el informe se dirige al jefe de Unidad de Gestión de Proyectos o, en su defecto, al superior inmediato; en caso de aprobación, se dirige al viceministro/a. Además, se contabilizan las multas correspondientes en caso de retraso en la entrega, las cuales se presentan en el informe técnico junto con el proyecto de nota de remisión del Informe Técnico, donde se indica claramente la aprobación

o rechazo del producto. En caso de rechazo, se elabora una nota para la firma del jefe de Unidad de Gestión de Proyectos, y en caso de aprobación, se elabora una nota para la firma del viceministro/a de Producción Industrial a Mediana o Gran Escala, ambas para su posterior remisión a la Empresa Consultora.

Asimismo, la resolución MDPyEP/DESPACHo/No 124.2022 del 11/08/2022 establece el procedimiento de Gerencia de Proyectos, limitado a la elaboración de fichas de seguimiento de proyectos bajo el Sistema de Gerencia de Proyectos. Estas fichas se envían a la Unidad de Gestión de Proyectos para su posterior remisión a la Dirección General de Proyectos mediante el viceministro de Producción Industrial a Mediana y Gran Escala (Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, 2020).

Los proyectos de inversión privada siguen etapas similares a los de inversión pública en la preparación, implementación y evaluación ex post, con falencias en la gestión debido a retrasos en la ejecución, lo que resulta en mayores costos ejecutados y una disminución de la eficacia. Buscando mejorar la eficacia de los proyectos, el Instituto de Dirección de Proyectos, PMI, ha desarrollado una metodología que analiza los procesos de gestión de proyectos, agrupándolos en cinco categorías conocidas como Grupos de Procesos de Gestión de Proyectos o grupos de procesos (García, 2016). Estos grupos incluyen los procesos de Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y control, y Cierre, cada uno dirigido a aspectos específicos del ciclo de vida del proyecto. En este sentido, estos grupos están llamados a realizar las siguientes actividades:

- **Grupo de procesos de Inicio.** Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto existente mediante la obtención de la autorización para iniciar el proyecto o fase.
- **Grupo de procesos de Planificación.** Aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos y desarrollar el curso de acción requerido para alcanzar dichos objetivos.
- **Grupo de procesos de Ejecución.** Aquellos procesos realizados para terminar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto.
- **Grupo de procesos de Seguimiento y control.** Aquellos procesos requeridos para monitorizar, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que sean necesarios cambios al plan y para iniciar los cambios correspondientes.

- **Grupo de procesos de Cierre.** Aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo.

En cuanto a la agrupación de procesos, esta se lleva a cabo en áreas de conocimiento, las cuales representan conjuntos completos de conceptos, términos y actividades dentro de un campo profesional como la gestión de proyectos. En el PMI se identifican diez áreas de conocimiento: integración, alcance, tiempo, costes, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgo, adquisiciones e interesados. Las nuevas tendencias en gestión de proyectos muestran el uso de metodologías ágiles para la evaluación ex post, aplicables tanto en proyectos tecnológicos como en proyectos de desarrollo.

Las metodologías ágiles se caracterizan por adaptar el trabajo a las necesidades finales del cliente y las expectativas del usuario, brindando flexibilidad e inmediatez en la adaptación del proyecto. Su objetivo es evitar retrasos en las entregas y asegurar una mejora continua de los servicios, manteniendo la rigurosidad y formalidad implícitas en buenas metodologías de trabajo. La transformación del comportamiento de los equipos de trabajo es clave en estas metodologías, lo que implica un cambio cultural profundo más allá de la adopción de procesos y herramientas (Digital Talent Agency, 2018).

La implementación de proyectos con metodologías ágiles se basa en la colaboración de equipos auto organizados y multidisciplinarios, inmersos en un proceso compartido de toma de decisiones a corto plazo. Cada iteración del ciclo de vida incluye planificación, análisis de requisitos, diseño, codificación, pruebas y documentación, destacando la importancia de "software que funciona" en lugar de añadir funcionalidades para justificar su lanzamiento al mercado. La comunicación cara a cara tiene más relevancia que la documentación en estas metodologías (García, 2016).

Entre las principales metodologías ágiles se encuentran XP (eXtreme Programming), Scrum, Ikonix, entre otras. Estas metodologías enfatizan que la capacidad de respuesta al cambio es más importante que el seguimiento estricto de un plan, lo cual representa una ventaja competitiva para muchos clientes al reducir costos asociados al cambio (Figuerola et al., 2008). Al respecto, la metodología Seis Sigma y el desarrollo analítico del nemotécnico DMADV ofrecen pautas para identificar y clasificar los retrasos en el cronograma, resultados y el impacto negativo en la gestión de proyectos durante su fase de implementación (Flores, 2020). La aplicación del modelo Toyota

o Lean en proyectos se considera una solución para aportar más valor, eliminando despilfarros existentes en las organizaciones y en la ejecución de los proyectos, lo que contribuye a disminuir la brecha entre lo programado y el resultado final en tiempo y costos (Ávila Gutiérrez & Córdoba Roldan, 2012)

Resultados y discusiones

Se pudo revisar cómo han ido evolucionando la gestión de proyectos y las metodologías empleadas, como el diagrama de Gantt, CPM, PERT, PMI, metodologías ágiles y otros, mismas han permitido hacer un mejor seguimiento a la ejecución de proyectos de inversión pública y privada.

De acuerdo con el procedimiento del Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo, (2016), se observa que una vez formulados y evaluados los proyectos no se hace un control en la ejecución del proyecto y post la ejecución del mismo, por lo que la existencia de una gran diferencia entre lo programado y lo ejecutado puede llevar a pérdidas en el proyecto. En este sentido, la causa de muchos fracasos en los proyectos se debe a la falta de gestión y organización de los proyectos, la indefinición de roles y responsabilidades y la minusvaloración del impacto organizativo de los proyectos de tecnología (Rada, 2012).

Según la Global Online Project Management Software Industry (Findstack, 2023) sólo alrededor del 35% de los gerentes de proyecto están satisfechos con la tecnología y la madurez de PM en sus organizaciones; 11.4 % de los recursos se desperdician regularmente debido a una mala gestión de proyectos; 54 % de los gerentes de proyecto no tienen acceso a datos y KPI en tiempo real y menos de la mitad de todos los proyectos (43 %) se completan dentro del presupuesto, y sólo el 29 % se completan a tiempo, existiendo una gran falencia en la ejecución de los proyectos, siendo que muy pocos proyectos cumplen con los presupuestos de ejecución y aún menos los que cumplen con los tiempos programados

El éxito de los proyectos no solo está en la formulación y evaluación sino también en la ejecución y posterior seguimiento, por lo que es importante adoptar metodologías de gestión de proyectos que permitan disminuir la brecha entre lo programado y lo ejecutado, no solo para la verificación de la ejecución presupuestaria sino también en el cumplimiento de tiempos y calidad, por lo que la gestión de proyectos no solo debe ser una fiscalización para la ejecución de proyectos gestionados por el ente gubernamental de Bolivia. Diferentes investigaciones confirman que la composición del equipo, la eficacia, así como la

identificación organizacional son significativos constructos que explican el éxito de la Gestión de Proyectos, así también que una elevada eficacia de equipos de proyectos e identificación organizacional no siempre aseguran el éxito de la Gestión de Proyectos (Saenz, 2012).

Existen diversas metodologías que pueden contribuir a disminuir la brecha entre lo programado y lo ejecutado, entre las nuevas tendencias se tiene las metodologías ágiles, la metodología seis sigma, la aplicación de herramientas lean. Si se acompaña la gestión de proyectos con algunas de estas se podrá tener mejores resultados en la ejecución, menores costos y tiempos, además disminuir el fracaso de los proyectos

Conclusiones

De acuerdo con la revisión de documentos se puede concluir que los proyectos de desarrollo públicos cumplen con un proceso de creación desde la identificación de necesidades de un sector, formulación, evaluación, aprobación, licitación y ejecución del proyecto, pero no se contempla una gestión de proyecto y por el contrario se realiza fiscalización de la ejecución de los proyectos mediante auditorías realizadas por la contraloría

En un proyecto de desarrollo se tiene un conjunto de variables y/o factores tanto humanos, organizativos como tecnológicos que viabilizan, facilitan, dificultan o impiden el éxito del mismo y de la organización en general. Estos aspectos en particular deben ser planificados, tratados y gestionados a lo largo del desarrollo del proyecto para asegurar el éxito deseado.

Los proyectos de desarrollo pueden enfrentar muchos desfases, inicialmente por la falta de seguridad política, y/o continuidad en la provisión de talento humano capacitado adecuado con habilidades y disciplina de gestión en la organización de los proyectos, donde la falta de definición de roles y responsabilidades, y la minusvaloración del impacto organizativo trae consigo el fracaso o poca rentabilidad o impacto nulo en el rendimiento luego de la implementación de los proyectos de desarrollo, convirtiéndose en un ejemplo de elefantes blancos industriales.

Es muy importante, entonces, coordinar, generar líderes profesionales, así como capacitar e incrementar el talento humano para enfrentar el rol de los requerimientos y exigencias en la competencia de la implementación profesional en el área de proyectos de desarrollo.

Por lo que, para que los proyectos de desarrollo puedan tener éxito en su ejecución se debe utilizar metodologías de gestión de proyectos, mismas que deben contemplar desde la planificación de la ejecución, el uso correcto de los recursos materiales

y equipos, el uso correcto del talento humano, el desarrollo y control del proceso de la ejecución del proyecto, lo cual permitirá disminuir la brecha entre lo planificado y lo ejecutado en los proyectos.

Referencias

- Ávila Gutiérrez, M. J., y Cordoba Roldan, A. (2012).** Dirección de proyectos Lean. *Fundación Confemetal*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2023, 16 de noviembre).** Observatorio regional de planificación para el desarrollo en América Latina y el Caribe. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/videos/observatorio-regional-de-planificacion-para-el-desarrollo-en-america-latina-y-el-caribe>
- Digital Talent Agency. (2018).** Metodologías de gestión de proyectos. https://www.dtagency.tech/cursos/metodologias_gestion_proyectos/tema_2-ModeloAgile.pdf
- Figueroa, R. G., Solís, C. J., & Cabrera, A. A. (2008).** Metodologías tradicionales vs. metodologías ágiles. *GPI Consultores*. <http://www.gpicr.com/msf.aspx>
- Findstack. (2023).** Global online project management software industry. <https://findstack.com/>
- Flores, J. M. (2020).** Seis Sigma, aplicado a procesos de implementación de radio bases de telefonía móvil (RBS). *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/339640865>
- Fondo Nacional de Inversión Pública y Social. (2022).** Datos estadísticos por departamento. <https://www.fps.gob.bo/estadisticas/>
- García, L. A. (2016).** Gestión de proyectos según el PMI. Editorial.
- González, L. (2000).** La evaluación ex-post o de impacto un reto para la gestión de proyectos de cooperación internacional al desarrollo. *Universidad del País Vasco*. <http://www.ehu.es/hegog>
- Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. (2020, 24 de julio).** Resolución Ministerial MDPyEP No 0124.2020. <https://dgaj.produccion.gob.bo/docs/MDPyEP-RM-124.2020.pdf>
- Organización de Naciones Unidas. (2020).** Estudio económico de América Latina y el Caribe 2020: principales condicionantes de las políticas fiscal y monetaria en la era postpandemia de COVID-19. <https://www.cepal.org/apps>

Rada Clavijo, M. R. (2012). La gestión de proyectos tecnológicos. Editorial.

Rosales Posas, R. (2013). Procesos de desarrollo y la teoría de gestión de proyectos. Editorial.

Saenz. (2012). El éxito de la gestión de proyectos. *Editorial.*

Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo. (2016). Metodologías para la preparación y evaluación de proyectos. *Ministerio de Planificación del Desarrollo.*

Extracción de saponinas en granos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*), saponinas triterpénicas en cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) relación-ecotipo

Hugo Mobarec C.*
Carlos Diaz Mercado**

Resumen

Actualmente, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) van tomando relevancia, para ser considerados como alimentos alternativos al cambio climático y seguridad alimentaria. Así mismo, conocer que este tipo de pseudocereales no solamente contienen componentes de alto valor nutricional, sino también contienen saponinas, que son metabolitos secundarios bioactivos que están siendo objeto de investigación, debido a su potencial y beneficios para la salud, que actúan como barreras protectoras frente a factores bióticos y abióticos. No obstante, en el caso de las saponinas de quinua cuyo alto contenido de saponinas, hace que se deba aplicar métodos de extracción que disminuyan su contenido, siendo por la vía seca una de las alternativas y de corto tiempo de acción, sin embargo, el más adecuado y recomendable para la extracción se plantea al secado por aspersión, ya que no altera físico-químicamente las características de los granos.

Palabras clave:

Quinoa, cañahua, saponinas, triterpenos, extracción, ecotipos.

Keywords:

Quinoa, cañahua, saponins, triterpenes, extraction, ecotypes.

Palavras chave:

Quinoa, cañahua, saponinas, triterpenos, extração, ecótipos.

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: hmobcla@yahoo.com | <https://orcid.org/0000-0002-0383-8373>

** Investigador de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: carlos.diaz.mercado@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0009-9956-9371>

Llegados a este punto, el objetivo de la presente revisión sistemática de literatura, es describir generalidades de las saponinas en quinua y cañahua, en relación al contenido de saponinas de algunos ecotipos, además de plantear alternativas de extracción y separación de las mismas en vía seca y por aspersion, de igual modo describir sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas. Por consiguiente, enfatizar que las características genéticas de quinua y cañahua, son inherentes de los diferentes ecotipos existentes, las cuales son determinantes en el contenido de saponinas y saponinas triterpénicas.

Abstract

Currently, quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) and Cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) are gaining importance, to be considered as alternative foods to climate change and food security. Likewise, know that this type of pseudocereals not only contain components of high nutritional value, but also contain saponins, which are bioactive secondary metabolites that are being the subject of research, due to their potential and health benefits, which act as protective barriers. against biotic and abiotic factors. However, in the case of quinoa saponins, whose high saponin content means that extraction methods must be applied that reduce their content, with the dry method being one of the alternatives and with a short time of action, however, the The most suitable and recommended for extraction is spray drying, since it does not physically-chemically alter the characteristics of the grains. At this point, the objective of the present systematic literature review is to describe generalities of the saponins in quinoa and Cañahua, in relation to the saponin content of some ecotypes, in addition to proposing alternatives for extraction and separation of the same in a dry process. and by spraying, in the same way describe its antioxidant and anti-cancer properties. Therefore, we emphasize that the genetic characteristics of quinoa and Cañahua are inherent to the different existing ecotypes, which are determining factors in the content of saponins and triterpenic saponins.

Resumo

Atualmente, a quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) e a Cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) vêm ganhando importância, por serem consideradas alimentos alternativos às mudanças climáticas e à segurança alimentar. Da mesma forma, saiba que este tipo de pseudocereais não contém apenas componentes

de alto valor nutricional, mas também contém saponinas, que são metabólitos secundários bioativos que estão sendo objeto de pesquisas, devido ao seu potencial e benefícios à saúde, que atuam como barreiras protetoras. fatores bióticos e abióticos. Porém, no caso das saponinas de quinoa, cujo alto teor de saponinas exige a aplicação de métodos de extração que reduzam seu teor, sendo o método seco uma das alternativas e com curto tempo de ação, porém, o mais adequado e recomendado para a extração é a secagem por atomização, pois não altera físico-quimicamente as características dos grãos. Neste ponto, o objetivo da presente revisão sistemática da literatura é descrever generalidades das saponinas em quinoa e Cañahua, em relação ao teor de saponinas de alguns ecótipos, além de propor alternativas para extração e separação das mesmas em processo seco. e por pulverização, descreve da mesma forma as suas propriedades antioxidantes e anticancerígenas. Portanto, destacamos que as características genéticas da quinoa e da Cañahua são inerentes aos diferentes ecótipos existentes, que são fatores determinantes no teor de saponinas e saponinas triterpênicas.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa willd.*) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) son dos granos andinos que han ganado popularidad debido a su contenido nutricional excepcional y sus beneficios para la salud. Estos pseudocereales han sido objeto de importantes investigaciones científicas para comprender mejor sus componentes bioactivos, por ejemplo estudios de saponinas en quinua y cañahua realizados por Gómez-Caravaca et al., (2012) y Tang (2018) muestran el potencial y contenido representativo de las mismas. Las saponinas son compuestos vegetales con propiedades biológicas destacadas que pueden contribuir al valor saludable de estos granos, pero también pueden actuar como defensa natural de la planta contra plagas y enfermedades. Ambos pseudocereales, como alimento son fuentes de proteínas que en conjunto tienen muy buena calidad, como cantidad porcentual, siendo ricos en aminoácidos azufrados y especialmente en la lisina. Sin embargo, pueden no estar disponibles como alimento porque además contienen sustancias conocidas como saponinas que interfieren en la bio-digestibilidad de todos estos nutrientes, además de tener un sabor muy amargo trasladándose éste a los alimentos. (Ahumada, et al., 2016)

Estudios fitoquímicos en productos naturales realizados, muestran que la quinua y cañahua contienen diversas saponinas que han mostrado actividades biológicas prometedoras. Por

ejemplo, un estudio publicado en la revista "Food Chemistry" señala que la quinua (*Chenopodium quinoa willd.*) contiene saponinas triterpenoides, como la avena cocida A y la avena cocida B, las cuales presentan efectos antioxidantes y antiinflamatorios significativos (Gómez-Caravaca et al., 2012). Otro estudio publicado en "Molecules" destaca que las saponinas de la quinua exhiben propiedades anticancerígenas y antimicrobianas, lo que sugiere su potencial como agentes terapéuticos (Tang et al., 2018). Para poder realizar estudios relacionados a las saponinas presentes en quinua y cañahua, debemos también tomar en cuenta la importancia que tienen las operaciones de separación o extracción de las mismas.

Es conocido que tanto la quinua como la cañahua tienen sus saponinas mayormente en su superficie epitelial, estas saponinas son solubles en agua, lo que ha generado dos procesos industriales de mayor utilización para su extracción, el primero consiste en la escarificación abrasiva y separación por elutriación que se desarrolla sin solvente y por ello se conoce como un "proceso seco". La extracción por solubilización en agua implica una posterior etapa de secado, pero tiene mayor rendimiento. La combinación de ambos métodos suele ser la más usada en el beneficiado industrial de estos granos. Asociado a la preparación de los granos como alimentos ha surgido un gran interés por las saponinas en las industrias farmacológicas y nutraceuticas, posicionándose como fuentes de subproductos ricos en saponinas que requieren ser explorados. (Bazile, D., et. al. 2014). En el caso de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), investigaciones han revelado la presencia de saponinas triterpenoides y esteroides en este grano. Un estudio publicado en "Journal of Agricultural and Food Chemistry" demostró que las saponinas de la cañahua exhiben propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y también pueden contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Zhao et al., 2015). Asimismo, otro estudio publicado en "Journal of Functional Foods" resaltó el potencial de las saponinas de la cañahua para reducir los niveles de colesterol y regular la presión arterial (Deng et al., 2020).

Estos pseudocereales, han sido objeto de diversas investigaciones fitoquímicas, nutraceuticas y funcionales, para comprender mejor sus componentes bioactivos, entre ellos, las saponinas. Sin embargo, pueden no estar disponibles como alimento porque además contienen sustancias conocidas como saponinas que interfieren en la bio-digestibilidad de todos estos nutrientes, además de tener un sabor muy amargo trasladándose éste a los alimentos (Ahumada, et. al., 2016)

Asociado a la preparación de los granos como alimentos ha surgido un gran interés por las saponinas en las industrias farmacológicas y nutraceuticas, posicionándose como fuentes de subproductos ricos en saponinas que requieren ser explorados. (Bazile, D., et al. 2014). En el caso de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), investigaciones han revelado la presencia de saponinas triterpenoides y esteroides en este grano. Un estudio publicado en "Journal of Agricultural and Food Chemistry" demostró que las saponinas de la cañahua exhiben propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y también pueden contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Zhao et al., 2015). Asimismo, otro estudio publicado en "Journal of Functional Foods" resaltó el potencial de las saponinas de la cañahua para reducir los niveles de colesterol y regular la presión arterial (Deng et al., 2020).

Estos hallazgos científicos respaldan la relevancia de las saponinas presentes en la quinua y la cañahua como compuestos bioactivos con beneficios para la salud. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las concentraciones de saponinas pueden variar entre diferentes variedades y cultivares de estos granos, así como en su preparación y procesamiento.

Materiales y métodos

En el presente estudio de revisión sistemática, se evaluaron e interpretaron investigaciones disponibles, en relación a la extracción y caracterización de saponinas, dentro de la producción y estudios de pseudocereales andinos en el altiplano boliviano, en función a las siguientes etapas:

1. Establecimiento del cuestionamiento y propuesta que se desea responder.
2. Cuantificación de los efectos generados en relación a la temática planteada.
3. Localización (ubicación) de los estudios de investigación.
4. Criterios de inclusión/exclusión de estudios realizados.
5. Búsqueda de información y datos relevantes de cada estudio.
6. Evaluación de la calidad de estudios incluidos.
7. Análisis de la heterogeneidad de estudios realizados.
8. Combinación de resultados.
9. Identificación del sesgo de publicación.
10. Análisis de sensibilidad que permite estudiar la influencia individual de cada estudio.

Sin embargo, es importante tomar en cuenta, los aspectos positivos como los desafíos asociados con sus características, propiedades, potencialidades y aplicaciones. A continuación, presentaremos una evaluación crítica de la quinua y la cañahua.

Resultados y discusiones

Aspectos positivos:

1. **Valor nutricional:** Tanto la quinua como la cañahua son consideradas alimentos altamente nutritivos. Son fuentes de proteínas de alta calidad que contienen todos los aminoácidos esenciales, lo que las convierte en opciones atractivas para vegetarianos y veganos. Además, son ricas en fibra, vitaminas y minerales como el hierro, el calcio y el magnesio.
2. **Adaptabilidad:** Estos pseudocereales son altamente resistentes y se adaptan a diferentes condiciones climáticas, creciendo en altitudes elevadas, suelos pobres y en áreas donde otros cultivos pueden tener dificultades. Esto es especialmente importante en regiones montañosas de América Latina, donde la agricultura es un desafío.

Aspectos positivos de las saponinas:

Las saponinas son metabolitos secundarios bioactivos presentes en la quinua y cañahua que han sido objeto de investigación debido a sus potenciales beneficios para la salud. Estas saponinas son compuestos químicos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, entre otras. A continuación, se presentan algunas generalidades sobre las saponinas en la quinua y la cañahua.

1. Presencia de saponinas en quinua: La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) contiene diversas saponinas triterpenoides. Un estudio realizado por Gómez-Caravaca et al. (2012) identificó la presencia de saponinas como avenacosida A y avenacosida B en la quinua, las cuales presentan propiedades con actividad antioxidante, cuyo roles la de frenar las reacciones de oxidación en las células a partir de las cuales se originan los nocivos radicales libres. Por tanto, su papel es clave en la reducción de enfermedades cardiovasculares, de tumores y de enfermedades neurodegenerativas significativas, un estudio publicado en la revista "Molecules" por Tang et

- al. (2018) reportó las propiedades anticancerígenas de las saponinas de la quinua y encontró que presentaban efectos inhibidores sobre la proliferación celular en líneas celulares cancerígenas.
2. La presencia de saponinas en cañahua: La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) también contiene saponinas con propiedades bioactivas, que cumplen funciones en el cuerpo promotores de la buena salud. Zhao et al. (2015) analizaron la composición química de la cañahua y encontraron la presencia de saponinas triterpenoides y esteroides en este grano pseudocereal, lo que se traduce en actividad bioactiva.
 3. Efectos beneficiosos para la salud cardiovascular de las saponinas de la cañahua, han mostrado efectos beneficiosos para la salud, en patologías cardiovasculares. Un estudio publicado en el *Journal of Agricultural and Food Chemistry* por Zhao et al. (2015) señaló que las saponinas de la cañahua presentaban propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que podría contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares gracias a su potencial y actividad bioactiva, lo que se traduce en lo beneficioso de consumir este tipo de pseudocereales.

La de-saponificación “seca” consiste en una abrasión de “lecho fluidizado” que extrae las saponinas de la corteza epitelial para separarlas por elutriación. La de-saponificación húmeda aprovecha la solubilidad de las saponinas en agua, que luego de una extracción sólido-líquida se separa tras sucesivos lavados hasta lograr el nivel adecuado de extracción se decantan y se secan los granos en túneles de secado (Amores, 2022). El posterior uso de los granos dependerá del proceso al cual sea sometido el alimento, que puede ser una molienda y/o cocción ya sea solos o como parte de otros cereales. Cabe mencionar que a la fecha se estudia la obtención de harinas compuestas que combinan propiedades características de los cereales.

La extracción de saponinas, puede llegar a ser un problema de contaminación ambiental, por ello se requiere de estudios que determinen sus nuevos usos y aplicaciones. Estas generalidades sobre las saponinas en la quinua y cañahua resaltan su potencial como compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, así como su relevancia para la salud cardiovascular. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la concentración y actividad de las saponinas pueden variar en diferentes variedades y cultivares de estos granos, así como en su procesamiento y preparación.

El proceso de desaponificación en la quinua (*Chenopodium quinoa willd*) es una práctica común para reducir los niveles de saponinas, que pueden tener efectos adversos en ciertas circunstancias. El beneficiado de la quinua y cañahua, tiene dos fases principales hasta su completo “desamargado” o extracción de saponinas (Condori, J. 2013). Para el secado se recomienda hacerlo por procesos rápidos y de poco tiempo de acción, el más adecuado es el secado por aspersion, ya que no altera químicamente las estructuras del producto (Norma Boliviana NB NA 0038). Todas estas operaciones unitarias pueden ser llevadas a cabo con equipos sencillos de operación, lo que reduce la intervención de mucho personal en la planta.

Será muy importante, considerar las variables de operación de una planta de de-saponificación, asumiendo las siguientes consideraciones: (A.E.V. Lilley, et al., 1998)

1. Determinación de impurezas como piedrecillas, granos dañados, ramillas, etc.; que serán aspectos claves que definirán el método de extracción, que podría ser manual o mecanizado.
2. Tamaño de grano: Se controla con tamices que clasifican por tamaños y se define el tiempo de operación ya sea en el escarificado como en la extracción húmeda.
3. Grado de absorción de solvente (humedad), define el tiempo de residencia en el secador, así como el perfil de temperaturas a lo largo del recorrido del equipo.
4. A los concentrados vía seca se los debe pasar por una clasificadora a aire forzado para separar toda la cascarilla con muy bajo nivel de saponinas.
5. Filtrado, para clarificar las saponinas para su posterior concentración a humedades menores al 10 %
6. Si el secado es por aspersion se debe concentrar la disolución extractora y para ello se requiere conocer el contenido de sólidos tanto a la entrada del concentrador (evaporador) como a su salida.

Es importante destacar que los métodos de des-saponificación pueden afectar el perfil nutricional de la quinua, ya que algunas saponinas también pueden tener propiedades beneficiosas. Por lo tanto, es importante encontrar un equilibrio entre la des-saponificación y la retención de los compuestos bioactivos beneficiosos presentes en la quinua. Se debe considerar que existen diferentes ecotipos, ya que estos son variedades de una especie que se adaptan a diferentes condiciones ambientales. En el caso de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), los diferentes

ecotipos pueden mostrar variaciones en la composición y concentración de las saponinas triterpénicas. Estas diferencias pueden deberse a la influencia del clima, el suelo y otros factores ambientales en la biosíntesis de las saponinas.

Algunos estudios han investigado la relación entre los ecotipos de cañahua y las saponinas triterpénicas. Por ejemplo, en un estudio realizado por Mamani et al. (2019), se analizó la composición química de diferentes ecotipos de cañahua en Bolivia. Los resultados mostraron variaciones significativas en la concentración de saponinas triterpénicas entre los ecotipos estudiados.

Otro estudio realizado por Plaza et al. (2018) evaluó los perfiles de saponinas triterpénicas en diferentes ecotipos de cañahua cultivados en Perú. Los resultados revelaron diferencias en la composición y concentración de las saponinas entre los ecotipos, lo que sugiere una influencia de los factores ambientales en la biosíntesis de estas moléculas.

Conclusiones

Las saponinas presentes en quinua y cañahua son compuestos bioactivos que han demostrado propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y beneficios para la salud cardiovascular. Estas investigaciones respaldan la importancia de incluir estos granos andinos en una dieta equilibrada y resaltan su potencial como fuentes naturales de compuestos bioactivos con propiedades saludables. Estos hallazgos científicos confirman la importancia de las saponinas de quinua y cañahua como compuestos bioactivos con beneficios para la salud. Estos componentes bioactivos, además de los nutrientes, amplían el concepto de dieta saludable, nutracéutico y funcional, además pone de relieve la importancia de considerar la dieta en su conjunto, como un todo, sin tratar de excluir los alimentos y sus componentes teniendo en cuenta las posibles interacciones entre ellos.

Se conoce la tecnología de extracción de saponinas en todos sus detalles, siendo las opciones industriales mucho más eficientes y de mayor capacidad de producción que las tradicionales. Las plantas de desamargado de estos granos pueden ser manipulados con muy poco personal. Se debe planificar una recuperación muy efectiva de saponinas a efecto de evitar la contaminación ambiental, especialmente cerca de lagunas o ríos que tengan fauna piscícola, debido a sus características tóxicas que provienen de su habilidad para formar complejos con esteroides, que ocasionarían complicaciones en la actividad fúnica.

En resumen, las saponinas de quinua y cañahua son compuestos bioactivos con beneficios antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos y para la salud cardiovascular.

Referencias

- A.E.V. Lilley, J. G. Brennan, J. R. Butters, N. D. Cowell. (1998).** Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. *Acribia*. <https://doi.org/10.1177/108201329900500210>
- Ahumada, A. Ortega, D. Chito, R. Benítez. (2016).** Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 438-469. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Amores H. (2022).** Saponinas de la quinua, obtención y aplicaciones Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador Carrera de Química Farmacéutica [Trabajo de titulación modalidad artículo de revisión previo a la obtención del título de Química Farmacéutica]. *Repositorio Institucional UCE*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26757>
- Bazile, D. et al. (2014).** Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. *FAO y CIRAD*.
- Condori, J. (2013).** Desaponificado, selección y clasificado de granos andinos (Informe técnico N° 1). *PromPerú*. <https://repositorio.promperu.gob.pe/server/api/core/bitstreams/dda65c9d-7bb5-4deb-8dcd-8cb297f8d1b7/content>
- Deng, Y., Liu, R., Zhang, M., Zhang, R., & Zhao, L. (2020).** Identification of saponins in Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) and their cholesterol-lowering effects. *Journal of Functional Foods*, 72, 104053. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104053>
- Gómez-Caravaca, A. M., lafelice, G., Verardo, V., & Marconi, E. (2012).** Characterization of bioactive phytochemicals in quinoa grains (*Chenopodium quinoa Willd.*) by means of LC-MS/MS. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1432-1437. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.023>
- Mamani, J.C., Guzmán, F., Plaza, L. et al. (2019).** Variability of Bioactive Compounds in Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*): An Andean Cereal Adapted to Extreme Growing Conditions. *Molecules*, 24(20), 3746. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3832-9_12
- Plaza, L., Guzmán, F., Mamani, J.C. et al. (2018).** Saponins from Andean Native Crops: Yacon and Cañahua. En V. Cano-Sánchez (Ed.), *Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants* (pp. 193-212). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1115-8_10

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., & Liu, R. (2018).

Characterization of saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasms by HPLC-MS/MS and their anti-proliferative activities. *Molecules*, 23(6), 1451. <https://doi.org/10.3390/molecules23061451>

Zhao, J., Mu, W., Gao, W., & Zhao, L. (2015). Chemical composition, saponins and antioxidant activity of Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(33), 7317-7325. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02448>

Calidad de la medición antropométrica en los universitarios de la UMSA

Monica Lino*
Oswaldo Terán**

Resumen

Palabras clave:

Calidad, medición, antropometría, estudio de repetibilidad y reproducibilidad, morfo tipo, medidas corporales.

Keywords:

Quality, measurement, anthropometry, gage of repeatability and reproducibility, morphotype, body measurements.

Palavras chave:

Qualidade, medida, antropometria, estudo de repetibilidade e reprodutibilidade, morfotipo, medidas corporais.

