

UNIVERSIDAD NACIONAL “SIGLO XX”
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN



REVISTA:
CIENCIA Y TECNOLOGÍA
“SIGLO XX”

Volumen 1, número 1, 2023

Depósito legal: 7-3-156-2023

Llallagua - Potosí - Bolivia

Julio, 2023

Revista
Ciencia y Tecnología “Siglo XX”

Volumen 1, Número 1, (2023)

Publicado: Julio de 2023

Depósito Legal: 7-3-156-2023

El presente volumen es propiedad de los AUTORES, cualquier reproducción y/o difusión total o parcial de esta obra, por cualquier forma, sea medios mecánicos o electrónicos, inclusive por fotocopia, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información, está prohibida y penada por la ley conforme disposiciones legales en vigencia (DERECHO DE AUTOR, LEY N° 1322 del 13 de abril de 1992), salvo el previo consentimiento escrito de los AUTORES.

DIRECCIÓN

Dirección General de Investigación de la Universidad Nacional “Siglo XX”
LLallagua, Potosí, Bolivia, calle Campero N° 36, edificio de La Transparencia, 2do piso
Teléfono: 591-25820817
Celular: 591-68320019
E-mail: dgi@unsxx.net
Página web: <http://unsxx.edu.bo>

PRESENTACIÓN

La Dirección General de Investigación (DGI) de la Universidad Nacional “Siglo XX”, presenta a la comunidad científica el volumen 1, número 1 del 2023 años, de la Revista CIENCIA y TECNOLOGÍA “SIGLO XX”, publicación a través de la cual, se difunde la producción científica de investigadores (docentes, estudiantes y administrativos) de la Universidad Nacional “Siglo XX” y de la comunidad científica del país.

Los resultados obtenidos por cada investigación, que son presentados en este volumen hacen énfasis en la solución a problemas y demandas a nivel local, regional y nacional, situándolo en una perspectiva de transferencia tecnológica a corto, mediano y largo plazo.

Los documentos de los artículos de este volumen, fueron revisados minuciosamente por el comité editorial, en el marco de las normas de la Asociación Americana de Psicología (APA) 7ma edición (American Psychological Association en inglés), la relevancia de su contenido fue el factor de su aceptación y divulgación en la presente revista científica, aclarando que, el contenido de los artículos es de entera responsabilidad de los autores.

La DGI expresa su especial reconocimiento a los autores de los artículos, por cuanto, en sus trabajos se plantean propuestas y soluciones significativas a problemas y necesidades de la sociedad, es decir, de los sectores sociales y productivos de la región del Norte Potosí y del país.

M. Sc. A. Williams Pillco Colque
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL “SIGLO XX”

REVISTA:
CIENCIA Y TECNOLOGÍA “SIGLO XX”
Volumen 1, número 1, 2023

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS:

M. Sc. Pablo Ramiro Martínez Bustillos	Rector
Cc. Gabino Rodríguez Rocha	Vicerrector
M. Sc. A. Willams Pillco Colque	Director General de Investigación

CONSEJO EDITORIAL:

Dr. Esteban Choque Conde	Universidad Nacional “Siglo XX”
M. Sc. A. Willams Pillco Colque	Universidad Nacional “Siglo XX”
M. Sc. Wilson Antonio Siñaniz Tapia	Universidad Nacional “Siglo XX”

DIAGRAMACIÓN:

M. Sc. Víctor Alfaro Quispe	Universidad Nacional “Siglo XX”
-----------------------------	---------------------------------

STAFF DE REVISORES:

Dr. Francisco Pastor López	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México
Dra. Carmen Rosa Del Castillo Gutiérrez	Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia
Dr. Walter Maradiaga Rodríguez	Universidad Nacional de Agricultura-Campus Comayagua, Tegucigalpa, Honduras
Dr. Rodrigo Máximo Sánchez Román	Universidad Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São Paulo, Brasil.
Dr. Ariel Santiváñez Aguilar	Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia
Dr. Juan Lerdón Ferrada	Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile
M. Sc. Sonia Susana Hannover Saavedra	Universidad Mayor de San Andrés; Sociedad Boliviana de Salud Pública – SBSPP, La Paz, Bolivia
M. Sc. Ransés José Vázquez Montenegro	Universidad de La Habana, La Habana, Cuba
M. Sc. Blanca Cecilia Pérez Escalante	Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
Ing. Nancy Huanca Alanoca	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), Bolivia.

ÍNDICE

Apuntes para una Historia Sindical – Minera de Bolivia <i>Danny Edwards Ugarte Mariaca</i>	1
Evaluación de la Fertilidad de Suelos para el Cultivo de Chirimoyo (<i>Annona cherimola</i>) en Predios Agrícolas del Instituto Tecnológico Avelino Siñani de Mizque <i>Franklin Colquechambi Barri; Abraham Willams Pillco Colque</i>	12
El Derecho Administrativo y su Procedimiento en el Sistema Disciplinario del Magisterio en el Marco del Sistema Educativo Plurinacional de Bolivia <i>Sady Omar Fernández Rodríguez</i>	20
Estrategia Didáctica para el Fortalecimiento de Competencias de Investigación de la Asignatura de Introducción a la Economía <i>Avelardo Bustos Peñafiel</i>	29
Casco Minero Inteligente <i>Jorge Villcáez Castillo; Lucio Fernández Ampa</i>	42
Caracterización de la Temperatura del Aire en el Territorio Boliviano por Zonas Agroecológicas <i>Esteban Choque Conde; João Francisco Escobedo; Porfirio Choque Conde; Abraham Willams Pillco Colque</i>	53
Pronostico del Comportamiento de los Precios del Carbonato de Litio con Modelos ARIMA <i>Adalid Lopez Gonzales</i>	68

Apuntes para una Historia Sindical – Minera de Bolivia

Danny Edwards Ugarte Mariaca

Investigador independiente y archivista, afiliado a la Asociación Boliviana de Bibliotecarios, miembro del colectivo “Educando con Historia”, La Paz, Bolivia, danielugarte89@gmail.com.

Resumen

El presente artículo busca exponer una serie de elementos no tan conocidos dentro la historiografía minero – sindical de Bolivia, de ahí el prefijo de “apuntes”. Es así que a lo largo de los siguientes párrafos abordaremos una serie de elementos peculiares, donde identificaremos momentos precisos para comprender el proceso por el que atravesaron los trabajadores mineros asalariados, partiendo de su lucha por una serie de derechos, reivindicaciones, defensa de las fuentes de trabajo, por la soberanía y recuperación de los recursos naturales del país, continuando con su paulatina toma de conciencia de clase, lo que los posiciona como actores principales en la arena política, elemento que paulatinamente los convirtieron en vanguardia nacional, sobre todo durante la segunda mitad del siglo XX, para finalmente llegar a una suerte de ocaso con la dictaminación del Decreto Supremo 21060 (agosto de 1985), procesos que se expondrán en los siguientes párrafos.

Palabras clave: Dictadura, revolución, sindicato

Notes for a Union History – Minera of Bolivia

Ugarte Mariaca, D. E.

Abstract

The present article seeks to expose a series of not so outstanding elements within the mining-union historiography of Bolivia, hence the prefix of "notes". Thus, throughout the following paragraphs we will address a series of peculiar elements, where we will identify precise moments to understand the process that salaried mining workers went through, starting from their fight for a series of rights, claims, defense of sources work, for the sovereignty and recovery of the country's natural resources, continuing with their gradual awareness of class, which positions them as main actors in the political arena, an element that gradually turned them into a national vanguard, especially during the second half of the 20th century, to finally reach a kind of decline with the ruling of Supreme Decree 21060 (August 1985), processes that we will expose in the following paragraphs.

Keywords: Dictatorship, revolution, syndicate

Introducción

Desde una lectura particular y a través del contacto con la dirigencia actual y pasada de la Federación Sindical de Trabajadores Mineros de Bolivia (FSTMB), en sus palabras, de manera generalizada, expresan que existen una serie de elementos que no se encuentran registrados en muchos libros de historia del movimiento que plasmen ciertos detalles sobre su misma constitución, es de ahí que nace la inquietud y necesidad de que estos datos sean recogidos y presentados para su apreciación como tal, si bien la intención del presente no es reescribir ningún pasaje de nuestra historia, el objetivo está orientado a echar luces sobre otros momentos menos conocidos y/o casi olvidados, los cuales ameritan ser puestos en escena para su discusión y consideración, según el caso, los cuales abordaremos a continuación.

Evolución de la Organización Sindical Minera

Los libros de sindicalismo que se encuentran (Lora, Ostria y demás) dicen que la organización de los trabajadores mineros en Bolivia se inicia a partir de 1900, Guillermo Lora (1969) y otros autores hablan de un periodo de formación que viene de 1850 a la fecha, don Edgar Ramírez¹ hablaba de ver el periodo de formación de nuestra clase obrera no con ese sentido del siglo XX, ni con una prehistoria de 1850, sino más atrás ¿Qué tan atrás? Don Edgar Ramírez decía que tenemos que ir hasta la colonia y ahí tenemos que ver las luchas de los trabajadores mineros como “mitayos”, como “mingas”. El mitayo llevaba su fuerza de trabajo a Potosí y ahí recibía un pago, pero estaba obligado a permanecer un año, pero la mayoría de esos mitayos acaban

su año y ya no volvían a su comunidad, sino que se acostumbraban a la vida en Potosí, se quedaban y se empleaban voluntariamente y esos eran los mingas que ganaban ya una suerte de salario.

Con esos datos es imposible pensar que en los tiempos de la colonia pudiera haber sindicalismo, porque el sindicato es producto del modo de producción capitalista, antes del capitalismo no hay sindicato, cualquier tipo de organización anterior al capitalismo es gremio, es corporación, etc., menos sindicato en el sentido moderno. ¿Por qué entonces irnos hasta la colonia? porque a partir de 1500 ya hay modo de producción capitalista mercantil de comercio, de mercado, y este se globaliza después del encuentro de los dos mundos (Cruz, et al., 2008), Inglaterra entra al capitalismo en el 1600, la producción minera del Alto Perú y de la Audiencia de Charcas pasa por los campos capitalistas de Francia e Inglaterra que ya son potencias capitalistas, ya es un mundo con mercado insipiente capitalista, a partir de 1850 se comienzan a organizar los primeros gremios de artesanos que se asienta en la presidencia de Manuel Isidoro Belzu, que no son sindicatos, son una asociación de artesanos, sastres, plomeros, carpinteros, joyeros, y otros, se quiere encontrar ahí el antecedente explícito que físicamente no existe, pero políticamente si ¿porque? Porque la lucha desde 1840 hasta el 1900 es la lucha entre el partido popular, el partido de Manuel Isidoro Belzu contra el partido latifundista – minero que va a dar lugar a la rosca minero feudal (Lora, 1969).

Con esos antecedentes don Edgar Ramírez estaba obsesionado con la idea de que podía encontrar pruebas en el archivo histórico de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), de que en 1860, con la aparición en Bolivia de las primeras grandes industrias mineras capitalistas, Aniceto Arce, Gregorio Pacheco, Narciso Campero, y otros grandes empresarios con los que se inaugura el modelo capitalista, con salario puntual, uso de electricidad, con maquina vapor, instalación de líneas férreas, trayendo expertos químicos, topógrafos, físicos, y otros

¹ Todas las anotaciones presentadas no fueron recogidas de manera adecuada, ya que las mismas fueron fruto de conversaciones espontaneas e informales con el compañero Edgar “Huracán” Ramírez, las cuales no pudieron ser grabadas ni documentadas en su momento.

de Europa para hacer funcionar las minas bolivianas en forma capitalista. En ese contexto ya tenemos grandes concentraciones de miles de mineros, empresas mineras modernas para la época que no tenían nada que envidiar a Europa o a Estados Unidos, eran mega empresa, la Huanchaca por ejemplo, una súper mega empresa que ahí estaba el producto capitalista (Serrano, 2004), entonces son los empresarios mineros que dejan a los militares tomar el gobierno con puros golpes de Estado, que es historia de Bolivia, Santa Cruz, Velazco, Ballivian, Córdoba, Belzu, Linares, Agustín Morales y demás, a partir de 1880 los empresarios mineros deciden tomar la presidencia y dirigir el país, como la clase dominante, en el contexto Bolivia se rinde ante Chile en la guerra del pacífico 1879 – 1980, nos rendimos en mayo del 80ta, en octubre del mismo año en la asamblea constituyente toman el poder los empresarios, cuatro años Narciso Campero, cuatro años Gregorio Pacheco, cuatro años Aniceto Arce, cuatro años, Bautista Saavedra, cuatro años Severo Fernández Alonso dueño de la mina San José en Oruro, dueño de la mina Corocoro aquí en La Paz, ellos toman el poder para dirigir los negocios del país (Klein, 2001) ¿y la clase obrera? ¿Dónde estaba la clase obrera de 1860 a 1900?

No es posible creer que no hubo sindicato, asociación, o una mutual de obreros en las minas grandes porque los empresarios bolivianos empiezan a unir capitales, crean sociedades anónimas con el sector de los empresarios chilenos, unen las empresas y deciden hacer mega proyectos, como el ferrocarril desde los distritos mineros hacia los puertos de Pacífico de Bolivia, Antofagasta, con dinero chileno, ya estaba listo el trazo del ferrocarril para su construcción, solo que se viene la guerra y perdemos todo aquello, pero en ese contexto, lo que no se puede creer es como de 1860 a 1900 no existe ninguna organización de corte sindical.

El compañero Ramírez (2020) decía que no tiene sentido, han tenido que haber

huelgas, luchas sociales para pelear los contratos y demás ¿durante 40 años los obreros trabajaron callados? ¿Cinco mil, siete mil obreros en Huanchaca y que no reclamen de nada en una empresa capitalista moderna, minería de la plata? Paradigma aun no revelado hasta el día de hoy.

Ramírez (2020) comentaba eventualmente sus pequeños hallazgos, los cuales lamentablemente en ese momento no fueron registrados quedando solo como anécdotas propias, ejemplo de ello era ver su felicidad cuando encontró un papel membretado, redactado a máquina de escribir, que decía; “sindicato Amayapampa 1907”, ahí Edgar Ramírez argumentaba que “había sindicato minero, antes de lo que cuenta Guillermo Lora y lo que cuentan los otros historiadores como Agustín Barcelli, y los que se han dedicado al tema, ahí está la prueba, aquí está la copia, y había habido también en ese año la primera masacre minera en Amayapampa, falleció un minero por causa de un accidente, los mineros se quejaron al gerente, no les hicieron caso, lo colgaron al gerente del poste de luz y se vino la masacre”². Hasta que esos elementos sean verificados, son mera especulación.

En líneas generales la historia génesis del movimiento minero está contemplada entre los decenios de 1900 – 1930, una primera fase que va del 1900 a la guerra del chaco (1932 a 1935) que se caracteriza por la organización de los primeros sindicatos de telegrafistas, de gráficos, de maestros, de ferroviarios y mineros, al menos en Uncía se producen las primeras organizaciones grandes, oficios varios, y ahí están los mineros, se crean ya tres centrales nacionales de sindicatos, tres confederaciones nacionales (Barcelli, 2017).

Del otro lado ya están las tendencias anarquistas que han llegado de Europa, han pasado por México, por Chile y la Argentina,

² Las palabras anotadas fueron vertidas por Edgar Ramírez en una conversación informal durante una visita a las instalaciones de la COMIBOL, octubre del 2020

y de ahí los anarquistas, con la familia de los Forti, el más representativo es Libert Forti que era el asesor cultural histórico de la federación de mineros y de la COB (Arraya, 2017), entonces toda esta gente empieza a llegar a las minas, a enseñar el anarquismo, entonces en Bolivia la posición política del minero es pro anarquista, contra toda organización de poder incluyendo el Estado.

La FOCU Antecesora de la FSTMB

Durante el gobierno de Bautista Saavedra (1921-1925), es que se comienza a visibilizar una suerte de política anti obrera, esto se lo atribuye gracias a la promulgación de leyes poco favorables en torno a la cuestión laboral, reglamentación a las huelgas y similares, en ese contexto tan desventajoso, organizaciones mineras se movilizaron en la defensa de sus reivindicaciones pero fueron reprimidos. La localidad de Uncía (Potosí) registra desde el año 1918 enfrentamientos violentos con el ejército, esto debido a una serie de reclamos, por parte de los trabajadores, por un incremento en sus salarios y mejoras en las condiciones laborales (Rodríguez, 2018).

Es un 1° de mayo de 1923, luego de una serie de celebraciones y homenajes por el día del trabajador, se da la fundación de la Federación Obrera Central de Uncía (FOCU) la cual tendría como objetivo aglutinar a los trabajadores de las distintas empresas mineras de la región. La representación de esta nueva institución estaría constituida de la siguiente manera (Tabla1).

Tabla 1. Representación de la Federación Obrera Central de Uncía (FOCU)

Cargo	Nombre	Representación
Presidente	Guillermo Gamarra	Empresa minera La Salvadora
1° Vicepresidente	Gumersindo Rivera	Uncía
2° Vicepresidente	Manuel Herrera	Llallagua
Strio. General	Ernesto Fernández	Uncía
Tesorero	Julio M. Vargas	Uncía

Fuente: Elaborado en base a los datos ofrecidos por Lora (1969)

Ante esta eventualidad la empresa minera de Llallagua despidió a un número significativo de trabajadores con el motivo de haber asistido a la celebración del 1° de mayo, la FOCU se pronuncia al respecto solicitando la inmediata reincorporación de los afectados, pero la empresa se niega además de que no reconoce oficialmente a la federación, es así que comienza la lucha de los trabajadores de la estañifera Llallagua y La Salvadora por su sindicalización.

El problema va subiendo de tono, el gobierno interviene enviando a Nicanor Fernández, Fiscal de Distrito de Oruro, quien llega a Uncía el 12 de mayo escoltado por un destacamento del regimiento “Camacho”, mientras eso sucedía, los trabajadores se organizan en torno al Sub Consejo Federal de Catavi, institución de cortísima duración debido a que todos sus afiliados fueron despedidos de la empresa minera de Catavi.

El reclamo generalizado de los trabajadores de las empresas mineras, tanto de Catavi como de Uncía, en ese contexto, gira en torno a la solicitud de reconocimiento de la FOCU y garantías para sus miembros y así evitar que estos sean despedidos o reprimidos debido a su actividad sindical.

En fecha 19 de mayo, la directiva de la FOCU se dirige a la ciudad de La Paz con la finalidad de tener una audiencia con el presidente de la república y exponer una serie de peticiones en torno al reconocimiento de la personería de la federación, restitución de los trabajadores despedidos de las empresas mineras de Catavi y Llallagua y garantías para el libre ejercicio de la actividad sindical.

Paralelamente, Adolfo Díaz, Ministro de Fomento y Comunicaciones, concertó un acuerdo con los dirigentes de la FOCU en Uncía, donde se aceptaba las peticiones de los dirigentes de la federación, pero los administrados de las empresas mineras se negaron a cumplir las demandas de los trabajadores, al enterarse de ello, los obreros llamaron a una huelga general y la respuesta gubernamental fue declarar “Estado de Sitio” y envió de tropas militares a Uncía.

Con el pretexto de dar solución al conflicto, el 4 de junio se convoca a los dirigentes de la FOCU a la Subprefectura, donde son rodeados por efectivos policiales y se les da a conocer que están arrestados por disposiciones gubernamentales. Al enterarse de esa eventualidad, trabajadores y pueblo en general comenzaron a llegar masivamente a la plaza Alonso de Ibáñez, ubicada al frente de la Subprefectura, pidiendo la inmediata liberación de sus compañeros.

Con esa ante sala es que se da lo que conocemos ahora como la “Masacre de Uncía” teniendo como actor central al Mayor José Ayoroa, quien obedecía a los intereses de la Rosca Minero – Feudal, ordenando abrir fuego sobre la multitud de trabajadores y pueblo en general.

Posterior a esos acontecimientos, una cantidad considerable de obreros tanto Uncía como de Catavi comenzaron una huelga que inicio el 5 de junio y termino el 9 del mismo mes debido a la falta de su dirección sindical y sobre todo a la represión y hostigamiento por parte de efectivos del gobierno, de tal modo que el régimen de Bautista Saavedra impuso su voluntad y quedo desarticulada la FOCU, sus dirigentes sufrieron encarcelamientos y los que lograron zafarse de ello buscaron refugio en los países hermanos (Rodríguez, 2018).

La masacre de Uncía y la desarticulación de la FOCU tienen su trascendencia en el sentido de dejar precedentes para una futura y más fuerte organización sindical, logrando cristalizarse casi 20 años después de una difícil lucha por la conquista de reivindicaciones y conquistas, para el sector minero inicialmente, y será para el año de 1944, bajo la presidencia y auspicio del presidente Gualberto Villarroel, que se da la creación de la FSTMB, vanguardia de la clase obrera boliviana.

De la Guerra del Chaco a la Revolución Nacional

El siglo XX se perfila como un periodo de cambios estructurales en comparación al siglo anterior, las reformas de los liberales que

comienzan a tener fuerte presencia en la esfera gubernamental dan paso a una serie de transformaciones abocadas al nuevo contexto económico de entonces.

La necesidad de una mayor mano de obra capacitada es evidente, por ello, se comienza a dar un impulso significativo en el área de la educación, se hace una inversión significativa para llevar adelante una reforma educativa que sea capaz de responder al contexto, elementos como la capacitación técnica, educación física, higiene y demás elementos son importados del extranjero (Europa) a través de asesores que colaboren con la reforma.

Antes de tener un estudio minucioso de los alcances de la reforma liberal los bolivianos tuvimos que marchar a un nuevo enfrentamiento bélico con el Paraguay en la llamada guerra del Chaco, la cual se suscitó entre los años de 1932 y 1935, donde ya hay una acumulación histórica, este conflicto bélico dejo en claro la decadencia de la sociedad boliviana de ese entonces, una campaña militar desastrosa por parte de los oficiales bolivianos donde el “infierno verde” cobro más vidas que las balas paraguayas.

La población masculina en general, proveniente del campo y de la ciudad, fue arrastrada a este conflicto, lo único provechoso de este enfrentamiento se tradujo en que los bolivianos se conocieron de manera intima al convivir unos con otros en las trincheras, ahí se vio que Bolivia era una tierra diversa culturalmente visibilizando así al amplio grupo de los indígenas quienes eran los que más y mejor se desarrollaron en el frente por un Estado del cual no se sentían parte.

La guerra del Chaco marco a toda una generación, los individuos que sobrevivieron al enfrentamiento tenían otra idea de Bolivia, su retorno dio paso a los primeros elementos de la nacionalidad boliviana, los cuales tomarían forma completa años más adelante durante los acontecimientos del nueve de abril de 1952 en la llamada Revolución Nacional (Dunkerley, 2017).

En el enfrentamiento con el Paraguay hemos tenido significativas bajas, murió gran parte de la clase media, entonces hay un recambio, una nueva generación de test más canela, más los combatientes campesinos que fueron obligados a ir a la guerra. Esa gente que combatió, aprendió a pelear, se vio que tenían el mismo color de sangre, el mismo problema con los otros, ese combatiente que antes era pongo obligado a ir a pelear al chaco vuelve y se siente que ya es un ciudadano, una persona libre que ha dado la vida por la patria, entonces esta gente ya no quiere volver al campo, se queda en la ciudad, se emplea como obrero, o si vuelve al campo empieza a agitarlos, a hacer política, a pedir la liberación de la gente, que se suspenda el pongueaje (Chambi, 2017).

En la década de 1940 el sector minero vuelve a sufrir un embate por parte del gobierno, nuevamente el distrito minero de Catavi es el protagonista, esto debido a que en el mes de septiembre de 1942 el Sindicato de Oficios Varios, donde también se encontraban los trabajadores mineros, envió una nota al gerente de la empresa de Catavi solicitando un incremento general de sueldos y salarios, el gobierno tuvo una rápida reacción a través del Ministerio de Trabajo, quien entro en conversaciones con los dirigentes y busco reducir al máximo sus demandas salariales, sobre todo buscando que estos desistan a su derecho a la huelga, puesto que esta afectaba directamente a la producción, y a cambio de ello se pondría en vigencia el denominado “Código Busch”, posteriormente presentado como “Ley General de Trabajo”, el cual se encontraba en pleno debate en la parlamento.

A pesar de existir un aparente consenso entre los trabajadores y el gobierno, el siete de diciembre los trabajadores determinan una huelga desde el 14 de diciembre con el objetivo de ratificar la demanda de incremento salarial del 100%, además de echar presión para que el gobierno agilice la aprobación de la Ley General del Trabajo, a lo que el presidente Peñaranda respondió con la determinación de no cancelar los salarios a los trabajadores y militarizar Catavi.

21 de diciembre de 1942 una multitud se aglutino en protesta del cierre de las pulperías, fuente de abastecimiento de los trabajadores mineros y sus familias, en caravana se decidió dirigirse hacia Catavi, lugar donde son masacrados decenas de trabajadores y sus familias, por parte de los efectivos militares asentados en la zona, entre ellos se encontraba la palliri María Barzola, las repercusiones de estos eventos se ven reflejadas en la interpelación al senado, surgimiento de una suerte de solidaridad de corte socialista entre los trabajadores y familias afectadas e inicio de la crisis de la denominada Rosca Minera – Feudal (Dunkerley, 2017).

Dos años después de esa eventualidad, en el distrito minero de Huanuni se da en el 1° congreso de los trabajadores mineros con la participación de delegaciones de las minas más importantes del país, este evento se da del 10 al 13 de junio de 1944, donde se da la creación de la FSTMB el 11 el junio, además se resuelve la creación de una Secretaria Permanente, establecimiento de pulperías con precios únicos y ejecución del contrato colectivo.

Para el año de 1946 el Comité Ejecutivo Nacional convoca al 1° Congreso Extraordinario de la FSTMB a realizarse en el distrito minero de Pulacayo en el mes de noviembre, es en este evento que se da la aprobación de la conocida Tesis de Pulacayo, también se propone la creación de la Central Obrera Boliviana y del Frente Único Proletario.

La Tesis de Pulacayo, en líneas generales propone la lucha contra el colaboracionismo clasista y la lucha contra el imperialismo y fascismo. Entre sus reivindicaciones transitorias están; semana de trabajo de 40 horas y escala móvil de horas de trabajo, ocupación de las minas, una sola forma de control colectivo, independencia sindical respecto a los sectores burgueses, salario básico vital y escala móvil, armamento para los trabajadores, bolsa pro huelga y supresión del trabajo a contrato. (Sistema de Documentación e Información Sindical, 2019)

Otro elemento propuesto por este documento es la lucha parlamentaria a través del Frente Único Proletario, el cual se presenta a las elecciones de enero de 1947 con los senadores Juan Lechín y Lucio Mendivil de Potosí y con los diputados Guillermo Lora por Bustillos, Mario Torrez Cabrera por Quijarro, Alberto Costa por Pacajes, Jesus Aspiazu por Loayza, Anibal Vargas por Sud Chichas, Adan Rojas por Inquisivi y Humberto Salamanca por Dalence (Rodríguez, 2018).

Las décadas del 30 al 50 dan origen a una clase obrera que ha durado hasta el decenio de los 80tas, en este periodo se vivió la experiencia de los gobiernos militares de la rosca y del gobierno del presidente Gualberto Villarroel, entonces en ese periodo la clase obrera mayoritariamente se identifica con dos tendencias, tendencias comunistas, por un lado el Partido de Izquierda Revolucionaria (PIR), el antecesor del Partido Comunista de Bolivia (PCB) ligado al estalinismo y a la Unión Soviética, y su contrario el Partido Obrero Revolucionario (POR), Trotskista, que proviene de las ideas de León Trotsky, eso representa la mitad de los obreros, la otra mitad es nacionalista revolucionario, se han forjado en el chaco, que luego se traducirá en el Movimiento Nacionalista Revolucionario (MNR) ¿Qué es lo que les anima al 100% de los trabajadores? Una formula política, la importancia de la consigna ¿Cuál es la consigna? “Tierras al indio y minas al Estado” todos bajo esa bandera se reconocen como revolucionarios, existían ciertas discusiones y posturas pero todos tenían un mismo norte, proteger las minas, las fuentes de trabajo, que los yacimientos y las minas sean del Estado, que la producción beneficie al Estado y no a las transnacionales, un mismo hilo conductor, lo que Zabaleta Mercado proponía, lo popular nacional (Lora, 1969).

Este es un periodo marcado por masacres, el colgamiento de Villarroel en el 47, la masacre del 49 en Siglo XX, 18 de mayo del 50 en La Paz en los barrios obreros, las masacres fabriles, en ese contexto, Juan Lechin, representante de la FSTMB, conspira

con Hernando Siles y Antonio Seleme, obreros, mineros y fabriles en las calles toman el palacio. Participan fabriles de textiles Forno, textiles Soligno, industria La Papelera, entre los más resaltantes.