El trabajo de investigación tiene como objetivo realizar un análisis del sistema de medición para validar resultados de las mediciones antropométricas con un método específico para la toma de medidas corporales, apoyados en el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad al momento de obtener la información sobre las variables: peso, estatura, ancho de espalda, ancho de cadera, largo de piernas y brazos, e índice de masa corporal y volumen de cuerpo; de acuerdo a la norma ISO 20685-1:2018, que permitirá determinar el formo tipo de los universitarios entre 18 y 28 años en la Universidad Mayor de San Andrés. La validación de los resultados de las mediciones obtenidas, permite la aplicación de un método específico para la recolección de datos antropométricos bajo un sistema de medición, que generalmente se determina únicamente por las propiedades estadísticas de los datos que genera, donde las fuentes de variación en un proceso de medida, al igual que todos los procesos, los sistemas de medida están influidos por fuentes de variación sistemática y aleatoria. El proyecto de investigación plantea de manera detallada el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad utilizando el

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: pamoliu@yahoo.es | <https://orcid.org/0000-0003-2827-7119>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: osteramo@yahoo.es offeran@umsa.bo | <https://orcid.org/0000-0003-0965-8434>

método básico estadístico, con indicadores de Media y Rango para el Aseguramiento de la Calidad de los procesos de toma de medidas corporales, que servirán para la comprobación de las características dimensionales anatómicas del morfo tipo de cuerpo en universitarios hombres y mujeres de la Universidad Mayor de San Andrés. Los resultados muestran el trabajo de un equipo de 3 evaluadores en la toma de medidas; cada uno de ellos toma los datos antropométricos de 10 estudiantes universitarios (hombres y mujeres). Obteniendo en simultáneo 30 mediciones sobre las medidas corporales. Así mismo se realizarán 3 lecturas de la misma medida para calcular la varianza total, con el propósito de explicar las diferencias entre evaluadores, mismo que se puede apreciar por el valor de Reproducibilidad, en tanto que la variación debida al instrumento de medida es explicada por la Repetibilidad..

Abstract

The objective of the research work is to carry out an analysis of the measurement system to validate results of anthropometric measurements with a specific method for taking body measurements, supported by the Repeatability and Reproducibility Study when obtaining information on the variables: weight, height, back width, hip width, leg and arm length, and body mass index and body volume; according to the ISO 20685-1:2018 standard, which will allow determining the typical form of university students between 18 and 28 years old at the Universidad Mayor de San Andrés. The validation of the results of the measurements obtained allows the application of a specific method for the collection of anthropometric data under a measurement system, which is generally determined solely by the statistical properties of the data it generates, where the sources of variation in a measurement process, like all processes, measurement systems are influenced by sources of systematic and random variation. The research project proposes in detail the Study of Repeatability and Reproducibility using the basic statistical method, with Mean and Range indicators for Quality Assurance of the processes of taking body measurements, which will serve to verify the dimensional characteristics. anatomical measurements of body type morphology in male and female university students from the Universidad Mayor de San Andrés. The results show the work of a team of 3 evaluators in taking measurements; each of them takes the anthropometric data of 10 university students (men and women). Obtaining 30 measurements of body measurements

simultaneously. Likewise, 3 readings of the same measurement will be made to calculate the total variance, with the purpose of explaining the differences between evaluators, which can be seen by the Reproducibility value, while the variation due to the measuring instrument is explained by Repeatability.

Resumo

O objetivo do trabalho de pesquisa é realizar uma análise do sistema de medidas para validar resultados de medidas antropométricas com método específico de tomada de medidas corporais, apoiado no Estudo de Repetibilidade e Reprodutibilidade na obtenção de informações sobre as variáveis: peso, altura, costas largura, largura do quadril, comprimento das pernas e braços, índice de massa corporal e volume corporal; de acordo com a norma ISO 20685-1:2018, que permitirá determinar a forma típica dos estudantes universitários entre 18 e 28 anos na Universidad Mayor de San Andrés. A validação dos resultados das medições obtidas permite a aplicação de um método específico de recolha de dados antropométricos no âmbito de um sistema de medição, que geralmente é determinado apenas pelas propriedades estatísticas dos dados que gera, onde as fontes de variação de uma medição processo, como todos os processos, os sistemas de medição são influenciados por fontes de variação sistemática e aleatória. O projeto de pesquisa propõe detalhadamente o Estudo de Repetibilidade e Reprodutibilidade utilizando o método estatístico básico, com indicadores de Média e Intervalo para Garantia de Qualidade dos processos de tomada de medidas corporais, que servirão para verificar as características dimensionais. estudantes universitários do sexo masculino e feminino da Universidade Mayor de San Andrés. Os resultados mostram o trabalho de uma equipe de 3 avaliadores na realização de medições; cada um deles coleta dados antropométricos de 10 estudantes universitários (homens e mulheres). Obtenção de 30 medidas de medidas corporais simultaneamente. Da mesma forma, serão feitas 3 leituras da mesma medida para calcular a variância total, com o objetivo de explicar as diferenças entre os avaliadores, que podem ser observadas pelo valor da Reprodutibilidade, enquanto a variação devida ao instrumento de medição é explicada pela Repetibilidade.

Introducción

La finalidad del Análisis de los Sistemas de Medición (en adelante MSA por sus siglas en inglés Measurement Systems Analysis) es establecer los procedimientos para valorar la calidad de los sistemas de medición, que están relacionadas con las propiedades estadísticas de mediciones múltiples obtenidas a partir de un sistema que opere bajo condiciones estables. Muchas veces la variación de un conjunto de mediciones se debe a la interacción entre el sistema y su entorno. Si esta interacción genera demasiada variación, la calidad de los datos puede ser tan baja que no sean útiles (Terán Modregón, 2023).

Carmona Benjumea (2016) menciona sobre los aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial, donde se pretende responder a los Problemas metodológicos, de manera tal que el estudio antropométrico podrá ser llevado a cabo sobre un número relativamente pequeño de individuos, así como la muestra preliminar elegida para ajustar e identificar los posibles errores en los evaluadores al momento de tomar las medidas y en los instrumentos de medida.

Un intento práctico del problema presenta Burgos y Escalona (2017) donde su trabajo de Prueba piloto: permite validar instrumentos y procedimientos para recopilar data antropométrica con fines ergonómicos, que, al emplear una muestra pequeña, con características idénticas y en una situación similar a la de la población accesible permitirá representar a la muestra definitiva, y el juicio de expertos para validar instrumentos documentales. Para Arenas Betancur, Palacio Morales y Rodríguez Ledesma (2023) sobre la Validación de Sistema de Medición Antropométrica con Escáner 3D bajo las normas UNE-EN ISO20685 y NTC ISO10012, describe que esta norma no se ocupa de reemplazar el instrumento análogo de medición, sino que intenta asegurar la comparabilidad de las medidas del cuerpo, pero tomando medidas con la ayuda de un escáner corporal 3D, que es el elegido para la investigación y trabajo de campo.

De estas investigaciones, se puede inferir que un proceso de medición debe ser visto como un proceso de fabricación que produce números o datos como resultado. Esta visión del sistema de medición es útil. Permite englobar todos los conceptos, filosofía, y herramientas que han demostrado utilidad en el área de Control Estadístico de Procesos CEP.

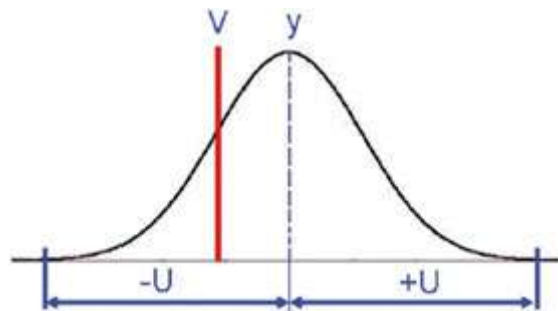
El objetivo principal de la investigación es realizar un análisis del sistema de medición para validar resultados de las mediciones antropométricas con un método específico para toma de medidas corporales, apoyados en el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (en adelante GR&R, por sus siglas en inglés

Gauge Repeatability and Reproducibility) al momento de obtener la información sobre las variables: Peso, estatura, ancho de espalda, ancho de cadera, largo de piernas y brazos, e índice de masa corporal y volumen de cuerpo; de acuerdo a la norma ISO 20685-1:2018, que permitirá determinar el formato tipo de los universitarios entre 18 y 28 años en la Universidad Mayor de San Andrés.

Un parámetro asociado al resultado de una medición es la incertidumbre de medida, como se observa en la figura, representa la “dispersión que tienen los valores atribuidos a un mensurando. Se puede expresar como una desviación típica, entonces se designa incertidumbre típica (u) o como un intervalo de cobertura alrededor del valor medido, entonces se designa como incertidumbre expandida (U)” (Técnicas de Control Metrológico, 2010b, p.10).

Figura 1.

Incertidumbre de medida.



Fuente: Técnicas de Control Metrológico, 2010c.

Existen muchas causas de la incertidumbre de medidas, entre las principales se puede citar a:

- Falta de repetibilidad de los valores observados
- Efecto de la resolución finita del equipo de medida
- Medición imperfecta del error de indicación del equipo de medida en su calibración.
- Definición incompleta del mensurando
- Muestra no representativa del mensurando
- Valores inexactos de patrones o materiales de referencia
- Conocimiento o medición imperfecta de las magnitudes de influencia

El Sistema de medida es el “conjunto de uno o más instrumentos de medida y, frecuentemente, otros dispositivos, incluyendo reactivos e insumos varios, ensamblados y adaptados para proporcionar valores medidos dentro de intervalos especificados, para magnitudes de naturalezas dadas” (Comité Conjunto de

Guías en Metrología, 2012, p.43). Un sistema de medida puede estar formado por un único instrumento de medida. En el manual MSA, se tiene que “el sistema de medida es el conjunto de operaciones, procedimientos, calibres y otros equipos, software, y personal, usados para asignar un número a la característica que se está midiendo; el proceso completo usado para obtener mediciones” (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010, p.14). Un sistema de medición ideal debería producir solo mediciones “correctas” cada vez que se usará. Cada medición debería siempre coincidir con la medida patrón. Un sistema de medición de tales características se dice que tiene propiedades estadísticas de cero varianzas, cero sesgos y, cero probabilidades de rechazar cualquier producto medido. Desafortunadamente, tales sistemas rara vez existen, y por tanto los directores de procesos deben usar sistemas de medición con propiedades estadísticas menos deseables.

La calidad de un sistema de medición

Generalmente se determina únicamente por las propiedades estadísticas de los datos que genera. Otras propiedades, tales como el costo, facilidad de uso. etc., son también importantes pues contribuyen a determinar cuál es el sistema deseable.

Fuentes de variación

En un proceso de medida, al igual que todos los procesos, los sistemas de medida están influidos por fuentes de variación sistemática y aleatoria. Las fuentes de variación son debidas a causas comunes y especiales. Para controlar el proceso de medición es necesario:

1. Identificar las fuentes potenciales de variación.
2. Eliminar (siempre que sea posible) o monitorizar estas fuentes de variación. Aunque las causas específicas dependerán de cada situación, pueden ser identificadas algunas fuentes típicas de variación. Existen distintos métodos de presentar y clasificar estas fuentes de variación, tales como los diagramas Causa-Efecto y otros. Los elementos más importantes de un proceso de medida son: Patrón, Pieza, Instrumento, Persona, Procedimiento y Entorno. Deben ser entendidos los factores que afectan a estos elementos para poder controlarlos o eliminarlos.

A menudo se asume que las mediciones son exactas, y frecuentemente el análisis y las conclusiones se basan en ese supuesto. Un individuo puede fallar al darse cuenta de que existe variación

en el sistema de medición, lo que afecta a las mediciones individuales y como consecuencia, a las decisiones basadas en los datos. El error del sistema puede ser clasificado en cinco categorías: sesgo, repetibilidad, reproducibilidad, estabilidad y linealidad.

Aplicación de la metodología

Se trabaja con un paradigma positivista, por ser un proceso sistemático y ordenado, con un diseño del estudio descriptivo-explicativo, ya que se detalla el procedimiento en la toma de medidas corporales y por otro lado se trata de un estudio no experimental, ya que no se modifican ni ajustan las medidas son observables y medidas en nivel correlacional y descriptivo, de tipo corte transversal. Debido a que la muestra se encuentra claramente definida en estudiantes universitarios entre 18 y 28 años, con el fin de determinar el morfotipo de sus cuerpos durante el periodo 2022.

Los instrumentos utilizados

Son: Tallímetro, Balanza y Escáner de cuerpo entero. Este último incluye un software para teléfonos celulares y tabletas con conectividad bluetooth 4.0. La aplicación 3D avatar body incluye de manera gratuita, además supone la comunicación de los datos vía correo electrónico o mensajes de texto; contradictoriamente, una vez introducidos los datos de sexo (Ramírez Martínez, 2018).

Condiciones adecuadas de uso y aplicación para escaneo

Tienen las siguientes características:

- Disponible para dispositivos móviles, tanto en Android asegurando de tener suficiente espacio de almacenamiento en el dispositivo para descargar y utilizar la aplicación.
- Un trípode permite mantener un dispositivo móvil en una posición fija y estable mientras escaneas un cuerpo con la aplicación. Asegurándose que el trípode sea lo suficientemente alto para que el dispositivo móvil se sitúe en la misma línea que el cuerpo.
- La iluminación es importante para que la aplicación pueda detectar y escanear un cuerpo correctamente. Asegurándose un lugar bien iluminado y sin sombras para no interferir con la detección de la aplicación.

Recolección de datos antropométricos

Se utilizará un registro específico, elaborado para este propósito, donde cada uno de los 3 evaluadores, realiza la medición 3 veces la misma medida, con el propósito de validar el GR&R, como se observa a continuación.

Tabla 1.*Hoja de recogida de datos.*

| Medidas del cuerpo humano (cm) | M1 | M2 | M3 |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso (kg) | | | |
| Circunferencia del cuello medio | | | |
| Busto/circunferencia del pecho | | | |
| Circunferencia debajo del busto | | | |
| Circunferencia de la cintura | | | |
| Circunferencia de la cadera (nalgas) | | | |
| Circunferencia del brazo derecho | | | |
| Perímetro máximo del muslo derecho | | | |
| Volumen de cuerpo completo (%) | | | |

Nota. Elaboración propia con base en el Instituto de Biomecánica de Valencia, (2023)

Metodología

El procedimiento para realizar una medición antropométrica adecuada, se deben seguir los siguientes pasos:

- Pedir al estudiante que retire sus zapatos y cualquier objeto que pudiera afectar la medición, como sombreros o joyas.
- Medir el peso corporal del estudiante en una báscula, con una precisión de 0,1 kg. Se recomienda que la báscula esté calibrada regularmente.
- Medir la altura del estudiante con un estadiómetro, con una precisión de 0,1 cm. Es importante que el estudiante se pare en posición vertical, con los talones juntos y los brazos a los lados.
- Medir la circunferencia de la cintura, a la altura del ombligo, utilizando la cinta métrica antropométrica.

La técnica de medición de estatura y peso en el tallímetro es la siguiente:

- Preparación: Para empezar, asegúrate de que la persona se encuentre descalza y con ropa ligera y ajustada al cuerpo. También es importante que la persona esté de pie recta y mirando hacia el frente.
- Medición de la estatura: Coloca el tallímetro de forma vertical contra una pared o superficie plana, asegurándote de que esté fijo y estable. Luego, pide a la persona que se acerque al tallímetro y que se pare con la espalda, los

talones y los hombros contra la pared. Asegúrate de que la cabeza esté en posición recta y que el mentón esté paralelo al suelo. Usa el brazo de medición del tallímetro para tomar la medida de la estatura de la persona. Anota la medida en centímetros.

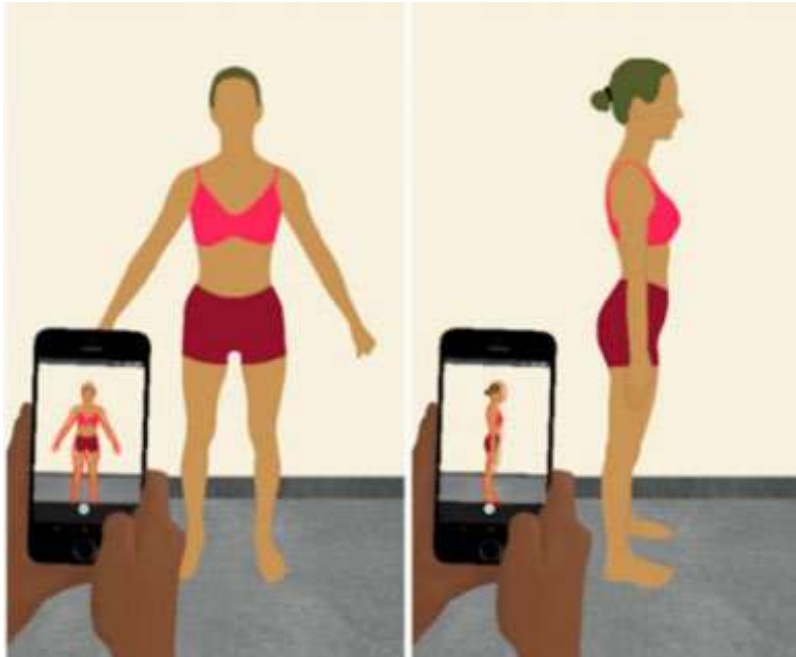
- Medición del peso: Pide a la persona que se pare en la balanza digital, asegurándose de que esté en una superficie plana y estable. Asegúrate de que la persona se encuentre de pie recta y en el centro de la balanza, con los pies separados y el peso distribuido de manera uniforme en ambos pies. Espera a que la balanza muestre el peso de la persona y anótalo en kilogramos.
- Registro de las mediciones: Registra las mediciones de la estatura y el peso de la persona en una tabla de registro, asegurándote de que estén claramente identificadas.
- Es importante seguir una técnica adecuada para la medición de la estatura y el peso con el tallímetro con balanza digital, para obtener medidas precisas y confiables. Además, recuerda siempre ser amable y respetuoso con la persona durante todo el proceso de medición.

Las condiciones para el escaneo correcto son:

- Para el escaneo se utilizará la aplicación móvil 3D AVATAR BODY la cual es una herramienta que permite crear un modelo en 3D del cuerpo y obtener mediciones antropométricas precisas. La aplicación es útil para la determinación del morfotipo y el seguimiento de la composición corporal.
- Ropa ajustada: Es importante que uses ropa ajustada y sin patrones o diseños complejos para que la aplicación pueda detectar las características de tu cuerpo con mayor precisión. Evita usar ropa suelta o con capas, ya que esto puede interferir con la detección de la aplicación.
- Colocar el dispositivo móvil en un trípode o en una superficie estable para asegurar que la cámara se mantenga quieta durante el escaneo.
- Pedirle a la persona que se pare de frente en una postura erguida y con los brazos ligeramente elevados y las piernas separadas sin moverse.
- Encuadrar a la persona dentro de la pantalla de la app y ajustar la altura del trípode si es necesario para que la cámara del dispositivo esté a la altura de la cabeza de la persona, como se observa en la figura 2.

Figura 2.

Toma de medidas.



Fuente: Instituto de Biomecánica de Valencia, (2023).

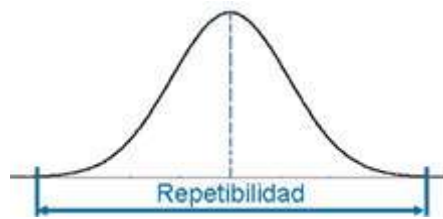
- Presionar el botón de escaneo en la app y seguir las instrucciones.
- Pedirle a la persona que se pare de perfil derecho en una postura erguida y con los brazos pegados al cuerpo con las palmas de la mano colocadas en los laterales de los muslos
- Encuadrar a la persona dentro de la pantalla de la app y ajustar la altura del trípode si es necesario para que la cámara del dispositivo esté a la altura de la cabeza de la persona.

La etapa de investigación tiene dos fases importantes: la primera de tipo descriptiva, ya que los indicadores a medir y el procedimiento para la toma de medidas corporales debe estar desarrolladas y descritas de manera narrativa e instructiva.

La segunda fase es el trabajo de campo, no experimental cuantitativa ya que la información que se recolecta tiene valoración, se mide en los sujetos de estudio y se va acumulando según tipo de variable que refleja el indicador a estandarizar.

Para el análisis de los datos se utilizará el GR&R, que en su primera parte, el caso de la Repetibilidad se entiende que “es la variación en las mediciones obtenidas con un instrumento de medición cuando es usado varias veces por un inspector para medir la misma característica de la misma pieza” (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010).

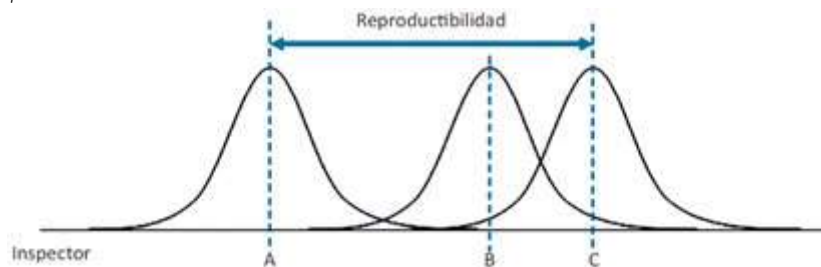
Figura 3.
Repetibilidad.



Fuente: Tomada de (Técnicas de Control Metrológico, 2010a).

En el segundo caso, la Reproducibilidad se entiende que “es la variación en la media de las mediciones realizadas por diferentes inspectores usando el mismo equipo de medición y midiendo la misma característica de la misma pieza” (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010).

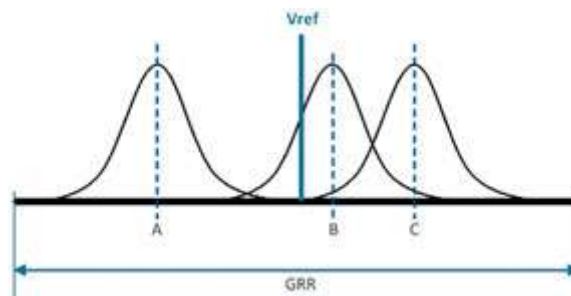
Figura 4.
Reproducibilidad.



Fuente: Tomada de Técnicas de Control Metrológico, (2010a).

La Repetibilidad y Reproducibilidad “es la estimación combinada de la repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medida” (Técnicas de Control Metrológico, 2010, p.38). Es una medida de la capacidad del sistema.

Figura 5.
Repetibilidad y reproducibilidad



Fuente: Tomada de Técnicas de Control Metrológico, (2010a).

La variación del sistema de medición para repetibilidad y reproducibilidad (RRG o M) se calcula sumando el cuadrado de la variación del equipo (EV) y el cuadrado de la variación de los evaluadores (AV), y sacando la raíz cuadrada como sigue:

$$RRG = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

Resultados.

Los resultados muestran el trabajo de un equipo de 3 evaluadores en la toma de medidas; cada uno de ellos toma los datos antropométricos de 10 estudiantes universitarios (hombres y mujeres). Obteniendo en simultáneo 30 mediciones sobre las medidas corporales.

Así mismo se realizarán 3 lecturas de la misma medida para calcular la varianza total, con el propósito de explicar las diferencias entre evaluadores, mismo que se puede apreciar por el valor de Reproducibilidad, en tanto que la variación debida al instrumento de medida es explicada por la Repetibilidad.

Tabla 2.

Tipos de morfología.

| N° | Edad | Genero | Peso [KG] | Talla [CM] | IMC | % Grasa | Soma-totipo | Índice de Sheldon | Soma-totipo | Contorno de pecho [CM] | Índice Pignet | Condición anatómica |
|----|------|-----------|-----------|------------|-------|---------|-------------|-------------------|-------------|------------------------|---------------|---------------------|
| 1 | 24 | Masculino | 65,0 | 165 | 23,88 | 17,97 | Mesomorfo | 41,04 | Mesomorfo | 102 | -2,0 | Excelente |
| 2 | 23 | Femenino | 55,0 | 160 | 21,48 | 25,67 | Mesomorfo | 42,07 | Mesomorfo | 100 | 5,0 | Buena |
| 3 | 25 | Femenino | 55,2 | 154 | 23,28 | 28,28 | Mesomorfo | 40,45 | Endomorfo | 98 | 0,8 | Buena |
| 4 | 28 | Masculino | 69,4 | 172 | 23,46 | 18,39 | Mesomorfo | 41,85 | Mesomorfo | 102 | 0,6 | Buena |
| 5 | 21 | Masculino | 54,4 | 175 | 17,76 | 9,95 | Ectomorfo | 46,19 | Ectomorfo | 85 | 35,6 | Mala |

Nota. Elaboración propia.

Resumiendo los datos, se puede observar un comportamiento similar entre hombre y mujeres, teniendo un somatotipo menor correspondiente al Ectomorfo del 11% al 15%, el somatotipo representativo es el Mesomorfo del 51% al 58%, y el segundo más frecuente el Endomorfo entre un 32% al 38% como se observa en la tabla siguiente.

Tabla 3.
Resultados de morfología.

| Categoría general | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Somatotipo de cuerpo | | | |
| Tipo | Ectomorfo | Mesomorfo | Endomorfo |
| Cantidades | 22 | 113 | 76 |
| Categoría hombres | | | |
| Tipo | Ectomorfo | Mesomorfo | Endomorfo |
| Cantidades | 7 | 41 | 23 |
| Proporciones | 10% | 58% | 32% |
| Categoría mujeres | | | |
| Tipo | Ectomorfo | Mesomorfo | Endomorfo |
| Cantidades | 15 | 72 | 53 |
| Proporciones | 11% | 51% | 38% |

Nota. Elaboración propia

Conclusiones.

Una vez aplicado el método específico e instrumentos de recolección de data antropométrica, e identificadas las variables a medir, se puede asegurar que los indicadores de repetibilidad (r) y reproducibilidad (R) de acuerdo a la norma ISO 20685-1:2018 permitieron confirmar el morfotipo del cuerpo mesoformo en hombres y mujeres con el 56 % de los datos obtenidos.

La variación total del proceso entre la muestra preliminar y la muestra final, permiten un ajuste de error del 15% por incidencia del operador e de los instrumentos en los resultados de las mediciones.

La Repetibilidad en la variación de las mediciones antropométricas obtenidas con instrumento de medición es utilizada 3 veces por el operador, de manera que se logre la mínima variación en la toma de medida corporal en el mismo individuo, obteniendo un valor promedio que se considera como dato valido.

La Reproducibilidad en la media de las mediciones realizadas por diferentes evaluadores A, B y C, usando el mismo equipo de medición y midiendo la misma característica en la misma persona, permite validar el resultado y asegurar un valor promedio de los parámetros antropométricos que establecen las medidas corporales.

Referencias

- Arenas Betancur, J. F., Palacio Morales, J. A., & Rodríguez Ledesma, C. A. (2023).** Validación de sistema de medición antropométrica con escáner 3D bajo las normas UNE-EN ISO20685 y NTC ISO10012. *Retos*, 49, 572-579. <https://bit.ly/3O8rv8G>
- Automotive Industry Action Group. (2010).** Análisis de sistemas de medición (4a ed.). *Chrysler Group*. <https://bit.ly/3QA9hjt>
- Burgos, F., y Escalona, E. (2017).** Prueba piloto: Validación de instrumentos y procedimientos para recopilar data antropométrica con fines ergonómicos. *Ingeniería y Sociedad UC*, 12(1), 31-47. <http://bit.ly/3NvrifB>
- Carmona Benjumea, A. (2016).** Aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial (1a ed.). *Centro Nacional de Medios de Protección-Sevilla INSHT*. <https://bit.ly/3OzucS9>
- Comité Conjunto de Guías en Metrología. (2012).** Vocabulario internacional de metrología: Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (3a ed.). <https://doi.org/10.1021/ja01341a021>
- Instituto de Biomecánica de Valencia. (2023).** *3D Avatar Body*. <https://bit.ly/3KeVris>
- Ramírez Martínez, C. (2018).** Procedimientos computacionales en la adquisición y captura de datos antropométricos. *RECI Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, 7(14), 99-114. <https://doi.org/10.23913/reci.v7i14.89>
- Técnicas de Control Metrológico. (2010a).** Análisis de los sistemas de medida: Análisis de la dispersión en los sistemas de medida (4a ed.).
- Técnicas de Control Metrológico. (2010b).** Análisis de los sistemas de medida: Análisis de la tendencia central de los sistemas de medida (4a ed.).
- Técnicas de Control Metrológico. (2010c).** Análisis de los sistemas de medida: Conceptos generales en el análisis de los sistemas de medida (4a ed.).
- Terán Modregón, O. F. (2023).** Control de calidad basado en el análisis del sistema de medición. *Industrial 4.0*, 6, 20. <https://bit.ly/47bLCv>

Avances y desafíos en la Implementación de ODS's prioritarios en Bolivia

Ramiro Flores*

Zaida Albino**

Franz Zenteno Benítez***

Palabras clave:

Desarrollo sostenible, valor económico, valor social, valor ambiental, crecimiento económico, seguridad alimentaria, protección de ecosistemas.

Keywords:

Sustainable development, economic value, social value, environmental value, economic growth, food security, ecosystem protection.

Palavras chave:

Desenvolvimento sustentável, valor econômico, valor social, valor ambiental, crescimento econômico, segurança alimentar, proteção de ecossistemas.

Resumen

El progreso científico se centra en comprender cómo diversos actores contribuyen al valor económico, social y ambiental en la búsqueda de un desarrollo sostenible. Se reconoce que este campo presenta desafíos y limitaciones, lo que subraya la necesidad de adoptar enfoques diversos para fomentar la creación de valor compartido. Este enfoque promueve un cambio hacia una economía equilibrada que involucra a los sectores público, privado y social, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Agenda 2030 como marco de referencia esencial para el desarrollo sostenible. Bolivia tiene desafíos importantes respecto a sus sectores estratégicos que permitan contribuir al esfuerzo de todos los países de la región y del mundo, para alcanzar la sostenibilidad. Un sector estratégico primordial es el sector de hidrocarburos, crucial para el desarrollo económico. Por otro lado, la Seguridad Alimentaria sin duda, es una responsabilidad que atinge al Estado y la sociedad en su conjunto, así como mantener los ecosistemas protegidos contribuirá a preservar la vida de quienes habitan este país. Después de la pandemia de COVID-19, los efectos del cambio climático y

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: ramiro@flores.bo | <https://orcid.org/0000-0001-5336-6469>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: zaidaalbino@hotmail.com | <https://orcid.org/0009-0005-9534-8222>

*** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: fjzenteno@umsa.bo | <https://orcid.org/0009-0009-7142-4736>

los actuales conflictos armados provocan un retroceso en las aspiraciones de alcanzar las metas propuestas por la Agenda 2030. Es así como los efectos son desproporcionados en los sectores vulnerables, principalmente en las comunidades rurales. Este escenario, requiere que entidades estratégicas como YPFB tengan una mirada integral del desarrollo económico, social y ambiental para garantizar una sostenibilidad responsable, por otro lado, se requiere del Estado que a partir de su marco legal implemente medidas que garanticen la seguridad alimentaria y la preservación de los ecosistemas rurales y urbanos. El presente estudio pretende analizar y contribuir a la reflexión sobre el papel de diversos actores en la creación de valor económico, social y ambiental para avanzar hacia un desarrollo sostenible. Se reconoce la existencia de desafíos en este campo, destacando la importancia de enfoques diversos que fomenten la creación de valor compartido. La investigación aboga por un cambio hacia una economía equilibrada, involucrando a los sectores público, privado y social, con los ODS y la Agenda 2030 como marco esencial, tomando en cuenta los ejes de valor económico, social y ambiental. Las conclusiones clave a las cuales se llegan, resaltan la complejidad del desarrollo económico equilibrado, la necesidad de abordar desafíos como la posibilidad de nuevas pandemias y el cambio climático, y la importancia de los ODS como guía para un crecimiento inclusivo y sostenible. Asimismo, resalta la necesidad imperiosa de aplicar enfoques de Gobierno Ambiental, Social y Corporativo (ESG), como respuesta a la responsabilidad social en la planificación estratégica y el desarrollo sostenible como elemento esencial para el bienestar de la sociedad.

Abstract

Scientific progress focuses on understanding how various actors contribute to economic, social, and environmental value in the pursuit of sustainable development. It is recognized that this field presents challenges and limitations, underscoring the need to adopt diverse approaches to promote the creation of shared value. This approach promotes a shift towards a balanced economy that involves the public, private, and social sectors, with the Sustainable Development Goals (SDGs) and the 2030 Agenda as an essential framework for sustainable development. Bolivia faces significant challenges in its strategic sectors to contribute to the efforts of all countries in the region and the world to achieve sustainability. A key strategic sector is the hydrocarbon sector, crucial for economic development.