El nueve de abril del 52 para Bolivia se produce el acontecimiento histórico social más importante, la revolución nacional, obreros junto con las clases populares en las calles, destruyen al ejercito de la rosca, un ejército que tenía experiencia de la guerra del chaco, etc., lo aplastan, y la organización del golpe primero y la ovación del MNR lleva a que sus líderes asuman el poder, pero con un símbolo, un dirigente minero que es clave en este contexto, Don Juan Lechín Oquendo, histórico líder de los trabajadores mineros, técnicamente el primer gran héroe minero en vida antes del 52 (Cajias, 1994), además el participa en la insurrección nacional y es parte de la toma de decisiones en los primeros días, la revolución empieza el martes, un nueve de abril y acaba el viernes 11 de abril, ahí se rinde el ejército, ese día se van a palacio lo nombrar presidente a Hernán Siles Suazo los trabajadores, designa a sus ministros, Max butrón ministro de Trabajo, Lechín ministro de minas, entre ellos el coronel Cesar Aliaga policía, porque es el primer motín de la policía triunfal, sin los carabineros no hay revolución (Rojas, 2016), ministro de gobierno un policía por primera vez, antes eran puro militares, Lechín redactado el primer decreto de la revolución, nacionalización de las minas sin derecho a indemnización, un solo artículo, es aprobado por la mayoría excepto por el ministro de gobierno, el Coronel Aliaga, era un momento clave para la toma de decisiones, pero el presidente Siles argumenta que en realidad él no es presidente y que ninguno era ministro, esto debido a que el año pasado, en mayo del 51, en las elecciones nacionales gano Víctor Paz Estensoro y él está exiliado en Buenos Aires Argentina, será recién en octubre del 52 que se produce la nacionalización de las minas, ahí tenemos una clase obrera mayoritariamente nacionalista MNRista (Dunkerley, 2017).

Del Estado del 52 al DS 21060

A pesar del triunfo de abril, nuevamente el sector minero se ve arremetido por el gobierno y sus agentes, ejemplo de ello lo tenemos en la realización del IX Congreso Nacional de la FSTMB, en julio de 1958, el cual Inicio Colquiri y por una serie de eventualidades fue trasladado al distrito minero de San José. Al iniciar el magno evento, este fue intervenido por milicias mineras, las cuales eran grupos de choque organizados por el gobierno y adiestrados por el ejército, un bloque reestructurador y fracciones de Siles del MNR, se dan enfrentamientos y los congresales salen huyendo, posteriormente, reanudando las sesiones, en San José se decide poner fin a las milicias y comandos del MNR, además de sancionar el programa obrero, el cual contenía una serie de reivindicaciones sectoriales.

A pesar de haber expuesto la necesidad de poner fin a las milicias armadas organizadas por el MNR, el 23 de enero de 1960 se da la Masacre de Huanuni, un enfrentamiento que se dio entre el comando especial del MNR y el ala izquierda de los trabajadores, resultado de esta eventualidad se tiene el saldo de 12 muertos y 32 heridos. El conflicto logra pacificarse gracias al apoyo de mineros de Catavi y Siglo XX.

Entre los años de 1961 al 1968, aproximadamente, se implanta el conocido “Plan Triangular”, impulsado desde Estados Unidos y con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo y Alemania Occidental, que plantea una serie de acciones en el campo económico y político, principalmente, además de tener el objetivo de liquidar las organizaciones sindicales y revertir la nacionalización de las minas (Cajias, 2001).

Este plan se ejecutó en tres fases (Tabla 2), en las cuales el objetivo era reducir la producción minera para facilitar la reversión de la minería nacionalizada.

Tabla 2. Fases para reducir la producción minera para facilitar la reversión de la minería nacionalizada

1° fase 1961 – 1962	11 millones de dólares.
2° fase 1963 – 1964	13 millones de dólares.
3° fase 1965 – 1968	6 millones de dólares.

Fuente: Elaborado en base a datos ofrecidos por Oporto (2020)

Además de lo anteriormente expuesto, se ofreció una serie de beneficios al gobierno, entre los que se encontraba equipamiento militar para el ejército, pero estos estaban condicionados, para poder acceder a ellos se debía realizar el despido del 20% de los trabajadores de COMIBOL, restringir el control obrero, despido y exilio de dirigentes de izquierda (Oporto, 2020).

Esas mediadas terminando siendo una política económica antidemocrática y autoritaria con un cuantioso saldo de detenidos, heridos, exiliados y asesinados. Entre ellos Federico Escobar quien murió de manera misteriosa. El movimiento obrero minero hizo frente a este plan en su última fase de manera clandestina.

Entre las estrategias para combatir el Plan Triangular, los trabajadores mineros aprueban la Tesis de Colquiri en el XII Congreso Minero en 1963, donde se condena la política imperialista impuesta en los planes del MNR, rechazo al apoliticismo planteado por el gobierno y reafirma una postura revolucionaria, rechazando la política antinacional en los planes de rehabilitación implantados por el MNR, propugnado ante todo la unidad de la clase obrera y restablecimiento de las milicias armadas populares, las cuales coadyuvaron al triunfo de la revolución de abril (Sistema de Documentación e Información Sindical, 2019, pp. 119 - 130).

Durante el gobierno de Juan José Torres, caracterizado por una aparente simpatía con la izquierda y los obreros, en un clima de relativa estabilidad política, se organiza la “Asamblea Popular” en 1971, inaugurándose el 1° de mayo con la presencia de mineros, fabriles, ferroviarios, petroleros,

universitarios, maestros, sectores de clase media y partidos de izquierda. Era un parlamento obrero que fue el punto más alto de la experiencia organizativa política del movimiento obrero boliviano, este evento, se encontraría dividido en dos partes, la primera correspondía a la parte organizativa y presentación de temas para su deliberación, en la segunda parte se debía retomar los elementos pertinentes y dar paso a las discusiones de los temas en mesa, pero el advenimiento del golpe de Estado en agosto del mismo año frustró la continuidad de la asamblea (Strengers, 1992).

El General Hugo Banzer Suarez, tomó el poder un 19 de agosto de 1971, apoyado por el Frente Popular Nacionalista, tras recibir su investidura asumió una serie de medidas anti obreras; desmantelamiento de los partidos de izquierda, persecución, exilio y apresamiento de dirigentes mineros, secuestro de la sede sindical de la FSTMB, devaluación de la moneda, suspendió del derecho a huelga, y demás, así mismo, el ministerio de trabajo designó Coordinadores Laborales, agentes designados por el gobierno para limitar el accionar sindical, elemento que suprimió a los representantes legítimos de las direcciones sindicales, ante todo ello, los trabajadores respondieron creando comités de base y así se logró reaperturar las radios mineras, las cuales fueron asaltadas por militares al ser consideradas claves en la organización sindical, la FSTMB se reestructuró al margen de la voluntad del gobierno y en 1977 se declara en clandestinidad.

En diciembre de 1977 la FSTMB decreta paro general, medida que se suma a la huelga iniciada por cuatro mujeres mineras; Nelly de Paniagua, Aurora de Lora, Luzmila de Pimentel y Angélica Flores que acompañadas de sus hijos exigieron; amnistía para presos, exiliados y perseguidos por causas político sindicales, reposición en sus trabajos para quienes fueron despedidos por causas políticas, vigencias de todas las organizaciones sindicales, derogación de los decretos de militarización de los distritos mineros. Bajo estas demandas, tras 20 días, el

gobierno aceptó las medidas excepto la desmilitarización, ese fue el inicio del fin de la dictadura. El accionar de las valerosas amas de casa mineras puso fin a la dictadura la cual fue sepultada el 17 de enero de 1978 (Dunkerley, 2017).

Años más adelante se vive otro escenario de dictadura, el golpe de Estado de Gral. Luis García Meza el 17 de julio 1980, ante ello, el Comité Nacional de Defensa de la Democracia se declara en huelga en la sede de la FSTMB la cual es reprimida con violencia; se asesina al dirigente sindical Gualberto Vega Secretario de Cultura de la FSTMB, Carlos Flores diputado, Marcelo Quiroga del PS – 1, y en septiembre del mismo año en transmisión nacional se demuele la sede de la FSTMB y se secuestran cuatro automóviles de dicha institución.

Los mineros se organizan y comienza la resistencia a la dictadura, en Siglo XX se establece un cerco minero – campesino, en Huanuni se mantiene la lucha hasta el 20 de julio puesto que se interviene su radio por efectivos militares con un saldo de ocho muertos y 23 heridos, en Viloco la radio es destruida y varios trabajadores son asesinados en la escaramuza, en Atoroma soportaron hasta el tres de agosto con un saldo de tres muertos, en Caracoles lucharon hasta el cuatro de agosto con un saldo de 11 muertos 17 heridos y 19 desaparecidos, en Colquiri resistieron hasta el dos de agosto pues bombardearon radio Vanguardia con un saldo de dos muertos, en Telamayú hubo persecución, tortura y asesinato con saldo de 5 muertos y varios heridos.

El periodo de la Unión Democrática Popular (UDP) (1982) conocido y marcado por la crisis económica a lo que se suma la caída de la izquierda en Bolivia, la cual, en un intento por re articular este sector, los mineros deciden apoyar en las elecciones generales de 1985 al mal menor, que Víctor Paz Estensoro sea presidente, tesis propuesta por Filemón Escobar.

Para el año de 1983, tras una huelga realizada por los técnicos y administrativos de COMIBOL, los trabajadores tomaron el

control de labores administrativas de la empresa incrementando su eficiencia y producción, lo que se llamó la “Cogestión Obrera”, la cual, además de cumplir con los elementos mencionados, buscaba humanizar el trabajo minero en base a la coadministración y co-responsabilidad mediante la participación directa o representada dentro de todo el proceso productivo mediante comités y concejos de producción y administración que van de abajo hacia arriba, concejos – directores – gerentes – presidencia, todo con la finalidad de salvar el capital humano y contribuir al desarrollo del país (Dunkerley, 2017).

El 29 de agosto de 1985 se dicta el Decreto Supremo 21060, el cual respondía a una nueva política económica que consistió en; desnacionalización de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), desmantelamiento de la Empresa Nacional de Ferrocarriles (ENFE) y COMIBOL, liberación económica superación del estado del 52 traducido en el recorte y eliminación de las conquistas obreras, reducción del 70% de la fuerza laboral de COMIBOL, de 30.000 trabajadores 24.000 debían ser retirados, “relocalizados”, libertad para la contratación y despido de personal, disolución de la Corporación Boliviana de Fomento, regulación de la moneda a partir de la cotización del dólar y liberación de las exportaciones y fijación de un arancel único de importación.

Junto con el DS 21060 se viene la caída internacional del precio del estaño y lo que esperaba el gobierno, impulsan el cierre de las minas para desmantelar COMIBOL, YPFB, ENFE, etc., la vanguardia minera da pelea, el congreso de Oruro del 86, el tercer Congreso Extraordinario de Siglo XX el mismo 86, pero no hay manera de impedir el cierre de las minas, el desalojo de mineros. Para el año de 1989, en el VII congreso de la COB, se observa primero la disminución del peso político en número de los mineros, además de que la clase media, desde el 85 al 86, se ha derechizado, esto se lo ve en el apoyo y militancia en el partido político de Acción

Demócrata Nacionalista (ADN) del Gral. Hugo Banzer Suarez en las elecciones del 85 (Cajias, 2001).

En síntesis, el DS 21060 sepulta el estado del 52 rompiendo así el frágil equilibrio entre la nacionalización de las minas y su completa privatización, Víctor Paz Estensoro quien en 1952 había nacionalizado las grandes empresas mineras, 30 años después, es el mismo que lapida este proceso, iniciando así el periodo neoliberal y marcando la decadencia del movimiento minero.

Conclusiones

La historia del movimiento minero sindicalizado ha sido una constante lucha por conseguir una serie de reivindicaciones justas, no solo para el sector en particular, elemento que de manera paulatina los convertirá en vanguardia nacional, esto al interesarse por las demandas de otros sectores productivos del país.

Esta lucha, según la historiografía oficial, contempla la totalidad del siglo XX, desde el origen de las primeras organizaciones sindicales mineras y/o de oficios varios en los distintos distritos mineros en los primeros decenios de este siglo, hasta tener su punto de quiebre casi a finales de la década de los 80tas, en esa larga duración, se tiene la fundación de la FSTMB en 1944, la revolución nacional de 1952 y la organización de la Asamblea Popular en 1971, entre los más resaltantes, y serán estos los puntos máximos de organización del sector minero conjuntamente con otros sectores populares de la sociedad boliviana de ese entonces.

El nivel de madures política e ideológica de los trabajadores mineros es evidente en cada estadio de la historia nacional del siglo XX, la sociedad boliviana de aquel entonces tenía la mirada puesta a las decisiones propuestas por la FSTMB, emanadas de sus distintos ampliados y congresos, para tomar acciones concretas frente a determinadas coyunturas.

El DS 21060 marca el fin de un periodo de oro y el cierre de un ciclo histórico dentro

la historia nacional, teniendo un nuevo escenario, de corte neoliberal, que se lo puede situar desde el retroceso de la denominada “Marcha por la vida”, en 1986, hasta los primeros años del siglo XXI, donde si bien los trabajadores mineros estuvieron presentes, pero fueron otros sectores sociales los protagonistas de este nuevo proceso.

Referencias Bibliográficas

- Arraya Pareja, Laura Helena. (2017). *Tesis de maestría; La función social del arte en el teatro Nuevos Horizontes a partir del ideal anarquista*. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador Área de Letras y Estudios Culturales. Quito.
- Barcelli Soto, A. (2017). *Medio siglo de luchas sindicales revolucionarias en Bolivia*. Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social. La Paz.
- Cajias de la Vega, L. (1994). *Juan Lechín: historia de una leyenda*, los amigos del libro. La Paz.
- Cajias de la Vega, M., et al. (2001). *Visiones de fin de siglo; Bolivia y América Latina en el siglo XX*, Instituto Francés de Estudios Andinos. Lima.
- Chambi Ocaña, Airton Laureano. (2017). *Tesis de licenciatura; Los prisioneros bolivianos en la guerra del chaco y su relevancia en la post guerra (1932 – 1946)*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, carrera de Historia. La Paz.
- Cruz Pablo, et al. (2008). *Mina y metalurgia en los andes del sur desde la época prehispánica hasta el siglo XVIII*. Instituto Francés de Estudios Andinos. Lima.
- Dunkerley, J. (2017). *Rebelión en las venas; Lucha política en Bolivia 1952-1982*. Vicepresidencia del Estado Plurinacional. La Paz.
- Klein, H. [1981], [1990], (2001). *Historia de Bolivia*, Editorial Juventud. La Paz.
- Lora Escobar, G. (1969) *Historia del movimiento obrero boliviano; 1900 – 1923*; tomo 2, Los Amigos del Libro. La Paz.
- Oporto Ordoñez, L. (Dirección) et al. (2020). *Historia del movimiento minero de Bolivia: a través del testimonio de sus protagonistas 1952-1985*, Vicepresidencia del Estado Plurinacional. La Paz.
- Rodríguez Ostría, G. (2018). *Motines, huelgas y revolución; la formación de la conciencia e identidad minera 1825 – 1952*. Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social. La Paz.
- Rojas Padilla, J. J. (2016). *Sin carabineros no hay revolución, participación del cuerpo nacional de carabineros y policías en la revolución de abril de 1952*. La Paz: Topaz editores impresores.
- Serrano, C. (2004). *Historia de la minería andina boliviana Siglos XVI – XX*, UNESCO. Potosí.
- Sistema de Documentación e Información Sindical. (2019). *El Pensamiento político de los trabajadores mineros de Bolivia*. Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social. La Paz.
- Strengers, J. (1992). *La asamblea popular, Bolivia 1971*. La Paz: Ediciones Graficas “EG”.

Evaluación de la Fertilidad de Suelos para el Cultivo de Chirimoyo (*Annona cherimola*) en Predios Agrícolas del Instituto Tecnológico Avelino Siñani de Mizque

Franklin Colquechambi Barrios¹; Abraham Willams Pillco Colque²

¹Docente Carrera de Agropecuaria, Instituto Tecnológico Avelino Siñani de Mizque, Cochabamba, Bolivia franklincolquechambi@gmail.com, Orcid: 0000-0002-3837-0811

²Docente Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional "Siglo XX", Llallagua, Potosí, Bolivia

Resumen

Se realizó un estudio exhaustivo en los predios agrícolas del Instituto Tecnológico Avelino Siñani de Mizque con el fin de evaluar la fertilidad de los suelos para el cultivo de chirimoyo. El objetivo principal fue comprender las condiciones de textura, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica y los niveles de macro y micro nutrientes del suelo. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de la fundación CETABOL (Centro de Tecnología Agropecuaria en Bolivia), lo que permitió obtener resultados precisos y confiables. Según la interpretación y valoración de los resultados siguiendo las pautas establecidas en el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015), el suelo presenta un pH neutro, bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno, alto contenido de fósforo, muy alto contenido de potasio, contenido moderado de calcio y magnesio, y contenido normal de sodio y bases totales. En cuanto a los micronutrientes, se encontró un contenido medio de boro y bajo contenido de cobre, hierro y manganeso. La clase textural del suelo es arcillosa según el triángulo textural de USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). Estos resultados fueron fundamentales para desarrollar un plan de fertilización específico que se adapte a las necesidades de los suelos en los predios agrícolas del Instituto Tecnológico Avelino Siñani de Mizque.

Palabras-clave: Fertilización, materia orgánica, propiedades físicas, propiedades químicas

Evaluation of Soil Fertility for the Cultivation of Cherimoya (*Annona cherimola*) in Agricultural Farms of the Avelino Siñani Technological Institute of mizque

Colquechambi Barrios, F.; Pillco Colque, A. W.

Abstract

An exhaustive study was carried out in the agricultural properties of the Technological Institute Avelino Siñani of Mizque in order to evaluate the fertility of the soils for the cultivation of cherimoya. The main objective was to understand the conditions of texture, pH, electrical conductivity, cation exchange capacity, organic matter and the levels of macro and micro nutrients of the soil. These analyzes were carried out in the CETABOL laboratory (Agricultural Technology Center in Bolivia), which allowed obtaining precise and reliable results. According to the interpretation of the results using the IPNI (International Plant Nutrition Institute), the soil has a neutral pH, low content of organic matter and nitrogen, high content of phosphorus, very high content of potassium, moderate content of calcium and magnesium, and normal sodium content and total bases. Regarding micronutrients, a medium boron content and low copper, iron and manganese content were found. The soil texture is clayey according to the USDA textural triangle (United States Department of Agriculture). These results were fundamental to develop a specific fertilization plan that adapts to the needs of the soils in the agricultural properties of the Avelino Siñani of Mizque Technological Institute.

Keywords: Fertilization, organic matter, physical properties, chemical properties

Introducción

La fertilidad del suelo desempeña un papel fundamental en el rendimiento y la calidad de los cultivos agrícolas. La evaluación de la fertilidad del suelo se ha convertido en una herramienta crucial para los agricultores, ya que proporciona información necesaria para la toma de decisiones en la aplicación de fertilizantes (Smith y Muller, 2016). En este contexto, el cultivo de chirimoyo (*Annona cherimola*) ha ganado relevancia debido a su valor económico y potencial productivo en la región del Cono Sur de Cochabamba y más en el municipio de Mizque, donde el Instituto Tecnológico Avelino Siñani tiene sus predios agrícolas.

El cultivo de chirimoyo requiere condiciones edáficas específicas para su óptimo desarrollo y rendimiento. La composición química y física del suelo, así como la disponibilidad de nutrientes esenciales, desempeñan un papel crítico en el crecimiento y desarrollo de esta especie (Manzano et al., 2013), por lo tanto, es fundamental llevar a cabo una evaluación minuciosa de la fertilidad del suelo en los predios agrícolas del Instituto Tecnológico Avelino Siñani.

Los resultados de esta evaluación de la fertilidad de suelos permiten tomar decisiones sobre el uso de fertilizantes y la cantidad adecuada que requiere el suelo para evitar la degradación por el uso excesivo e inapropiado de fertilizantes. Asimismo, se espera que esta investigación contribuya al conocimiento científico y al desarrollo de estrategias de manejo de suelos adaptadas a las necesidades del cultivo de chirimoyo en la zona de estudio.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la fertilidad de los suelos en los predios agrícolas del Instituto Tecnológico Avelino Siñani, específicamente para la implantación de parcelas de cultivo de chirimoyo. Se determina parámetros clave, como la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, los niveles de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio), el pH del suelo y la capacidad de intercambio

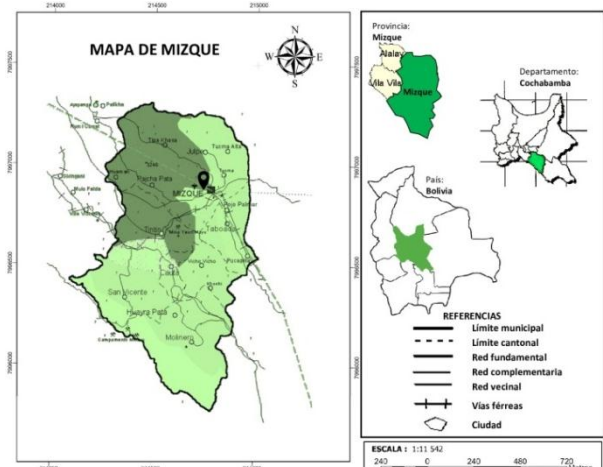
catiónico. Además, se recopilan datos sobre prácticas de manejo agrícola, como la aplicación de fertilizantes y enmiendas del suelo.

Materiales y Métodos

Ubicación del Área de Estudio

El presente estudio se llevó a cabo en los predios agrícolas del Instituto Tecnológico Avelino Siñani de Mizque, ubicado en la localidad de Mizque, provincia Mizque del departamento de Cochabamba aproximadamente a 160 km al sud este de la ciudad de Cochabamba (Figura 1) a una altura aproximada de 2000 msnm, entre las coordenadas geográficas de: 17° 45' y 18° 30' de latitud Sud y 66° 15' y 66° 45' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Estos predios presentan condiciones climáticas y edáficas propicias para el cultivo de chirimoyo.

Figura 1. Localización política del área de estudio (localidad Mizque)



Muestreo de suelos

El muestreo de suelos se realizó mediante la técnica zigzag lo que implicó seguir un recorrido en patrón zigzag y tomar muestras en puntos predefinidos. Se tomaron 15 submuestras del suelo de una hectárea de superficie tal como lo recomienda el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2011).

Las muestras se recolectaron siguiendo los procedimientos metodológicos establecidos por Guaygua y Espinoza (2008), quienes recomiendan tomar muestras a una profundidad de 30 cm de la capa arable, estas submuestras fueron homogéneamente mezcladas y mediante el método de cuarteo se obtuvo una muestra representativa del suelo, la cual fue enviada al laboratorio de suelos de la fundación CETABOL para su análisis correspondiente.

Análisis de laboratorio

El análisis de suelos se realizó en el laboratorio de suelos de la Fundación CETABOL para obtener información detallada sobre las propiedades físicas, químicas y materia orgánica del suelo en cuestión. El análisis de estas propiedades es esencial para tomar decisiones informadas en términos de fertilización, manejo y uso adecuado del suelo, garantizando así una producción agrícola eficiente y sostenible (Brady y Weil, 2016).

Interpretación y valoración de resultados del análisis de suelos

Los resultados del análisis de suelos fueron interpretados siguiendo las pautas establecidas en el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015). Este manual proporciona información detallada sobre los rangos óptimos de nutrientes en el suelo, las dosis recomendadas de fertilizantes y enmiendas, así como las estrategias de manejo adecuadas para mejorar la fertilidad del suelo (Castellanos, 2015), algunas unidades fueron convertidas para su mejor análisis según la planilla de cálculo para convertir equivalencias químicas y unidades de utilidad en agronomía del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2014).

La determinación de la clase textural del suelo se realizó utilizando el triángulo textural desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA,

1996). Este triángulo textural es una herramienta ampliamente reconocida y utilizada en la clasificación de suelos, que permite determinar la proporción relativa de arena, limo y arcilla presentes en una muestra de suelo (García y Frankenstein, 2015).

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos del laboratorio de suelos de la Fundación CETABOL proporcionó información sobre las propiedades físicas, químicas y nutricionales, para comprender la composición y la fertilidad del suelo, lo cual es fundamental para la toma de decisiones en la implementación del cultivo de chirimoyo. Los resultados obtenidos permitieron identificar aspectos como el pH, la textura, el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de macronutrientes, tales como nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros (Tabla 1).

Tabla 1. Resultado del análisis de suelos

Parámetros	Unidad	Resultados
pH	adimensional	7,07
Conductividad, electr; 1:5(C.E)	mS/cm	73,10
Arcilla	%	46,00
Limo	%	31,00
Arena	%	23,00
Materia orgánica (MO)total	g/kg	12,33
Materia orgánica oxidable	g/kg	9,48
Nitrógeno total (N)	g/kg	0,93
Relación C/N	Adimensional	7,69
Nitrógeno disponible	mg/kg	21,66
Fósforo disponible (P)	mg/kg	24,44
Azufre (S)	mg/kg	0,00
Potasio intercambiable (K)	cmolc/kg	0,63
Calcio intercambiable (Ca)	cmolc/kg	6,20
Magnesio intercambiable (Mg)	cmolc/kg	3,00
Sodio intercambiable (Na)	cmolc/kg	0,12
Aluminio intercambiable(Al)	meq/100g	0,00
Hierro (Fe)	mg/kg	10,00
Manganeso (Mn)	mg/kg	2,00
Zinc (Zn)	mg/kg	1,13
Cobre (Cu)	mg/kg	0,37
Boro (B)	mg/kg	0,35

Fuente: Fundación CETABOL, (2022)

La interpretación y valoración de los resultados se realizó siguiendo las pautas establecidas en el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015). Estos resultados son el producto de una evaluación detallada de parámetros clave, como pH, contenido de materia orgánica, niveles de macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros, algunas unidades fueron convertidas para su mejor análisis según la planilla de cálculo para convertir equivalencias químicas y unidades de utilidad en agronomía del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2014).

Tabla 2. Valoración del análisis de fertilidad

Parámetro	Resultado	Valoración
pH	7,07	Neutro
Materia Orgánica.(%)	1,23	Pobre
Nitrógeno (%)	0,09	Muy bajo
Fósforo (mg/kg)	24,44	Moderadamente alto
Aluminio (meq/100g)	0,00	Sin problemas
Potasio (cmolc/kg)	0,63	Moderadamente alto
Calcio (cmolc/kg)	6,20	Alto
Magnesio (cmolc/kg)	3,00	Normal
Sodio (cmolc/kg)	0,12	Normal
Bases totales	9,95	Moderadamente alto

La Tabla 2 revela varias características importantes, como el pH del suelo se encuentra en un rango neutro, lo cual es favorable para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, la materia orgánica presenta un bajo contenido, lo que puede indicar una fertilidad limitada del suelo. El contenido de nitrógeno es muy bajo, lo cual puede tener un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo del cultivo. El nivel de fósforo es moderadamente alto, lo que puede contribuir al suministro adecuado de este nutriente esencial para las plantas. El contenido de aluminio no representa un problema, ya que se encuentra en niveles no preocupantes. El potasio muestra un nivel moderadamente alto, lo que es beneficioso para el desarrollo de los

cultivos, además, los niveles de calcio y magnesio son altos y normales, respectivamente, lo cual es favorable para el suministro de estos nutrientes a las plantas. El sodio y las bases totales están en rangos normales según las pautas establecidas en el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015). Cuando el análisis sugiere que el suelo requiere mejoras en términos de materia orgánica y nitrógeno, Montgomery (2007), recomienda tomar medidas como agregar enmiendas orgánicas y fertilizantes nitrogenados para mejorar la fertilidad y la estructura del suelo, promoviendo así un ambiente propicio para el crecimiento saludable de las plantas.

Se realizaron cálculos del porcentaje de saturación de bases en el suelo ya que es un indicador clave de la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Este análisis proporciona información sobre la proporción de bases (calcio, magnesio, potasio y sodio) en relación con la capacidad total de intercambio de cationes del suelo, algunas unidades fueron convertidas para su mejor análisis según la planilla de cálculo para convertir equivalencias químicas y unidades de utilidad en agronomía del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2014).

Tabla 3. Porcentaje de saturación de bases

Parámetros	Resultado calculado	Valoración
Aluminio (%)	0,00	Sin problemas
Potasio (%)	6,33	Muy alto
Calcio (%)	62,31	Muy alto
Magnesio (%)	30,15	Muy alto
Sodio (%)	1,21	Normal no sódico
Bases totales	100	Alto

De acuerdo con la Tabla 3, el porcentaje de saturación de bases del suelo, según los resultados calculados, siguiendo las pautas establecidas en el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015), revela información importante sobre la disponibilidad de nutrientes y la calidad del

suelo. El contenido de aluminio se encuentra en niveles muy bajos, lo que indica que no hay problemas relacionados con la toxicidad de este elemento en el suelo. El porcentaje de saturación de potasio es muy alto, lo que sugiere una buena disponibilidad de este nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Además, los porcentajes de calcio y magnesio también son muy altos, lo que indica una abundancia de estos elementos en el suelo. El porcentaje de sodio se encuentra en un rango normal no sódico, lo que implica que no hay exceso de sodio en el suelo, lo cual es mejor para el desarrollo de los cultivos cuando el porcentaje de saturación de bases es alto, indica que los suelos poseen una buena capacidad para retener y suministrar nutrientes a las plantas (Wash, 2005).