Additionally, food security is undoubtedly a responsibility that concerns the state and society, while maintaining protected ecosystems will contribute to preserving the lives of those who inhabit this country. Following the COVID-19 pandemic, the effects of climate change and ongoing armed conflicts have set back the aspirations of meeting the goals set by the 2030 Agenda. These effects disproportionately affect vulnerable sectors, primarily rural communities. This scenario requires strategic entities such as YPFB to have a comprehensive view of economic, social, and environmental development to ensure responsible sustainability. Furthermore, the state must implement measures within its legal framework to guarantee food security and the preservation of rural and urban ecosystems. This study aims to analyze and contribute to the reflection on the role of various actors in creating economic, social, and environmental value to advance sustainable development. Challenges in this field are acknowledged, emphasizing the importance of diverse approaches that foster shared value creation. The research advocates for a shift towards a balanced economy involving the public, private, and social sectors, with the SDGs and the 2030 Agenda as an essential framework, considering the axes of economic, social, and environmental value. In summary, the key conclusions reached highlight the complexity of balanced economic development, the need to address challenges such as the possibility of new pandemics and climate change, and the importance of the SDGs as a guide for inclusive and sustainable growth. It also emphasizes the urgent need to apply Environmental, Social, and Corporate Governance (ESG) approaches as a response to social responsibility in strategic planning and sustainable development as an essential element for the well-being of society.

Resumo

O progresso científico concentra-se na compreensão de como diversos atores contribuem para o valor econômico, social e ambiental na busca do desenvolvimento sustentável. Reconhece-se que este campo apresenta desafios e limitações, destacando a necessidade de adotar abordagens diversas para promover a criação de valor compartilhado. Essa abordagem promove uma transição para uma economia equilibrada que envolve os setores público, privado e social, com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a Agenda 2030 como um quadro essencial para o desenvolvimento sustentável. A Bolívia enfrenta desafios significativos em seus setores

estratégicos para contribuir com os esforços de todos os países da região e do mundo em direção à sustentabilidade. Um setor estratégico chave é o setor de hidrocarbonetos, crucial para o desenvolvimento econômico. Além disso, a segurança alimentar é, sem dúvida, uma responsabilidade que envolve o Estado e a sociedade como um todo, enquanto a preservação de ecossistemas protegidos contribuirá para preservar a vida daqueles que habitam este país. Após a pandemia de COVID-19, os efeitos das mudanças climáticas e os conflitos armados em curso têm retrocedido nas aspirações de cumprir os objetivos estabelecidos pela Agenda 2030. Esses efeitos afetam desproporcionalmente os setores vulneráveis, principalmente as comunidades rurais. Esse cenário exige que entidades estratégicas, como a YPF, tenham uma visão abrangente do desenvolvimento econômico, social e ambiental para garantir a sustentabilidade responsável. Além disso, o Estado deve implementar medidas dentro de seu arcabouço legal para garantir a segurança alimentar e a preservação de ecossistemas rurais e urbanos. Este estudo tem como objetivo analisar e contribuir para a reflexão sobre o papel de diversos atores na criação de valor econômico, social e ambiental para avançar em direção ao desenvolvimento sustentável. Reconhece-se a existência de desafios nesse campo, destacando a importância de abordagens diversas que promovam a criação de valor compartilhado. A pesquisa defende uma mudança em direção a uma economia equilibrada, envolvendo os setores público, privado e social, com os ODS e a Agenda 2030 como um quadro essencial, levando em consideração os eixos de valor econômico, social e ambiental. Em resumo, as principais conclusões destacam a complexidade do desenvolvimento econômico equilibrado, a necessidade de enfrentar desafios, como a possibilidade de novas pandemias e as mudanças climáticas, e a importância dos ODS como guia para um crescimento inclusivo e sustentável. Também enfatiza a necessidade urgente de aplicar abordagens de Governança Ambiental, Social e Corporativa (ESG) como resposta à responsabilidade social no planejamento estratégico e ao desenvolvimento sustentável como elemento essencial para o bem-estar da sociedade.

Introducción

Uno de los cuestionamientos clave que persigue el progreso científico en diferentes disciplinas, se centra en cómo los actores gubernamentales, empresas y la sociedad en su conjunto, generan valor en términos económicos, sociales y ambientales. A

pesar de la importancia de estos determinantes para el desarrollo, la investigación en esta área sigue siendo limitada y requiere enfoques diversos para comprender cómo se puede crear valor compartido que beneficie tanto a las empresas como a la sociedad y al medio ambiente.

Por consiguiente, en un contexto de crisis y cuestionamiento de paradigmas de desarrollo, es fundamental destacar el valor del sector empresarial de las economías, situado entre el Estado y el sector privado, representando una fuerza clave que integra iniciativas económicas que beneficien a la propia comunidad y sus grupos sociales (Defourny y Monzón Campos, 1997; Stiglitz et al., 2006; Tomás Carpi, 2008). En este sentido, la literatura científica ha estudiado ampliamente las funciones macroeconómicas y microeconómicas correctoras, abordando diversos desequilibrios y problemas económicos.

De ahí, que en línea con reconocidos economistas e intelectuales, como el Premio Nobel Stiglitz, Mintzberg y Castells, así como instituciones internacionales como las Naciones Unidas e Instituciones de la comunidad Europea (Parlamento Europeo, Consejo de la Unión Europea, Tribunal de Justicia, entre otros), se opta por argumentos a favor de un cambio de paradigma hacia una “economía balanceada”. Enfoque caracterizado por una participación equilibrada de los tres sectores económicos: el público, el privado y el sector de la economía social.

En este contexto, han surgido diversos términos, conceptos y paradigmas que reflejan esta pluralidad y que emergen como un cuestionamiento al modelo económico tradicional, y proponen una perspectiva que coloca a la dimensión social y ambiental, en el centro de la economía, aportando enfoques y soluciones alternativas.

A nuestro entender, existe la necesidad de profundizar en la reflexión sobre los avances en el Desarrollo Sostenible, enfocándonos en sectores prioritarios dentro del marco establecido en la Agenda 2030. Es por ello que el presente estudio, desea contribuir a esa reflexión y comprender el lento avance que se experimenta en el país en relación a entidades estratégicas como YPFB, la Seguridad Alimentaria y la preservación de Ecosistemas, principalmente en el ámbito urbano, donde se tiene concentrada al 70% de la población del país.

En el 2015 se adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con el propósito de crear un futuro pacífico y próspero. Estos objetivos abarcan la erradicación de la pobreza, la reducción del consumo excesivo, la promoción de la igualdad y la justicia social, así como la garantía de una educación equitativa. En consecuencia, uno de los desafíos destacados es lograr un crecimiento económico sostenible, inclusivo y

responsable, así como asegurar el empleo pleno, productivo y digno para todos. Para lograrlo, es necesario un cambio en el sistema económico, social y ambiental que abra nuevas oportunidades para el vivir bien.

Los ODS y la agenda 2030 se han consolidado como el principal marco de referencia que guía las acciones de gobiernos, naciones, empresas, ciudades y ciudadanos. No obstante, los resultados obtenidos hasta la fecha ponen de manifiesto la existencia de desafíos y tendencias desfavorables en el cumplimiento de las metas establecidas para el año 2030, lo cual resalta la imperante necesidad de implementar medidas que aceleran dicho proceso.

En este contexto, el Estado, las empresas y la sociedad en su conjunto tienen la oportunidad de destacarse alineando su visión con los principios de sostenibilidad, responsabilidad social y bienestar humano, dando lugar a nuevos paradigmas que desafíen modelos económicos tradicionales, en la búsqueda de comprender cómo contribuir al valor económico, social y ambiental en favor de un desarrollo sostenible. Asimismo, reconocemos que este campo presenta limitaciones y, por lo tanto, requerimos enfoques diversos para crear valor compartido en la sociedad.

Por tanto, el objetivo central de esta investigación consiste en analizar y contribuir a la reflexión sobre cómo los actores gubernamentales, empresas y la sociedad generan valor en términos económicos, sociales y ambientales, con un enfoque específico en la creación de valor compartido. En un contexto de crisis y cambio de paradigma hacia una "economía balanceada", se busca destacar el papel crucial del sector empresarial como fuerza integradora de iniciativas económicas que beneficien a la comunidad y al medio ambiente.

En consecuencia, los ejes o categorías principales de análisis se centran en tres aspectos fundamentales:

- **Valor Económico:** como el desarrollo económico equilibrado, es impactado por la vulnerabilidad a cambios exógenos de sectores estratégicos como es el caso del sector hidrocarburos. El análisis se extiende a encarar desafíos significativos, como la pandemia de COVID-19 y el cambio climático inciden en la seguridad alimentaria y la economía en general.
- **Valor Social:** cómo las acciones de los diferentes actores influyen en la seguridad alimentaria y en las comunidades más vulnerables. Así como la importancia de la responsabilidad social en la planificación estratégica y el desarrollo sostenible para el bienestar de la sociedad.

- Valor Ambiental: como las actividades económicas impactan en la preservación ambiental, particularmente en relación con el cambio climático, la gestión sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad.

Sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad, según la “Perspectiva Disciplinar Positivista” de Riechmann, (1995), define la misma como el mantenimiento de la capacidad de carga del ecosistema, introduciendo además en este contexto el término de “Huella Ecológica” como la superficie que demanda una cierta comunidad humana para predecir los recursos que consume y absorbe los residuos generados (Wackernagel y Rees, 2001); entendiendo este último como “un concepto que ayuda a medir el peso o demanda de recursos que hacemos a los ecosistemas a través de nuestro consumo” (Reyes, 2003, p. 2). Es decir, que cuando las demandas superen la producción ecológica, las generaciones presentes y futuras dependerán más del capital natural.

No obstante, las corrientes actuales del pensamiento reflejan una visión de desarrollo económico vinculada a la racionalidad científica. En este contexto, el problema ambiental, uno de los más relevantes, revela que el riesgo ecológico se encuentra estrechamente ligado al conocimiento y su comprensión (Leff, 2006). En otras palabras, mientras se acepta la existencia de un estilo de vida naturalmente destructivo, se mantiene la creencia en el crecimiento o desarrollo económico que satisfaga las necesidades humanas.

En consecuencia, en países de ingresos medios y bajos, como los de América Latina, se puede apreciar que la estructura productiva se sustenta principalmente en actividades primarias, donde los commodities juegan un papel de gran relevancia en sus economías (Lanteri, 2014). En efecto, la exportación de bienes primarios representa la principal fuente de ingresos, tal es el caso de los países que comprenden la zona andina: Bolivia (minerales y gas natural); Colombia (petróleo y minerales); Ecuador (hidrocarburos y pesca); y Perú (metales y productos agropecuarios). En suma, el uso intensivo de recursos naturales y los efectos del cambio climático convierten al término desarrollo sostenible en un concepto primordial a considerar en nuestros tiempos (Sachs, 2014; Sánchez et al., 2019).

En el caso de Bolivia, el sector de hidrocarburos ha sido de vital importancia para el rendimiento económico en los últimos años (Foronda Monasterios, 2022; Grebe et al., 2012; Medinaceli, 2012, 2021). En efecto, la normativa actual implícitamente promueve el uso de los hidrocarburos como un elemento clave para el desarrollo nacional e integral de manera sostenible y sustentable en todas las

actividades económicas, tanto del ámbito público como privado (Ley 3058, 2005). Fortaleciendo con esta premisa, técnica y económica, la explotación de recursos hidrocarburíferos a través de la empresa estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), como empresa estratégica y brazo operativo del sector.

Desarrollo Sostenible

En consideración a la dinámica del concepto de Desarrollo Sostenible, su evolución natural retoma mayor fuerza cuando el cambio paradigmático entre la modernidad y la postmodernidad del pensamiento científico incide sobre su conceptualización epistemológica (racional-formal-deductiva, a interpretativa-valorativa-relacional) (Bravo y Marín, 2008). De modo que la preocupación actual sobre la cosmovisión antropocéntrica que articuló un modelo de crecimiento económico basado en la naturaleza como recurso infinito a explotar y capaz de soportar todas las cargas impuestas por la actividad económica humana, hoy en día es muy cuestionada y permite abrir nuevas interpretaciones cohesionando corrientes científicas, sociales, filosóficas y culturales.

En relación a este tema, existe una amplia evidencia empírica de modelos de crecimiento económico que se fundamentan en la explotación de recursos naturales y la acumulación de capital (Domar, 1946; Harrod, 1939; Kaldor y Mirrlees, 1962; Pasinetti, 1962; Samuelson y Modigliani, 1966; Solow, 1956; Swan, 1956). En contraste, en los años 70, la CEPAL y el PNUMA introdujeron la noción de ecodesarrollo, un concepto que busca establecer límites al desarrollo industrial desenfrenado, así como condiciones para la consolidación del término Desarrollo Sostenible expresados en el Informe Brundtland (WCED, 1987).

Estas nociones se convirtieron en compromisos políticos y propuestas de organismos internacionales, donde los modelos actuales de solución dominantes, se basan principalmente en las limitaciones físicas del desarrollo y crecimiento sostenible (Rodríguez, 2011), en lugar de principios de comportamiento ético basado en valores de equidad e integridad; por ejemplo, según (Vallejo, 2009), para el Banco Mundial se convirtió en el mecanismo apropiado para combatir la pobreza y la degradación ambiental.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los ODS son adoptados por las Naciones Unidas en 2015 y derivan en la agenda global aprobada por la comunidad internacional para movilizar la acción colectiva en torno a objetivos comunes. Al

respecto, esta nueva hoja de ruta propone articular la agenda de los países, guiando políticas, planes de acción, programas de desarrollo sostenible y estrategias gubernamentales. Donde las temáticas que recogen se corresponden con las preocupaciones y desafíos de los diferentes grupos de interés, en el cual las empresas, instituciones, entidades del tercer sector y ciudadanía en general, difícilmente podrán definir sus estrategias sin atender a estas necesidades (Mejide-Vidal, 2019; Remacha, 2017; Sanahuja, 2015).

Como factores estratégicos de desarrollo los ODS están relacionados con metas precisas y verificables, integrando las tres dimensiones de sostenibilidad: económica, social y ambiental. De ahí que se prioriza la lucha contra la pobreza y el hambre, con énfasis en la defensa de los derechos humanos, la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres. Abordando de esta manera, la reducción de las desigualdades entre las regiones junto a la eliminación de patrones de consumo insostenibles. De tal modo que los ODS delimitan una visión de crecimiento económico incluyente y sostenible, respetuoso con la salud del planeta y de la sociedad (Hickel, 2019; Miranda et al., 2007; Tapia-Sisalim, 2020).

Bolivia como parte de las Naciones Unidas, ha integrado en su planificación estratégica los ODS en el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES, 2021). Vinculando así el término de sostenibilidad empresarial como paradigma de la gestión de empresas estatales, a través de 13 pilares y 10 ejes que involucran la profundización del proceso de industrialización de los recursos naturales, así como el medio ambiente sustentable y equilibrado en armonía con la madre tierra. Posibilitando la implementación del concepto de Responsabilidad Social, como instrumento innovador de gestión organizacional que relacione la productividad, rentabilidad y sostenibilidad de las empresas, atenuando los impactos económicos, ambientales y sociales a través del uso racional de los recursos (Camarán y Barón, 2019; Valencia y Esquivel, 2022).

Asimismo, ha incorporado la atención a la Seguridad Alimentaria para la población en general y también la protección de los ecosistemas en consonancia de la llamada protección a la "madre tierra", este aspecto revela un marco legal interesante para la implementación de acciones relevantes que conllevan una responsabilidad compartida entre todos los sectores de la población.

Bienestar Humano

A lo largo del tiempo, la búsqueda del bienestar ha sido una poderosa motivación que ha generado acciones y eventos, influyendo en la trayectoria sociocultural de la humanidad. En la

actualidad, muchas políticas estatales, sociales y económicas se orientan hacia la consecución del bienestar de la población, en consonancia con el considerable desarrollo de la investigación en torno al bienestar humano (Vázquez et al., 2009).

Aunque los seres humanos han desarrollado conductas dirigidas tanto al bienestar individual como al colectivo desde sus inicios, el significado, las causas y las consecuencias de "estar o sentirse bien" han ido evolucionando en función del desarrollo sociohistórico y de la propia evolución humana.

Las investigaciones de Diener, (1998), definen el bienestar subjetivo como la forma en que las personas evalúan su satisfacción con la vida a través de sus respuestas afectivas y juicios globales. El bienestar subjetivo se compone de dos aspectos: uno cognitivo, llamado "satisfacción con la vida", y otro afectivo, conocido como "balanza de afectos".

En consecuencia, la satisfacción con la vida involucra una evaluación integral, más allá de una mera apreciación positiva de las emociones cotidianas. Esto implica que una vida emocionante no necesariamente se traduce en una vida satisfactoria. No obstante, las emociones experimentadas en el momento presente pueden influir en la percepción de las experiencias vitales y, en consecuencia, en la evaluación global de la vida.

Sin embargo, a pesar de los compromisos internacionales para erradicar el hambre y la malnutrición, cinco años después aún no se han logrado avances significativos hacia ese objetivo para el año 2030. Los datos indican que el acceso a alimentos suficientes, nutritivos e inocuos para todas las personas durante todo el año, así como la erradicación de la malnutrición, no están mejorando. Conflictos, cambios climáticos y fenómenos meteorológicos extremos ya habían obstaculizado los esfuerzos anteriores. La desaceleración económica también ha debilitado estos esfuerzos.

En 2020, la pandemia de COVID-19 ha empeorado la situación económica global de manera inesperada. La estimación más reciente antes de la pandemia revela que casi 690 millones de personas, el 8,9% de la población mundial, padecían subalimentación. Sin embargo, debido a la revisión de los datos de consumo alimentario en China, la estimación global disminuyó. Aun así, desde 2014, el número de personas con hambre en el mundo ha aumentado lentamente, y se estima que otros 60 millones de personas se han visto afectadas desde entonces. Si esta tendencia continúa, se espera que más de 840 millones de personas sufran de hambre para 2030. En resumen, el mundo no se encuentra encaminado a lograr el objetivo de hambre cero.

Seguridad Alimentaria

La Agenda 2030 y los ODS, se convirtieron en la mayor empresa global centrada en el desarrollo económico, social y ambiental, la reducción de la pobreza y las desigualdades, así como la mejora integrada de las condiciones económicas y sociales de los países, junto con la promoción de los derechos humanos (Del-Aguila-Arcenales et al., 2022). Las negociaciones entre los 193 Estados tomaron aproximadamente tres años e involucran a organizaciones de la sociedad civil, universidades y representantes del sector privado. Cuatro años más tarde, en septiembre de 2019, el Secretario General de la ONU, Antonio Guterres, declaró la década 2020-2030 como el "Decenio de la Acción".

Bajo este contexto, el ODS2, conocido como "Hambre Cero", busca poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible en todo el mundo para el año 2030. Este objetivo está estrechamente relacionado con el ODS1, que se enfoca en poner fin a la pobreza. Ambos objetivos son ambiciosos y están interconectados, debido a que la pobreza puede aumentar el hambre y dificultar el logro de la seguridad alimentaria (Del-Aguila-Arcenales et al., 2022).

El hambre y la malnutrición son problemas persistentes en muchas partes del mundo. Según las estimaciones de la ONU para la alimentación y la agricultura (FAO), alrededor de 690 millones de personas padecían hambre en 2019. Además, casi 2 mil millones de personas sufrían de inseguridad alimentaria moderada o grave, lo que significa que no tenían acceso regular a alimentos suficientes, seguros y nutritivos, donde el número de personas subalimentadas y malnutridas en el mundo sigue en aumento (Cabañas, 2020; Ortale, 2020). Por tanto, la imposibilidad de cumplir con el ODS2 dentro del plazo establecido podría tener consecuencias negativas que se extienden más allá del ámbito alimentario, impactando de manera significativa en el progreso hacia metas más amplias de desarrollo sostenible.

El ODS2 se compone de ocho metas y 15 indicadores. Los primeros cinco objetivos están directamente relacionados con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola, los últimos tres son medidas relacionadas con el mercado destinadas a aumentar las inversiones agrícolas y reducir las restricciones, distorsiones y volatilidad del mercado (Gil et al., 2019).

Una de las metas del ODS2 es poner fin al hambre para el año 2030 y garantizar el acceso a una alimentación saludable, nutritiva y suficiente durante todo el año para todas las personas, especialmente para los pobres y aquellos en situaciones de vulnerabilidad, incluidos los niños menores de 1 año. Dos de

los indicadores clave para esta meta son la prevalencia de la subalimentación y la prevalencia de la inseguridad alimentaria moderada o grave en la población, evaluada mediante la escala de experiencia de inseguridad alimentaria.

Para alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 2 (ODS2), es esencial llevar a cabo una acción concertada a nivel mundial, nacional y local. Esto implica la implementación de políticas y programas orientados hacia la promoción de la agricultura sostenible, la inversión en infraestructuras rurales, la facilitación del acceso a los mercados, el respaldo a los pequeños agricultores y el fomento de sistemas alimentarios inclusivos, tal como se sugiere en el informe de la FAO y otros organismos relevantes (FAO et al., 2022).

Asimismo, resulta fundamental abordar las causas subyacentes del hambre y la malnutrición, que incluyen la pobreza, la carencia de acceso a servicios esenciales, los conflictos y el impacto del cambio climático. Estos desafíos están estrechamente interrelacionados y, por lo tanto, requieren estrategias integrales y colaborativas para su resolución.

En consecuencia, las expectativas para el año 2030, en relación a la Seguridad Alimentaria, son:

- Reducción del hambre y la malnutrición: Se espera que para 2030 se haya logrado reducir de manera significativa el número de personas que sufren de hambre crónica en todo el mundo. El objetivo es garantizar el acceso regular a alimentos suficientes y nutritivos para todos, especialmente para los grupos más vulnerables, como los niños y las personas en situación de pobreza extrema.
- Erradicación de la desnutrición infantil: Se espera que se haya logrado reducir de manera considerable la desnutrición crónica en los niños menores de 5 años. Esto implica garantizar una alimentación adecuada, acceso a servicios de salud y promoción de prácticas de alimentación saludable en la primera infancia.
- Agricultura sostenible y resiliencia climática: Se espera que se promueva la agricultura sostenible, la productividad agrícola y el acceso a recursos productivos para los pequeños agricultores. Además, se busca fortalecer la resiliencia climática en el sector agrícola, permitiendo a los agricultores enfrentar mejor los desafíos del cambio y los fenómenos climáticos extremos.
- Promoción de sistemas alimentarios sostenibles: Se espera que se promueva la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y la diversificación de cultivos para garantizar

la seguridad alimentaria, la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. También se busca promover la participación de las comunidades locales en la toma de decisiones relacionadas con la producción y el consumo de alimentos.

- Reducción del desperdicio de alimentos: Se espera que se reduzca significativamente el desperdicio y las pérdidas de alimentos en toda la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumo final. Esto implica mejorar la gestión de los alimentos, la infraestructura de almacenamiento y la educación sobre prácticas de consumo responsable.

El Informe sobre el avance de los ODS (CEPAL et al., 2022), afirma que la pandemia provocada por el COVID-19, el cambio climático y el conflicto armado entre Rusia y Ucrania han configurado un escenario de crisis, por lo cual existe un panorama especialmente preocupante. En realidad, la Agenda 2030 en su conjunto está en grave peligro debido por estas crisis progresivas e interrelacionadas. Cada una repercuten en todos los ODS y provocan graves consecuencias en la alimentación, la nutrición, la salud, la enseñanza, el medio ambiente y la paz y la seguridad (FAO et al., 2022).

En el caso de la Seguridad Alimentaria, la pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto significativo y ha provocado retrocesos en varios aspectos relacionados con el hambre y la malnutrición (Fulzele et al., 2022). Algunos de los retrocesos más importantes incluyen:

- Aumento del hambre: La crisis económica derivada de la pandemia ha llevado a un aumento en el número de personas que sufren de hambre en todo el mundo. Las interrupciones en las cadenas de suministro, la pérdida de empleos y los cierres de negocios han dejado a muchas personas sin acceso a alimentos suficientes y nutritivos.
- Desnutrición infantil: Las medidas de contención y las interrupciones en los servicios de salud han afectado negativamente la prevención y el tratamiento de la desnutrición infantil. La falta de acceso a servicios de salud, programas de alimentación escolar y suplementos nutricionales ha tenido un impacto significativo en la salud y el desarrollo de los niños.
- Inseguridad alimentaria en comunidades vulnerables: Las personas en situación de pobreza extrema, migrantes, trabajadores informales y otros grupos vulnerables han experimentado una mayor inseguridad alimentaria durante

la pandemia. Las restricciones de movilidad, la pérdida de empleos y la falta de acceso a redes de seguridad social han agravado su situación.

- Cierre de escuelas y programas de alimentación escolar: El cierre prolongado de escuelas ha interrumpido los programas de alimentación escolar que brindaban comidas nutritivas a millones de niños. Esto ha tenido un impacto negativo en la nutrición de los niños y ha exacerbado la desigualdad en el acceso a alimentos adecuados.
- Aumento de la pobreza: La pandemia ha llevado a un aumento en los niveles de pobreza en muchas partes del mundo. La pérdida de empleos y la disminución de los ingresos han dejado a muchas personas en una situación de vulnerabilidad económica, lo que ha dificultado su acceso a alimentos suficientes y nutritivos.

En este contexto, la pandemia ha tenido un efecto diferente en cada país y región, y los efectos negativos en la seguridad alimentaria variaron según cada realidad socioeconómica y las respuestas gubernamentales. Para hacer frente a estos retrocesos, es fundamental adoptar medidas efectivas para proteger y fortalecer los sistemas alimentarios, apoyar a los grupos vulnerables y promover políticas de recuperación inclusivas y sostenibles.

Por su parte, el cambio climático afecta a la consecución de las metas del ODS2. En consecuencia, existe la necesidad de tomar medidas urgentes y concertadas para mitigar sus efectos y adaptarse a los cambios que ya están ocurriendo. Algunas expectativas clave son:

- Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero: Se espera que los países tomen acciones significativas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y limitar el calentamiento global. Esto implica la implementación de políticas y medidas que promuevan la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, como las energías renovables, así como la adopción de prácticas de producción y consumo sostenibles.
- Adaptación al cambio climático: Se espera que los países desarrollen estrategias y planes de adaptación al cambio climático para hacer frente a los impactos actuales y futuros. Esto incluye la implementación de medidas para proteger a las comunidades vulnerables, fortalecer la resiliencia de los sectores clave (como la agricultura, la infraestructura y la salud) y promover prácticas de manejo sostenible de los recursos naturales.

- **Financiamiento y transferencia de tecnología:** Se espera que los países industrializados cumplan con sus compromisos de proporcionar financiamiento adecuado y tecnología a los países en desarrollo para abordar el cambio climático. Esto incluye el apoyo financiero para la mitigación y la adaptación, así como la transferencia de tecnología sostenible que permita a los países en desarrollo avanzar hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima.
- **Acción a nivel internacional:** Se espera que la comunidad internacional refuerce la cooperación y la colaboración en la lucha contra el cambio climático. Esto incluye el cumplimiento de los compromisos establecidos en el Acuerdo de París, así como la participación activa en las negociaciones y los esfuerzos internacionales para abordar el cambio climático, como las conferencias de las Naciones Unidas sobre el clima (COP).
- **Promoción de estilos de vida sostenibles:** Se espera que se promueva un cambio en los estilos de vida y los patrones de consumo hacia opciones más sostenibles y respetuosas con el clima. Esto implica fomentar la eficiencia energética, la movilidad sostenible, la reducción del desperdicio de alimentos y una mayor conciencia sobre el impacto de nuestras elecciones diarias en el clima y el medio ambiente.
- Si bien el cambio climático presenta desafíos significativos, también brinda oportunidades para impulsar la transición hacia un desarrollo más sostenible, bajo en carbono y resiliente al clima. Al tomar medidas concretas y colaborar a nivel global, es posible enfrentar los desafíos y construir un futuro más seguro y sostenible para las generaciones futuras.

Hasta septiembre de 2021, se habían realizado algunos avances en la lucha contra el hambre y la malnutrición, pero aún quedaba mucho por hacer para lograr el objetivo de Hambre Cero (ODS2). Presentamos algunos datos y hechos relevantes hasta esa fecha:

- **Número de personas subalimentadas:** según la FAO, EN 2020, alrededor de 811 millones de personas en el mundo sufrían de hambre crónica, lo que representa aproximadamente el 10,7% de la población mundial.
- **Aumento de la inseguridad alimentaria:** la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto significativo en la seguridad alimentaria. Según estimaciones de la FAO, el número de personas que padecen inseguridad alimentaria aguda podría haber aumentado a más de 2.37 mil millones en 2020.

- Desnutrición infantil: antes de la pandemia, aproximadamente 149 millones de niños menores de 5 años sufrían de retraso en el crecimiento debido a la desnutrición crónica. La malnutrición en la infancia puede tener efectos duraderos en el desarrollo físico y cognitivo.
- Aumento de la obesidad: además de la desnutrición, la obesidad también es un desafío importante en términos de salud y nutrición. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2016, alrededor de 672 millones de adultos tenían obesidad, lo que representa aproximadamente el 13% de la población mundial.
- Impacto del cambio climático de la agricultura: el cambio climático, incluidos eventos climáticos extremos y variabilidad de las precipitaciones afecta la producción agrícola y la seguridad alimentaria. Fenómenos como sequías, inundaciones y tormentas pueden tener un impacto negativo en la disponibilidad y accesibilidad de alimentos.
- Inversión en agricultura sostenible: a pesar de los desafíos se han realizado esfuerzos para promover la agricultura sostenible y mejorar la productividad agrícola. La inversión en infraestructuras rurales, la tecnología agrícola y el apoyo a los pequeños agricultores son áreas clave de enfoque.

En el caso de América Latina, es una región pionera y en la que se observan mayores avances en el proceso de adopción, adaptación e implementación de la Agenda 2030, integrando en sus estrategias y planes de desarrollo a escala local, territorial, estatal y nacional (Huitrón y Santander, 2018).

Sin embargo, la situación en Latinoamérica en términos de hambre y seguridad alimentaria es variada y presenta desafíos significativos en diferentes países y regiones. Aunque hay diferencias específicas en cada país, aquí hay algunos aspectos generales para tener en cuenta:

- Hambre: Según la FAO, en 2020, alrededor de 47.7 millones de personas en Latinoamérica y El Caribe sufrieron de hambre crónica. Esto representa aproximadamente el 7.4% de la población de la región. Algunos países, especialmente aquellos afectados por los conflictos o crisis económicas, enfrentan niveles más altos de hambre y desnutrición.
- Desigualdades: La región latinoamericana presenta una alta desigualdad económica y social, lo que se refleja en la distribución desigual del acceso a los alimentos. Los grupos más

vulnerables como los pueblos indígenas, las comunidades rurales y los migrantes, a menudo enfrentan mayores dificultades para acceder a alimentos suficientes y nutritivos.

- **Malnutrición:** Además del hambre, la malnutrición es un desafío en la región. Existen altas tasas de desnutrición infantil crónica, especialmente en áreas rurales y comunidades marginalizadas. Al mismo tiempo, se ha observado un aumento en la obesidad y las enfermedades relacionadas con la dieta en muchos países latinoamericanos, particularmente entre los sectores de bajos ingresos.
- **Agricultura y desarrollo rural:** La agricultura desempeña un papel importante en la región, tanto en términos de seguridad alimentaria como de generación de empleo y desarrollo económico. Sin embargo, muchos países enfrentan desafíos en el sector agrícola, como la falta de acceso a tierras, la falta de inversión en infraestructuras rurales y la vulnerabilidad al cambio climático. Estos factores pueden afectar la productividad agrícola y la disponibilidad de alimentos.
- **Políticas y programas:** Varios países de la región han implementado políticas y programas para abordar la seguridad alimentaria y el hambre. Esto incluye la promoción de la agricultura sostenible, la mejora de los sistemas de distribución de alimentos, la implementación de programas de transferencias de efectivo y la promoción de dietas saludables y sostenibles. Sin embargo, persisten desafíos en la implementación efectiva y en la coordinación de esfuerzos entre los diferentes actores.