Tabla 4. Valoración de elementos menores

Parámetros	Resultado	Valoración
Boro (mg/kg)	0,35	Medio
Cobre (mg/kg)	0,37	Bajo
Zinc (mg/kg)	1,13	Bajo
Hierro (mg/kg)	10	Bajo
Manganeso (mg/kg)	2	Bajo

El análisis de los elementos menores (Tabla 4) y la valoración proporcionada según el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015), revela niveles bajos de boro, cobre, zinc, hierro y manganeso. Estos elementos son considerados como micronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los niveles bajos de elementos menores indican deficiencia de estos nutrientes en el suelo, lo cual puede afectar negativamente la salud y la productividad de los cultivos, es importante considerar estrategias de fertilización y corrección adecuadas para garantizar una disponibilidad óptima elementos menores y así promover un crecimiento saludable de las plantas (Jones, 2012).

Tabla 5. Valoración de otras determinaciones

Parámetros	Resultado	Valoración
CIC (meq/100g)	9,95	Bajo
CE (mmhos/cm)	73,1	Alta
C.I.C. Efectiva (meq/100g)	9,95	Bajo

La Tabla 5 muestra el análisis de otras determinaciones en el suelo, los resultados y la valoración proporcionada según el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015), revela una capacidad de intercambio catiónico (CIC) baja, una conductividad eléctrica alta y una CIC efectiva también baja. Según Mc Laughlin (2005), la capacidad de intercambio catiónico es un indicador de la capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes a las plantas, y un valor bajo puede limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales. Para Pessaraki (2001), la conductividad eléctrica alta puede afectar negativamente el crecimiento del cultivo, ya que está asociada con altos niveles de sales disueltas en el suelo, lo que puede resultar en un estrés osmótico para las plantas, esto dificulta la absorción de agua por parte de las raíces y afectar la disponibilidad de nutrientes esenciales. Por otro lado, una CIC efectiva baja puede resultar en una menor capacidad de retención de cationes esenciales, como calcio, magnesio, potasio y otros micronutrientes, lo que reduce la disponibilidad de estos nutrientes para las raíces de las plantas (Lal, 2008).

Tabla 6. Valoración de la relación entre cationes

Parámetros	Resultado calculado	Valoración
Ca/Mg	2,07	Ideal
Mg/K	4,76	Aceptable
Ca/K	9,84	Dentro del margen adecuado
(Ca+Mg)/K	14,60	Dentro del margen adecuado
(Ca+Mg+K)/Al	12,50	Margen adecuado para K
RAS	6,50	Normal

La relación entre cationes según en el suelo según la Tabla 6 y el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015), revela información importante sobre la proporción y equilibrio de los cationes en el suelo. La relación Ca/Mg se encuentra en un nivel ideal,

lo cual indica un equilibrio adecuado entre el calcio y el magnesio en el suelo. La relación Mg/K es considerada aceptable, lo que sugiere una proporción adecuada entre el magnesio y el potasio. La relación Ca/K se encuentra dentro del margen adecuado, lo que indica una proporción equilibrada entre el calcio y el potasio en el suelo. Además, la relación (Ca+Mg)/K también se encuentra dentro del margen adecuado, lo que sugiere un equilibrio adecuado entre la suma del calcio y el magnesio en relación con el potasio. La relación (Ca+Mg+K)/Al muestra un margen adecuado para el potasio en relación con el aluminio. Por último, el índice de sodicidad relativa (RAS) se encuentra en un nivel normal, lo cual indica que no hay problemas de salinidad en el suelo, existe un equilibrio adecuado entre los cationes evaluados, lo que favorece un ambiente propicio para el desarrollo de los cultivos (Gutiérrez, 2005).

Tabla 7. Valoración textural e índice de fertilidad

Parámetros	Resultado	Valoración	
% de arcilla	46,00	Alta	
% de arena	31,00	Bajo	
% de limo	23,00	Bajo	
Clase textural	Arcilloso	Susceptible a compactación	a
Densidad Aparente (gr/cm ³)	3,00	Compactado moderado	
Índice de fertilidad	3,57	Baja fertilidad	

La clasificación textural del suelo y el índice de fertilidad conforme la Tabla 6, y según el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015), revela información importante sobre la composición y calidad del suelo. La textura del suelo se clasifica como arcilloso, según el triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2017), esta composición textural puede hacer que el suelo sea susceptible a la compactación, lo que puede dificultar el crecimiento de las raíces y limitar el flujo de agua y nutrientes (FAO, 2017). Además, la densidad aparente del suelo indica un grado moderado de compactación. Según Hillel

(2003), cuando la densidad aparente indica un grado moderado de compactación, puede afectar la aireación y la infiltración de agua limitando el desarrollo de las raíces y afectar negativamente el crecimiento de las plantas. En cuanto al índice de fertilidad, se obtuvo una valoración de baja fertilidad. Esto indica que los niveles de nutrientes esenciales son insuficientes para el óptimo crecimiento de las plantas, para lo cual será necesario aplicar enmiendas orgánicas o inorgánicas, como fertilizantes, para corregir las deficiencias y restablecer los niveles adecuados de nutrientes, garantizando así un ambiente propicio para el desarrollo de cultivos saludables y productivos (Brady y Weil, 2012).

Tabla 8. Déficit de nutrientes

Nutrientes	Requerimiento	Asimilable en el suelo	Deficiente
N (Kg/ha)	70,00	23,00	47,00
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	27,00	8,00	19,00
K ₂ O (Kg/ha)	36,00	249,00	-213,00
CaO (Kg/ha)	28,00	1457,00	-1429,00
MgO (Kg/ha)	17,00	501,00	-465,00
S (Kg/ha)	1,00	23,00	-22,00
Zn (Kg/ha)	<1,00	3,00	-3,00
B (Kg/ha)	<1,00	1,05	-0,9,00
Fe (Kg/ha)	3,00	30,00	-27,00
Mn (Kg/ha)	1,00	6,00	-5,00
Cu (Kg/ha)	1,00	1,00	0,00

De acuerdo con la Tabla 8, el déficit de nutrientes según el manual de fertilidad de suelos del Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI, 2015), revela la situación de déficit de nutrientes en el suelo, en comparación con los requerimientos del cultivo de Chirimoyo. Se observa un déficit significativo en varios nutrientes esenciales. El nitrógeno (N) muestra un déficit de 47 kg/ha, el fósforo (P₂O₅) de 19 kg/ha, por el contrario el potasio (K₂O) posee un excedente de 213 kg/ha, el calcio (CaO) de 1429 kg/ha, el magnesio (MgO) de 465 kg/ha, el azufre (S) de 22 kg/ha, el zinc (Zn) de 3 kg/ha, el boro (B) de 0,9 kg/ha, el hierro (Fe) de 27 kg/ha y el manganeso (Mn) de 5 kg/ha. Estos

valores indican que en el suelo existe un déficit de nitrógeno y fósforo. Según Adams (2011) el nitrógeno es un componente fundamental de las proteínas, enzimas y ácidos nucleicos de las plantas, es esencial para la síntesis de clorofila, el pigmento responsable de la fotosíntesis, así como para el desarrollo de los tejidos vegetales, incluyendo las hojas, tallos y raíces. Un déficit de nitrógeno en el suelo puede provocar una disminución en la producción de proteínas y una reducción en el tamaño y vigor de las plantas. Por otro lado Rowell (1994) menciona que el fósforo desempeña un papel crucial en la transferencia y almacenamiento de energía en las plantas, a través de su participación en la síntesis de ATP (adenosín trifosfato). Un déficit de fósforo en el suelo puede limitar el crecimiento de las raíces y la floración. Esto se traduce en un crecimiento lento, desarrollo raquíutico de las plantas, raíces poco desarrolladas y una baja producción de flores y frutos.

Conclusiones

Las propiedades físicas del suelo, se demostró que los suelos presentan una textura arcillosa que indica una susceptibilidad a la compactación y un potencial limitado para retener nutrientes. Además, se encontró una densidad aparente moderadamente compactada, lo que podría afectar la aireación y el desarrollo radicular.

En relación a las propiedades químicas, el pH del suelo es neutro, lo cual es favorable para el crecimiento del chirimoyo, sin embargo, se identificó un bajo contenido de materia orgánica, lo que indica la necesidad de implementar prácticas de manejo que promuevan la disminución de materia orgánica al suelo. También se observaron niveles deficientes en varios nutrientes esenciales, como nitrógeno y fósforo, estos pueden limitar el crecimiento y rendimiento de los cultivos, por lo que se recomienda la aplicación de fertilizantes y enmiendas para corregir estas deficiencias.

En términos de la relación entre cationes, se encontró una relación adecuada entre calcio y magnesio, así como una proporción aceptable entre magnesio y potasio. Sin embargo, se observaron desequilibrios en la relación entre potasio y aluminio, lo que puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Es importante tomar medidas para corregir estos desequilibrios y promover una relación equilibrada entre los cationes.

El presente diagnóstico sobre el estudio de la fertilidad de suelos con fines de producción de chirimoyo, nos permitió la elaboración de un plan de fertilización según el cultivo, ya que cada cultivo es distinto en cuanto a requerimientos nutricionales. Según la interpretación de los resultados, la fertilización se debe realizar en tres ciclos, los fertilizantes sugeridos son fosfato diamónico, Urea y guano de corral cada uno de estos vienen en bolsas de 50 kg, se debe fertilizar con 59 kg de fosfato di amónico, 111 kg de UREA y 800 kg de guano, esto con el fin de completar los requerimientos nutricionales en el suelo para el cultivo de Chirimoya.

Agradecimiento

El autor desea expresar su sincero agradecimiento a la Dirección del Instituto de Investigación de la Universidad Nacional "Siglo XX" Dr. Esteban Choque Conde, por su valioso apoyo a los investigadores y su significativa contribución a la ciencia. Su respaldo ha sido fundamental para el desarrollo de esta investigación y su impacto en el avance del conocimiento.

Referencias Bibliográficas

- Adams, F. (2011). *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems and Management*. John Wiley & Sons.
- Alurralde, A. (2018). Interpretación de análisis de suelos. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial*. N° 80.

- Brady, N.C., & Weil, R.R. (2012). *La Naturaleza y Propiedades de los Suelos* (15ª ed.). Pearson.
- Castellanos, J. (2015). Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, *Intagri, Revista técnica*.
- Chilón, E. (2012). *Manual de Edafología, practica de campo y laboratorio*. La Paz – Bolivia. Editado en la facultad de Agronomía UMSA. 139 – 173.
- Departamento de agricultura de los Estados Unidos [USDA]. (1996). *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations. Washington DC USA: Reporte N° 42. Version 3.0
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA]. (2017). *Soil texture*. https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/office/ssr10/tr/?cid=nrcs144p2_074869
- Droux M. (2004). Sulfur assimilation and the role of sulphur in plant metabolism: A survey. *Photosynthesis Research*. 79, 331-348.
- García-Gaines, R.A. and Frankenstein, S. (2015). *USCS and the USDA Soil Classification System: Development of a Mapping Scheme*. U.S. Army Engineer Research and Development Center.
- Guaygua, G. y Espinoza, D. (2012). *Muestreo de suelos e interpretación de resultados de laboratorio*.
- Gutiérrez, F. (2005). *Física del Suelo*. McGraw-Hill Interamericana.
- Hillel, D. (2003). *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier Academic Press.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2011). Propiedades físicas de los suelos. La Rioja, Argentina. INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/propiedades-s-fisicas-de-los-suelos>
- International Plant Nutrition Institute. (2014). *Spreadsheet to convert chemical equivalences and utility units in agronomy*. Norcross, GA, Estados Unidos: International Plant Nutrition Institute.
- International Plant Nutrition Institute. (2015). *Soil Fertility Manual*. Norcross, GA, Estados Unidos: International Plant Nutrition Institute.
- Jones Jr., J. B. (2012). *Plant Nutrition Manual*. CRC Press.
- Lal, R. (2008). *Principios de Conservación y Manejo de Suelos*. Saltador.
- Manzano, J., Rivera, P., et al. (2013). Rehabilitation of Saline-Sodic Soils: Acase study in Irrigation Distric 086. *Tierra Latinoamericana*, 32 (3): 11p.
- McLaughlin, NBA. (2005). *Principios de las relaciones suelo-agua planta*. Prensa académica de Elsevier.
- Montgomery, D. R. (2007). *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University of California Press.
- Pessaraki, M. (2001). *Manual de fisiología vegetal y de cultivos*. Marcel Dekker.
- Ramírez, García, Wendy y Sánchez, Saray. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&tlng=es.
- Rowell, D. L. (1994). *Soil Science: Methods and Applications*. Longman Scientific & Technical.
- Smith, S. E., & Muller, J. L. (Eds.). (2016). *Fertilization of Soils: A Future for Sustainable Food Production in the Face of Population Growth*. San Diego, CA: Academic Press.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., & Havlin, J. L. (2013). *Soil Fertility and Fertilizers* (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Wash, N. S. (2005). *Suelos y fertilidad de suelos*. Ediciones Mundi-Prensa.

El Derecho Administrativo y su Procedimiento en el Sistema Disciplinario del Magisterio en el Marco del Sistema Educativo Plurinacional de Bolivia

Sady Omar Fernández Rodríguez

Estudiante de la Carrera de Derecho, Universidad Nacional "Siglo XX", LLallagua, Potosí, Bolivia, 71825198, fsadyomar@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo, tiene el objetivo de identificar el derecho administrativo y su procedimiento en el Sistema disciplinario del Magisterio en el Marco del Sistema Educativo Plurinacional, mediante el diálogo con los autores dentro las reflexiones realizadas, para comprender la conformación del tribunal disciplinario especializado. Consiguientemente la metodología utilizada para el presente trabajo de investigación el estudio se realizó aplicando el método jurídico y análisis, a partir del diálogo con los autores del derecho administrativo y su procedimiento, se observa y analiza acerca de la implementación de los tribunales especializados en materia disciplinaria en sus diferentes etapas en el sistema disciplinario del magisterio. Este análisis se realiza conforme a las normas jurídicas que alinean el procedimiento del derecho administrativo dentro el reglamento de faltas y sanciones estipuladas en nuestra legislación administrativa en el ámbito de Educación cuya solución es conforme al derecho administrativo y su procedimiento. También la necesidad de contar con un tribunal disciplinario especializado en la carrera administrativa del magisterio boliviano.

Palabras clave: Normas jurídicas, reglamento de faltas y sanciones, tribunal disciplinario, tribunal especializado.

Administrative Law and its Procedure in the Disciplinary System of the Teachers in the Framework of the Plurinational Educational System of Bolivia

Fernández Rodríguez, S. O.

Abstract

In the present work, it has the objective of identifying administrative law and its procedure in the Disciplinary System of the Teaching in the Framework of the Plurinational Educational System, through dialogue with the authors within the reflections made, to understand the formation of the specialized disciplinary court. Consequently, the methodology used for this research work, the study was carried out applying the legal method and analysis, from the dialogue with the authors of administrative law and its procedure; it is observed and analyzed about the implementation of specialized courts in disciplinary matters in its different stages in the disciplinary system of the teaching profession. This analysis is carried out in accordance with the legal norms that align the procedure of administrative law within the regulation of offenses and sanctions stipulated in our administrative legislation in the field of Education whose solution is in accordance with administrative law and its procedure. Also the need to have a disciplinary court specialized in the administrative career of Bolivian teachers.