La situación de Bolivia, en términos de Seguridad Alimentaria, según los datos de la FAO, en 2020 alrededor del 15.9% de la población boliviana sufría de subalimentación crónica, lo que representa aproximadamente 1.8 millones de personas. Esta cifra refleja un nivel considerable de inseguridad alimentaria en el país. Asimismo, Bolivia enfrenta altas tasas de desnutrición infantil en niños menores de 5 años. Según la Encuesta de Demografía y Salud 2016, aproximadamente el 26% de los niños en Bolivia padecían desnutrición crónica. El efecto a largo plazo en su crecimiento físico y desarrollo cognitivo. Existen disparidades significativas en la seguridad alimentaria y el acceso a alimentos nutritivos en diferentes regiones de Bolivia. Las áreas rurales, especialmente las zonas altiplánicas y amazónicas, tienden a enfrentar mayores dificultades debido a la falta de acceso a servicios básicos, la pobreza y las condiciones climáticas adversas. Además los pueblos indígenas en Bolivia, que constituyen una parte importante de la población, a menudo experimentan mayores niveles de pobreza y vulnerabilidad alimentaria.

El marco legal e institucional del país señala que el Estado tiene la obligación de garantizar la seguridad alimentaria para toda la población, con acciones tanto en el nivel central, como en las entidades territoriales autónomas y descentralizadas, donde se deben establecer mecanismos de protección a la producción agropecuaria ante desastres naturales e inclemencias climáticas, geológicas y siniestros (Nogales, 2021). En el nivel municipal se estipula la necesidad de contar con estrategias de abastecimiento que identifiquen vías de ingreso y medios de distribución más eficientes de alimentos, y la necesidad de potenciar nuevos canales de comercialización alternativa. Algunos programas que favorecen la Seguridad Alimentaria son: el Programa Multisectorial Desnutrición Cero y el Programa Nacional de Alimentación Complementaria Escolar, que están centrados en garantizar que las poblaciones más vulnerables accedan a una alimentación sana y sostenible.

Bolivia tiene concentrada su población en el eje central, conformado por las ciudades de La Paz, El Alto, Santa Cruz y Cochabamba, son estas ciudades las que contienen cerca del 70% de la población. Estas ciudades han tenido una explosión en su conformación por lo que han generado los cordones periurbanos, y en la mayoría de los casos se han unido a ciudades más pequeñas generando las metrópolis (Nogales, 2021). En esta medida la seguridad alimentaria tiene que ver con el análisis de estas ciudades donde los alimentos llegan de las zonas rurales hacia las ciudades mayores.

Los pilares de la Seguridad Alimentaria son tres: 1) Disponibilidad de Alimentos, que significa que los alimentos están presentes y disponibles dentro del radio de convivencia y en lugares de venta; 2) Acceso de Alimentos, hace referencia a que el consumidor tiene la capacidad física y económica de acceder a los alimentos; y 3) el Uso Adecuado de los Alimentos, que indica que el consumidor tiene los conocimientos necesarios y los hábitos adecuados para alimentarse de una manera sana y saludable.

En la década de 1980 cerca del 91% de la superficie cultivada en Bolivia era destinada a la producción de alimentos básicos y solo el 9% a cultivos industriales. En el año 2014 de los 3.1 millones de hectáreas cultivadas en el país, 1.5 millones (48%) corresponden a cultivos industriales (soya, caña de azúcar, algodón, girasol y otros) y 1.6 millones (52%) a alimentos básicos producidos por pequeños productores campesinos e indígenas (cereales, hortalizas, frutas y tubérculos (Castañón Ballivián, 2014).

Esta situación al año 2023, ha cambiado aún más dado que la población rural ha migrado a los centros urbanos abandonando las ocupaciones agrícolas anteriores. La producción de alimentos

para el consumo nacional no ha crecido a la par de los cultivos de exportación, incluso se ve el fenómeno de la importación informal de alimentos de los países vecinos, por tanto, se observa un estancamiento de la producción agrícola asociada a sistemas productivos de base campesina en comparación al incremento de la producción de tipo agroindustrial. Juega un rol muy importante, el cambio climático que ha mermado la producción agrícola en general.

El acceso a alimentos saludables está influenciado por la infraestructura logística para garantizar la provisión de alimentos. En este caso, la red vial, los centros de acopio, el almacenamiento y la conservación se constituyen en los pilares fundamentales para lograr un suministro adecuado de los alimentos. Bolivia cuenta con sólo el 10% de caminos pavimentados, la mayoría son caminos precarios de tierra.

Si bien la extrema pobreza rural en Bolivia es del 34,6%, los conglomerados ubicados en las áreas periurbanas están en pobreza extrema (9,3%), por otro lado, el 30% de la población urbana enfrenta pobreza moderada, por tanto no puede acceder a la canasta básica familiar que es la cantidad mínima de alimentos aceptable que debe consumir una familia para satisfacer sus necesidades de energía y proteínas.

Uno de los aspectos que inciden en el acceso a la canasta básica familiar, es el nivel de ingresos de la población, 70,25% de la población urbana son informales, es decir que no acceden a la seguridad social de corto y largo plazo, lo cual configura, en ingresos variables y precarios que, asociados a la alimentación diaria, significa que consumen alimentos no nutritivos que provocan obesidad y sobrepeso. Según la Fundación Tierra, en la ciudad de El Alto el sobrepeso y la obesidad afectan al 58% de las mujeres adultas y aproximadamente al 51% de los hombres. Alrededor del mundo las dietas se caracterizan por un alto contenido en grasas saturadas, azúcares, sal y bajas cantidades de fibra. Sin duda, la inseguridad alimentaria es un reto a nivel mundial, porque las personas que no tienen una alimentación balanceada para desarrollar sus potencialidades físicas e intelectuales demandan servicios de salud y disminuye la esperanza de vida.

Crecimiento Económico

Las teorías del crecimiento económico explican el crecimiento y desarrollo a lo largo de la historia utilizando modelos simplificados de la realidad. Estos modelos se basan en el aumento del capital y el conocimiento de los trabajadores, así como en los avances tecnológicos.

Los ciclos económicos se definen como cambios o fluctuaciones en la actividad económica de las naciones. La econometría tradicional, desarrollada por el "Cowles Economic Research Council", promueve el uso de inferencia estadística y la construcción de modelos de ecuaciones simultáneas. La validez de las restricciones utilizadas en los modelos es crucial para obtener interpretaciones estructurales. Donde, la estimación de un modelo VAR puede mostrar la propagación de shocks macroeconómicos y servir como base para construir un modelo estructural.

Al respecto, Christopher Sims¹ propone que, si existe una conexión entre la realidad y el modelo, la validez de las restricciones utilizadas para obtener la interpretación estructural es crucial. Esta filosofía se basa en el reconocimiento de que existe una gran incertidumbre en el verdadero mecanismo de generación de datos económicos. El resultado directo de esta comprensión radica en que una estrategia de modelación debe ser capaz de incorporar explícitamente esta incertidumbre en el proceso de especificación del modelo para tratarla de manera sistemática y objetiva. Por lo que este tipo de pensamiento permite y justifica extraer leyes empíricas relevantes, mediante una lectura de datos económicos de la manera más objetiva posible.

En consecuencia, es importante señalar que en la actualidad Bolivia se enfrenta a nuevos desafíos para la firma de nuevos contratos de largo plazo, en nuevas condiciones de reservas, precios y volúmenes. Sin embargo, a partir de la premisa de Robert Solow, donde manifiesta que la producción depende no solo del trabajo y del capital, sino también de la materia prima disponible en la economía (Solow, 1986); es posible combinar modelos de crecimiento económico con variables ambientales; y por ende, relacionar estas variables con aspectos ligados a la gestión de responsabilidad social, así como del crecimiento del PIB.

Por lo tanto, al considerar variables de protección al medio ambiente en el modelo tradicional de crecimiento económico, el impacto a largo plazo se reflejaría en la obtención de un mayor nivel de capital (Ibarra Zavala, 2013).

Recursos Naturales

Durante la última década, América Latina ha experimentado un cambio estratégico importante en su enfoque de desarrollo. La región ha abandonado estrategias de desarrollo orientadas

¹ Christopher Albert "Chris" Sims (1942), es un economista y macroeconomista estadounidense. Actualmente ejerce de Profesor de Economía y Finanzas en la Universidad de Princeton. El 10 de octubre de 2011, fue laureado con el Premio del Banco de Suecia en Ciencias Económicas en memoria de Alfred Nobel compartido con Thomas Sargent.

hacia el mercado interno intervenido por el Estado, en favor de la explotación de recursos naturales para los mercados externos. Sin embargo, estas estrategias han enfrentado rendimientos decrecientes y un hiperactivismo estatal que ha superado sus límites de eficacia.

Aunque se ha logrado contener la inflación en general, el crecimiento económico ha sido inferior al esperado, sin superar el 3,5% anual. Se atribuye parte de este resultado a desequilibrios macroeconómicos y a una implementación incorrecta de políticas macroeconómicas eficientes. Contrariamente, se han planteado argumentos sobre el impacto de los recursos naturales en la elección de políticas públicas, como la "maldición de los recursos naturales". Sin embargo, también hay quienes señalan que los recursos naturales ofrecen oportunidades que deben ser aprovechadas de manera prudente. En palabras de Ramos, (1998, p. 107): "Los recursos naturales no son pues un castigo de Dios, pero tampoco aseguran por sí solos el desarrollo. Lo que hacen es ofrecer una oportunidad que conviene aprovechar".

Existen diversas teorías sobre la relación entre recursos naturales y desarrollo económico. Algunos consideran que factores económicos, políticos e institucionales afectan las variaciones de crecimiento. En este sentido, se ha encontrado evidencia de que las políticas fiscales pueden influir en la relación entre el precio de los recursos naturales y el crecimiento económico.

De ahí que, América Latina debe reflexionar sobre la continuidad y viabilidad a largo plazo de un modelo de crecimiento basado en la exportación de recursos naturales. De modo que nace la necesidad de cuestionar si las políticas y estrategias de crecimiento deben centrarse en la paradoja de la abundancia antes de que la destrucción ambiental amenace a la región y su biodiversidad.

La exportación de bienes primarios sigue siendo la principal fuente de ingresos en la región, lo que se refleja en la baja diversificación de las exportaciones y la débil integración en cadenas industriales globales de valor. En el caso de Bolivia, el sector hidrocarburos ha sido fundamental para su desempeño económico, pero actualmente se observan declives en la producción, las exportaciones y la inversión.

En este sentido, es evidente la falta de actualizaciones teóricas, estratégicas y metodológicas en las políticas gubernamentales, lo que ha llevado a la comodidad y pasividad en la gestión de los gobiernos. Dependiendo en gran medida de la exportación de materias primas, lo que los expone a los impactos de shocks externos en los mercados internacionales y a cambios bruscos en los precios de los productos primarios de su canasta exportadora.

Industria y recursos energéticos

Los países exportadores de commodities, como el gas y el petróleo, han enfrentado fluctuaciones significativas en sus ingresos debido a la volatilidad de los precios, lo que ha afectado su crecimiento económico a largo plazo. La volatilidad del precio del petróleo es especialmente perjudicial para el crecimiento económico, debido a que experimenta cambios bruscos en el corto y mediano plazo. No obstante, es importante reconocer la significativa contribución de los sectores industriales al desarrollo económico de los países en desarrollo, y dentro de este contexto, el sector de hidrocarburos adquiere particular relevancia en la economía boliviana.

Históricamente, este sector ha desempeñado un papel fundamental en la economía boliviana, contribuyendo entre un 4% y un 6% del PIB. Sin embargo, se ha observado que países similares a Bolivia han respondido de manera diferente a las variaciones en los precios internacionales del petróleo, lo que indica que existen otros factores, como la política fiscal, que influyen en su crecimiento. En 2013, por ejemplo, Bolivia experimentó un crecimiento del 5,2%, destacando que este crecimiento coincidió con un precio promedio del petróleo de 97.9 US\$ por barril (Ugarte Ontiveros y Bolívar Rosales, 2015).

Gas Natural

El mercado internacional y regional del gas natural se basa en marcadores de precios vinculados al petróleo y sus derivados. Sin embargo, la llegada del Gas Natural Licuado (LNG) y la producción de gas "offshore" en Brasil y "shale" en Argentina han cambiado considerablemente el panorama.

Expertos en el área, como Ríos, (2018), sugieren la creación de "nodos de marcadores de gas en Brasil y Argentina" para promover transacciones competitivas e integración regional. Donde los precios futuros del gas natural se desvinculan del petróleo, rompiendo la relación tradicional entre ambos.

El crecimiento económico basado en la "industrialización de los hidrocarburos" es un paradigma en la modernización de los países exportadores. Sin embargo, no debe dejar de visualizarse la importancia de las instituciones, la identidad nacional, la participación de actores sociales y económicos, los organismos reguladores y las funciones de las entidades gubernamentales.

Respecto al crecimiento de la demanda, se pronostica un aumento en la demanda global de gas natural, especialmente en las economías emergentes de Asia. En Sudamérica, una parte significativa del gas importado es abastecido por Bolivia y Trinidad y Tobago, lo que ha dado relevancia a la posición exportadora

de Bolivia en la región. Sin embargo, el mercado del gas natural y del LNG presenta desventajas competitivas, tales como la concentración de reservas en pocos países, la dependencia de países de tránsito, altas inversiones en transporte terrestre y costos elevados por unidad de energía desplazada en fletes y márgenes de transporte.

Crecimiento vs. ODS

La Agenda 2030 y los ODS, presentan una serie de objetivos ambiciosos, enfatizando especialmente la sostenibilidad. En este contexto, es necesario analizar en detalle las implicaciones del ODS8, el cual pone el crecimiento económico como objetivo central, junto con metas relacionadas con el trabajo digno, los derechos laborales y la mejora del acceso y calidad del empleo. Sin embargo, la conexión aparente entre el crecimiento y el trabajo de calidad no es necesariamente cierta, y la conceptualización del crecimiento como un objetivo en sí mismo, en lugar de ser considerado como un medio, resulta ser una anomalía en comparación con otros ODS.

El crecimiento económico ha demostrado una debilidad creciente como marco para el progreso en el campo de los estudios sobre desarrollo. En primer lugar, el crecimiento por sí solo no garantiza mejoras en los objetivos sociales, y en particular, su vínculo con el consumo de materiales se encuentra en niveles insostenibles. Por estas razones, desde hace tiempo se han propuesto indicadores alternativos menos ligados a la producción. Aunque el crecimiento económico debe contribuir a mejorar las condiciones de vida en áreas con problemas de privación de necesidades básicas, resulta incoherente promoverlo en países de altos ingresos.

Referirse a un crecimiento inclusivo, sostenible o a la eficiencia y desconexión entre el crecimiento y el consumo de recursos (Meta 8.4) no representa alternativas realistas. En este sentido, la formulación del ODS8 representa una oportunidad perdida para reconsiderar el papel del crecimiento económico, especialmente en entornos de altos ingresos. Frente a la percepción de la Agenda como un marco inmutable, se ha destacado la necesidad de un replanteamiento.

En consecuencia, apoyar la sostenibilidad ambiental en un sentido amplio, que incluya la conservación, requerirá reorientar, reorganizar o transformar el sistema económico actual y la centralidad del crecimiento económico, reconociendo la jerarquía superior de la naturaleza y la necesidad de respetar los límites biofísicos y ecológicos. Esto implica la necesidad de profundizar en los casos y prácticas que logren combinar la sostenibilidad y los avances sociales, especialmente en entornos con mayores carencias.

Sociedades inclusivas

Un ODS que no puede postergarse por ningún factor político, económico, social, comercial y salud es el objetivo 15: vida de ecosistemas terrestres, que establece: proteger, restablecer y promover las sociedades inclusivas, uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad (OIT, 2017). Por ejemplo, algunas metas establecidas son:

- Meta 15.5: adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción (OIT, 2017).
- Meta 15a: Movilizar y aumentar significativamente los recursos financieros procedentes de todas las fuentes para conservar y utilizar de forma sostenible la biodiversidad y los ecosistemas.

Los ecosistemas

Arthur Tansley, botánico de profesión, acuñó el término de ecosistema en la década de los treinta del siglo XX. Su importancia radica en que un ecosistema vincula el medio ambiente con los seres vivos. Los ecosistemas son definidos según la característica o funcionalidad que se quiere representar (Armenteras et al., 2016).

Un ecosistema se identifica en función del área geográfica y la identificación de la vida existente, siendo muy particular en función de la disponibilidad de sus características medio ambientes. Si se plantea la pregunta sobre qué beneficio obtienen las personas cuando se trabaja identificando ecosistemas y trabajar en la conservación de su biodiversidad, se puede responder que se benefician en la obtención de alimentos suficientes en calidad y cantidad, respirar un aire libre de contaminación y agua limpia en volúmenes suficientes para desarrollar actividades cotidianas sin peligro.

En el caso particular de Bolivia, su extensión territorial presenta una diversidad de ecosistemas como ser la zona Andina, zona de la Amazonía y la zona del Chaco, cada una de las mismas son muy importantes para la vida porque son fuente de agua, acogen una gran variedad de plantas y animales, y son moderadores del clima en general. El equilibrio alcanzado desde miles de años se ve afectado de forma acelerada como consecuencia de las acciones que realizan sus habitantes.

Un caso de mucha preocupación son los datos que proporcionó la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), que indica que en el país el año 2022 la pérdida de bosque natural superó

las 250.000 hectáreas, los departamentos de Santa Cruz, Beni, Cochabamba, La Paz y Pando son los más afectados; según la misma fuente de información, desde 1985 a 2022 Bolivia perdió aproximadamente 8 millones de hectáreas de bosque. La deforestación está vinculada a la extracción de madera de una forma no sostenible, uso como leña, producción de carbón, ampliación de la frontera agrícola, cría extensiva de ganado y expansión de la mancha urbana (MMAA, 2023).

Sin embargo, una práctica que está tipificada la Ley 1333 de Medio Ambiente y sus reglamentos y en el Código Penal, es la quema de bosques y pastizales y la tala de árboles; sin embargo, cada año somos testigos de la tragedia que se desarrolla en diferentes municipios del país, con más de 380 focos de calor en noviembre del 2022, fuego incontrolable que consume miles de hectáreas y como consecuencia está la pérdida de la fauna y flora silvestre, contaminación de las aguas y del aire. Las redes sociales y los medios de comunicación son los encargados de difundir imágenes apocalípticas del sufrimiento de los animales salvajes como una de las consecuencias de los incendios, que va generando una conciencia de protección en la población boliviana.

Asimismo, el humo generado por el chaqueo o los incendios, provocados por los intensos calores, baja humedad y los vientos, llega a los centros urbanos con niveles que afectan la salud de las personas, animales y plantas. En noviembre del 2022, el Laboratorio de Física de la Atmósfera de la UMSA reportó que el aire de la ciudad de La Paz esta siete veces más contaminado de lo habitual, niveles que afecta la salud de todos los seres vivos que habitan el área metropolitana.

El análisis de un ecosistema más reducido es tomar una ciudad en particular, donde también se puede gestionar actividades destinadas a la protección y restauración de la biodiversidad, por ejemplo, efectuar una planificación urbana que tome en cuenta la protección de los diferentes ecosistemas y su biodiversidad, identificar los corredores ecológicos y planificar acciones para su conservación.

También, evitar la disminución o desaparición de los espacios verdes como parques, plazas, jardines y otros; en realidad se debe trabajar en la creación de nuevos espacios con plantas que permitan una mejor vida de los ciudadanos, por el aire que respirarán y disponibilidad de más lugares donde puedan realizar actividades recreativas.

Una adecuada disposición de la basura generada en las ciudades permitiría la reducción del tamaño de los botaderos a través de proyectos relacionados en forma directa con la economía circular, que contribuirá a la reducción importante de la contaminación de las aguas y del suelo.

Los municipios más importantes de Bolivia conformaron áreas metropolitanas con municipios pequeños que son circundantes, todos tienen áreas suburbanas y en algunos casos espacios rurales grandes, donde habitan comunidades rurales. Las actividades de protección, restauración y gestión sostenible urbano (ODS15), que se puede encarar es la inclusión de esos territorios suburbanos y rurales en la planificación de la conservación de la biodiversidad; para ello, sus habitantes y autoridades comunales deben conocer y participar en las actividades de definición de planes y acciones a seguir para conservar los suelos, el agua, la flora y fauna, considerando una explotación de estos sin alterar el ecosistema.

La organización espacial en sus elementos influye en muchos procesos ecológicos, como la viabilidad de las especies y el funcionamiento de los ecosistemas (Velásquez Franco, 2017). En un caso muy particular de análisis como ejemplo se toma la apicultura que está muy relacionada con los ecosistemas y su conservación por la polinización que realizan las abejas para la conservación de la flora, la preservación del corredor ecológico urbano y la recuperación de áreas degradadas.

Educación ambiental

Está demostrado que una población educada puede hacer que los cambios en sus hábitos se observen en los siguientes años, sobre todo si se trabaja con niños de entre 3 y 10 años. Por lo tanto, se debe implementar programas de educación ambiental desde en los niveles de pre-escolaridad, primaria y secundaria, sin dejar de atender a los universitarios y población en general. El contenido de los programas de educación ambiental debe girar en torno al conocimiento de qué es un ecosistema, la biodiversidad y la conservación ambiental.

En el currículo de educación deben estar inmersos estudios en aula, con apoyo de la Internet, pero también la vivencia en las áreas donde se tiene espacios con flora y fauna propia del lugar, a través de paseos y excursiones. Un ejemplo es la programación de visitas a un apiario donde se pueda apreciar la vida de las abejas y mostrar su importancia en la preservación de las plantas.

La implementación de huertos urbanos es otra actividad que se debe dar más difusión y apoyo para que se difunda entre mayor cantidad de viviendas de las ciudades, donde se enseña prácticas de producción de alimentos de forma sostenible y hacer hincapié en el cuidado de las plantas.

Sin embargo, ya se tiene parte de trayecto recorrido, en los jóvenes que nacieron a principios de presente siglo, se creó una conciencia de la conservación de los animales sean estos domésticos o salvajes, como ejemplo las actividades de la caza de

animales son mal vista y cuestionada; el maltrato de los animales es denunciado abiertamente en redes sociales creando una ola de reclamos y solidaridad que deben atender las autoridades a todo nivel del Estado.

En la definición de políticas de educación se debe considerar la participación de los ciudadanos, a través de conversatorios, reuniones barriales, de Organizaciones Territoriales de Base (OTB) y comunidades, quienes contribuyen en la definición de decisiones programadas para la protección de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad. Asimismo, el trabajo de la concientización y sensibilidad de la importancia de los ecosistemas se debe efectuar con campañas comunicaciones utilizando las redes sociales, los medios de comunicación y los encuentros entre los ciudadanos en los barrios, zonas y distritos urbanos.

Financiamiento para la preservación de los ecosistemas

Son diversas las fuentes que se tiene para la preservación de los ecosistemas, independiente de su extensión territorial, lo que puede ser local, departamental, nacional e internacional, pública o privada.

El financiamiento público se puede dar por los diferentes niveles del estado, ya sea a través de los municipios, las gobernaciones departamentales y el gobierno central. En sus presupuestos deben estar incluidos montos para las actividades planificadas y su ejecución puede ser por administración directa, o por medio de transferencia de recursos económicos a las universidades, fundaciones y otros que respondan a un proyecto específico.

También, se puede ejecutar proyectos con la participación y financiamiento de organismos internaciones y agencias de cooperación de diversos gobiernos, realizando aportes como contraparte para proyectos específicos.

Un ejemplo concreto son los trabajos que lleva adelante la cooperación internacional vinculada con las instancias gubernamentales correspondientes se trabaja en el manejo sostenible de los bosques para reducir la deforestación en Bolivia, atendiendo la meta 15.a del ODS15. Un ejemplo es el proyecto Gestión Integral de Bosques para la Reducción de la Deforestación – PROBOSQUE II, contribuyendo a una silvicultura sostenible en la Chiquitania boliviana, que entre sus resultados al 2023 indica que más de 15.000 hectáreas de cobertura boscosa en la Chiquitania se están trabajando de forma ecológica, económica y socialmente sostenible (GIZ, 2023), trabajo que está a cargo de la cooperación alemana con el aporte económico del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo y con la contraparte del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Asimismo, existen fondos de fundaciones y de privados, que en función del proyecto que se presente, se puede obtener recursos económicos para llevar adelante actividades de conservación de la biodiversidad o la educación ambiental.

También, empresas que trabajan en los diversos municipios destinan recursos económicos para llevar adelante proyectos de mitigación de los impactos ambientales que provoca su actividad productiva, como ejemplo las petroleras, cementeras, curtiembres y muchas más.

En Bolivia, cada municipio y departamento, dentro de sus responsabilidades establecidas en la Constitución Política del Estado, debe establecer las actividades de preservación de la biodiversidad, destinando recursos económicos y buscando las fuentes de financiamiento para alcanzar los objetivos planteados hasta el 2030.

Gobierno Ambiental, Social y Corporativo (ESG)

En los últimos años, la responsabilidad social ha jugado un papel importante en el desempeño de la administración pública como un elemento que debe plegarse a los procesos de planificación estratégica (Cortina, 2009). De ahí que Garrigues Medio Ambiente, (2020) en su estudio sobre la responsabilidad social en la empresa pública, afirma que un grado elevado de notoriedad² de los conceptos subyacentes de responsabilidad son necesarios para gestionar el impacto social, económico y medioambiental.

Es indudable que la responsabilidad social se ha convertido en la contribución de las empresas estatales a la promoción de cambios en materia de desarrollo sostenible, lo que relaciona el compromiso del Estado de actuar responsablemente frente al medio ambiente (Avendaño, 2011). Por consiguiente, es necesario realizar un acercamiento inicial entre responsabilidad social y desarrollo sostenible, con el propósito de diseñar una estrategia de gestión que vincule los conceptos de valor para la empresa y la sociedad, con miras al cumplimiento de los ODS.

Considerando la definición original del concepto de responsabilidad social, formulada por el seminal (Bowen, 1953), la evolución posterior (Carroll, 1999) y de las reflexiones que derivan de ella, demuestran que la responsabilidad social es una fuente de ventaja competitiva y oportunidades para las empresas; y por lo tanto, afecta de manera positiva a los resultados económicos; en el largo plazo, como una respuesta social y buen rendimiento económico. Por tanto, una adecuada comprensión de estos conceptos

2 La notoriedad es el grado en que el concepto de responsabilidad social penetra en la estructura empresarial pública, mientras que el concepto de nitidez intenta observar la claridad con el que este concepto se asienta.

y sus relaciones es fundamental para la correcta aplicación de métodos, estrategias y políticas en la acción económica, social y ambiental (Gonzalez Masip y Cuesta Valiño, 2018).

Según Sabillon, (2017), en Bolivia, la idea de responsabilidad social ha sido algo reciente. Anteriormente, todas las acciones basadas en este enfoque se limitaban principalmente a donaciones, actividades filantrópicas y asignación de recursos a proyectos y comunidades desfavorecidas. Sin embargo, en la actualidad, esta concepción ha evolucionado hacia una perspectiva de inversión social y mejora de la imagen institucional, donde las grandes empresas tienen un papel significativo al beneficiar a grupos de interés, promoviendo el lema de ser socialmente responsables.

En consecuencia, los efectos de la globalización, la internacionalización de los mercados, los acuerdos y tratados internacionales, así como los ODS y otros factores, plantean retos y oportunidades en la definición de modelos de gestión de responsabilidad social. En estos modelos, es crucial que los intereses de los actores sociales, las empresas, el medio ambiente y el Estado Boliviano se alineen para generar valor de manera equitativa y sostenible para todas las partes involucradas.

Responsabilidad Social vs. Crecimiento Económico

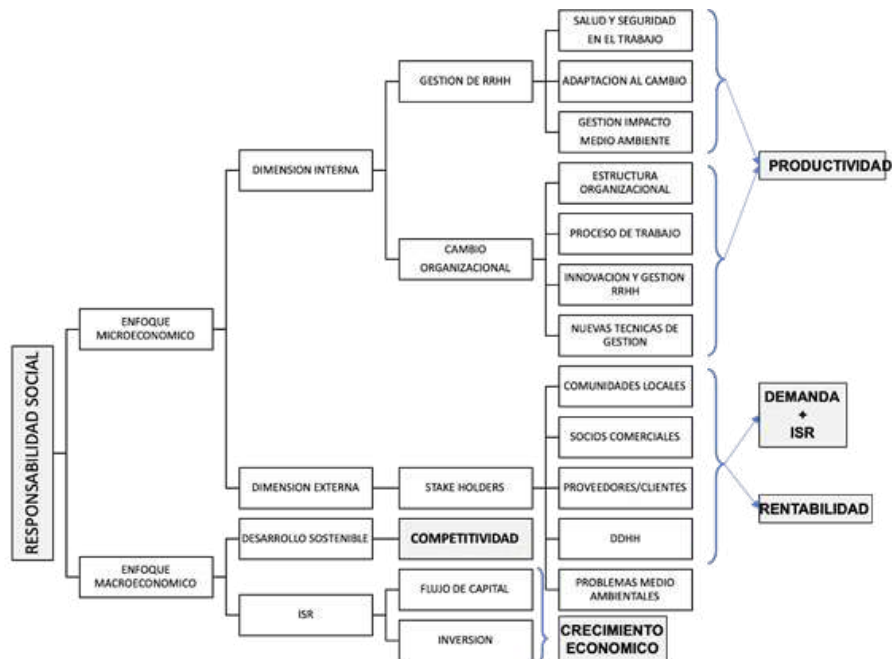
Desde una mirada a nivel microeconómico, los impactos económicos de la responsabilidad social pueden manifestarse en consecuencias tanto directas como indirectas para las empresas y organizaciones que la adoptan. No obstante, desde un punto de vista macroeconómico, se plantea la hipótesis de que “una determinada masa crítica de empresas responsables en una economía, convierten a ésta en un foco de atracción de factores y recursos productivos, que podrían afectar el crecimiento económico de un país” (Navarro y González, 2006, p. 724). Este enunciado vincula los efectos macroeconómicos del término responsabilidad social con el concepto de competitividad agregada, entendiéndose esta como el atractivo de un país. Por lo tanto, la capacidad de una economía para generar ingresos y atraer recursos productivos es una combinación de diferentes elementos, entre los cuales se destaca el nivel de responsabilidad social de sus empresas.

A pesar de los evidentes costos para las empresas al implementar políticas medioambientales y generar intangibles, existe la posibilidad de impulsar la competitividad y el crecimiento económico al mejorar la eficiencia de la producción y crear nuevos mercados. Los principales argumentos económicos a favor de la responsabilidad social, desde las perspectivas micro y macroeconómica, se presentan en la Figura 1. En el enfoque macroeconómico, se respalda la estrategia de desarrollo sostenible, crecimiento económico y el concepto de Inversión Socialmente

Responsable (ISR) (Navarro y González, 2006). Por otro lado, el enfoque microeconómico se enfoca en los intereses específicos de las empresas y organizaciones, tanto internamente como externamente, buscando mejorar la productividad y competitividad.

Figura 1.

Principales argumentos económicos de responsabilidad social.



Fuente: Elaboración propia.

Responsabilidad Social vs. Comercio Exterior

Ante la necesidad de buscar nuevas oportunidades de mercado, las empresas, incluyendo YPF, han adoptado estrategias de expansión global, en respuesta a las atribuciones establecidas en el marco legal vigente. Esto ha llevado a que se enfoquen en una relación más estrecha con la sociedad, alineándose al desarrollo sostenible, la formación de capital y la responsabilidad social. Es decir, acciones que se centran en crear conciencia a largo plazo y generar valor tanto para la empresa como para los actores sociales vinculados a su entorno de influencia.

En consecuencia, los impactos de la globalización, la internacionalización de los mercados, los tratados internacionales, los ODS y otros factores presentan nuevos desafíos y oportunidades para establecer nuevos enfoques de gestión empresarial. En estos modelos, es esencial que los intereses de los actores sociales, las empresas y el Estado Boliviano converjan en la creación de valor para todas las partes.

Es decir, en un contexto donde el crecimiento de los mercados locales no genera grandes expectativas, los acuerdos comerciales y la apertura de fronteras al comercio exterior, respaldados por políticas públicas que fomenten la atracción de inversiones extranjeras y utilicen los recursos hidrocarburíferos para el desarrollo nacional sostenible en todas las actividades económicas (como ocurre en Bolivia), se hace necesario una expansión global en mercados altamente competitivos.