Keywords: Legal norms, regulation of offenses and sanctions, disciplinary court, specialized court.

Introducción

El Derecho administrativo y el procedimiento administrativo en nuestro Estado Plurinacional de Bolivia, son normas jurídicas emitidas por el estado de derecho, de acuerdo a instancias de independencia. Estas se encuentran reguladas en la Ley del Procedimiento Administrativo de acuerdo al procedimiento del reglamento de faltas y sanciones del magisterio.

Otras normas tales como: Ley de organización del poder ejecutivo, Ley de descentralización administrativa, Ley del estatuto del funcionario público, Ley de Administración y Control Gubernamental (SAFCO), regulan el accionar del funcionario público por encargo social.

El objetivo de la investigación es la conformación de los tribunales disciplinarios especializados dentro el derecho administrativo y el procesal, mediante el derecho administrativo y su procedimiento, para comprender la situación jurídica en el marco del derecho administrativo.

El presente trabajo de investigación, es transversal en el derecho administrativo, el estudio se realizó con el diálogo con los autores y asimismo, con la revisión bibliográfica dentro el análisis y discusión, cuyo método empleado es Jurídico, en el cual, estableció principios jurídicos desde su análisis e interpretación jurídica. Consiguientemente, las principales características del procedimiento administrativo dentro el derecho administrativo y su aplicación permitieron las reflexiones del diálogo con los autores.

El Derecho Administrativo y su Aplicación en el Estado Plurinacional de Bolivia

El Derecho Administrativo

En nuestro Estado Plurinacional de Bolivia y el mundo, concebimos al derecho administrativos desde diferentes ángulos lo que nos permite comprender diferentes realidades, en sus conceptualizaciones y sus

definiciones. Varios autores hablan al respecto:

Martínez (2018) afirma que “El derecho Administrativo, es el conjunto de normas jurídicas del derecho público interno que regulan la actividad administrativa de los órganos del poder público, en aplicación del procedimiento administrativo” (p. 68), Tal como señala el autor, estamos de acuerdo con el hecho de que se trata de un conjunto de normas jurídicas del derecho público, que al mismo tiempo incorpora el procedimiento administrativo, lo cual se comprende en la administración pública.

Normas aplicativas del Derecho Administrativos

La Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (CPE)

La Carta Magna de la Constitución Política del estado, nos permite comprender las diferentes normas y artículos que se señalan a continuación: artículo 1, la descentralización y con autonomías, artículo 165, la composición del órgano ejecutivo, artículo 172, atribuciones del presidente del Estado, artículo 175, atribuciones de los ministros de Estado, artículo 205, Órgano Electoral Plurinacional, artículo 302, competencias de los Gobiernos Autónomos Municipales, artículo 326 la política monetaria, artículo 339 donde están los bienes y recursos del estado y su distribución. Como se advierte en estos artículos estamos enmarcados en la CPE, en la concepción del derecho administrativo.

Diferentes Leyes que permiten promover el Derecho Administrativo

Por otra parte, encontramos un conjunto de disposiciones normativas que promueven el ejercicio del Derecho Administrativo como las siguientes:

- La Ley No. 3545 del 28 de noviembre del 2006, reconducción Comunitaria

- Ley 3351 de 21 de febrero de 2006, organización del Poder Ejecutivo.
- Ley 2341 de 28 de abril de 2002, procedimiento administrativo aplicable a las actuaciones de la administración pública.
- Ley 2027, del 27 de octubre de 199, estatuto del funcionario público, que en la presente ley regula las relaciones de los servidores públicos, de acuerdo a obligaciones, prohibiciones y sanciones.
- La Ley No. 1818 de 22 de diciembre de 1997 del defensor del pueblo
- La Ley 1178, del 20 de junio de 1990, del sistema de administración, Fiscalización, y Control Gubernamentales, quienes son los que regulan el sistema de control de la inversión de los recursos públicos.

Principio y características del derecho administrativo

Legalidad, permite comprender principalmente al sometimiento a la Ley como nos señala el artículo 4 de la Ley 2341, menciona “La administración pública regirá sus actos con sometimiento pleno a la Ley”, “sus actuaciones se presumen, salvo expresa declaración judicial en contrario”, por lo expuesto es dentro el ordenamiento jurídico administrativo, en la cual toda la administración pública se encuentra sometida a la Ley.

Objetividad, hace referencia al hecho de encontrar en una norma como la Constitución Política del Estado, leyes, reglamentos que determinen la llamada competencia administrativa del ejecutivo, de los gobiernos autónomos departamentales y municipales.

Irrenunciabilidad, se puede comprender que es una característica propia de los órganos administrativos.

Improrrogabilidad, de la competencia en la cual, como nos afirma Martínez (2018) menciona que “es intransferible de un ente a

otro, salvo que una norma constitucional o legal así lo autorice desconcentración administrativa y descentralización administrativa, o resulte como consecuencia de la relación de subordinación y jerarquía” (p. 92), Esto nos permite comprender que no se puede desconcentrar y descentralizar dentro la administración.

Los actos administrativos dentro el Derecho Administrativos

Los actos administrativos se pueden definir desde la doctrina, sin embargo señalamos de acuerdo a la Ley 2341, Ley de procedimiento Administrativo, donde menciona, “Se considera acto administrativo, toda declaración, disposición o decisión de la Administración Pública, de alcance general o particular, emitida en ejercicio de la potestad administrativa, normada o discrecional, cumpliendo con los requisitos y formalidades establecidos en la presente Ley, que produce efectos jurídicos sobre el administrado. Es obligatorio, exigible, ejecutable y se presume legítimo”.

Las características de los actos administrativos son las siguientes:

Presunción de Legitimidad, Saavedra (2013) menciona “...consiste en la suposición de que el acto fue emitido conforme a Derecho, es decir que su emisión responde a todas las prescripciones legales” (p. 81), es por el cual que se cuenta con la presunción de legalidad.

Ejecutividad, para, Saavedra (2013) manifiesta que la ejecutividad es “como rasgo común y ordinario la fuerza obligatoria, el deber de cumplirlo y su posible ejecutoriedad” (p. 82), nos hace referencia a la obligatoriedad del cumplimiento del ordenamiento jurídico.

Ejecutoriedad, López (2013) afirma que “La autoridad administrativa podrá ejecutar sus propios actos administrativos, a través de medios directos de coerción, cuando el ordenamiento jurídico, en forma expresa le faculte... En los demás casos, la ejecución

coactiva de sus actos será requerida en sede judicial” (p. 190), como nos menciona es la que se impone deberes o prácticamente restricciones dentro el ordenamiento jurídico.

Impugnabilidad, como característica de los actos administrativos se lo define Martínez (2018) manifiesta “la impugnabilidad, por cuanto son recurribles en sede administrativa y jurisdiccional” (p. 221), es por el cual el acto administrativo es impugnabile, es por el cual que un acto administrativo puede ser cuestionado con recursos administrativos y recursos judiciales.

Estabilidad, el acto administrativo cuya característica es estabilidad contempla según, López (2013) afirma que “el acto administrativo individual que otorga o reconoce un derecho al administrado, una vez notificada, no podrá ser revocado en sede administrativa, salvo que: a) la revocación sea consecuencia de un recurso administrativo interpuesto en términos por un administrado” (p. 82), es en relación a la seguridad jurídica.

Diferentes actos administrativos

La autorización, es la asignación o admisión de una administración dentro un determinado derecho preexistente.

El permiso, se considera que es la licencia, por tanto, es un acto que faculta la ley para asignar un derecho.

Sanciones, es un acto administrativo que sanciona, la imposición ante una infracción del servidor o servidora pública.

El proceso administrativo dentro el Derecho Administrativo

El derecho Administrativo y su procedimiento se define, de acuerdo a, Saavedra (2013) manifiesta, “...el cumplimiento es requisito sine qua non, para la efectividad del acto administrativo; si no se cumple el procedimiento, el acto administrativo no nace válidamente a la vida jurídica” (p. 80), Por lo expuesto podemos hacer referencia al hecho de que el procedimiento administrativo son las

diferentes formalidades dentro la administración pública de nuestro Estado Plurinacional de Bolivia, al mismo tiempo se constituye como requisito en la Administración Pública, por ello es de vital importancia las decisiones administrativas.

Principios jurídicos dentro el derecho administrativo

Legalidad Objetiva, nos hace referencia a la legalidad de los tratados internacionales, leyes nacionales estatutos autonómicos, dentro los gobiernos nacionales, departamentales y municipales, para comprender la legitimidad, y la legalidad.

Debido Proceso, de acuerdo a la Sentencia Constitucional (SC) 1534/2003-R, manifiesta, “...potestad inviolable del individuo a ser escuchado en juicio presentado las pruebas que estime convenientes en su cargo, haciendo uso efectivo de los recursos que la Ley le franquea (...), interpretación constitucional, de la que se extrae que el derecho a la defensa alcanza a los siguientes ámbitos: i) el derecho a ser escuchado en el procesos; ii) el derecho a presentar prueba; iii) el derecho a hacer uso de los recursos; y iv) el derecho a la observancia de los requisitos de cada instancia procesal”. Se puede apreciar que es de vital importancia comprender el debido proceso a ser escuchado, y así mismo hacer presentado los diferentes recursos.

Gratuidad, según la manifestación de, López (2013) afirma que “Respalda los derechos de los administrados quienes estarán obligados a realizar presentaciones personales o patrimoniales a favor de la Administración Pública, cuando la Ley o norma jurídica expresamente lo establezca” (p.205), Este principio garantiza el debido proceso de todos los habitantes de nuestro estado, para realizar respaldar los derechos de todos los administrados en la administración pública.

Eficacia, el artículo 4, en su inciso j) de la Ley no. 2341 de procedimiento Administrativo, a la letra menciona, “todo procedimiento administrativo debe lograr su finalidad evitando dilaciones indebidas”. La

eficacia es la celeridad del proceso el cual se persigue.

Proporcionalidad, desde su más amplia comprensión de, López (2013) manifiesta "...actuará con sometimiento a los fines establecidos en la Ley de Procedimiento Administrativo, debiendo buscar los medios más adecuados para su cumplimiento" (p.205), Para el cumplimiento del procedimiento administrativo, se deberá realizar el sometimiento a los fines de la Ley.

El Derecho administrativo en el Sistema Educativo Plurinacional y la administración pública

El Sistema Educativo Plurinacional, desde la referencia de la Constitución Política del Estado Bolivia, en su Artículo 79 y 80, tiene como objetivo la formación integral de las personas y el fortalecimiento de la conciencia social crítica en la vida y para la vida. Dentro del ámbito de la educación se organizan los sub sistemas de Educación Alternativa y Especial, Regular y Superior. Para cada uno de ellos, el derecho administrativo es el mismo dentro el marco jurídico de acuerdo a la legislación, y la administración pública.

Consecuentemente la administración pública hace referencia a los actos administrativos dentro de los diferentes sub sistemas, desde el accionar hasta el proceder. Se trata de un acto administrativo de las diferentes instituciones públicas de nuestro estado, que en el caso de la educación, se generan y aplican normas y legislaciones para que funcione el conjunto del sistema.

Según, Mostajo (2004) afirma que "La administración pública debe intervenir en la educación como un buen "pater familias" preocupado por la protección de las personas de los grupos vulnerables y las mujeres para la prevención de los delitos, faltas y contraversiones" (p. 7), como nos menciona que la administración pública cuya esencia es la prevención en las sanciones, faltas, y delitos, de acuerdo a responsabilidades, según nuestro ordenamiento jurídico y el orden público, para

comprender nuestra administración pública desde la administración de la educación.

Para Rodríguez (1987) el parasitismo de la inoperancia "...usurpación y abuso de autoridad, el cohecho, el peculado, la negación y el retardo de justicia, son algunos aspectos negativos de un poder mal empleado, lesivo de los derechos de los contribuyentes y los usuarios y contrario al interés público" (p. 39), Aquí puede apreciar la importancia de ser administrador público en la educación que, sin embargo, para no estar usando maniobras o hacer abuso de autoridad, se debe comprender la administración pública desde una concepción jurídica que también nos permita comprender nuestra realidad de la cual generemos procesos de comprensión jurídica.

La competencia, de la autoridad en la administración educativa

En el aspecto educativo, la enmarcación de la competencia, es muy importante para comprender lo que son las facultades, las diferentes responsabilidades y las potestades desde un marco comprensivo al interior del cual se generan espacios de la administración educativa.

La Ley No. 2341 de Procedimiento Administrativo, en el artículo 5, menciona "Los órganos administrativos tendrán competencia para conocer y resolver un asunto administrativo cuando éste emane, derive o resuelve expresamente de la Constitución Política del estado, las leyes y las disposiciones reglamentarias". Afirma en el enunciado, que la competencia es atribuida prácticamente a un órgano de la administración, para conocer y resolver un acto administrativo.

Consecuentemente, señala Martínez (2018) la competencia "es el conjunto de atribuciones y obligaciones propias de los órganos administrativos y sujetos estatales en el ejercicios de sus funciones administrativas, que el titular (personal individual) de los mismos puede y debe legalmente ejercer" (p. 89), Como nos indica que la potestad es el

encargo social que encomienda la sociedad a la autoridad de la expresión de la voluntad.

El Poder, dentro la administración pública nos permite comprender para generar espacios de administración social de la cual comprendemos la interacción social del personal de servicio.

Responsabilidad por la función pública

Dentro nuestro estado Plurinacional de Bolivia, se tiene una responsabilidad a la función pública, reguladas por la Ley SAFCO, 1178, Sistema de Administración, Fiscalización y Control Gubernamental donde establece las diferentes responsabilidades a la función pública.

Administrativa

La función pública, establece la responsabilidad administrativa, que nos señala Martínez (2018) a la letra menciona "...proceso interno, que es el procedimiento administrativo que se incoa a denuncia, de oficio o a base de un dictamen dentro una entidad a un servidor o ex servidor público, a fin de determinar si es responsable de alguna contravención (...)" (p. 15), Entonces, de esta manera es que regula la conducta de los sujetos de los servidores y exservidores públicos sobre la función pública.

Señalada en el Artículo 29 de la Ley 1178 SAFCO, menciona "La responsabilidad es administrativa cuando la acción u omisión contraviene el ordenamiento jurídico administrativo y las normas que regulan la conducta funcionaria del servidor público. Se determinará por procesos interno de cada entidad que tomará en cuenta los resultados de la auditoria si lo hubiere". Como anteriormente se señaló, la responsabilidad administrativa se inicia a oficio o dictamen hacia un servidor público.