En la actualidad, las empresas están adoptando estrategias que buscan establecer relaciones más sólidas con sus clientes, donde el compromiso social se convierte en una fuente de ventaja competitiva. Por lo tanto, el uso de herramientas como el Marketing Social Corporativo (MSC) permitiría un posicionamiento estratégico, vinculando la empresa o su imagen con problemas o causas sociales relevantes, en beneficio de todas las partes involucradas (Higuchi y Vieira, 2012; Smith y Alcorn, 1991).

En este contexto, es factible asociar la imagen de YPFB a causas solidarias, ya sea en el ámbito medioambiental o cultural, y asegurarse de que estas iniciativas sean sostenibles en el tiempo, generando beneficios intangibles como ventajas estratégicas.

La importancia de los criterios de ESG en la Responsabilidad Social

Los criterios ambientales, sociales y de gobierno corporativo (ESG, por su acrónimo en inglés) son fundamentales en la toma de decisiones y operaciones de las empresas y organizaciones modernas. Más allá de la búsqueda de beneficios financieros, el enfoque ESG implica consideraciones de impacto ambiental, de responsabilidad social y de prácticas de gobernanza, como componentes integrales de su actividad (Huang, 2021; Lokuwaduge y Heenetigala, 2017).

En primer lugar, los estándares ambientales se centran en la gestión de riesgos ambientales y la promoción de prácticas sostenibles en la operación de una organización estratégica como YPFB. Esto incluye la adopción de medidas para minimizar el impacto ambiental y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

El criterio social, por su parte, evalúa las relaciones de la entidad con empleados, consumidores y la comunidad en general. Este aspecto abarca cuestiones esenciales como los derechos humanos, la igualdad de género, la diversidad y el papel en la cadena de valor de productos o servicios. Lo cual llevaría a garantizar condiciones laborales justas y seguras como parte integral de este enfoque.

Por último, el factor de gobernanza enfocado a los estándares de transparencia, integridad y la calidad de la dirección corporativa. Es decir, cómo se toman decisiones y se manejan los recursos dentro de la organización.

En consecuencia, el concepto de ESG está estrechamente relacionado con el cumplimiento normativo, pero va más allá de él. La ética empresarial se manifiesta no solo en el cumplimiento de las regulaciones, sino también en las iniciativas que empresas estratégicas como YPFB, pueda emprender para generar un impacto positivo en todos los grupos de interés con los que se relaciona, es decir, sus stakeholders. Por lo tanto, el compromiso social, medioambiental, la integridad y la transparencia son aspectos fundamentales que demuestran la responsabilidad y la ética de una organización en su conjunto.

En síntesis, el enfoque ESG representa un paradigma empresarial que va más allá de las ganancias económicas y busca un equilibrio entre el éxito empresarial y la responsabilidad ambiental y social. Por lo tanto, es crucial que las organizaciones como YPFB, no solo cumplan con las regulaciones aplicables al sector hidrocarburos, sino que también asuman compromisos voluntarios en línea con las expectativas de la sociedad y la comunidad internacional en términos de Desarrollo Sostenible y cumplimiento de los ODS.

Conclusiones

El presente trabajo arroja luz sobre una serie de desafíos complejos que enfrenta Bolivia en su camino hacia el Desarrollo Sostenible. Estos desafíos abarcan una amplia gama de áreas, desde la Seguridad Alimentaria hasta la conservación ambiental y la gestión de recursos naturales estratégicos. A través de un análisis exhaustivo, se han identificado varias conclusiones clave que permiten comprender sobre la intersección entre el crecimiento económico, la responsabilidad social y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En primer lugar, se ha destacado la creciente población periurbana en Bolivia como un factor que plantea interrogantes sobre cómo mantener la seguridad alimentaria en estas áreas. La migración de áreas rurales a urbanas agrega complejidad tanto a la producción agrícola como a la provisión de alimentos a los migrantes. Esto subraya la importancia de promover una mayor integración territorial entre áreas urbanas y rurales, con enfoques diferenciados que beneficien especialmente a las poblaciones vulnerables. La educación ambiental se presenta como una herramienta fundamental para cambiar comportamientos y promover la conservación ambiental, lo que se evidencia en la concienciación sobre la importancia de las abejas en los ecosistemas.

En segundo lugar, el papel estratégico de la empresa estatal de hidrocarburos YPFB en Bolivia se destaca como una oportunidad para avanzar hacia prácticas empresariales más sostenibles. En

consecuencia, se enfatiza la necesidad de abrir una línea de investigación prospectiva en la gestión de Responsabilidad Social en este sector, que impliquen criterios de ESG, alineados con el cumplimiento de los ODS, asumiendo compromisos voluntarios en línea con las expectativas de la sociedad y la comunidad internacional.

Finalmente, el informe resalta la importancia de identificar fuentes de financiamiento tanto públicas como privadas para proyectos de conservación ambiental. Estos proyectos son esenciales para abordar problemas prioritarios y proteger los ecosistemas en Bolivia. La colaboración efectiva entre los niveles de gobierno central y departamental, así como la sociedad civil, se presenta como una estrategia clave para movilizar recursos y promover un desarrollo sostenible integral.

En conclusión, Bolivia se encuentra en un punto crucial de su desarrollo, con desafíos y oportunidades significativas en su búsqueda de un futuro sostenible. El equilibrio entre el crecimiento económico, la Responsabilidad Social y la consecución de los ODS es esencial para abordar los problemas multifacéticos que enfrenta el país y garantizar un desarrollo que sea social y ambientalmente sostenible. La colaboración entre diversos actores y la movilización de recursos adecuados son factores críticos en este viaje hacia un futuro más próspero y equitativo para Bolivia y su población.

Referencias

- Armenteras, D., González, T. M., Vergara, L. K., Luque, F. J., Rodríguez, N., y Bonilla, M. A. (2016).** Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83–89. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.12>
- Avendaño, W. R. (2011).** Responsabilidad Social Corporativa (RSC) y Desarrollo Sostenible: una mirada desde la Declaración de Rio de 1992. *Respuestas*, 16(2), 45–59. <https://doi.org/10.22463/0122820X.360>
- Bowen, H. (1953).** Social responsibilities of the businessman; En Harper ([1st ed.]). Harper.
- Bravo, O., y Marín, F. (2008).** El desarrollo sostenible en la transición epistemológica. *Multiciencias*, 8(January 2008), 228–233.
- Cabañas, M. R. (2020).** How to Progress Toward SDG 2 : “Ending Hunger and Malnutrition”. *Revista Mexicana de Política Exterior*, 118, 43–66. <https://revistadigital.sre.gob.mx/index.php/rmpe/article/view/32/33>

- Camarán, M. L., y Barón, L. (2019).** La Responsabilidad social empresarial y los objetivos del desarrollo sostenible (ODS). - *Dialnet. Revista científica Teorías, enfoques y aplicaciones en ciencias sociales*, 24, 41-52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7013907>
- Carroll, A. (1999).** Corporate Social Responsibility. *Business y Society*, 38(3), 268-295. <https://doi.org/10.1177/000765039903800303>
- Castañón Ballivián, E. (2014).** Las dos caras de la Moneda: agricultura y seguridad alimentaria en Bolivia (Fundación). http://www.ftierra.org/index.php?option=com_mtreey_task=att_downloady_link_id=32y_cf_id=61
- CEPAL, ONU, y WFP. (2022).** Hacia una seguridad alimentaria y nutricional sostenible en América Latina y el Caribe en respuesta a la crisis alimentaria mundial. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CC2518ES>
- Cortina, A. (2009).** Ética de la Empresa: No sólo Responsabilidad Social. *Revista Portuguesa de Economía*, 65, 113-127. <http://www.jstor.org/stable/41220792>
- Defourny, J., y Monzón Campos, J. (1997).** Économie sociale. Entre économie capitaliste et économie publique /The Third Sector. *De Boeck Université-CIRIEC*.
- Del-Aguila-Arcentales, S., Alvarez-Risco, A., Jaramillo-Arévalo, M., De-La-cruz-diaz, M., y Anderson-Seminario, M. de las M. (2022).** Influence of Social, Environmental and Economic Sustainable Development Goals (SDGs) over Continuation of Entrepreneurship and Competitiveness. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 73. <https://doi.org/10.3390/joitmc8020073>
- Diener, E. (1998).** Subjective Well-Being and personality. En *The Pienum Series in Social/Clinical Psychology Book Series (SSSC)* (pp. 311-334). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8580-4_13
- Domar, E. D. (1946).** Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment. *Econometrica*, 14(2), 137. <https://doi.org/10.2307/1905364>
- FAO, FIDA, y OMS. (2022).** El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. En El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. *FAO; IFAD; WHO; WFP; UNICEF*; <https://doi.org/10.4060/CC0639ES>
- Foronda Monasterios, E. A. (2022).** Impacto de la nacionalización de hidrocarburos en las exportaciones de gas natural y el PIB de Bolivia, periodo 1996-2012. *Economía y Negocios*, 4(1), 41-62. <https://doi.org/10.33326/27086062.2022.11350>

- Fulzele, R., Fulzele, V., y Dharwal, M. (2022).** Mapping the impact of COVID-19 crisis on the progress of sustainable Development Goals (SDGs) - a focus on global environment and energy efficiencies. *Materials Today: Proceedings*, 60, 873–879. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.09.517>
- Garrigues Medio Ambiente. (2020).** Estudio sobre el estado de la RSE en la empresa pública. *En Forética*.
- Gil, J. D. B., Reidsma, P., Giller, K., Todman, L., Whitmore, A., y van Ittersum, M. (2019).** Sustainable development goal 2: Improved targets and indicators for agriculture and food security. *Ambio*, 48(7), 685–698. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1101-4>
- GIZ. (2023).** Gestión Integral de Bosques para la Reducción de la Deforestación - PROBOSQUE II. En *Cooperación Alemana*. https://www.bivica.org/files/5544_PROBOSQUE_FINAL.pdf
- Gonzalez Masip, J., y Cuesta Valiño, P. (2018).** De responsabilidad social a sostenibilidad corporativa. *ADResearch ESIC International Journal of Communication Research*, 17(17), 46–71. <https://doi.org/10.7263/ADRESIC-017-04>
- Grebe, H., Medinaceli, M., Fernández, R., y Hurtado, C. (2012).** Los ciclos recientes en la economía boliviana. Una interpretación del desempeño económico e institucional 1989 a 2009. En Prisma (Prisma). Embajada del Reino de los Países Bajos y del Instituto PRISMA. *Horst*. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00602.pdf>
- Harrod, R. F. (1939).** An Essay in Dynamic Theory. *The Economic Journal*, 49(193), 14–33.
- Hickel, J. (2019).** The contradiction of the sustainable development goals: Growth versus ecology on a finite planet. *Sustainable Development*, 27(5), 873–884. <https://doi.org/10.1002/sd.1947>
- Higuchi, A. K., y Vieira, F. G. D. (2012).** Responsabilidade social corporativa e marketing social corporativo: uma proposta de fronteira entre estes dois conceitos. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, 34(1). <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v34i1.16759>
- Huang, D. Z. X. (2021).** Environmental, social and governance (ESG) activity and firm performance: a review and consolidation. *Accounting and Finance*, 61(1), 335–360. <https://doi.org/10.1111/acfi.12569>
- Huitrón, A., y Santander, G. (2018).** La Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe: implicaciones, avances y desafíos. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*, 5, 3–11. <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Cooperacion/article/view/3591/2870>

- Ibarra Zavala, D. (2013).** El modelo de crecimiento económico Solow-swan aplicado a la contaminación y su reciclaje. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(15), 8-24. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322013000100002&script=sci_abstract&tlng=es
- Kaldor, N., y Mirrlees, J. A. (1962).** A new model of economic growth. *Review of Economic Studies*, 29(3), 174-192. <https://doi.org/10.2307/2295953>
- Lanteri, L. N. (2014).** Determinantes de los precios reales del petróleo y su impacto sobre las principales variables macroeconómicas: eu, España, Noruega y Argentina. *Economía: Teoría y Práctica: Nueva Epoca*, 41. <http://www.scielo.org.mx/pdf/etp/n41/n41a3.pdf>
- Leff, E. (2006).** La ecología política en América Latina. Un campo en construcción. En CLASCO (Ed.), *Los tormentos de la materia. Aportes para una ecología política latinoamericana* (pp.1-39). <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20101002070402/3Leff.pdf%0AReconocimiento-No>
- Ley 3058. (2005).** Ley de Hidrocarburos de Bolivia. En *Gaceta Oficial de Bolivia* (p. 53). *Gaceta Oficial de Bolivia*. http://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo/normas/verGratis_gob/27494
- Lokuwaduge, C. S. D. S., y Heenetigala, K. (2017).** Integrating Environmental, Social and Governance (ESG) Disclosure for a Sustainable Development: An Australian Study. *Business Strategy and the Environment*, 26(4), 438-450. <https://doi.org/10.1002/bse.1927>
- Medinaceli, M. (2012).** El sector hidrocarburos en Bolivia. En *Friedrich Ebert Stiftung*. <https://www.researchgate.net/publication/259779765>
- Medinaceli, M. (2021).** Breve análisis y prospectiva de la industria del gas natural boliviano: 1980-2021.
- Mejide-Vidal, D. (2019, enero 17).** Los ODS en la estrategia empresarial. El caso SUEZ. *lcade. Revista de la Facultad de Derecho*, 108. <https://doi.org/10.14422/ICADE.I108.Y2019.013>
- Miranda, T., Suset, A., Cruz, A., Machado, H., y Campos, M. (2007).** El Desarrollo sostenible. Perspectivas y enfoques en una nueva época. *Pastos y Forrajes*, 30(2), 191-204.
- MMAA. (2023).** Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por la Deforestación del Estado Plurinacional de Bolivia. En *Ministerio de Medio Ambiente y Agua*. https://redd.unfccc.int/media/bo_nref_v1_20230123_final.pdf

- Navarro, J. L., y González, J. M. (2006).** Responsabilidad social corporativa y crecimiento económico. *Estudios de Economía Aplicada*, 24(2), 723-749. www.revista-eea.net
- Nogales, M. T. (2021).** Un panorama de la Alimentaria Seguridad en un contexto de urbanización. https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/03/seguridad_alimentaria_unh_bolivia.pdf
- OIT. (2017).** Manual de referencia Sindical sobre la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *En Organización Internacional del Trabajo (Vol. 1)*. http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@actrav/documents/publication/wcms_569914.pdf
- Ortale, M. S. (2020).** ¿Hambre Cero? Diagnóstico, perspectivas y desafíos Zero Hunger? Diagnosis, perspectives and challenges Fome Zero? *Diagnóstico, perspectivas e desafios. Portal.America.Org*. <https://doi.org/https://doi.org/10.24215/26183188e043>
- Pasinetti, L. (1962).** Rate of profit and income distribution in relation to the rate of economic growth. *The Review of Economic Studies Ltd*, 29, 267-279.
- PDES. (2021).** Plan de Desarrollo Económico y Social 2021-2025: Reconstruyendo la Economía para Vivir Bien, Hacia la Industrialización con Sustitución de Importaciones. En Estado Plurinacional de Bolivia. *Ministerio de Planificación del Desarrollo*. http://grus.org.bo/wp-content/uploads/2021/12/PDES-2021-2025_compressed-comprimido1.pdf
- Ramos, J. (1998).** Una estrategia de desarrollo a partir de complejos productivos en torno a los recursos naturales. En *CEPAL*.
- Remacha, M. (2017).** Empresa y objetivos de desarrollo sostenible. En *Cuadernos de la Cátedra CaixaBank de Responsabilidad Social Corporativa*.
- Reyes, B. (2003).** Mathis Wackernagel y William Rees, Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra. *Polis. Revista Latinoamérica*, 4, 1-4. <http://journals.openedition.org/polis/7216>
- Riechmann, J. (1995).** Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación. En *De la economía a la ecología*.
- Rios, A. (2018).** Promisorio futuro para el gas - Opinión - Opinión Bolivia. *Ojo Energetico- Periodico Opinion*. <https://www.opinion.com.bo/articulo/opini-oacute-n/promisorio-futuro-gas/20180513184600613439.html>
- Rodriguez, P. (2011).** ¿Es sostenible la tasa actual de crecimiento económico de China?: Implicaciones para América Latina | Revista de Ciencias Económicas. *Ciencias Económicas*, 29(1), 161-198. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/view/7039>

- Sabillon, D. (2017).** Responsabilidad Social Empresarial - Casos de Éxito en Bolivia. *Comercio Exterior*. https://ibce.org.bo/publicaciones-descarga.php?id=2371y_opcion=1
- Sachs, J. (2014).** La era del desarrollo sostenible. Prólogo de Ban Ki-Moon. En *Deusto*. www.edicionesdeusto.com
- Samuelson, P., y Modigliani, F. (1966).** Marginal Productivity and the Macroeconomic Theories of Distribution: Reply to Pasinetti and Robinson. *Review of Economic Studies*, 33(4), 321-330. <https://doi.org/10.2307/2974429/2/33-4-321.PDF.GIF>
- Sanahuja, J. A. (2015).** De los Objetivos del Milenio al desarrollo sostenible: Naciones Unidas y las metas globales post-2015. En Anuario CEIPAZ. *Instituto Complutense de Estudios Internacionales (ICEI)*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4942588>
- Sánchez, J., Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., y Sunkel, O. (2019).** Desarrollo Sostenible Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad 70 años de pensamiento de la CEPAL. En CEPAL. www.cepal.org/apps
- Smith, S. M., y Alcorn, D. S. (1991).** Cause marketing: A new direction in the marketing of corporate responsibility. *Journal of Consumer Marketing*, 8(3), 19-35. <https://doi.org/10.1108/07363769110035054>
- Solow, R. M. (1956).** A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. M. (1986).** On the Intergenerational Allocation of Natural Resources. *The Scandinavian Journal of Economics*, 88(1), 141. <https://doi.org/10.2307/3440280>
- Stiglitz, J., Ocampo, J. A., Spiegel, S., Ffrench-Davis, R., y Nayyar, D. (2006).** Stability with Growth: Macroeconomics, Liberalization and Development (O. U. Press, Ed.; Oxford Uni). *Oxford University Press*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/0199288143.001.0001>
- Swan, T. W. (1956).** Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32(2), 334-361. <https://doi.org/10.1111/J.1475-4932.1956.TB00434.X>
- Tapia-Sisalim, J. D. (2020).** La sostenibilidad del concepto de Desarrollo Sostenible. ¿Cómo hacerlo operativo? *UDA AKADEM*, 6, 184-202. <https://doi.org/10.33324/UDA AKADEM.V116.320>
- Tomás Carpi, J. A. (2008).** The Prospects for the Social Economy in a changing world. CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 62, 7-33. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17412442001>

- Ugarte Ontiveros, D., y Bolívar Rosales, O. (2015).** La relación precio del petróleo y crecimiento económico en Bolivia: el rol de la política económica. *Revista de Análisis del BCB*, 22(1), 9-40. <https://econpapers.repec.org/RePEc:blv:journl:v:22:y:2015:i:2:p:9-40>
- Valencia, W. S., y Esquivel, M. J. (2022).** La responsabilidad social empresarial y el desarrollo sostenible en latinoamerica en tiempos de pandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 415-435. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V6I1.1507
- Vallejo, L. (2009).** Del crecimiento económico al desarrollo sostenible: una aproximación. *APUNTES DEL CENES*, 47, 99-116. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=479549575006>
- Vázquez, C., Hervás, G., Rahona, J. J., y Gómez, D. (2009).** Bienestar psicológico y salud: aportaciones desde la psicología positiva. *Anuario de Psicología Clínica y de la Salud*, 5(1), 15-28.
- Velásquez Franco, P. (2017).** Caracterización de la Estructura del Paisaje y su Estado de Conservación en las Cuencas de Cabecera de Medellín. En *Facultad de Ingenierías. Universidad de San Buena Aventura de Medellín*. https://redd.unfccc.int/media/bo_nref_v1_20230123_final.pdf
- Wackernagel, M., y Rees, W. (2001).** Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la tierra. Polis. *Revista Latinoamericana*, 4, 207.
- WCED. (1987).** Our common Future. The World Commission on Environment and development. En *Oxford and New York, Oxford Univeristy Press. (Vol. 4, Número 1)*. <http://www.archive.org/details/ourcommonfutureOOworl>

Situación actual del gas natural boliviano

Jorge Vásquez*
Pamela Chambi**
Rómulo Encinas***

Resumen

El artículo contiene un análisis sobre la situación actual del gas natural en Bolivia considerando la evolución de las reservas, producción y la experiencia de la venta de gas a la Argentina y al Brasil. Asimismo, se destaca la importancia que tiene este energético en Bolivia económicamente, considerando las exportaciones a los países vecinos. Sin embargo, debido al comportamiento de las reservas y la producción de gas natural que tiene una tendencia a disminuir, se realiza un énfasis en el cambio de la matriz energética, el cual depende de la implementación e inversión en nuevas tecnologías, que no solo ayudará a dejar la dependencia del uso de recursos no renovables, sino la reducción de emisiones de dióxido de carbono, que es un objetivo a nivel mundial.

Palabras clave:

Gas natural, reservas, cadena de valor, producción, exportaciones, matriz energética.

Keywords:

Natural Gas, Reserves, Value Chain, Production, Exports, Energy Matrix.

Palavras chave:

Gás Natural, Reservas, Cadeia de Valor, Produção, Exportações, Matriz Energética.

Abstract

The article prepared contains an analysis of the current situation of natural gas in Bolivia considering the evolution of reserves, production and the experience of selling gas to Argentina and Brazil. Likewise, the importance of this energy in Bolivia economically is highlighted, considering exports to neighboring countries. However, due to the behavior of natural gas reserves and production, which

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: jvasquez@umsa.edu.bo | <https://orcid.org/0009-0008-9944-5718>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: andrea.solangel18@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0009-3612-1991>

*** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: rfencinas@umsa.bo | <https://orcid.org/0009-0002-5293-9995>

has a tendency to decrease, an emphasis is placed on changing the energy matrix, which depends on the implementation and investment in new technologies, which will not only help to stop dependence on the use of non-renewable resources, but to reduce carbon dioxide emissions, which is a global objective.

Resumo

O artigo elaborado contém uma análise da situação atual do gás natural na Bolívia considerando a evolução das reservas, da produção e da experiência de venda de gás para Argentina e Brasil. Da mesma forma, destaca-se a importância econômica desta energia na Bolívia, considerando as exportações para países vizinhos. No entanto, devido ao comportamento das reservas e da produção de gás natural, que tem tendência a diminuir, aposta-se na mudança da matriz energética, que depende da implementação e do investimento em novas tecnologias, que não só ajudarão a acabar com a dependência de a utilização de recursos não renováveis, mas sim a redução das emissões de dióxido de carbono, que é um objetivo global.

Introducción

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos gaseosos compuesta principalmente por metano, aunque puede incluir también otros componentes gaseosos livianos, se extrae de yacimientos subterráneos o se produce como subproducto de la extracción de petróleo, por lo que se lo considera como recurso no renovable y como fuente de energía más limpia en comparación con otros combustibles fósiles, ya que produce menos emisiones de dióxido de carbono (CO) por unidad de energía generada.

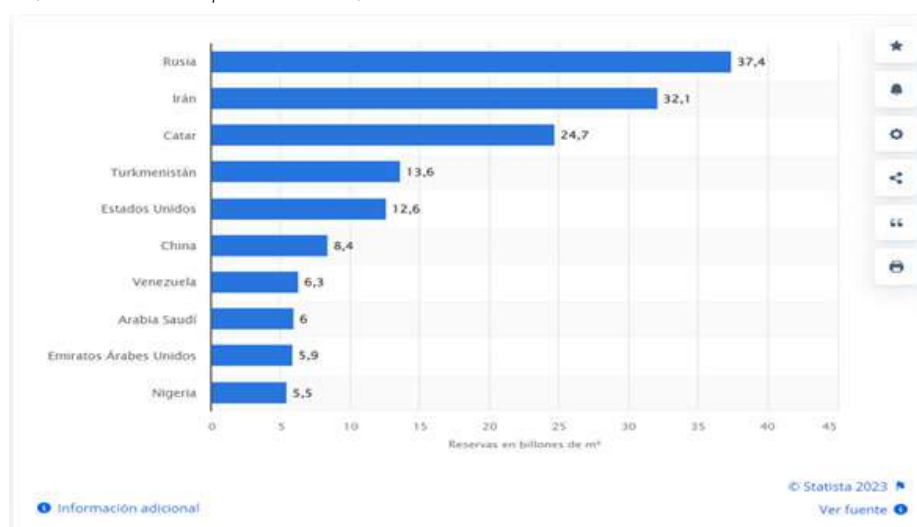
Tiene una alta eficiencia energética y puede utilizarse para diversas aplicaciones, como generación de electricidad, calefacción y combustible para vehículos, la cadena de suministro de este energético se caracteriza por un alto grado de verticalidad denominada “cadena del valor del Gas Natural”, a partir del cual puede desarrollarse la petroquímica tanto en países productores como en países consumidores del energético.

Esta cadena del valor del Gas Natural está dividida en upstream (exploración, explotación y producción), midstream (transporte y almacenaje) y downstream (industrialización, distribución, comercialización), que son las operaciones que determinan el papel estratégico del gas natural como recurso energético y su influencia en las relaciones internacionales y la seguridad energética de los países.

Es relevante la importancia geopolítica de este recurso energético, por lo que se debe tener una visión de que países a nivel mundial cuentan con las mayores reservas de gas natural ya que se espera que desempeñe un papel en la transición hacia una matriz energética más sostenible, especialmente como combustible de transición mientras se promueven fuentes de energía renovable.

Figura 1.

Ranking mundial de los países con mayores reservas de gas natural en 2020 (en billones de pies cúbicos).



Fuente: (STATISTA, 2023).

En la figura 1 se observa a Rusia como el país con las mayores reservas de gas natural en el mundo con 37,4 billones de metros cúbicos, seguido de Irán con 32,1 billones de metros cúbicos. En Latinoamérica se puede observar que Venezuela, está considerado como uno de los países con mayores reservas de gas natural en el mundo, lo que denota la importancia geopolítica de este energético.

En ese entendido, Sudamérica está empezando a crecer como mercado, aunque es relativamente incipiente con respecto al panorama mundial, por las reservas que presenta, pero con potencial de crecimiento. Será Brasil quien juegue un rol fundamental por tener la economía y el parque industrial más grande de la región.

En lo que se refiere a Bolivia, a inicios del siglo XXI, la certificación de reservas para Bolivia mostraba un panorama donde el país se ubicaba en el segundo lugar a nivel Sudamérica, después de Venezuela, con reservas de aproximadamente 28 trillones de pies cúbicos, colocando al país en una posición estratégica de distribución de gas natural.

En la Tabla 1 se muestran las reservas probadas de gas natural de los principales países de América. En ese ámbito Venezuela presenta las mayores reservas del continente con 221,1 trillones de pies cúbicos y Bolivia con 7,5 trillones de pies cúbicos al 2020, puntualizando que por factores sociales, económicos y políticos pasó de ser la segunda reserva más importante al cuarto lugar con las incursiones propias de Argentina (Vaca Muerta) y Brasil (Cuenca de Santos) quienes ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente.

Tabla 1.

Reservas de gas Latinoamérica en trillones de pies cúbicos al 2020.

| | TCF | Share del total | R/P ratio |
|----------------------------|-------|-----------------|-----------|
| México | 6,3 | 0,1% | 5,9 |
| Argentina | 13,6 | 0,2% | 10,1 |
| Bolivia | 7,5 | 0,1% | 14,8 |
| Brasil | 12,3 | 0,2% | 14,6 |
| Colombia | 3,0 | 0,0% | 6,5 |
| Perú | 9,2 | 0,1% | 21,6 |
| Trinidad & Tobago | 10,2 | 0,2% | 9,8 |
| Venezuela | 221,1 | 3,3% | 333,9 |
| Otros & Centro América | 1,9 | 0,0% | 19,7 |
| Total Sur y Centro América | 285,2 | 4,3% | |

Fuente: MAPFRE Global Risks (2020)

Historia del Gas Natural en Bolivia

Durante los años 50 hubo diferentes descubrimientos de yacimientos en diferentes regiones de Bolivia, una de las principales es la ciudad de Camiri en el Departamento de Santa Cruz y se considera como uno de los campos más antiguos, que es productor de petróleo, sin embargo, por esas épocas debido a que no se contaba con infraestructura para procesar el gas natural, el mismo era venteado y quemado.

Con la creación de la empresa Bolivian Gulf en la década de los 60 se inicia la producción de gas/condensado en los campos Caranda, Colpa y Rio Grande ubicados también en el Departamento de Santa Cruz, durante casi una década se quemó el gas asociado que se producía en estos campos hasta que se inició el proceso de reinyección al yacimiento (Valenzuela T., 2004).

A partir de la década de los 80, se propició mayores actividades de exploración con el descubrimiento de 14 nuevos campos, con las políticas fomentadas por el Estado y las empresas

privadas. En estos campos aún se encuentran pozos que están produciendo más de 70 años los cuales ya se encuentran en etapa de declinación.

La disminución en la producción de estos campos se compenso con el descubrimiento del campo Caigua en el Departamento de Tarija al sur del país. Este campo permitió el ingreso a pozos más profundos donde se encontraron acumulaciones de gas/condensado a 4500 metros de profundidad; la década de los noventa fue el auge de nuevos campos denominados megacampos por el volumen de producción y sus reservas probadas, estos son: San Alberto, Sábalo, Margarita, Huacaya, Itaú e Incahuasi.

En el año 2010 los campos San Alberto y Sábalo en conjunto llegaron a una producción de 879,9 MMpcd con un equivalente del 59,74 % de la producción nacional, Margarita alcanzó un volumen de 77 MMpcd el mismo 2010.

Actualmente, la producción de Gas Natural redujo conforme la declinación natural de la producción de los Campos y no hubo descubrimientos considerables, por lo tanto, depende totalmente de la producción de los megacampos.

Asimismo, un aspecto de suma importancia que debe considerarse es la relación de reserva/producción (R/P), que permite interpretarse como el tiempo promedio que llevaría al agotamiento de las reservas a la velocidad actual de producción sin considerarse nuevas reservas posibles y probables durante ese tiempo y que si se encuentran serán agregadas a las probadas.

Por lo cual, la economía de Bolivia que se ve afectada por la inestabilidad política, además de la incertidumbre de carácter regulador, falta de transparencia por parte del gobierno y por parte de quienes realizan los contratos, pero el mayor impacto está en una política de apatía en lo referente a prospección de nuevos campos productores lo que está acelerando que la relación R/P cada vez sea menor, dejando al país fuera de la competencia a nivel Sudamérica por la venta del energético.

Las nuevas reservas encontradas en los países de Argentina y Brasil están generando una notoria disminución de los volúmenes de compra a Bolivia con un altísimo impacto en la economía estatal, quien es dependiente de los volúmenes de compra que realizaban estos dos países.

Cadena del valor de las actividades del sector del gas natural boliviano

En el caso de Bolivia la Cadena del Valor del gas natural no está distribuida de manera homogénea (Energía y Sociedad, 2023), ya que con la política de descubrimientos de nuevos campos gasíferos se incrementó la infraestructura de distribución (gasoductos)

enfocados a la venta de gas al Brasil y Argentina, dejando rezagados los proyectos de industrialización que podrían haber dado mayor valor agregado al gas natural, ingresando en el contexto a continuación un breve análisis del upstream y downstream en el país.

Upstream

La década del 90 fue una época de reformas en la legislación boliviana y también en la legislación de hidrocarburos, introduciéndose modificaciones sustanciales a la Ley 1689, el “upstream” estatal se dividió en dos empresas Andina S.A. y Chaco S.A., estas reformas permitieron una migración a contratos de riesgo compartido a las empresas internacionales que ya trabajaban en Bolivia.

Downstream

El transporte por gasoductos fue capitalizado por la empresa Transredes S.A. quienes asumieron la responsabilidad del control, operación y expansión de redes de tuberías. Las dos refinerías más grandes fueron privatizadas; se creó un ente regulatorio denominado Sistema de Regulación Sectorial (SIRESE) (Estudio del Sistema de Regulación Sectorial en Bolivia, 1997)

El crecimiento en el consumo tanto a nivel externo como interno, fue proyectado dependiendo de las gestiones que se realizarán para el cambio de la matriz energética en los diferentes sectores de consumo, en particular en la industrialización del gas natural y la generación de electricidad.