Ejecutiva

La responsabilidad ejecutiva, está también regulada por la Ley 1178 SAFCO,

donde se establece la finalidad de, "Lograr que todo servidor público, sin distinción de jerarquía, asuma plena responsabilidad por sus actos rindiendo cuenta no sólo de los objetivos a que se destinaron los recursos públicos que le fueron confiados sino también de la forma y resultado de su aplicación.

Para López (2013) menciona la responsabilidad ejecutiva "emerge de una gestión deficiente o negligente, así como del incumplimiento de los mandatos expresamente señalados en la Ley (...) las estrategias, políticas, planes y programas de la entidad no se han ajustado oportunamente conforme a los resultados..." (p. 141), nos permite indicar que la función ejecutiva, es sobre el ejecutivo de una institución pública cuyo objetivo siempre es la responsabilidad pública que así mismo para transparentar.

Civil

La responsabilidad civil regulada por la Ley 1178 (SAFCO), establece según la Ley, cuando exista daño al Estado valuable en dinero, donde la acción u omisión realizare el sujeto de la función público a todos los servidores públicos. Los cuales también de acuerdo a la sujeción de la Ley donde crea la jurisdicción del coactivo fiscal.

Penal

La responsabilidad penal, también regulados por la Ley 1178 (SAFCO), se establece cuando es tipificado en el Código Penal, que también se encuentra en la Ley 004, Marcelo Quiroga Santa Cruz, cuya Ley es de Lucha Contra la Corrupción, Enriquecimiento Ilícito e Investigación de Fortunas, los cuales establece los delitos de: peculados, malversación, cohecho pasivo propio, uso indebido de influencias, beneficios en razón de cargo, omisión de la declaración de bienes y rentas, negociaciones incompatibles con el ejercicio a la función pública, resoluciones contraria a la Constitución y a las Leyes.

El proceso administrativo en la función pública

Para Martínez (2018) el proceso administrativo en la función pública, menciona “la función administrativa es toda aquella actividad general o particular, unilateral o bilateral, que produce y realiza el órgano ejecutivo y los entes que dependen o están supervisados por éste” (p. 31), El proceso administrativo, según las normas que regulan los actos administrativos en la función pública, los cuales también permite comprender la protección a la sociedad, donde las competencias son asignadas por la Constitución Política del Estado.

Sistema Disciplinario

Es un conjunto de principios, normas fundamentos, reglas ordenadas y sistematizadas, estructuradas con un método y finalidad del proceso administrativo, de los juzgamiento y sanciones en el sector de la administración administrativa.

Estructura Administrativa y jurídica del Ministerio de Educación

- a) Viceministerio de Educación Regular
 - Dirección General de Educación Primaria
 - Dirección General de Educación Secundaria
- b) Viceministerio de Educación Alternativa y Especial
 - Dirección General de Educación de Adultos
 - Dirección General de Educación Especial
 - Dirección General de Post Alfabetización
- c) Viceministerio de Educación Superior de Formación Profesional
 - Dirección General de Educación Superior técnica Tecnológica, Lingüística y Artística
 - Dirección General de Educación Superior Universitaria
 - Dirección General de Formación de Maestros
- d) Viceministerio de Ciencia y Tecnología

- Dirección General de Ciencia y Tecnología
- Dirección General de Tecnología de la Información y Comunicación
- e) Administrativas
 - Dirección General de Asuntos Administrativos
 - Dirección General de Asuntos Jurídicos
 - Dirección General de Planificación
- f) Direcciones Departamentales
 - Direcciones Distritales
 - Direcciones de Unidad-Direcciones de Centros Educativos

Reglamento de faltas y sanciones

La Resolución Suprema 212414 del Reglamento de Faltas y Sanciones del Magisterio y Personal Docente y Administrativo, en el artículo 8, determina “las (...) faltas leves, graves y muy graves”. Afirmo en el enunciado y nos hace referencia al reglamento de faltas y sanciones. Allí se inscribe el ámbito del magisterio tipificando las faltas y las sanciones lo que justifica la constitución de los tribunales.

Los tribunales disciplinarios

La Resolución Suprema 212414, del reglamento de Faltas y Sanciones del Magisterio y Personal Docente y Administrativo, en el artículo 15, menciona “los tribunales disciplinarios estarán organizados en los niveles nacional y departamental. Se compondrán de un Presidente, un Fiscal Promotor y un Secretario Actuario”. Afirmo en el enunciado la organización del Tribunal Disciplinario para atender los procesos administrativos.

La Resolución Suprema 212414, del reglamento de Faltas y Sanciones del Magisterio y Personal Docente y Administrativo, en el artículo 16, menciona “El Tribunal Disciplinario Nacional (...) tiene competencia para conocer las apelaciones interpuestas contra los fallos pronunciados por los tribunales de primera instancia o departamentales...”. Afirmo, para conocer las

diferentes apelaciones contra los pronunciados, que deberán seguir el conducto regular o la instancia el cual se inició el proceso y así mismo promover el debido proceso durante los actos procesales del Tribunal Disciplinario Nacional.

La Resolución Suprema 212414, del reglamento de Faltas y Sanciones del Magisterio y Personal Docente y Administrativo, en el artículo 17, menciona “Los tribunales disciplinarios departamentales y regionales con sede en la capital de cada departamento, tienen competencia para conocer, en calidad de tribunal de primera instancia, los casos de denuncias de comisión de faltas o infracciones graves y muy graves...”. Afirmar que los Tribunales Departamentales, se encuentra en la Dirección Departamental, el cual tiene competencia para conocer las faltas o infracciones graves y muy graves de esta dirección.

La Resolución Suprema 212414, del reglamento de Faltas y Sanciones del Magisterio y Personal Docente y Administrativo, en el artículo 18, menciona “Los Tribunales departamentales y nacionales están conformados por un Presidente, un Fiscal Promotor, y un Secretario Actuario. Los Tribunales estarán conformados por un maestro-abogados de ascendencia y autoridad moral”. Afirmar que la conformación de los tribunales es por maestros abogados y autoridad moral, para su correcta aplicación del proceso administrativo y así mismo conocedores de la materia jurídica y el debido proceso durante el proceso.

Consejos Educativos y los tribunales disciplinarios

La Ley de la Educación No. 070 de Avelino Siñani-Elizardo Pérez, en el artículo 92 inciso d), menciona “Consejos Educativos Social Comunitario, a nivel Departamental, Regional de Núcleo y Unidades Educativas: Participan en la gestión educativa, de acuerdo a su ámbito de competencia, en correspondencia con las políticas educativas plurinacionales y reglamentación específica”.

Afirmar en el anunciado, Los Consejos Educativos, dentro la administración pública es muy importante, para la correcta administración en la coadyuvancia de la gestión institucional y así mismo en el manejo correcto del proceso administrativo del magisterio. Por lo expuesto la participación de los Consejos Educativos de las instituciones educativas es de vital importancia para el derecho administrativo.

Tribunales Administrativos Disciplinarios Especializado

Tribunales especializados

Los diferentes tribunales administrativos especializados nos hacen referencia a los tribunales de la jurisdicción especial, comprendiendo los diferentes espacios jurisdiccionales de comprensión jurisdiccional dentro el ordenamiento jurídico, como lo indica, Dromi (1999) son “...procedimientos cuasi jurisdiccionales limitan las garantías públicas en una indefinición entre administración y jurisdicción” (p. 891), como nos señala en el presente texto limitan las diferentes garantías los cuales son entre administración y jurisdicción desde un punto de vista jurídico.

Concepción de los tribunales

Para su mejor administración dentro los tribunales se tienen a un magistrado o de varios, los cuales administran la justicia de acuerdo a su competencia. Como nos menciona, Ossorio (1987) afirma que “cualquiera de los establecido en la jurisdicción contenciosa administrativa” (p. 765), dentro la administración pública nos hace referencia sobre la jurisdicción disciplinaria.

Los jueces

Los jueces, son aquellos miembros del órgano judicial que, juzgan los asuntos de su

jurisdicción. De hecho, son también los que cumplen hacen cumplir las diferentes leyes.

Organización de los tribunales disciplinarios especializados

Existen diferentes procedimientos para organizar los tribunales, sin embargo, sugerimos las siguientes instancias para llevar a cabo esta organización:

a) Conciliación, esta etapa inicial se realiza dentro las Direcciones distritales de educación los cuales están a cargo de los directores distritales y cuya responsabilidad es convocar a las partes para poner fin o la cosa juzgada.

b) Tribunal departamental (primera instancia), esta instancia estará conformada de la siguiente manera: un presidente, un fiscal y un secretario con diferentes requisitos. El principal requisito para ser presidente es ser Maestro Titulado además tener un título de abogado con título en provisión nacional.

Por otra parte, para ser Fiscal el principal requisito es tener el título de abogado con título en provisión nacional y además ser maestro y tener conocimiento sobre el modelo educativo Sociocomunitario Productivo.

Así mismo para ser secretario cuyo requisito es ser miembro del concejo educativo, etc.

c) Tribunal Nacional (apelación), los diferentes requisitos son los mismo al igual que para el tribunal departamental. Sin embargo, podemos manifestar las que las diferentes selecciones son a nivel departamental o nacional previo compulsas de méritos para optar estos cargos de tribunales.

Conclusiones

La principal conclusión a la que puede arribar es a entender que, se puede y es legal y legítimo contar con tribunales disciplinarios especializados, que actúen al interior de los diferentes subsistemas del Sistema Educativo

Plurinacional de Bolivia. Esto en acuerdo con el derecho civil y el procedimiento civil, conforme al reglamento de faltas y sanciones del Magisterio.

Referencias Bibliográficas

- Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia*. 7 de Febrero de 2009, (Bolivia)
- Dromi R. (1999), *El procedimiento administrativo*, Argentina. España.
- Ley 2341 de 2002. *Ley de Procedimiento Administrativo*. 23 de abril de 2002, (Bolivia)
- Ley No. 70 de 2010. *Ley de la Educación*. Avelino Siñani-Elizardo Pérez, 20 de diciembre de 2010, (Bolivia).
- Ley de 1178 de 1990. *Ley Procedimeinto Administrativo y Control Gubernamental SAFCO*. 20 de julio de 1990, (Bolivia).
- López Barrera Y. (2013). *Reflexiones del Derecho Administrativo*. Sucre, Bolivia.
- Martínez Bravo J. A. (2018). *Derecho Administrativo Boliviano*. Santa Cruz de la Sierra.
- Mostajo Max (2004). *Apuntes para la Reinversión del Derecho Administrativo Boliviano*, La Paz Bolivia.
- Ossorio M. (1987). *Diccionario de Ciencias Jurídicas, Políticas y Sociales*, Buenos Aires Argentina.
- Rodríguez, Arias J. C. (1987). *Cómo Administrar un país: Vocación y motivación*, Buenos Aires. Argentina.
- Resolución Suprema 212414 de 1993. *Reglamento de Faltas y Sanciones del Magisterio y Personal Docente y Administrativo*. 21 de abril de 1993, (Bolivia).
- Reglamento de la Ley de *Procedimiento Administrativo 2341 de 2003*. 23 de julio de 2003. D.S. No. 27113.
- Saavedra Bejarano C. (2013). *Derecho Administrativo, Administración pública, fundamentos de la administración pública*, Sucre, Bolivia.
- Sentencia Constitucional 1534/2003-R*, 30 de octubre de 2003.

Estrategia Didáctica para el Fortalecimiento de Competencias de Investigación de la Asignatura de Introducción a la Economía

Avelardo Bustos Peñafiel

Docente de la carrera de Contaduría Pública, Universidad Nacional "Siglo XX", Llallagua-Bolivia

Resumen

El objetivo de la presente investigación es proponer una estrategia didáctica para fortalecer las competencias de investigación en la asignatura de Introducción a la Economía en estudiantes de Primer año, paralelo 1ro A de la Carrera de Contaduría Pública, Universidad Nacional "Siglo XX". Para tal propósito se desarrolló una estrategia metodológica basada en el paradigma socio-crítico, con enfoque cualitativo y cualitativo, diseño no experimental, transversal y descriptivo de la investigación. Se aplicó un cuestionario estructurado en escala de actitudes, cuyos objetivos es diagnosticar el estado actual de las competencias investigativas. Los resultados en las encuestas muestran que existe la necesidad de fortalecer estas competencias investigativas en los estudiantes del primer año, paralelo 1A en la asignatura, para en ese sentido realizar trabajos de investigación a un nivel formal y oficial y de esa manera mejorar los procesos formativos. Estos resultados se compararon con diferentes autores sobre el desarrollo de estas competencias investigativas. Donde se mostraron los siguientes hallazgos, el primer cuestionario relativo al estado actual de las competencias de investigación muestra las siguientes decantaciones como son las escalas de Algunas Veces, Ocasionalmente y Nunca principalmente con un nivel de participación del 415 (63%). Mostrando deficiencias en este tipo de competencias, pero que pueden ser mejoradas en el proceso enseñanza aprendizaje. Por tanto la investigación revela un nivel de conocimientos y desarrollo de competencias por debajo de las expectativas y los objetivos de investigación en la asignatura.

Palabras clave: desarrollo de competencias investigativas, estrategia didáctica, enseñanza-aprendizaje.

Didactic Strategy for the Strengthening of Research Competences of the Subject of Introduction to Economics

Bustos Peñafiel, A.

The objective of this research is to propose a didactic strategy to strengthen research skills in the subject of Introduction to Economics in first-year students, parallel 1st A of the Public Accounting Career, National University "Siglo XX". For this purpose, a methodological strategy based on the socio-critical paradigm was developed, with a qualitative and qualitative approach, non-experimental, cross-sectional and descriptive research design. A questionnaire structured on an attitude scale was applied, whose objectives are to diagnose the current state of investigative skills. The results in the surveys show that there is a need to strengthen these investigative skills in the students of the first year, parallel 1A in the subject, in order to carry out research work at a formal and official level and thus improve the training processes. . These results were compared with different authors on the development of these investigative skills. Where the following findings were shown, the first questionnaire related to the current state of the research competencies shows the following decantations, such as the Sometimes, Occasionally and Never scales, mainly with a participation level of 415 (63%). Showing deficiencies in this type of competence, but that can be improved in the teaching-learning process. Therefore, the research reveals a level of knowledge and development of skills below the expectations and research objectives in the subject.

Keywords: development of investigative skills, didactic strategy, teaching-learning.

Introducción

Educar jóvenes universitarios de pregrado, de dotarles de bastantes conocimientos, con pensamiento crítico, reflexivo, como también el creativo, no es suficiente. Sin embargo, un complemento importante en la formación universitaria es el desarrollo de competencias de investigación desde los primeros años hasta la culminación. Este nuevo perfil de profesionales, ayudará de mucho en la problemática social actual, como es en el ámbito laboral, mostrando su preparación profesional. (Maldonado & Landazábal, 2007).