Perspectiva del Gas Natural en Bolivia

La proyección de la matriz energética para los próximos años está centrada en la situación actual, el análisis y la perspectiva del gas natural en Bolivia; se ha realizado un análisis histórico, además del técnico y normativo, mediante la consulta de libros, artículos e informes técnicos obtenidos del Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS [MHD], 2022), empresas del sector energético relacionados con el gas natural; mediante la recopilación y selección de la información relevante de las reservas, producción, consumo en el mercado interno, el mercado externo relacionada a las exportaciones del gas natural durante el periodo 1999 - 2023.

Energía Primaria

La matriz energética boliviana (MHD, 2022) tiene como principal actor a las energías fósiles en las energías primarias y como principal fuente de generación de energías

secundarias, durante los últimos años. Bolivia aún mantiene su economía dependiente de materias primas, especialmente el gas natural, situación que implica fragilidad, por la fluctuación internacional de los precios y la declinación de los campos hidrocarburíferos.

En ese entendido y con una nueva visión energética, la política estatal está proyectada para la disminución del uso de gas natural para generación energía eléctrica, y sustitución con fuentes renovables como la energía hidroeléctrica, energía eólica, paneles solares y producción de biomasa.

La demanda de electricidad a nivel nacional está alrededor de los 1.600 megavatios (MW); si la única fuente primaria de energía fuera solo el gas natural, se requeriría aproximadamente 7 millones de metros cúbicos día (MMmcd) para cubrir esa demanda. Sin embargo, a la fecha, la sustitución de energía primaria por fuentes renovables, solo se requieren aproximadamente 3,5 MMmcd para la generación eléctrica, lo que representa el 50% de la energía sustituida.

Los compromisos internacionales que tiene Bolivia para la reducción las emisiones de gases de efecto invernadero, se ha realizado inversiones que permiten a la fecha contar con una capacidad instalada de 1.161 MW de energías limpias o renovables. La capacidad instalada de energías renovables se ha distribución bajo el siguiente esquema: 165 MW de energía solar; 135 MW de energía eólica; 127 MW de energía de biomasa y 734 MW de energía hidroeléctrica (MHE, 2023).

Reservas de Gas Natural en Bolivia

Las reservas de gas natural se contabilizan con las que efectivamente se cuenta conocidas como reservas certificadas. En la tabla 2, se detalla resultados obtenidos de la cuantificación y certificación de reservas de hidrocarburos por diferentes consultoras para el periodo 2000-2018, en el marco de lo establecido en el Artículo 7 de la Ley N° 3740 de Desarrollo Sostenible del Sector Hidrocarburos (Aliaga Lordemann y Herrera Jiménez, 2014). Se puede observar que desde el año 2004 solo se cuentan con cuatro certificaciones oficiales, y las mismas marcan una tendencia de bajada, justificadas por el consumo interno y la exportación a los mercados de Brasil y Argentina.

Tabla 2.*Certificación histórica de reservas de Gas Natural en Bolivia.*

| Año | Reservas de Gas Natural | | |
|------|-------------------------|----------------|---------------|
| | Probada (TCF) | Probable (TCF) | Posible (TCF) |
| 2000 | 23,84 | 22,99 | 23,18 |
| 2001 | 27,36 | 24,93 | 24,87 |
| 2002 | 28,69 | 26,17 | 24,20 |
| 2003 | 27,62 | 24,73 | 24,10 |
| 2004 | 26,74 | 22,02 | 15,20 |
| 2009 | 9,94 | 3,71 | 6,27 |
| 2013 | 10,45 | 3,50 | 4,15 |
| 2017 | 9,01 | 2,92 | 4,83 |
| 2018 | 8,95 | 3,31 | 4,87 |

Fuente: YPFB (2021)

Asimismo, se puede observar en la Tabla 2 que las reservas en los últimos años han ido disminuyendo, esto hará que Bolivia no pueda cumplir con las obligaciones que tiene de exportar a Brasil y la Argentina, además de abastecer al mercado interno, lo que hace necesario que se puedan implementar políticas para el desarrollo de otro tipo de energías y promover el cambio de matriz energética en Bolivia. Esta transición generará nuevas oportunidades, porque además necesariamente depende del desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, lo que de manera simple y clara significa más inversiones.

Otro aspecto importante que considerar dentro del cambio de matriz energética son las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), que para alcanzar la meta de cero emisiones netas de CO₂ para 2050, la inversión anual en energía limpia en todo el mundo deberá más que triplicarse para 2030, llegando a alrededor de 4 billones de dólares. (iea.org)

Esto se traduce en la creación de millones de nuevos puestos de trabajo, implementación de nuevas tecnologías, asimismo, impulsará significativamente el crecimiento económico mundial y se espera que lograr el acceso universal a la electricidad y la cocina limpia en todo el mundo para los siguientes años.

Producción de Gas Natural

En lo que se refiere a la producción de gas natural, específicamente, depende de la demanda de exportación y del consumo interno; respecto a la exportación a los países de Argentina y Brasil, que según la temporada estacionaria la nominación podría

aumentar o disminuir; el consumo interno se refiere al uso del gas natural como recurso energético para la población; en ese sentido, son factores muy importantes en cuanto a la producción de gas natural en Bolivia.

En la tabla 3 se presenta, la producción de gas natural durante el periodo 2000 – 2023 (MHE, 2023), en la cual se observa que la producción fue aumentando hasta la gestión 2018, posteriormente disminuye en los siguientes años, debido principalmente a la disminución de la demanda de gas para la exportación y la declinación de los campos gasíferos.

Tabla 3.

Producción histórica de gas natural en Bolivia en MMmcd.

| Año | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Producción MMmcd | 8,84 | 13,39 | 16,48 | 19,46 | 27,09 | 33,91 | 35,71 | 38,15 | 39,68 | 34,04 |
| Año | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Producción MMmcd | 39,94 | 40,47 | 49,46 | 56,48 | 59,64 | 59,17 | 56,64 | 55,11 | 51,54 | 45,36 |
| Año | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | | | | | | |
| Producción MMmcd | 49,42 | 45,12 | 41,30 | 38,25 | | | | | | |

Fuente: YPFB (2021)

Bolivia dispone de mega campos que contribuyen principalmente al mercado externo, distribuidos en diversos departamentos. No obstante, se ha registrado una disminución en la producción de los campos de San Alberto y Sábalo, situados en el departamento de Tarija, durante el periodo comprendido entre 2019 y 2023 porque “se trata de campos antiguos que no pueden operar al mismo ritmo que antes...” (Los Tiempos, 2021),.

Respecto a la disminución de producción de Gas Natural, es otro aspecto importante para considerar el uso de energías limpias que puedan contrarrestar la dependencia de un solo tipo de energético, en este caso, de fuentes fósiles no renovables. En términos económicos, el cambio de matriz energética tendrá dos efectos relevantes para los países; el primero, una ola de nueva inversión, que genera un impulso económico a lo largo de las diferentes cadenas productivas; el segundo es el impulso económico derivado del ahorro energético, que permitirá incrementar el gasto en otros productos y servicios. La transformación de la matriz energética generará un mayor valor añadido dentro del Estado.

Mercado Interno

El mercado interno del gas natural en Bolivia está segmentado (YPFB, 2021), según su utilización y/o consumidor, en:

- Generación de electricidad. - Segmento de termoelectricidad provista al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y el Sistema Aislado.
- Distribución por redes de gas natural. - Incluye al sector residencial, comercial, industrial y GNV.
- Consumidores directos. - Se refiere a los que están conectados a una línea primaria o red troncal de transporte, asimismo, las refinerías, estaciones de servicio y otros.

El comportamiento histórico del consumo interno ha tenido una tendencia creciente, impulsada por políticas de expansión de la participación del gas natural en la matriz energética boliviana, entre las que se encuentra la industrialización del gas natural, la instalación de gas domiciliario, la transformación del parque automotor y la instalación de centrales termoeléctricas, entre otras. En el transcurso de aproximadamente una década, se registró un crecimiento desde 5.67 MMmcd a 12.8 MMmcd en 2018, equivalentes a un aumento aproximado del 7% anual.

Sin embargo, si Bolivia ya no cuenta con este energético podría desabastecer el mercado en los próximos años. Es importante que la población genere una nueva mentalidad en cuanto al uso de energías limpias, y en ese punto juega un papel importante el gobierno con la implementación de nuevas políticas.

Mercado Externo

Por la ubicación geográfica de Bolivia en el centro de Sudamérica, los destinos naturales de exportación del gas natural boliviano, son los mercados de Brasil y Argentina, para lo cual el país realizó grandes inversiones en las décadas pasadas en la construcción de redes de gasoductos para satisfacer las demandas internacionales.

Estos contratos están regidos principalmente por GSA (YPFB - Petrobras) en el caso de Brasil y IEASA (YPFB - Integración Energética Argentina S.A.) en el caso de Argentina. El consumo de gas natural por parte de estos países se incrementó gradualmente hasta su máximo histórico en el año 2014, donde comienza una tendencia decreciente, y donde Bolivia cubría las demandas de acuerdo a las necesidades estacionales de estos países, de forma variable.

Brasil

El contrato de exportación de gas natural al Brasil es uno de los proyectos de exportación más importantes del país durante los últimos 50 años. Este contrato impulsó a que se realicen mayores inversiones en exploración y explotación de hidrocarburos con el fin de abastecer la demanda de gas natural y aun en la actualidad de las fuentes principales de la recaudación de ingresos para el Estado.

En Brasil, el gas natural es usado principalmente en la generación eléctrica, que a lo largo de los años ha mantenido un comportamiento cíclico y estacional, dentro de los límites establecidos en el Contrato de Compra - Venta de Gas Natural suscrito entre YPFB y Petrobras - GSA (QDC + Gas Combustible: 31.2 MMmcd y TOP: 23.70 MMmcd a 68 °F).

Sin embargo, el comportamiento de la demanda de GSA, ha sufrido un cambio en los últimos 3 años, con un volumen promedio de 15.2 MMmcd de gas hasta comienzos de la gestión 2021, producto de las políticas de sustitución de gas natural por energía renovables que Brasil ha venido implementado y la declinación natural de algunos campos gasíferos importantes en Bolivia.

Por otro lado, el año 2009 se suscribió un contrato de exportación de gas al Brasil de modalidad interrumpible, con la empresa Mato-Grossense de Gas (MTGAS), el cual tuvo una vigencia inicial de 10 años y fue renegociado mediante una adenda de ampliación de plazo por 10 años adicionales hasta el 2028.

En esta adenda se estableció un volumen de 0.035 MMmcd hasta el 2018 y 0.05 MMmcd a partir del 2019, siendo el punto de entrega San Matías. Finalmente, el año 2016, YPFB firmó un contrato de tipo interrumpible con la empresa AMBAR (antes EPE), donde se acordó una temporalidad de 10 años y un volumen de 2.24 MMmcd a ser entregado en la frontera boliviana-brasileña en la localidad de San Matías.

Tabla 4.

Comercialización histórica de gas natural al Brasil en MMm³.

| Año | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Comercial MMm ³ | 2.013 | 3.861 | 4.8 | 5.53 | 7.612 | 8.66 | 9.399 | 10,291 | 11,331 |
| Año | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Comercial MMm ³ | 8.172 | 9.903 | 9.903 | 10.217 | 11.652 | 12.069 | 11.771 | 10,429 | 8,911 |
| Año | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | | | |
| Comercial MMm ³ | 8.1 | 6.804 | 6.675 | 7.423 | 6.492 | 2.228 | | | |

Fuente: (YPFB, 2021)

Argentina

Las exportaciones de gas natural al mercado argentino estuvieron regidas bajo el contrato con IEASA (antes ENARSA), con un volumen del orden de los 4 MMmcd para el periodo 2007 al 2010.

En fecha 18 de julio de 2012, se suscribió la primera adenda al contrato con ENARSA para la exportación de gas natural por un periodo de 15 años, con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2026. Debido a la declinación natural de los campos gasíferos y la recesión a nivel mundial causada por la pandemia del Covid-19, Bolivia firmó una quinta adenda al mencionado contrato, para reducir la nominación de gas para el año 2021 a un volumen de 20 MMmcd.

Tabla 5.

Comercialización histórica de gas natural a la Argentina en MMmc.

| Año | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Comercial MMmc | 18 | 43 | 95 | 85 | 800 | 1.716 | 1.729 | 1.686 | 921 |
| Año | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Comercial MMm ³ | 1.697 | 1.768 | 2.722 | 4.543 | 5.464 | 5.732 | 5.744 | 5.647 | 6.476 |
| Año | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | | | |
| Comercial MMmc | 5.866 | 5.097 | 5.436 | 4.672 | 3.849 | 694 | | | |

Fuente: (YPFB, 2021)

Económicamente, una de las fuentes principales de los recursos de Bolivia es la venta de Gas Natural, sin embargo, de acuerdo a los datos mostrados en cuanto a las reservas y la producción, éstas van disminuyendo a medida que pasa el tiempo, lo que hará que posiblemente no se pueda cumplir con los compromisos establecidos con Brasil y la Argentina y dificultar la renovación de los contratos con estos países.

Asimismo, el mercado interno no es atractivo para el inversionista privado, ya que los precios de venta se encuentran subsidiados; en este sentido, si el mercado externo comienza a desaparecer, las necesidades para levantar el subsidio serán cada vez mayores.

Otro aspecto importante para que Bolivia ya no dependa de energía de fuentes no renovables, para lo cual debe prepararse para la transición energética que depende principalmente de tres componentes:

- Dejar de lado los combustibles fósiles.
- Mejoras en la eficiencia energética, que implica el desarrollo de entornos y encadenamientos productivos con tecnologías de ahorro de energía y amigables con el medioambiente.
- Conservación de la energía, es decir, el uso de baterías.

Asimismo, irá de la mano de la reducción de emisiones de CO₂ con la implementación de nuevas tecnologías, que actualmente ya están en el mercado, pero en los próximos años, casi la mitad de las reducciones provendrán de tecnologías que actualmente se encuentran en fase de desarrollo o prototipo. En ese sentido, se deben realizar importantes esfuerzos de innovación en esta década para llevar estas nuevas tecnologías al mercado oportunamente y lograr la independencia del uso de un solo tipo de energía, mediante el cambio de matriz energética.

Conclusiones

Se realizó el análisis sobre la situación actual del gas en Bolivia, considerando los aspectos más importantes como la producción, las reservas, el consumo interno, las exportaciones, y la migración a una nueva matriz energética.

Con relación a la normativa legal que acompaña el desarrollo del sector, se considera fue satisfactoria y para ser un sector de reciente transformación en su estructura (capitalización y privatización), la normativa es considerablemente comprensiva. Sin embargo, es fundamental plantear una revisión a fondo de la misma para los siguientes años, considerando la nueva posición de Bolivia como centro de distribución energética, aprovechando la infraestructura de los gasoductos, de manera de darle una mejor adaptación a los mismos e impulsando la instalación de proyectos energéticos que generen valor agregado.

De la retrospectiva de las exportaciones al Brasil y a la Argentina parecería que existía una estrategia que definía los objetivos de mediano y largo plazo en cuanto a este negocio. Sin embargo, la apertura de mercados y la posibilidad de vender este recurso abundante en Bolivia, fue el estímulo mayor a una estrategia de mediano y largo plazo mejor definida, en la mayoría de los casos con mayores beneficios de precio, entrega y servicio para los compradores que para el productor.

Las estimaciones realizadas para los siguientes años no son alentadoras considerando la reducción de inversiones del Estado para la reposición de reservas, por lo tanto, la relación R/P irá disminuyendo considerablemente, lo que implica una notable disminución en los ingresos del Estado, el cual fue

altamente dependiente de este ingreso, por varias décadas. Tanto Brasil como Argentina van por una independencia energética, lo que con el tiempo disminuirá o dejarán de consumir el gas natural boliviano.

Por otro lado, las políticas de gobierno de los últimos años han disminuido el interés de explorar y explotar nuevos campos gasíferos tanto por parte de capital extranjero como por parte de la estatal boliviana YPFB, y los pozos existentes ya se encuentran en franca fase de declinación lo que pone en riesgo el abastecimiento del mercado interno. Emerge la urgencia con que Bolivia requiere de capital para inyectar en todos los sectores económicos como un todo y en la industria en particular, pues las exportaciones a gran escala traen réditos inmediatos.

Nuevas tecnologías a nivel internacional vienen desarrollándose, principalmente para el uso de recursos y fuentes de energía renovables, y Bolivia no exenta de ellas, ya que hay una tendencia al uso de energías renovables. Los costos de producción son cada vez menores, lo que hace prever que en treinta años estarán presentes en el mercado energético, ya no de forma marginal, sino de forma bien estructurada y con costos atractivos. Este hecho, junto a la disminución de las reservas de gas, induce a pensar en el fin de la hegemonía de los combustibles fósiles en el sector energético. En consecuencia, estratégicamente el momento de vender y exportar gas es ahora, a corto plazo puede ser que no tenga el atractivo.

Promover el cambio de matriz energética en Bolivia y que pueda apostar por el uso de energías de fuentes renovables e independizarse de fuentes fósiles, conlleva a implementar el uso de nuevas tecnologías que a la vez deriva en inversiones considerables, que no solo ayudaran a acceder a otros tipos de energía sino a reducir las emisiones de CO₂, que es un objetivo a nivel mundial.

Referencias

Aliaga Lordemann, J., y Herrera Jiménez, A. (2014). Energy-mix Scenarios for Bolivia. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, 135-160. <https://doi.org/10.35319/lajed.20142283>

Energía y Sociedad. (2023, diciembre). Manual de Energía. Energía y Sociedad. <https://www.energiaysociedad.es/pdf/documentos/manuales-energia/manual-electricidad.pdf>

Estudio del Sistema de Regulación Sectorial en Bolivia (octubre de 1997). <https://www.mgpp.cl/wp-content/uploads/2017/04/CASO16.pdf>

- Los Tiempos. (2021, noviembre 15).** GAS Se agotan los megacampos y la producción baja un 3,5% anual. *Redacción Central*. <https://www.lostiempos.com/actualidad/pais/20211115/gas-se-agotan-megacampos-produccion-baja-35-anual>
- MAPFRE Global Risks. (2020).** Integración gasífera en América Latina. *Pablo Ferragut*. <https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/integracion-gasifera-en-america-latina/>
- MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS [MHD]. (2022, octubre 10).** Transición Energética: Bolivia sustituyó en 50% el uso del gas por energías renovables. *UCOM-MHE*. <https://www.mhe.gob.bo/2022/10/10/transicion-energetica-bolivia-sustituyo-en-50-el-uso-del-gas-por-energias-renovables/>
- MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS [MHE]. (2023).** Balance Energético Nacional 2018-2022. <https://www.mhe.gob.bo/wp-content/uploads/2023/12/BEN-2018-2022-comprimido-1.pdf>
- Statista Research Department. (2023, julio 25).** Gas natural: países con mayores reservas del mundo en 2020 | *Statista*. *Statista Research Department [STATISTA]*. <https://es.statista.com/estadisticas/635297/paises-con-las-mayores-reservas-de-gas-natural/>
- Valenzuela T., E. M. (2004).** El Gas Natural en Bolivia Diagnóstico y Perspectivas. *Acta Nova*, 2(4), 546-556. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892004000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- YPFB. (2021).** Plan de Reactivación Upstream. *YPFB*. https://www.ypfb.gob.bo/images/upstream/2-REACTIVACION_DEL_UPSTREAM.pdf

Impacto del Cambio Climático, en la salud, educación y el ingreso: Un enfoque multidisciplinario

Richard Flores*

Resumen

El presente estudio investiga la interacción entre el cambio climático, el estatus socioeconómico y la salud en diversas etapas de la vida. Utilizando un enfoque multidisciplinario, se analiza cómo el cambio climático afecta a la salud de las poblaciones y cómo estas consecuencias varían según el estatus económico de los individuos. Además, se examina la distribución del ingreso a través del coeficiente GINI como una medida clave para evaluar el impacto económico directo del cambio climático. Nuestros resultados confirman la relación entre el cambio climático y la salud, destacando la vulnerabilidad de los grupos más desfavorecidos, como los niños y los ancianos, a las condiciones climáticas extremas y las enfermedades relacionadas. Se destaca la necesidad de estrategias de mitigación y adaptación que tengan en cuenta estas disparidades en salud. Asimismo, se resalta la influencia del estatus socioeconómico en la relación entre el cambio climático y la salud, subrayando que las personas con recursos limitados a menudo enfrentan un mayor riesgo. Este estudio también proporciona una inferencia económica relevante y demostrable sobre cómo el cambio climático afecta los ingresos de las personas, lo que

Palabras clave:

Estatus socioeconómico, cambio climático, desigualdades en salud, salud, GINI, políticas públicas.

Keywords:

Socioeconomic status, climate change, health inequalities, health, GINI, public policies.

Palavras chave:

Status socioeconômico, mudanças climáticas, desigualdades em saúde, saúde, GINI, políticas públicas.

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: richard.flores@undp.org | <https://orcid.org/0009-0007-4493-1965>

destaca la importancia de abordar estas cuestiones de manera integral en la formulación de políticas. En resumen, este estudio aporta una visión holística de cómo el cambio climático, el estatus socioeconómico y la salud están interconectados. Los hallazgos subrayan la necesidad de políticas públicas que aborden simultáneamente estos aspectos para garantizar un futuro más saludable y equitativo para todas las personas.

Abstract

This study investigates the interaction between climate change, socioeconomic status, and health across various life stages. Employing a multidisciplinary approach, we analyze how climate change impacts the health of populations and how these consequences vary depending on individuals' economic status. Additionally, we examine income distribution through the GINI coefficient as a key measure to assess the direct economic impact of climate change. Our findings confirm the relationship between climate change and health, emphasizing the vulnerability of disadvantaged groups such as children and the elderly to extreme weather conditions and related illnesses. The need for mitigation and adaptation strategies that consider these health disparities is underscored. Furthermore, the influence of socioeconomic status on the relationship between climate change and health is highlighted, emphasizing that individuals with limited resources often face greater risks. This study also provides relevant and demonstrable economic insights into how climate change affects individuals' incomes, highlighting the importance of addressing these issues comprehensively in policy formulation. In summary, this study offers a holistic view of how climate change, socioeconomic status, and health are interconnected. The findings emphasize the necessity of public policies that simultaneously address these aspects to ensure a healthier and more equitable future for all individuals.

Resumo

Este estudo investiga a interação entre as mudanças climáticas, o status socioeconômico e a saúde em várias fases da vida. Utilizando uma abordagem multidisciplinar, analisamos como as mudanças climáticas afetam a saúde das populações e como essas consequências variam de acordo com o status econômico dos indivíduos. Além disso, examinamos a distribuição de renda por meio do coeficiente GINI como uma medida fundamental para avaliar o impacto econômico direto das mudanças climáticas.

Nossos resultados confirmam a relação entre as mudanças climáticas e a saúde, destacando a vulnerabilidade de grupos desfavorecidos, como crianças e idosos, a condições climáticas extremas e doenças relacionadas. Enfatizamos a necessidade de estratégias de mitigação e adaptação que levem em consideração essas disparidades na saúde. Além disso, ressaltamos a influência do status socioeconômico na relação entre as mudanças climáticas e a saúde, destacando que pessoas com recursos limitados frequentemente enfrentam um maior risco. Este estudo também fornece insights econômicos relevantes e comprovados sobre como as mudanças climáticas afetam a renda das pessoas, destacando a importância de abordar essas questões de forma abrangente na formulação de políticas. Em resumo, este estudo oferece uma visão holística de como as mudanças climáticas, o status socioeconômico e a saúde estão interconectados. Nossas descobertas enfatizam a necessidade de políticas públicas que abordem simultaneamente esses aspectos para garantir um futuro mais saudável e equitativo para todas as pessoas.

Introducción

Los seres humanos a través de sus decisiones de consumo y producción emiten gases de efecto de invernadero (GEI) a la atmósfera, los cuales se acumulan en la atmósfera que retienen el calor y genera el calentamiento en todo el mundo, este proceso resultante se lo conoce como cambio climático; cuyo efecto e impacto influye en los seres vivos del planeta, es decir a la humanidad, a las especies y plantas de diversas maneras, con alteraciones sobre las actividades económicas, los ecosistemas y, en última instancia sobre el bienestar como se muestra en la Figura 1. (Fankhauser et al., 1995; Stern et al., 2007)

Figura 1.

Algoritmo del cambio climático.



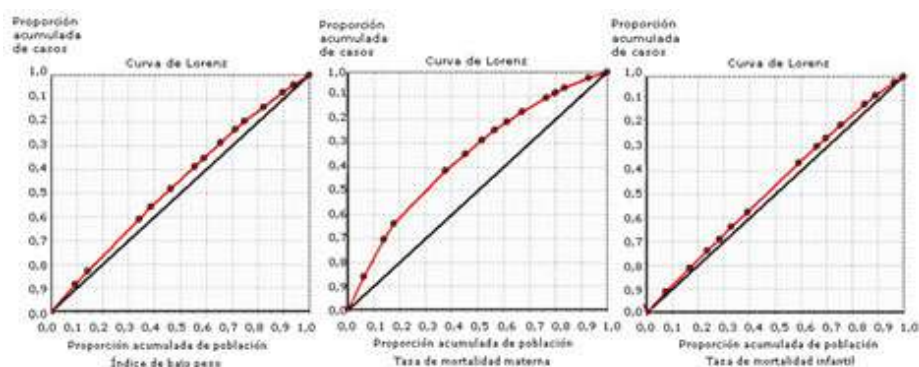
Fuente: (Samuel Frankhauser, 1995).

En Latinoamérica, el cambio climático ha sido observado a través de los incendios forestales, las temperaturas extremas, intensas sequías en tierras altas, deslizamientos, precipitaciones pluviales que provocan inundaciones, eventos de un sistema climático, que lleva consigo un modelo de impacto que provoca daño en el mercado interno (sistema económico) y daños fuera del mercado, afectando al bienestar de la población debido a que la misma está expuesta y es vulnerable ante el entorno (Samaniego y Perez, 2015).

De esta forma, los individuos propensos a padecer enfermedades pueden generar contratiempos económicos, evidenciados en la reducción de la productividad por la frecuente ausencia laboral. Esto se traduce en que la inasistencia continua al trabajo conlleva costos personales, pues ocasionará una disminución en sus ganancias y, a su vez, una caída en el salario total a nivel macroeconómico (PIB). Adicionalmente, la creciente susceptibilidad a enfermedades implica un aumento en el desembolso público, particularmente en el gasto social, dado que los costos asociados a la salud se incrementarán debido a un posible repunte epidemiológico en las enfermedades (ver Figura 2. Indicador Gini afectado por temas de salud); como fue el caso de la pandemia del COVID19 (Hall et al., 2022). De esto se deduce que el consumo de fármacos y servicios sanitarios en general se elevará. (Molina Tejerina et al., 2014)

Figura 2.

Indicadores Gini de años a la salud.



Fuente: "Oficina Nacional de Estadísticas" (Bonet, 2011).

De esta manera, es claro que el cambio climático, tiene una relación directa con las acciones humanas, y amenaza seriamente el sistema climático y la salud a nivel mundial. Así, para contrarrestar las amenazas que recaen sobre los ecosistemas, fue en la década de los 80 cuando se propuso el concepto de desarrollo sostenible con la finalidad de reducir los riesgos que llevarían consigo danos a largo plazo a la humanidad y al planeta.

En consideración a Martens et al., (1998), el concepto de cambio climático ha sido ampliamente investigado para orientar y dirigir la formulación de políticas públicas a nivel mundial. Por lo tanto, es evidente que las repercusiones en la salud causadas por el cambio climático, debido a las actividades humanas en aras del desarrollo sostenible, y en particular su posible impacto en la disponibilidad de alimentos, desastres naturales, enfermedades infecciosas, ecosistemas y el aumento del nivel del mar, deben reflejarse en el estudio del comportamiento humano y su vida diaria. En tal sentido, existen muchos campos de investigación que se deberían estudiar a mediano plazo, como ser modelos integrados que podrían evaluar los riesgos que se relacionan directamente con el cambio climático y su efecto directo con la salud humana.

En resumen, el desafío reside en que, una vez que se ha presentado el cambio climático como una variable completamente aleatoria e irrepresentable a través de modelos (Jamieson, 1991), no existe un análisis holístico que incluya la salud, los ingresos, la educación y la interpretación del cambio climático (Falconí et al., 1955) como un bien público. Esto permitiría un enfoque integral que promueva tanto la mitigación como la adaptación para reducir la vulnerabilidad en su manejo, traduciéndose en impactos en un contexto de distribución de ingresos altamente variable y desigual.

El propósito de este estudio es examinar la interrelación entre la distribución de ingresos, el nivel educativo y la salud, fundamentándose en los trabajos de Kuznets (1955). Este análisis longitudinal busca demostrar cómo estos factores pueden verse afectados por cambios ambientales, específicamente relacionados con el cambio climático. Esta investigación se apoya en estudios previos de Pakpahan, Hoffmann y Kröger (2017) que exploran estas dinámicas, ampliando la comprensión de cómo el entorno externo puede influir en aspectos económicos y sociales críticos.

Revisión bibliográfica

Desde la antigüedad, figuras como Platón (1872) y Aristóteles (1988) destacaron la importancia del clima y la geografía en las diferencias anatómicas y psicológicas de las personas. Hipócrates introdujo la noción de determinismo ambiental, relacionando el entorno con la salud y el comportamiento social, lo que refleja los principios del determinismo Laplaciano (Campos, 2004).

Karl Popper, con su desafío al determinismo a través de la defensa del indeterminismo en 1945, introdujo una perspectiva que, aunque en su momento fue revolucionaria, hoy enfrenta desafíos frente a los avances científicos en la predicción del cambio

climático (Popper, 1945). La visión histórica de la naturaleza, dominada por un paradigma cartesiano mecanicista y determinista, ha sido fundamental para el progreso científico, pero también ha revelado limitaciones significativas en la comprensión de sistemas complejos y su evolución dinámica (Gonzales, 2005; Left, 2003; Jimenez, 2000).

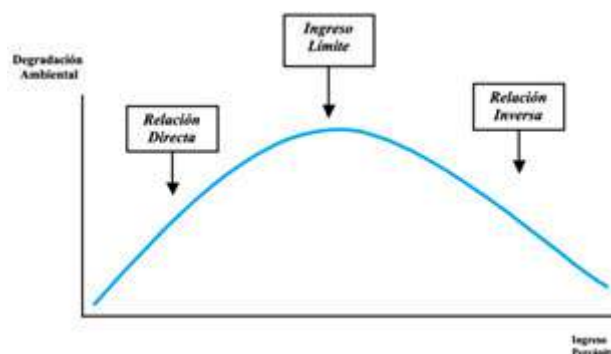
En la actualidad, la tendencia a separar la naturaleza del sistema económico ha simplificado excesivamente los problemas ambientales, ignorando la interacción entre factores naturales y sociales en el deterioro ambiental. La relación entre salud y enfermedad, que ha evolucionado paralelamente al desarrollo humano, se ve afectada por las condiciones socioeconómicas y ambientales, con cambios en el ambiente impactando negativamente en la calidad de vida (Left, 2003; Hernández, 2012).

Recientes estudios han establecido una conexión entre el cambio climático, la salud de la población y las variaciones en la desigualdad de la distribución del ingreso. A pesar de la existencia de críticas sobre la magnitud del impacto del cambio climático en la reducción de la desigualdad, trabajos significativos en este campo incluyen los de Galindo et al. (2014), Agreda y Bacarreza (2013), Samaniego y Perez (2015), Bonet (2011) y Molina Tejerina et al. (2014), con observaciones críticas por parte de Medina y Galván (2008) sobre la significancia en la reducción de la desigualdad, especialmente en términos de educación (O'Neill et al., 2020).

La Curva Ambiental de Kuznets (EKC), teoría seminal propuesta inicialmente por Kuznets en 1955, aborda la relación entre el crecimiento económico y la desigualdad en la distribución del ingreso, planteando una pregunta de investigación sobre si la desigualdad se incrementa o disminuye a lo largo del crecimiento económico de un país (Gangadharan y Valenzuela, 2001). Este marco ha inspirado a numerosos investigadores a desarrollar versiones y adaptaciones de la EKC, explorando diversas variables que influyen en el daño ambiental.

La solución a este interrogante se reflejó en un estudio empírico que sugiere una relación directa entre la distribución de ingresos de la población y el crecimiento económico de Estados Unidos. En él, se evidencia una relación que primero aumenta y luego disminuye, con un punto crítico o de máximo (iniciando con una tendencia ascendente y luego cambiando a una descendente en relación con el ingreso per cápita - forma de U invertida). Este examen de variables defiende una hipótesis que propone que a medida que el PIB per cápita (usado como indicador de crecimiento económico) se eleva, se modifica la distribución del ingreso (Ver Figura 3).

Figura 3.
Curva de Kuznets.



Fuente: Elaboración propia.

Este estudio revisa las contribuciones iniciales de Grossman y Krueger (1995), Kakwani (1993), y Selden y Song (1994), quienes presentaron evidencia de que algunos contaminantes ambientales exhiben una relación en forma de U invertida con los ingresos. Esta observación fue ampliamente aceptada, como indica el Banco Mundial (1992), interpretándose como prueba de que el incremento en los niveles de ingreso es una estrategia efectiva para mejorar la calidad del entorno físico de un país.

Posteriormente, la investigación se ha orientado hacia la identificación de factores distintos a los ingresos para explicar las variaciones en el estrés ambiental entre países. Kaufmann, Davidsdottir, Garnham, y Pauly (1998), Torras y Boyce (1998), y Suri y Chapman (1998) sugirieron que la estimación previa de la Curva Ambiental de Kuznets (EKC) podría estar sesgada por la omisión de variables relevantes. Kaufmann et al. (1998) destacaron la relevancia de la intensidad espacial de la actividad económica; Torras y Boyce (1998) exploraron el impacto de factores sociales como los derechos civiles, la desigualdad de ingresos y la educación; mientras que Suri y Chapman (1998) demostraron que las variables relacionadas con el comercio ofrecen una explicación significativa.

La mayoría de estos estudios aplicaron modelos funcionales lineales o logarítmicos lineales para relacionar emisiones e ingresos. No obstante, Galeotti, Lanza, y Pauli (2006) constituyen una excepción al emplear una distribución gamma para estudiar estas relaciones. Hasta la fecha, la investigación sobre la EKC no ha alcanzado un consenso sobre la validez de la hipótesis.

Investigaciones más recientes han reconocido el impacto significativo del cambio climático en los ingresos, aunque la dirección y magnitud de este impacto varían en función de los factores específicos analizados. Zahid, Goujon, y Lutz (2021) observaron que el crecimiento poblacional y las temperaturas más altas

impactan negativamente el PIB per cápita en países en desarrollo, mientras que la precipitación, el dióxido de carbono, y la calidad institucional poseen efectos positivos. Mendelsohn, Nordhaus, y Shaw (2007) indicaron que el clima influencia los ingresos totales en áreas rurales de Estados Unidos y Brasil, favoreciendo ingresos más altos en climas propicios para la agricultura. Zhao y Huang (2011) señalaron que reducir las emisiones de CO₂ incurre en costos económicos significativos, estimando que una reducción del 50% en emisiones para 2050 podría disminuir el PIB per cápita en países desarrollados en un 0.3%. Baarsch et al. (2020) proyectaron que el cambio climático podría exacerbar las desigualdades de ingreso en África, siendo los países de África Occidental y Oriental los más afectados. Estos hallazgos subrayan la complejidad del impacto del cambio climático en los ingresos, influenciado por factores específicos como la geografía, demografía e instituciones.

En términos de salud, existe una abundancia de investigaciones que han examinado la relación entre ingresos y salud, utilizando datos de diversas naciones. Muchos de estos estudios anteriores han descubierto una elasticidad de ingresos negativa significativa en la tasa de mortalidad infantil (Flegg, 1982); (Kakwani, 1993); (Pritchett y Summers, 1996); (Subbarao et al., 1995). Asimismo, la investigación sobre esperanza de vida e ingresos ha demostrado efectivamente que existe una relación positiva entre el aumento de ingresos y la esperanza de vida, estimándose que la elasticidad de la esperanza de vida es significativa y positiva.

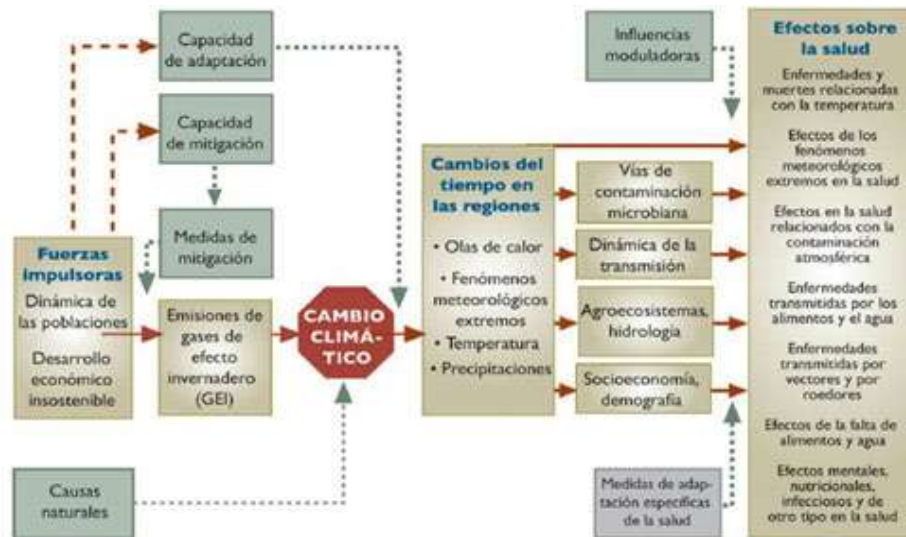
Gran parte de estos estudios señalan varios elementos que impactan en la salud, como lo son la disponibilidad de servicios de salud, los niveles de ingreso y de educación, en distintos contextos a lo largo de la vida de la población (Grossman, 1972); (Cutler et al., 2006); (Smith, 1999)

En 2013, la CEPAL ha indicado que el cambio climático representa un desafío para la salud y el bienestar de las personas, con efectos que pueden manifestarse de manera directa e indirecta. Donde los efectos directos se originan por la exposición de la población a condiciones climáticas extremas, como el estrés térmico causado por olas de calor, así como desastres meteorológicos como huracanes, inundaciones y sequías, junto con la contaminación atmosférica generada por las emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO₂. Por otro lado, los efectos indirectos se refieren a las influencias del clima en la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, el suministro de agua y alimentos, así como en la seguridad alimentaria. Además, también abarcan las consecuencias de las perturbaciones sociales y económicas, como la migración de poblaciones, las vulnerabilidades

específicas de cada país, la pérdida de biodiversidad y el uso del suelo, entre otros aspectos de gran relevancia (Agreda y Bacarreza, 2013); de lo que podemos inferir que si hay variables latentes que inciden en la salud de la población y que están en perfecta correlación con el cambio climático (Ver Figura 4).

Figura 4.

Algoritmo cambio climático y salud.



Fuente: (Agreda y Bacarreza, 2013).

Según (Molina Tejerina et al., 2014), un modelo multinomial LOGIT para datos ordenados, podría ser la base para el estudio a través de la ecuación básica $y^* = \beta'x + \epsilon$; donde y^* es el vector que muestra la calificación y que dependerá de ciertos factores medibles x y ciertas variables no observables ϵ .

Por lo tanto, numerosos economistas han establecido que si existe una discrepancia en la distribución de los ingresos, esta puede ser detectada mediante el coeficiente de Gini, una medida de desigualdad (curva de Lorenz, ver figura 2). Donde, la representación gráfica muestra la relación entre los porcentajes acumulados de población y los porcentajes acumulados de la variable en estudio, la cual, en el marco de las disparidades en salud, esto puede ser indicativo de la tasa de mortalidad, incidencia de enfermedades o disponibilidad de recursos de salud. Por otro lado, el coeficiente de Gini se calcula como el área entre la curva de Lorenz y la línea diagonal, expresado como una proporción del área total bajo la curva. Este coeficiente varía en un rango de 0 a 1, donde valores más cercanos a 1 indican una mayor desigualdad (Bonet, 2011).

De acuerdo con el cálculo del coeficiente de Gini basado en la localización geográfica de las personas, se ha observado que los niveles más altos de desigualdad en los ingresos per cápita

de los hogares se localizan en zonas rurales, donde el coeficiente llega a alrededor de 0.52, mientras que en zonas urbanas es de 0.45 (Agreda y Bacarreza, 2013).

Por lo tanto, el modelo busca cuantificar no sólo el coeficiente de Gini de desigualdad de ingresos, sino también el impacto que el cambio climático tendrá en diversos aspectos de la salud. Esto implica la introducción de una nueva variable que afecta directamente la salud de la población, como es el caso de los años de vida ajustados por discapacidad:

$$"G = 1 - \sum_{i=0}^{k-1} (Y_{i+1} + Y_i)(X_{i+1} + X_i)"$$

$$"G(v) = 1 - v(v - 1) \int_0^1 (1 - F)^{v-2} L(F) dF, v > 1"$$

(Medina H y Galván, 2008)

$$"G = \frac{1}{n} \left[n + 1 - 2 \left[\frac{\sum_{i=1}^n (n+1-i)y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \right] \right] \text{ donde } y_i \leq y_{i+1}"$$

(Ariza Bulla et al., 2014)

Sobre la base de esta relación se tendrá que analizar también el cálculo de DALYs (Disability Adjusted Life Years) o AVAD (años de vida ajustados por discapacidad) para la comparación tridimensional en los escenarios de cambio climático para su efecto.

$$"AVAD_i = AVP_i + AVD_i"$$

$$"AVP = P1 * P2 + P3"$$

$$"P1 = \frac{(K C e^{ra})}{(r + \beta)^2}"$$

$$"P2 = e^{-(r+\beta)(L+a)} [-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{(r+\beta)a} [-(r + \beta)a - 1]"$$

$$"P3 = (1 - K) \frac{(1 - e^{-rL})}{r}"$$

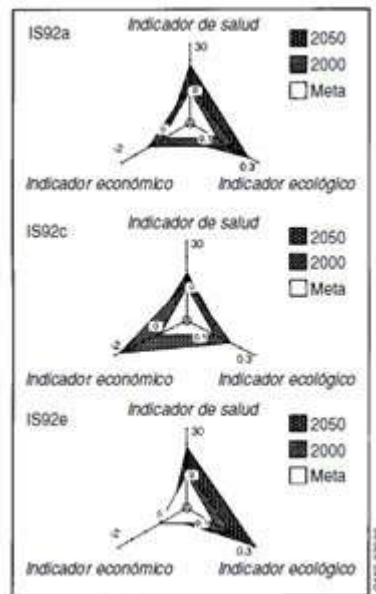
(Martens et al., 1998)

En 1992, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) estableció tres escenarios hipotéticos, conocidos como IS92a, IS92c e IS92e, que abordan indicadores relacionados con la salud, el medio ambiente y la economía. En el caso del indicador de salud, se utiliza el concepto de años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVAD) por cada 1,000 habitantes, en comparación con un escenario de referencia sin cambios de temperatura. El indicador ecológico se refiere al aumento relativo de temperatura por década

(expresado en grados Celsius), mientras que el indicador económico se basa en la diferencia entre el crecimiento anual del PIB per cápita (%).

Figura 5.

Marcos hipotéticos indicadores de salud, ecológicos y económicos.



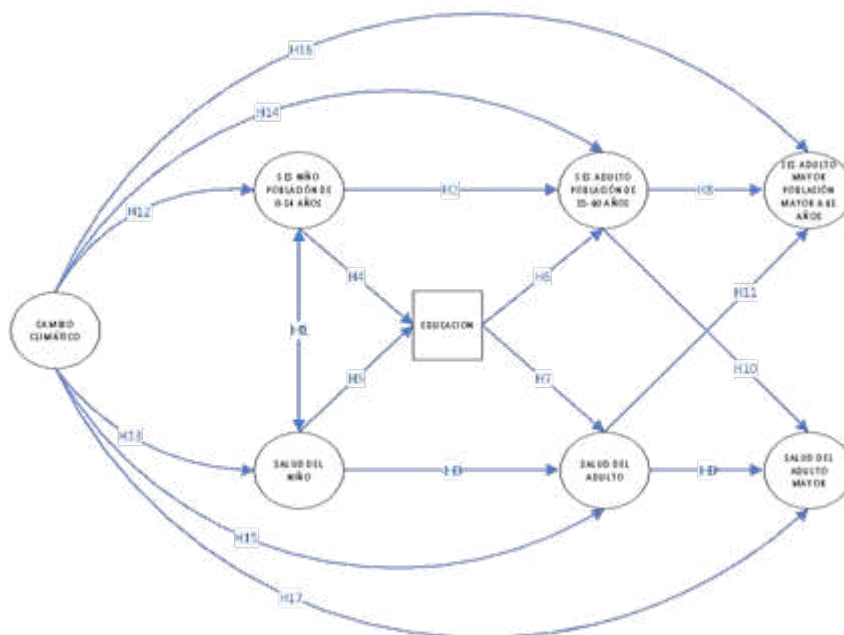
Fuente: (Martens, 1998) .

En 2023, se menciona que el incremento en los costos de la energía se ha convertido en una preocupación apremiante que plantea dificultades tanto para los hogares como para la economía. Un desafío demográfico adicional se relaciona con la creciente necesidad de atención a largo plazo, y esto se refleja en aquellos países que destinan una mayor inversión en este tipo de atención para su población de edad avanzada. Adicionalmente, una población envejecida es más susceptible a los impactos del cambio climático, dado que las condiciones climáticas extremas conllevan riesgos de salud y tasas de mortalidad considerablemente más altas en las personas mayores. (Hoffmann et al., 2023) (Ramadani et al., 2023)

Modelo de análisis

El modelo de análisis, plantea: La relación existente entre el cambio climático y la salud, destacando cómo las condiciones climáticas extremas y los fenómenos relacionados, como el aumento de las temperaturas, pueden tener un impacto negativo en la salud de las poblaciones, especialmente en los grupos más vulnerables, como los niños y los adultos mayores. La Figura 6, describe gráficamente el marco de análisis de este estudio.

Figura 6.
Modelo de análisis.



Fuente: Elaboración propia, SES3.

Estatus socio económico

(Rodgers, 1979) fue uno de los primeros economistas a considerar la distribución del ingreso como determinante de los resultados de salud. Demostró que la desigualdad de ingresos influye en el estado de salud, no sólo en los países desarrollados, sino también en países en vías de desarrollo, donde el debate sobre la asociación entre la distribución del ingreso y la salud es muy significativo.

En 1992, Wilkinson volvió a abrir este debate, mostrando, a través de un estudio de once países industrializados, que la desigualdad relativa es un determinante esencial del estado de salud. A pesar de que la mayoría de los estudios sobre este tema confirman el efecto negativo de la desigualdad en la salud, algunos autores rechazan esta hipótesis y encuentran que los altos niveles de desigualdad o bien puede tener ningún efecto sobre el estado de salud o en realidad puede mejorarla (Rodgers, 1979).

A mayor desigualdad de ingresos en el estatus socioeconómico en los diversos grupos etarios, influye negativamente en la salud de la población de los municipios (H1, H10, H11).

Niveles de educación y salud

El nivel de educación promedio de un municipio era una variable significativa, mostrando que el incremento en la educación en los municipios disminuye el riesgo de la enfermedad mejorando la salud (Molina Tejerina et al., 2014).

En los niveles de la niñez, un mejor nivel de salud influye positivamente en la educación (H5). A mayor nivel de educación de la población, influye positivamente en la salud de los adultos (H7).

Estatus socioeconómico, educación

La formación académica tiene un impacto directo en los ingresos. A medida que avanza el nivel educativo, como por ejemplo la obtención de títulos universitarios o doctorados, los ingresos semanales tienden a ser mayores. Por el contrario, aquellos que no cuentan con un título de secundaria suelen percibir salarios más bajos. Una educación más avanzada se correlaciona con mejores perspectivas tanto económicas como psicológicas, lo que se traduce en mayores ingresos y un mayor sentido de control, además de un sólido apoyo social y amplias redes de contactos.

La formación académica es esencial para adquirir habilidades que permiten acceder a empleos y también influye en las características que diferencian a las personas con un estatus socioeconómico (SES) elevado de aquellas con un SES reducido. Comúnmente, el SES se clasifica en tres categorías (alto, medio y bajo) para determinar la posición socioeconómica en la que se encuentra un individuo o familia.

La clasificación de un individuo o familia en alguna de estas categorías permite examinar una o las tres variables clave (ingresos, educación y ocupación). Se evidencia que ingresos limitados y un bajo nivel educativo son indicadores relevantes de diversos problemas de salud, tanto físicos como mentales. Estas complicaciones pueden surgir debido a condiciones ambientales en el trabajo o, en casos de discapacidades o trastornos mentales, podrían ser la razón principal del estatus social del individuo (Padilla y Gonzales, 2011).

El estado socioeconómico en la niñez influye positivamente en el nivel de educación (H4). El nivel de educación influye positivamente en el estado socioeconómico de la edad adulta (H6).

Estatus socioeconómico de población, por diferencia etaria

El estatus socioeconómico referente a los ingresos se refiere a sueldos, salarios, ganancias, alquileres y cualquier flujo de ganancias recibido. Los ingresos también pueden venir en forma de desempleo o compensación del trabajador, seguridad social, pensiones, intereses o dividendos, regalías, fideicomisos, pensión alimenticia u otra asistencia financiera gubernamental, pública o familiar.

Los ingresos pueden abordarse desde dos perspectivas: absoluta y relativa. Según la teoría del economista John Maynard Keynes, el ingreso absoluto sugiere que a medida que el ingreso se incrementa, también lo hace el consumo, aunque no a la misma velocidad (Keynes, 2019). Por otro lado, el ingreso relativo determina el ahorro y el consumo de una persona o familia en relación directa con los ingresos comparados a los de los demás. El ingreso se utiliza comúnmente como una medida del estatus socioeconómico (SES), debido a su facilidad de cálculo para la mayoría de las personas. Además, la desigualdad de ingresos se mide mediante el coeficiente de Gini.

El estatus socioeconómico de la niñez influye positivamente en el estatus socioeconómico en la etapa adulta (H2). El estatus socioeconómico de la etapa adulta influye positivamente en el estatus socioeconómico en la etapa adulta mayor (H8).

Salud, por diferencia etaria

En relación con la salud, recientemente se ha observado un incremento en la involucración de epidemiólogos en investigaciones que abordan la desigualdad económica y su vínculo con la salud de las comunidades. Se ha identificado que el estatus socioeconómico está asociado con la salud, siendo aquellos en posiciones más altas en la jerarquía social los que, en general, tienen una salud óptima que aquellos en posiciones inferiores (Adler et al., 1994). El estatus socioeconómico es una fuente importante de inequidad en la salud, ya que existe una correlación positiva muy sólida entre el estatus socioeconómico y la salud, que no sea para hombres homosexuales.

Esta correlación indica que no solo los individuos en situación de pobreza muestran tendencia a padecer enfermedades mientras el resto goza de buena salud, sino que hay un gradiente que se extiende de la cima al fondo de la jerarquía socioeconómica vinculando el estatus con el bienestar físico. Los progenitores con un estatus socioeconómico más bajo a menudo enfrentan dificultades para costear recursos médicos adecuados, resultando en que sus hijos puedan presentar enfermedades más severas por la ausencia de cuidados adecuados (Bradley y Corwyn, 2003). Este patrón es comúnmente conocido como el "Gradiente SES" o, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el "Gradiente Social".

La salud en la etapa de la niñez, influye positivamente en la salud en la etapa adulta de los individuos (H3). La salud en la etapa adulta de los individuos, influye positivamente en la salud en la etapa adulta mayor (H9).

Cambio climático, estatus socioeconómico por diferencia etaria y salud

La susceptibilidad de una persona a enfermarse conduce a pérdidas económicas reflejadas en una disminución de la productividad debido al absentismo en las tareas que generan ingresos. Cuando las personas se ausentan de sus trabajos, incurren en costos debido a una menor generación de ingresos, lo que se traduce en una disminución del salario a nivel macroeconómico (PIB). Además, este aumento en la vulnerabilidad también resulta en un incremento en el gasto público (gasto social), debido a un mayor consumo de medicamentos y servicios de salud en general. (Molina Tejerina et al., 2014)

Las familias con ingresos limitados tienden a centrarse en cubrir sus necesidades inmediatas y no acumulan riqueza que podría ser heredada por futuras generaciones, contribuyendo así a la desigualdad reflejada en el coeficiente de Gini. Por otro lado, las familias con ingresos más altos y flexibles tienen la capacidad de amasar riqueza y atender sus necesidades inmediatas, al mismo tiempo que pueden permitirse lujos. Además, muestran una mayor resiliencia frente a las crisis climáticas debido a su capacidad para adaptarse a los cambios en el entorno.

El cambio climático del entorno en el que se desarrolla el individuo trae consigo una influencia negativa en el estatus económico en las edades de la niñez, edad adulta y adulta mayor (H12, H14, H16).

El cambio climático del entorno en el que se desarrolla el individuo trae consigo una influencia negativa en la salud en las edades de la niñez, edad adulta y adulta mayor (H12, H14, H16).

Metodología

El estudio es realizado como un estudio transversal, observacional, basado en las encuestas nacionales de hogares de Bolivia con un periodo de tiempo de 5 años, con el uso de modelos de ecuaciones estructurales – SEM y diseño de panel Cross – Lagged.

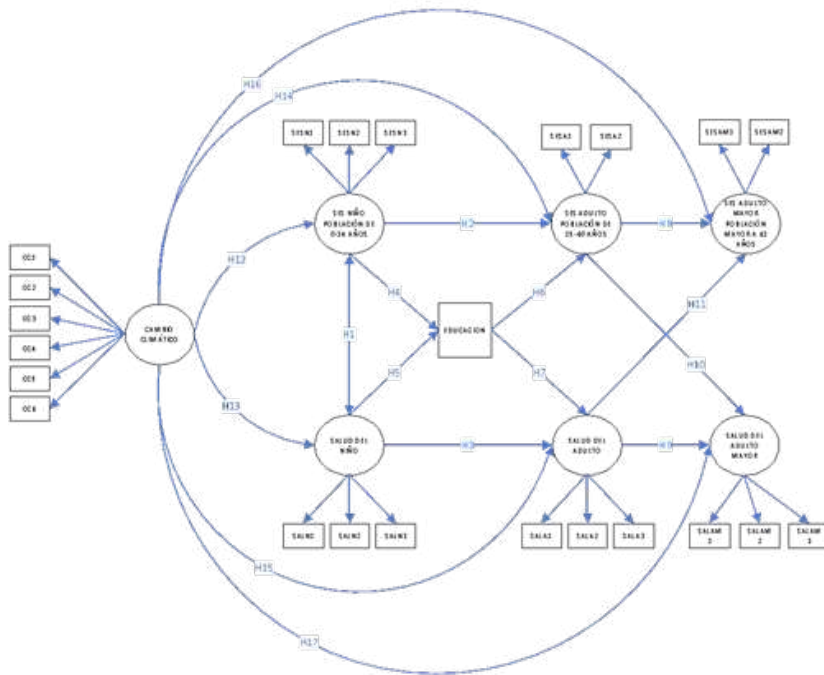
Todas las medidas se evaluarán conforme al Estatus socioeconómico de cada escala de medida conforme a la escala Likert (1: alto, 2: medio y 3: bajo).

Escalas de Medida

Para realizar el presente trabajo se realizó una revisión bibliográfica, a partir de la cual se establecieron varios constructos, donde las variables latentes están representados por formas de elipse, y las variables observadas son con formas rectangulares. Las flechas de las variables latentes a las variables observadas representan modelos de medición, mientras que las flechas entre las variables latentes representan las relaciones estructurales.

- Estatus socioeconómico - SES niño
- Estatus socioeconómico - SES adulto
- Estatus socioeconómico - SES adulto mayor
- Salud niño
- Salud adulto
- Salud adulto mayor
- Cambio climático

Figura 7.
Variables de constructo.



Fuente: (Pakpahan et al., 2017) y aporte del cambio climático al modelo.

Tabla 1.
Formación del constructo.

| Estatus socioeconómico - SES niño | |
|--|----------------------------|
| SESN1 | Acceso a libros e internet |
| SESN2 | Acceso a dormitorios |
| SESN3 | Ocupación de los padres |
| Estatus socioeconómico - SES adulto | |
| SESA1 | Ocupación del adulto mayor |
| SESA2 | Salarios |
| Estatus socioeconómico - SES adulto mayor | |
| SESAM1 | Ingresos |
| SESAM2 | Riqueza |

| Salud niño | |
|---------------------|--|
| SALN1 | Acceso a servicios básicos |
| SALN2 | Pérdida del colegio |
| SALN3 | Acceso a hospitales o centros de atención (Privados, Públicos) |
| Salud adulto | |
| SALA1 | Pobre Salud |
| SALA2 | Dolencias (IRA's, EDA's, Malaria, Tuberculosis, VIH, Cancer, Diabetes) |
| SALA3 | Stress |

Conclusiones

En conclusión, el presente estudio ofrece una visión integral y profundizada del cambio climático, enfatizando su naturaleza no solo como un fenómeno ambiental, sino como un elemento crítico que interviene en la salud pública, en la estructura socioeconómica y en el sistema educativo. A través de un riguroso análisis multidisciplinario, se ha consolidado la comprensión de que las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas por actividades humanas, inducen efectos multifacéticos que superan los límites ambientales, afectando así de manera extensiva el bienestar humano y los patrones socioeconómicos a una escala global.

El estudio ha resaltado cómo el cambio climático agudiza la vulnerabilidad de los sistemas de salud y cómo los eventos climáticos extremos pueden mermar la productividad y exacerbar los desafíos económicos por el aumento del gasto en salud, como lo evidencia la reciente pandemia del COVID-19. Esto subraya la urgente necesidad de robustecer la capacidad de las sociedades para enfrentar tales emergencias sanitarias.

Además, hemos evaluado la distribución del ingreso a través del coeficiente GINI como un indicador clave para comprender cómo el cambio climático puede afectar de manera desproporcionada a las personas con menos recursos. Nuestra metodología ha permitido una inferencia económica relevante y demostrable sobre el impacto directo del cambio climático en los ingresos de las personas, proporcionando evidencia del desafío adicional que representa el cambio climático para lograr una distribución equitativa del bienestar económico.

Este trabajo también revisa la evolución del determinismo ambiental, desde las perspectivas de Platón y Aristóteles hasta la crítica contemporánea del indeterminismo propuesta por Karl Popper, identificando que, aunque históricamente ha habido

limitaciones en interpretar la complejidad de los sistemas naturales y sociales, la incorporación de una perspectiva holística puede superar dichas limitaciones.

Incorporando el marco teórico de la Curva Ambiental de Kuznets (EKC), el análisis longitudinal llevado a cabo desafía las interpretaciones tradicionales al considerar los impactos ambientales en la evaluación de la desigualdad y el crecimiento económico.

Por último, el estudio enfatiza la importancia crítica de políticas públicas bien informadas y estratégicamente dirigidas que integren la mitigación y adaptación al cambio climático, reconociendo este último como un bien público. Estas políticas son fundamentales para abordar los impactos del cambio climático sobre la distribución de ingresos, la salud y la educación, y para garantizar una gestión equitativa de los recursos y capacidades humanas, reduciendo la vulnerabilidad a largo plazo y enfrentando con equidad los desafíos que presenta el cambio climático en el siglo XXI.

Referencias

- Adler, N. E., Boyce, T., Chesney, M. A., Cohen, S., Folkman, S., Kahn, R. L., & Syme, S. L. (1994).** Socioeconomic status and health: The challenge of the gradient. *American Psychologist*, 49(1), 15–24. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.49.1.15>
- Agreda, & Bacarreza. (2013).** Cambio climático y el desafío de la salud en Bolivia. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <http://www.pnud.bo/>
- Ariza Bulla, J. F., Raymond Bara, J. L., & Universitat Autònoma de Barcelona. Departament d'Economia Aplicada. (2014).** Essays on wage inequality in developing countries [Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona]. TDX (Tesis Doctorals En Xarxa). <https://www.tdx.cat/handle/10803/283355>
- Aristóteles. (1988).** Política (C. García, Ed.). Gredos. <https://bit.ly/3Rjrdz3>
- Baarsch, F., Granadillos, J. R., Hare, W., Knaus, M., Krapp, M., Schaeffer, M., & Lotze-Campen, H. (2020).** The impact of climate change on incomes and convergence in Africa. *World Development*, 126, 104699. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2019.104699>
- Bonet, V. (2011).** Diferenciales de salud y una aproximación mediante el empleo del coeficiente de Gini y el índice de concentración en las provincias cubanas, 2002-2008 [Tesis de maestría, Universidad de La Habana]. Repositorio Institucional UH. <https://bit.ly/3EGrCUF>

- Bradley, R. H., & Corwyn, R. F. (2003).** Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology*, *53*, 371–399. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.PSYCH.53.100901135233>
- Campos, A. (2004).** Volumen 27 No 2. Págs. 153 a 177. *Revista de Estudios Regionales*, *27*(2), 153-177.
- Cutler, D., Deaton, A., & Lleras-Muney, A. (2006).** The determinants of mortality. *Journal of Economic Perspectives*, *20*(3), 97-120. <https://doi.org/10.1257/JEP.20.3.97>
- Falconí, F., Burbano, R., & Cango, P. (1955).** La discutible curva de Kuznets [Documento de trabajo]. CERES. <https://doi.org/https://bit.ly/3OzRreV>
- Fankhauser, S., Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, & Economic and Social Research Council. (1995).** Valuing climate change: The economics of the greenhouse. *Routledge*.
- Flegg, A. T. (1982).** Inequality of income, illiteracy and medical care as determinants of infant mortality in underdeveloped countries. *Population Studies*, *36*(3), 441-458. <https://doi.org/10.1080/00324728.1982.10405597>
- Galeotti, M., Lanza, A., & Pauli, F. (2006).** Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise. *Ecological Economics*, *57*(1), 152-163. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2005.03.031>
- Galindo, L. M., Samaniego, J., Alatorre, J. E., & Ferrer Carbonell, J. (2014).** Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático: Una visión desde América Latina. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*.
- Gangadharan, L., & Valenzuela, M. R. (2001).** Interrelationships between income, health and the environment: Extending the environmental kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*, *36*(3), 513-531. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00250-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00250-0)
- Gonzales, J. (2005).** El determinismo ambiental en dos autores clásicos: Hipócrates y Herodoto [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. *Cybertesis UNMSM*. <https://bit.ly/3Qju7DV>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995).** Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, *110*(2), 353-377. https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=7&sid=37bd6c8a-f055-44f3-9496-5ad5dfe92655%40redis&bdata=Jmxbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI_A_N=9506142327&db=bth
- Grossman, M. (1972).** On the concept of health capital and the demand for health. *Journal of Political Economy*, *80*(2), 223-255. <https://doi.org/10.1086/259880>

- Hall, L. R., Sanchez, K., Da Graca, B., Bennett, M. M., Powers, M., & Warren, A. M. (2022).** Income differences and COVID-19: Impact on daily life and mental health. *Population Health Management*, 25(3), 384–391. <https://doi.org/10.1089/POP.2021.0214>
- Hernández, M. (2012).** La filosofía, el proceso salud-enfermedad y el medio ambiente [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Educación a Distancia]. *e-SpacioUNED*. <https://bit.ly/3KikMmK>
- Hoffmann, P., Bouwer, L. M., & Huang-Lachmann, J.-T. (2023).** Understanding the climate change impact on health. *Open Access Government*, 39(1), 456–457. <https://doi.org/10.56367/OAG-039-9508>
- Jamieson, D. (1991).** The epistemology of climate change: Some morals for managers. *Society and Natural Resources*, 4(4), 319–329. <https://doi.org/10.1080/08941929109380764>
- Jimenez, L. (2000).** Principios operativos de la sostenibilidad del desarrollo. *Ediciones Pirámide*.
- Kakwani, N. (1993).** Poverty and economic growth with application to Côte d'Ivoire. *Review of Income and Wealth*, 39(2), 121–139. <https://doi.org/10.1111/J.1475-4991.1993.TB00443.X>
- Kaufmann, R., Davidsdottir, B., Garnham, S., & Pauly, P. (1998).** The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: Reconsidering the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 213–228. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00181-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00181-X)
- Keynes, J. M. (2019).** Hipótesis de ingresos absolutos [Entrada blog]. <https://bit.ly/43JFAPD>
- Left, E. (2003).** La ecología política en América Latina: un campo en construcción. CLACSO. <https://bit.ly/3OzQD9T>
- Martens, W. J. M., Slooff, R., & Jackson, E. K. (1998).** Climate change, human health, and sustainable development. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 4(2), 100–105. <https://doi.org/10.1590/S1020-49891998000800005>
- Medina H, F., & Galván, M. (2008).** Descomposición del coeficiente de Gini por fuentes de ingreso: Evidencia empírica para América Latina 1999-2005 [Documento de trabajo]. CEDLAS. <https://bit.ly/48hPlm3>
- Mendelsohn, R., Basist, A., Kurukulasuriya, P., & Dinar, A. (2007).** Climate and rural income. *Climatic Change*, 81(1), 101–118. <https://doi.org/10.1007/S10584-005-9010-5/METRICS>
- Molina Tejerina, O., & De Ferari, P. (2014).** La economía del cambio climático en Bolivia: Impactos en salud. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 22, 59–74. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ecr:col013:39837>

- O'Neill, B. C., Jiang, L., Kc, S., Fuchs, R., Pachauri, S., Laidlaw, E. K., Zhang, T., Zhou, W., & Ren, X. (2020).** The effect of education on determinants of climate change risks. *Nature Sustainability*, 3(7), 520–528. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0512-y>
- Padilla, E., & Gonzales, M. (2011).** A model for a structural equation by which to evaluate the relationships between students' cultural and economic status and their educational achievement. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(2), 34-51. <https://bit.ly/3qidwoN>
- Pakpahan, E., Hoffmann, R., & Kröger, H. (2017).** Statistical methods for causal analysis in life course research: An illustration of a cross-lagged structural equation model, a latent growth model, and an autoregressive latent trajectories model. *International Journal of Social Research Methodology*, 20(1), 1-19. <https://doi.org/10.1080/13645579.2015.1091641>
- Platón. (1872).** Las leyes - Libros VII - VIII - IX - X - XI - XII (Medina y Navarro, Eds.). *Medina y Navarro Editores*. <https://bit.ly/3Ro4lhW>
- Popper, K. (1945).** La sociedad abierta y sus enemigos (Vols. I y II). *Editorial Paidós*.
- Pritchett, L., & Summers, L. H. (1996).** Wealthier is healthier. *Journal of Human Resources*, 31(4), 841–868. <https://doi.org/10.2307/146149>
- Ramadani, L., Khanal, S., & Boeckmann, M. (2023).** Climate change and health in school-based education: A scoping review protocol. *PLOS ONE*, 18(3), e0282431. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0282431>
- Rodgers, G. (1979).** Income and inequality as determinants of mortality: An international cross-section analysis. *Population Studies*, 33(2), 343–351. <https://doi.org/10.1080/00324728.1979.10410449>
- Samaniego, J., & Perez, P. (2015).** La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible síntesis de políticas públicas sobre cambio climático. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <https://bit.ly/3Zm3mRb>
- Samuel Frankhauser. (1995).** Valuing climate change: The economics of the greenhouse. *Earthscan*. <https://www.routledge.com/Valuing-Climate-Change-The-Economics-of-the-Greenhouse/Fankhauser/p/book/9781853832376>

- Selden, T. M., & Song, D. (1994).** Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162. <https://doi.org/10.1006/JEEM.1994.1031>
- Smith, J. P. (1999).** Healthy bodies and thick wallets: The dual relation between health and economic status. *Journal of Economic Perspectives*, 13(2), 145-166. <https://doi.org/10.1257/JEP.13.2.145>
- Stern, N. H., Santos, A., & Vilaltella, J. (2007).** El informe Stern: la verdad sobre el cambio climático. *Editorial Planeta*.
- Subbarao, K., & Raney, L. (1995).** Social gains from female education: A cross-national study. *Economic Development and Cultural Change*, 44(1), 105-128. <https://doi.org/10.1086/452202>
- Suri, V., & Chapman, D. (1998).** Economic growth, trade and energy: Implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195-208. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00180-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00180-8)
- Torras, M., & Boyce, J. K. (1998).** Income, inequality, and pollution: A reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 147-160. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00177-8)
- Zahid, K. B., Khan, Z. U., & Zubair, M. (2021).** Impact of climate change on income of developing countries. *International Research Journal of Management and Social Sciences*, 2(2), 300-314. [https://doi.org/10.53575/IRJMSS.V2.2\(21\)26.300-314](https://doi.org/10.53575/IRJMSS.V2.2(21)26.300-314)
- Zhao, X. (2011).** The economic cost of CO2 emission cuts. 2011 Annual Meeting, July 24-26, 2011, Pittsburgh, Pennsylvania (Documento de trabajo No. 103413). *Agricultural and Applied Economics Association*. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.103413>

Paradigma emergente en la Industria 4.0

Tania A. Terán-Mita*
Ronald Huanca**
Orietta Blacutt***

Resumen

Las características del paradigma emergente, han hecho que cobre protagonismo en los últimos años. Su flexibilidad y apertura al cambio, hacen que encaren problemas con soluciones proyectadas desde el cambio, de lo relativo y de la multidimensionalidad. En esta perspectiva, uno de los ámbitos en los que se han denotado cambios profundos en las últimas décadas, ha sido la industria, debido fundamentalmente a las nuevas innovaciones y al avance tecnológico, dando paso al concepto Industria 4.0, que se caracteriza por el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), la digitalización masiva, el análisis de big data, la robótica avanzada, la automatización adaptativa, la fabricación aditiva y de precisión, el modelado y la simulación, la inteligencia artificial y la nanoingeniería de materiales, con sus consecuentes impactos en los procesos, los mercados y la economía. En este sentido, el objetivo de este capítulo es realizar una revisión sistemática de la literatura acerca de la relación y/o contribución del paradigma emergente en la industria 4.0 y la relación de sus elementos de influencia y de relacionamiento, además de los impactos en diferentes contextos (procesos productivos, entorno laboral y en el medioambiente). Las conclusiones señalan

Palabras clave:

Paradigma, emergente, Industria 4.0, complejidad, riesgo, laboral, medioambiente.

Keywords:

Paradigm, emerging, Industry 4.0, complexity, risk, labor, environment.

Palavras chave:

Paradigma, emergente, Indústria 4.0, complexidade, risco, trabalho, meio ambiente.

* Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: terantania.bolivia@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0003-4301-670X>

** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: ronald.huanca@sistemas.edu.bo | <https://orcid.org/0000-0003-3756-139X>

*** Profesor de la Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia. Correo: oriettablacutt@hotmail.com | <https://orcid.org/0009-0000-3096-4167>

que la Industria 4.0, no puede definirse únicamente por sus tecnologías. Requiere la consideración de los elementos que influyen en los procesos productivos y en la disminución de los impactos ambientales negativos.

Abstract

The characteristics of the emerging paradigm have made it gain prominence in recent years. Their flexibility and openness to change make them face problems with solutions projected from change, from the relative and from multidimensionality. In this perspective, one of the areas in which profound changes have been noted in recent decades has been the industry, mainly due to new innovations and technological advances, giving way to the Industry 4.0 concept, which is characterized by the use of information and communications technologies (ICT), mass digitization, big data analytics, advanced robotics, adaptive automation, additive and precision manufacturing, modeling and simulation, artificial intelligence and nanoengineering materials, with their consequent impacts on processes, markets and the economy. In this sense, the objective of this chapter is to carry out a systematic review of the literature about the relationship and/or contribution of the emerging paradigm in Industry 4.0 and the relationship of its elements of influence and relationship, in addition to the impacts on different contexts (productive processes, work environment and the environment). The conclusions indicate that Industry 4.0 cannot be defined solely by its technologies. It requires consideration of the elements that influence production processes and the reduction of negative environmental impacts.

Resumo

As características do paradigma emergente fizeram com que ele ganhasse destaque nos últimos anos. A sua flexibilidade e abertura à mudança fazem com que enfrentem problemas com soluções projetadas a partir da mudança, do relativo e da multidimensionalidade. Nesta perspectiva, uma das áreas em que se têm notado profundas mudanças nas últimas décadas tem sido a indústria, fundamentalmente devido às novas inovações e avanços tecnológicos, dando lugar ao conceito de Indústria 4.0, que se caracteriza pela utilização de informação e comunicação tecnologias (TIC), digitalização em massa, análise de big data, robótica avançada, automação adaptativa, fabricação aditiva e de precisão, modelagem e simulação, inteligência artificial e materiais de nanoengenharia, com seus consequentes impactos

nos processos, nos mercados e na economia. Nesse sentido, o objetivo deste capítulo é realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a relação e/ou contribuição do paradigma emergente na Indústria 4.0 e a relação de seus elementos de influência e relacionamento, além dos impactos sobre diferentes contextos (processos produtivos, ambiente de trabalho e meio ambiente). As conclusões indicam que a Indústria 4.0 não pode ser definida apenas pelas suas tecnologias. Requer consideração dos elementos que influenciam os processos de produção e a redução dos impactos ambientais negativos.

Introducción

La investigación en los diferentes campos de las ciencias, es un pilar fundamental porque contribuye a la calidad de vida y bienestar de las sociedades. Sin embargo, la interpretación y entendimiento de la realidad, conlleva a deducir nuevos paradigmas para explicar el comportamiento del fenómeno de la innovación en la investigación.

Las realidades del mundo actual se han ido volviendo cada vez más complejas. A lo largo de la segunda parte del siglo XX y especialmente, en las últimas décadas, las interrelaciones y las interconexiones de los constituyentes biológicos, psicológicos, sociales, económicos, políticos, culturales y ecológicos, tanto a nivel de las regiones, naciones como a nivel mundial, se han incrementado de tal manera, que la investigación científica clásica y tradicional con su enfoque lógico-positivista se ha vuelto corta y limitada para abordar estas realidades nuevas y complejas. (Chacón M., 2014, pág. 125)

Los paradigmas de investigación estructuran diferentes conceptos que admiten pluralidad de significados y diferentes tipos de utilización, siendo el concepto generalista como un conjunto de creencias, actitudes y visión del mundo. Esto trajo consigo la concepción de paradigma como un “conjunto de creencias y actitudes, visión del mundo compartida por un grupo de investigadores y que implica específicamente una metodología determinada en la práctica de la investigación” (Espinoza Montes, 2020, pág. 134). Es decir, el marco del paradigma emergente se constituye como un lenguaje universal para estandarizar los métodos o herramientas de la investigación.

Es preciso tener presente que el paradigma emergente es “el análisis cualitativo que surge de la interacción entre los datos y las decisiones que se toman para focalizar el estudio. El propósito de este tipo de análisis es sintonizar con los aspectos de la vida de grupos humanos, describir aspectos de esta vida y proporcionar

perspectivas que no están disponibles o accesibles a otros métodos de investigación” (Morán & Guillén, 2015, pág. 106). Las características del paradigma emergente, han hecho que este haya cobrado protagonismo en los últimos años; su flexibilidad y apertura al cambio, hacen que se encaren los problemas con soluciones proyectadas desde el cambio, de lo relativo y de la multidimensionalidad (González J. , 2020) . Este paradigma, sin duda alguna, ha sido copartícipe del desarrollo de las diferentes ciencias, de nuevos modelos, entre otros.

Uno de los ámbitos en los que se han notado cambios profundos en las últimas décadas, ha sido la industria, debido fundamentalmente a las nuevas innovaciones y al avances tecnológicos (Pereira & Romero, 2017). Es en ese marco de referencias, ha surgido el concepto Industria 4.0, caracterizado por la aplicación de tecnologías de las comunicación y de la información y (TIC), la automatización, modelado, simulación, digitalización, robótica, inteligencia artificial, la fabricación aditiva y de precisión, y la nanotecnología (Klingenberg, Borges, & Antunes, 2022), que están transformando radicalmente la forma en que se diseñan, producen y gestionan los sistemas de producción, con sus consecuentes impactos en los procesos en las industrias (negocio, operación, soluciones tecnológicas) (Galati & Bigliardi , 2019), los mercados y la economía, mejorando los procesos de producción y aumentando la productividad, afectando todo el ciclo de vida del producto, creando nuevos modelos de negocio, cambiando el entorno laboral y reestructurando el mercado laboral (Pereira & Romero, 2017).

Según Ynzunza et. al. (2017), la "Industria 4.0", considerada como la "Cuarta Revolución Industrial", tiene un gran potencial y beneficios relacionados con la integración, innovación y autonomía de los procesos, siendo según Foladori & Ortiz-Espinoza (2022), los sistemas ciber físicos y la conectividad global los elementos más importantes además de las ventajas socioeconómicas que se esperan obtener. Sin embargo, esta revolución industrial, al igual que sus precedentes, no puede definirse únicamente por sus tecnologías; más bien requiere la consideración amplia de los elementos que influyen y aquellos elementos que se relacionan (Klingenberg, Borges, & Antunes, 2022), esto con el objeto de comprender el fenómeno de transformación como tal.

El objetivo de este capítulo es realizar una revisión bibliográfica acerca de la relación y/o contribución del paradigma emergente como parte y base de la industria 4.0 y la relación de sus elementos de influencia y de relacionamiento, además de su incidencia en los procesos productivos, en entorno laboral y en el medioambiente.

En este sentido, el contenido del capítulo aborda un análisis y discusión sobre los aportes y posturas de diferentes autores respecto a la Industria 4.0 y su base emergente, por su relevancia y protagonismo en la industria, se enfatiza en la optimización de procesos desde la complejidad y el enfoque sistémico, en los cambios y desafíos en los entornos y ambientes laborales desde una perspectiva del trabajador, y de las ventajas e implicancias en el entorno o medioambiente.

La complejidad en la industria 4.0

El paradigma de la complejidad, está constituido por una diversidad de teorías que asumen la complejidad de la realidad, así una vertiente de la complejidad es el enfoque sistémico como “la complejidad que piensa en términos de conectividad, relaciones y contexto. Se entiende a los sistemas como totalidades integradas cuyas propiedades no pueden reducirse a sus partes y que en conjunto producen propiedades emergentes” (González Luengo, 2018, pág. 26). Es decir, la definición de un sistema de solución de problemas no puede resumirse a un análisis simple de causa y efecto; de hecho, se requiere de una evaluación y comprensión de las interacciones, las relaciones y los comportamientos de los elementos constituyentes del sistema.

En este sentido, la generalidad del enfoque sistémico, admite la aplicación de soluciones en todas las áreas del conocimiento, desde la concepción de la solución hasta la implementación al interior de las organizaciones. Es decir, “el acercamiento y utilización del enfoque sistémico proporciona elementos a los gerentes y administradores potenciar capacidades de planeación estratégica considerando elementos para superar las exigencias de la dinámica empresarial” (Muñoz Pineda, 2017).

Además, González (2018) sostiene que:

Las ciencias de la complejidad se conciben como ciencias de la síntesis; para este propósito, privilegian, como herramientas de trabajo, un conjunto de modelos de simulación, algoritmos y formalismos a través de recursos computacionales o informáticos que permiten la aplicación de sus resultados a problemas concretos. (p. 26)

Sumado a ello, se plantea la importancia de la utilización de modelos de simulación, siendo la matemática el eje central de la construcción de los modelos.

Otra característica de las ciencias de la complejidad es que trabajan con modelos de simulación, algoritmos y formalismos que cuentan con herramientas informáticas que permiten su aplicación. Ello implica un énfasis en modelos computacionales que emplean como elementos centrales las matemáticas de punta

y diversas lógicas no clásicas conocidas también como lógicas filosóficas. Por ello, conciben no solo dos métodos para hacer ciencia —el deductivo y el empírico— sino uno más, el modelaje y la simulación. La intrincada relación entre los componentes de un sistema complejo hace poco significativo, si no es que irrelevante, el método experimental que suele controlar unas cuantas variables para explicar las causas o comportamiento de un fenómeno. (González Luengo, 2018, pág. 67)

Actualmente, la simulación es una herramienta que involucra el desarrollo del modelo del sistema y la experimentación para determinar el comportamiento del sistema (empresa) ante diversas condiciones o entorno del sistema.

La simulación de sistemas es una alternativa para conocer de forma acertada los puntos críticos que pueden tener los procesos de producción de una empresa y con estos modelar soluciones que incrementen la eficiencia y que reduzcan los tiempos en las diferentes actividades realizadas durante la producción de un artículo o la prestación de un servicio. (Sánchez, Ceballos, & Sánchez, 2015)

La simulación, como parte importante de la Industria 4.0, “permite ajustar y representar virtualmente el funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real antes de ser puestos en marcha, lo que ayuda a prevenir averías, ahorrar tiempo y evaluar el resultado final en un entorno controlado” (Ríos, Pérez, & Pérez, 2019, pág. 13). Además, la simulación permite reducir los costos asociados a procesos de producción o fabricación, a través de la prueba y error, mediante una representación intangible del diseño de nuevos productos, o bien evaluar distintas configuraciones en las operaciones de la planta productiva.

Están latentes las necesidades de las soluciones tecnológicas en diversas actividades, este es el caso de las empresas de producción y de servicio, que demanda nuevos sistemas para la modelación y simulación de procesos y operaciones en distintos contextos, en función de los entornos de naturaleza. De hecho, los nuevos avances tecnológicos en el área de producción y servicios se han enfocado en “elevar los índices de productividad de los procesos, también, han traído consigo una serie de beneficios, como mejores condiciones de seguridad laboral, mayor protección de los equipos, ahorro energético, reducción de emisiones al ambiente y reducción de los tiempos muertos”. (Robles, Foladori, & Záyago, 2022, págs. 12-13). Sin embargo, la simulación del desempeño operacional de transformación o de servicio puede ser evaluado para analizar alternativas con el propósito de optimizar la eficacia y eficiencia en la planificación operacional.

Lo anterior incita a revisar (en el caso de la minería), cómo las soluciones tecnológicas, deben estar relacionadas a la innovación y planificación para “el desarrollo de mejores prácticas de política ambiental y gestión de recursos minerales para la sostenibilidad de la industria minera, motivados por preguntas fundamentales sobre las interacciones complejas y frágiles entre la naturaleza y la sociedad, así como por necesidades sociales urgentes y apremiantes”. (Ospina, Osorio, Henao, Palacio, & Giraldo, 2021, pág. 7)

La incidencia de la Industria 4.0 en el entorno laboral

La salud ocupacional desempeña una función determinante en el bienestar del trabajador, especialmente si se hace referencia a la Industria 4.0, que abarca la robótica y la digitalización, la automatización. Si bien estos avances tecnológicos pueden eliminar trabajos peligrosos y agotadores para los trabajadores, también plantean nuevos desafíos en términos de protección y seguridad laboral.

Según Igartua Miró (2020) en un paradigma emergente los nuevos riesgos laborales en la Industria 4.0 trae consigo la introducción de tecnologías avanzadas, como robots colaborativos, realidad virtual y aumentada, y sistemas automatizados. Estos avances tecnológicos presentan nuevos riesgos laborales, como la exposición a radiaciones, movimientos repetitivos o posturas incómodas, preocupando en mayor grado la generación del estrés laboral. Es fundamental abordar estos riesgos y adoptar medidas de seguridad y ergonomía adecuadas para proteger la salud de los trabajadores.

En un entorno laboral productivo, es determinante abordar estos riesgos y garantizar la seguridad de los trabajadores que interactúan con estas tecnologías desde sus puestos de trabajo; esto implica implementar medidas de seguridad efectivas, proporcionar capacitación adecuada y promover una cultura de prevención de riesgos en el entorno laboral. Al hacerlo, se pueden aprovechar las oportunidades que ofrece la Industria 4.0 sin comprometer la salud y el bienestar de los trabajadores; de hecho, algunos autores como Vidales (2019) señalan que la introducción de la digitalización y la robótica en el mundo laboral presentan muchos desafíos en términos de la prevención de riesgos laborales.

En este sentido, Jiménez (2019) afirma lo siguiente:

La Cuarta Revolución Industrial y las nuevas tecnologías de la información y del conocimiento que la singularizan cuentan, cuando nos centramos en su aplicación a los procesos productivos y a la salud y bienestar en el trabajo, con una patente dimensión positiva en tanto que posibilitará mejoras hasta ahora

desconocidas en la ejecución por los trabajadores de su prestación laboral –podemos pensar, por ejemplo, en los exoesqueletos para el manejo de cargas, o el uso de drones para el trabajo en altura, etc. - sin embargo, también encierran una cara menos amable que lleva a plantear nuevos retos para la seguridad, salud y el bienestar en el trabajo.(p.11).

En consecuencia y debido a los cambios tecnológicos se presentan nuevos riesgos laborales que, a su vez, aumentan la incidencia de accidentes y enfermedades relacionados con el trabajo. de los cuales según Mendizábal & Tufiño (2020) se destacan: el acoso laboral, estrés en el trabajo, burn out, riesgos derivados de las TICs.

Entonces B Mendizábal & Tufiño (2020) en un análisis menciona que los cambios en los estilos de vida pueden conducir al surgimiento de diversas enfermedades. El ritmo de vida acelerado, la alimentación basada en alimentos altamente procesados, las tendencias estéticas, el estrés y otros factores tienen una gran influencia en la aparición de nuevas enfermedades. Esto implica grandes costos y cambios en la organización de los sistemas de seguridad social en todo el mundo.

Por otro lado la llegada de la Industria 4.0 ha tenido un gran impacto en el ámbito laboral, específicamente en lo concerniente a la salud ocupacional, lo que ha traído según indica Ispizua Dorna (2018), ventajas como la reducción de los riesgos laborales y del tiempo invertido en las actividades de trabajo, otorgando cierto equilibrio entre el ámbito laboral, social y familiar; por otro lado, las desventajas se centra, en la disminución del empleo y de los salarios, modificaciones en la duración de los contratos laborales, el aumento de los riesgos psicosociales y la aparición de nuevas enfermedades laborales.

Muchos son los desafíos que se pueden encarar en el marco de la Industria 4.0 y los entornos laborales, por citar algunos, se señala lo siguiente:

Automatización y seguridad: Orientada a la implementación de medidas de seguridad que sean adecuadas al entorno y a los riesgos emergentes. Esto implica un fortalecimiento de las capacidades de los trabajadores y la organización para identificar, evaluar y actuar sobre los riesgos asociados a la automatización. Las estrategias pueden incluir la integración de sistemas de seguridad avanzados, la formación continua en la identificación de peligros y la promoción de una cultura de seguridad proactiva.

Ergonomía y Bienestar: Cuyo fin es promover la salud y el bienestar, reducir los accidentes y mejorar la productividad de las empresas (Apud, 2003); para ello, es importante considerar, entre otros aspectos, la adaptación del entorno laboral al trabajador que no solo

mejora la comodidad, sino que también aumenta la productividad y reduce los riesgos de lesiones. Esto implica el diseño de espacios de trabajo que consideren la postura, los movimientos y la interacción del trabajador con la maquinaria y el equipo tecnológico.

Capacitación y Actualización: En un entorno de constante cambio, los trabajadores requieren ser capacitados y actualizados en sus conocimientos para adaptarse a las nuevas tecnologías e innovaciones en su campo de trabajo, incrementando así, el nivel de desempeño laboral y la eficiencia en las funciones.

Monitoreo de la Salud: La digitalización y conectividad en la Industria 4.0 abren oportunidades para un monitoreo avanzado de la salud ocupacional (dispositivos portátiles, sensores ambientales, entre otros). La utilización de equipos e instrumentos para recopilar datos relacionados con la salud de los trabajadores permite identificar riesgos potenciales y adoptar medidas preventivas de forma oportuna, y promueve la instalación de ambientes de trabajo más seguros y saludables.

Ventajas medioambientales de la Industria 4.0

Desde un punto de vista, teórico conceptual, la Industria 4.0 a través de la introducción de tecnología de alta eficiencia, está permitiendo al sector productivo incorporar elementos de mejora de la eficiencia, pudiendo estos elementos orientarse a ahorro de energía, ahorro y recirculación del agua, la reducción del uso de recursos naturales (como materia prima) y la disminución de los residuos, entre otros, por lo que se prevé una disminución de los impactos negativos al medioambiente.

Por otro lado, en un contexto económico, como resultado del desarrollo tecnológico han surgido nuevas herramientas financieras que promueven soluciones descentralizadas e integrales, tal como señala el informe *Building block(chain)s for a better planet* (Forum World Economic, PwC and Stanford Woods Institute for the Environment, 2018), donde se expone que la tecnología es una herramienta que podría contribuir al planeta de muchas maneras, por ejemplo el mejoramiento de la cadena de suministro y de la administración de los recursos de manera descentralizada y sostenible, identificación de nuevas fuentes de financiamiento, la promoción de la economía circular, supervisión y análisis de temas orientados a la sostenibilidad, la resiliencia, entre otros.

En este marco, por ejemplo, el modelo de economía circular en contraposición al modelo convencional de la economía lineal, cuya esencia es extraer-usar-desechar, sin tomar en cuenta la sustentabilidad (González, et al, 2017), promueve a que las actividades, están organizadas con un nuevo enfoque o una perspectiva de ciclo de vida, de manera que exige cambios innovadores

desde el diseño (ecodiseño) de un producto o servicio, considerando la mejora del desempeño ambiental de los productos desde su etapa inicial. En síntesis, las nuevas estrategias emergentes que se han desarrollado en la ingeniería de productos han favorecido los principios fundamentales de la economía circular, y por ende a la protección del medio.

Finalmente, es importante señalar que el paradigma emergente, en contraposición a la forma de producción convencional y el consumo ilimitado de bienes y servicios sin considerar las consecuencias ambientales, ha forjado nuevos paradigmas y modelos replanteando los fundamentos del equilibrio economía – sociedad – medio ambiente . De hecho, el amplio reconocimiento de que un mayor grado de integración de los elementos constituyentes de la ciencia y la tecnología existente, promoverá soluciones científicas y tecnológicas más apropiadas y contextualizadas a problemas específicos de sustentabilidad en lugares específicos (Weinstein & Turner, 2012).

Conclusiones

Las características del paradigma emergente, han hecho que este haya cobrado protagonismo en los últimos años; su flexibilidad y apertura al cambio, hacen que se encaren los problemas con soluciones fundamentalmente desde el cambio.

Uno de los ámbitos en los que se ha denotado cambios profundos en las últimas décadas, ha sido la industria, debido fundamentalmente a las nuevas innovaciones y al avance tecnológico, dando paso al concepto Industria 4.0, con importantes impactos en los procesos en las industrias (negocio, operación, soluciones tecnológicas), los mercados y la economía, mejorando los procesos de producción y aumentando la productividad, afectando todo el ciclo de vida del producto, creando nuevos modelos de negocio, cambiando el entorno laboral y reestructurando el mercado laboral.

La Industria 4.0, no puede definirse solamente por sus innovaciones tecnológicas; por el contrario, requiere de la consideración de los elementos que influyen y aquellos elementos que se relacionan, cuyas connotaciones se estudian bajo un enfoque sistémico, y que pueden incidir tanto en los procesos productivos, en el entorno laboral como en el medio.

El desarrollo y aplicación de las soluciones tecnológicas a través del enfoque sistémico vertiente de la complejidad, ofrecen al sector productivo una gran oportunidad para continuar mejorando la productividad, seguridad y sustentabilidad. Para esto, la industria enfrenta el desafío de la optimización de procesos y nuevas competencias, a través de la simulación de procesos.

La Industria 4.0 representa una nueva era en el ámbito laboral, impulsada por la introducción de tecnologías avanzadas y la digitalización. Si bien esta revolución tecnológica ofrece numerosas ventajas en términos de eficiencia y productividad, también plantea desafíos significativos en relación con la salud ocupacional.

El paradigma emergente, en contraposición a la forma de producción convencional y el consumo ilimitado de bienes y servicios sin considerar las consecuencias ambientales, ha forjado nuevos paradigmas y modelos replanteando los fundamentos del equilibrio economía – sociedad – medioambiente. La Industria 4.0 a través de la introducción de tecnología de alta eficiencia, está permitiendo al sector productivo incorporar elementos de mejora de la eficiencia con la consecuente disminución de los impactos negativos al medioambiente.

Referencias

- Apud, M. (2003).** La importancia de la Ergonomía para los profesionales de la salud. *9(1)*, 20. doi:10.4067/S0717-95532003000100003
- Chacón M., L. (2014).** Gestión educativa del siglo XXI: bajo el paradigma emergente de la complejidad. *Omnia*, *20(2)*, 150-161. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73735396006>
- Espinoza Montes, I. F. (2020).** Epistemología y metodología de investigación en administración en universidades de Lima y Junín. *Horizonte de la Ciencia*, *10(19)*, 130-146. <https://www.redalyc.org/journal/5709/570962992011/570962992011.pdf>
- Foladori, D. G., & Ortiz-Espinoza, M. Á. (01 de 05 de 2022).** La relación capital-trabajo en la Industria 4.0. *Íconos*, 161-177. doi:<https://doi.org/10.17141/iconos.73.2022.5198>
- Forum World Economic, PwC and Stanford Woods Institute for the Environment. (2018).** Building Block(chain)s for a Better Planet. Geneva: Forum World Economic.
- Galati, F., & Bigliardi, B. (2019).** Industry 4.0: Emerging themes and future research avenues using a text mining approach. *Computers in Industry*, 100-113.
- García Jiménez, M. (2019).** Revolución Industrial 4.0, sociedad cognitiva y relaciones laborales: retos para la negociación colectiva en clave de bienestar de los trabajadores. *Revista de Trabajo y Seguridad Social. CEF*, 47-182. doi:<https://doi.org/10.51302/rtss.2019.1438>

- González Luengo, E. (2018).** Las vertientes de la complejidad : pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas (Primera ed.). Guadalajara: Ebook PDF. <https://bit.ly/3rRa6tK>
- González Vidales, C. (15 de 06 de 2019).** Seguridad y salud de los trabajadores 4.0. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 6(1). <http://www.uajournals.com/ojs/index.php/ijisebc/article/view/465/340>
- González, J. (2020).** Los Paradigmas en la Investigación científica del clásico al emergente. *Revista Con-Ciencia*, 8, 21-28.
- González, O. G., & Vargas, H. J. (31 de 07 de 2017).** La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Economía Coyuntural*, 2(3), 105-130. <https://bit.ly/459BtgL>
- Igartua Miró, M. T. (3 de 2 de 2020).** LA OBLIGACIÓN DE SEGURIDAD 4.0. *Temas Laborales*(151), 327-342. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7464157>
- Ispizua Dorna, E. (20 de 12 de 2018).** Industria 4.0: ¿cómo afecta la digitalización al sistema de protección social? *Revista de relaciones laborales*, 12 -30. doi: <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.20325>
- Klingenberg, C., Borges, M., & Antunes, J. (2022).** Industry 4.0: What makes it a revolution? A historical framework to understand the phenomenon. *Technology in Society*, 70.
- Mendizábal, B. G., & Tufiño, G. B. (2020).** Retos de la seguridad social en Latinoamérica: de los grupos vulnerables a la industria 4.0. bit.ly/3Yg8m9j
- Morán, P. L., & Guillén, V. R. (Septiembre de 2015).** Paradigmas que Subyacen en la investigación de enfermería. Antología, 1-226. <https://web.eneo.unam.mx/wp-content/uploads/2021/09/ENEO-UNAMParadigmasEnvestigacionEnfermeria.pdf>
- Muñoz Pineda, L. (2017).** Propuesta para el desarrollo del pensamiento sistémico en los programas de formación de posgrado del convenio USTA-ICONTEC. *SIGNOS*, 9(2), 121-148. doi: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2017.0002.08>
- Organización Internacional del Trabajo. (28 de Abril de 2010).** Promoción de una cultura nacional de prevención en materia de seguridad y salud. Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación, 15-17. www.ijisebc.com
- Ospina, C. J., Osorio, C. J., Henao, A. Á., Palacio, A. D., & Giraldo, B. J. (2021).** Retos y oportunidades para la industria minera como potencial impulsor del desarrollo en Colombia. *Tecnológicas*, 24(50).

- Pereira, A., & Romero, F. (2017).** A review of the meaning and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 1206-1214.
- Ríos, R. L., Pérez, O. I., & Pérez, D. L. (2019).** Tendencias actuales de la industria 4.0. *Reflexiones contables (Cúcuta)*, 2(2), 8-22. doi:<https://doi.org/10.22463/26655543.2982>
- Robles, R., Foladori, G., & Záyago, L. É. (2022).** Industria 4.0 en la minería mexicana. *El Colegio de San Luis*, 10(21), 5-32. doi:<https://doi.org/10.21696/rcsl102120201167>
- Sánchez, P. A., Ceballos, F., & Sánchez, T. G. (2015).** Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: Modelación y Simulación. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 137-150. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=411534392005>
- Weinstein, M. P., & Turner, R. (2012).** Sustainability Science. The Emerging Paradigm and the Urban. *New York: Springer Science+ Business Media*.
- Ynzunza, C. C., Izar, L. J., Bocarando, C. J., Aguilar, P. F., & Larios, O. M. (2017).** El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*(54). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>



EDICIONES

RISEI