De acuerdo a Vargas (2009) citado en Marrero Sánchez & Pérez Zulueta (2014), mencionan que: “en cualquier centro universitario es imprescindible el desarrollo de la investigación en todos sus niveles formativos proporcionando los recursos necesarios para que tanto estudiantes como docentes puedan de alguna forma incursionar, con algún tema de su preferencia, en la generación de nuevo conocimiento o fortaleciendo el conocimiento adquirido. Esto lleva a establecer una serie de competencias que todo investigador debe desarrollar durante su formación académica. Definiendo competencia como todas aquellas habilidades, aptitudes, actitudes y conocimientos concernientes, en este caso, a la generación de la investigación en la institución” (p. 7).

Es importante el rol protagónico de los docentes universitarios que doten y potencien al estudiante con estas herramientas y conocimientos necesarios para el logro estas competencias de investigación.

Esta transversalidad de las competencias de investigación en la asignatura ayudará también al estudiante a tener esa capacidad de abstracción, de análisis, de discernir, sintetizar para identificar los problemas y encontrar soluciones. (Maldonado & Landazábal, 2007).

El perfil del contador público tiene que tener competencias que le ayuden a conocer, analizar, ser crítico que es lo que está ocurriendo en su entorno, porque no solo se

trata de manejar números y hacerlo cuadrar en contabilidad, por lo que es importante adquirir conocimientos y competencias en la asignatura de economía, para poder evaluar el comportamiento de hechos y fenómenos económicos y decidir cómo aplicarlo cuando afectan al balance general y estados financieros de una organización (Guzmán Alvear, 2016, p. 1).

De acuerdo a un breve acercamiento de la situación del desempeño de los estudiantes del paralelo A de primer año de la carrera de Contaduría Pública, se ha podido evidenciar la ausencia de políticas y líneas de investigación y el reglamento de investigación, cuya situación da lugar a la adopción de criterios propios por parte del docente en el quehacer en sus asignaturas respecto a este tema. Estos aspectos están incidiendo negativamente en la planificación, organización y desarrollo de procesos formativos que tomen en cuenta a la investigación, esta situación problemática se llega a profundizar por su condición de ser estudiantes provenientes del nivel secundario, estos desconocen las acciones a emprender en investigación científica.

Otro de los problemas que se presenta es la ausencia de organización pedagógica – didáctica para emprender la investigación desde las asignaturas, cuya situación provoca ausencia de criterios claros de las acciones investigativas y de sus resultados en el aprendizaje de los estudiantes y por tanto de su calificación.

De acuerdo a los aspectos señalados, se ha podido advertir que los estudiantes tienen dificultades significativas en los trabajos de investigación, un bajo nivel en el cumplimiento de estos. Frente a esta realidad, se hace necesario implementar acciones que permitan fortalecer los conocimientos en investigación que permita responder a un mejor desarrollo de sus actividades de aprendizaje en la carrera.

Por tanto, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo fortalecer las competencias de investigación en la asignatura de Introducción a la Economía en estudiantes de

primer año, paralelo 1A de la Carrera de Contaduría Pública, Universidad Nacional “Siglo XX”?

Y cuyo objetivo, se tiene a continuación: Proponer una estrategia didáctica para fortalecer las competencias de investigación en la asignatura de Introducción a la Economía en estudiantes de primer año, paralelo 1ro. A de la Carrera de Contaduría Pública, Universidad Nacional “Siglo XX”.

Por lo que las tareas de investigación serán: Caracterización de los referentes teóricos relacionados al desarrollo de competencias de investigación en el contexto de la educación superior.

- Descripción del estado actual de las competencias de investigación de la asignatura de Introducción a la Economía en los estudiantes del primer año, paralelo 1ro “A” de la Carrera de Contaduría Pública, Universidad Nacional “Siglo XX”.
- Elaboración de una propuesta de estrategia didáctica que permita el fortalecimiento de las competencias de investigación de la asignatura de Introducción a la Economía en los estudiantes del primer año, paralelo 1ro. A de la Carrera de Contaduría Pública, Universidad Nacional “Siglo XX”.

Se tiene que puntualizar que respecto a la búsqueda de las fuentes de información sobre esta investigación solo se encontró principalmente generalidades sobre este tópico en textos, artículos científicos y otros, nada concreto sobre algún campo de acción, sin embargo, el único trabajo investigativo que se aproximó fue de Diana Vilca que ayudo de mucho en la comparación de los resultados y discusión posterior.

Materiales y Métodos

Para delimitar el ámbito espacial de la investigación para su posterior aplicación del instrumento de la encuesta, se consideró los siguientes criterios de universo, población y muestra.

Desde el punto de vista de Carrasco (2009) el Universo, es el conjunto de elementos (personas, objetos, programas, sistemas, sucesos, etc.) globales, finitos e infinitos, a los que pertenece la población y la muestra de estudio en estrecha relación con las variables y el fragmento problemático de la realidad que es materia de investigación. (p. 236).

De acuerdo al criterio señalado, la presente investigación asume el Universo finito; al respecto Bastis Consultores (2021) considera como el número de unidades de información es definido y limitado. Esto implica, que el Universo de la presente investigación se constituyen en los estudiantes de primer año de los tres paralelos (1A, 1B, 1C) de la Carrera Contaduría Pública de la Universidad Nacional “Siglo XX”, siendo un total de 192 estudiantes.

Por otros lado como afirma Córdova (2003) se denomina población a un conjunto de elementos (que consiste de personas, objetos, etc.), que contienen una o más características observables de naturaleza cualitativa o cuantitativa que se pueden medir en ellos” (p. 2). En el contexto de la población cada elemento se denomina unidad elemental, de cuyo resultado de medir una característica se convierte en dato estadístico. Por lo expuesto, la población es el número de estudiantes regulares de primer año de cada paralelo (1A, 1B, 1C) de la Carrera Contaduría Pública, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. *Estudiantes registrados en primer año*

Universo (= N1+N2+N3)	Paralelos de primer año	Número de estudiantes
1ra. Población (N1)	1A	70
2da. Población (N2)	1B	67
3ra. Población (N3)	1C	55
Total		192

Fuente: Registros oficiales de la Dirección de Contaduría Pública (2021)

Desde la perspectiva de Córdova (2003) se denomina muestra: “a una parte de la población seleccionada de acuerdo con un

plan o regla con el fin de obtener información acerca de la población de la cual proviene” (p. 3). Para el efecto, se aplicó la Ecuación (1) para una población finita de Fisher y Navarro.

$$n = \frac{NZ_{\alpha}^2 pq}{e^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 pq} \quad (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población ($N_1 = 70$, $N_2 = 67$, $N_3 = 55$)

Z = Parámetro estadístico que depende = 1,96 del nivel de confianza = 95%

e = Error de estimación máximo aceptado = 5%

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito) = 50%

q = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (fracaso) = 50%

Aplicando la Ecuación (1), con los tres paralelos, se tiene: $n_1 = 60$ (paralelo 1A), $n_2 = 58$ (paralelo 1B), $n_3 = 49$ (paralelo 1C)

Aplicando la prueba de hipótesis para diferencia de medias poblacionales, Calvo E. (s/f) aplica esta prueba inferencial para elegir una sola población, por lo cual, se aplicó esta para un solo paralelo de primer año, el criterio fue el paralelo que tenga mayor rendimiento medio académico (o promedio) hasta el tercer parcial, para tal cometido se aplicó las Ecuaciones (2) y (3), como se muestra a continuación:

$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} \quad (2)$$

Dónde:

Z = Prueba de estadístico

\bar{X}_1 = media muestral de la 1ra. población

\bar{X}_2 = media muestral de la 2da. población

μ_1 = 1ra. población = n_1

μ_2 = 1ra. población = n_2

Luego:

$$S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \quad (3)$$

Dónde:

$S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$ = Error Estandar de las medias muestrales

S_1^2 = Desviación estandar de la población 1

S_2^2 = Desviación estandar de la población 2

n_1 = Tamaño de la muestra de la 1ra. Población.

n_2 = Tamaño de la muestra de la 2da. Población.

Aplicando esta prueba en ambos casos se verificó que Z (calculado) es mayor que Z, esto implica que rechazamos la hipótesis nula, ese decir, la nota promedio del paralelo 1A > 1B en el primer caso, y también que el paralelo 1A > 1C en el segundo caso. Por tanto, se trabajó con la muestra del paralelo 1A para fines consiguientes de la presente investigación. Donde $n=70$, con 22 varones, 38 mujeres.

Resultados y Discusión

Para el diagnostico de trabajo de campo se empleó un primer cuestionario con el propósito de diagnosticar el estado actual de las competencias investigativas en los estudiantes del paralelo 1A de la asignatura Introducción a la Economía. Luego se aplicó un segundo cuestionario para diagnosticar los conocimientos teórico conceptual y práctico de las competencias investigativas.

Para cumplir con tal propósito, la técnica de la encuesta y los ítems del cuestionario como instrumento de recolección de datos fue validado por medio del juicio de expertos, revisaron y evaluaron la efectividad del instrumento respecto a los objetivos de la investigación, donde se dictaminó la pertinencia de su aplicación.

Se aplicó los cuestionarios de la encuesta a los estudiantes del paralelo del 1A, seguidamente se procedió a la codificación de los datos en el marco de un análisis estadístico para la toma decisiones.

Resultados del cuestionario realizado para diagnosticar el estado actual de las competencias investigativas de los estudiantes de primero A

La encuesta se aplicó a 60 estudiantes regulares de la asignatura de Introducción a la Economía, cuya finalidad es el diagnóstico del estado actual de las competencias investigativas de la asignatura.

La Figura 1(a) muestra una participación del 53,33% (32 estudiantes mujeres) principalmente y 46,67% (28 estudiantes varones). Se tomó un rango etario

entre 18 a 23 años, pero según la Figura 1(b) participaron, principalmente, estudiantes con un grupo etario de un rango de 18 a 20 años con 71,67% (43 estudiantes) de participación.

A continuación se presenta los principales resultados de la encuesta para luego comparar y discutir estos con resultados del otro trabajo de investigación.

Figura 1. (a) Sexo del encuestado, (b) Edad del encuestado

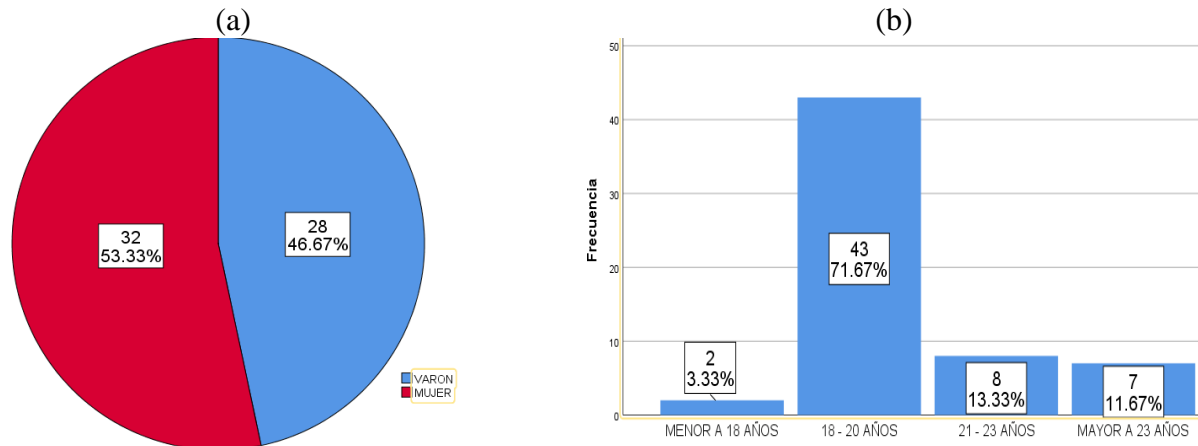
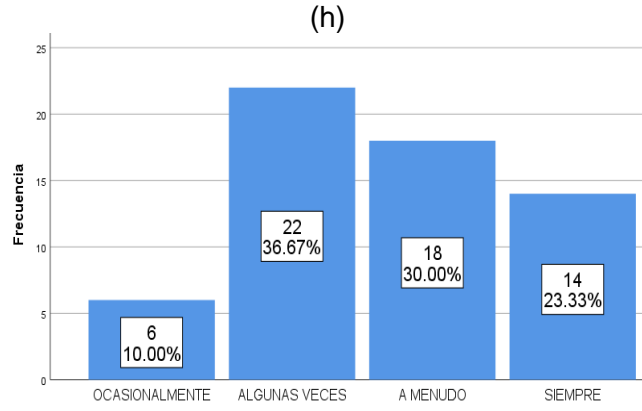
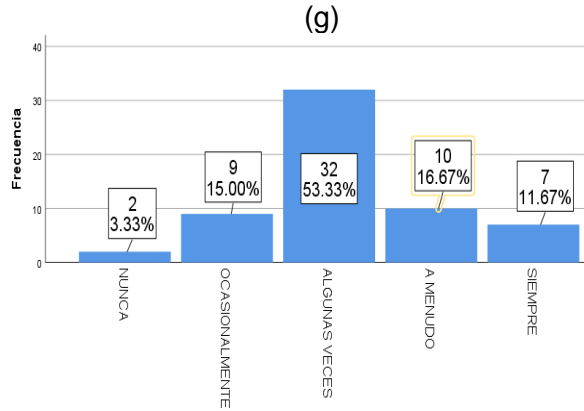
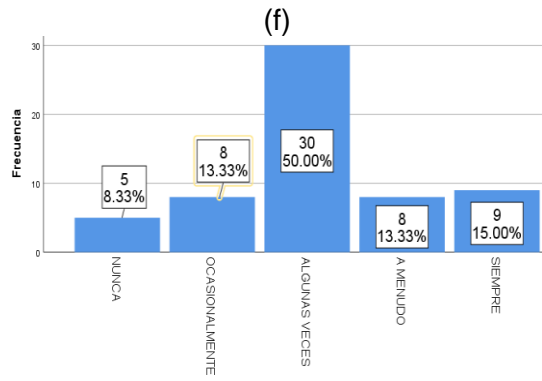
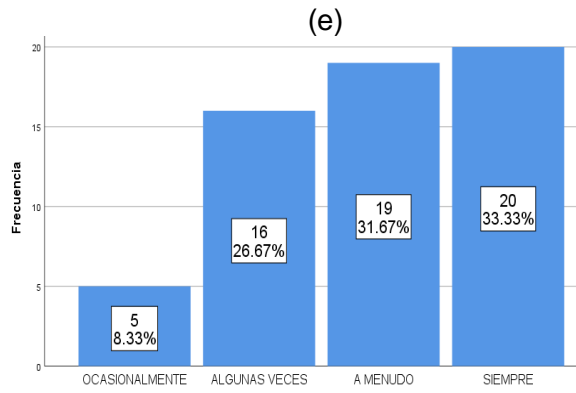
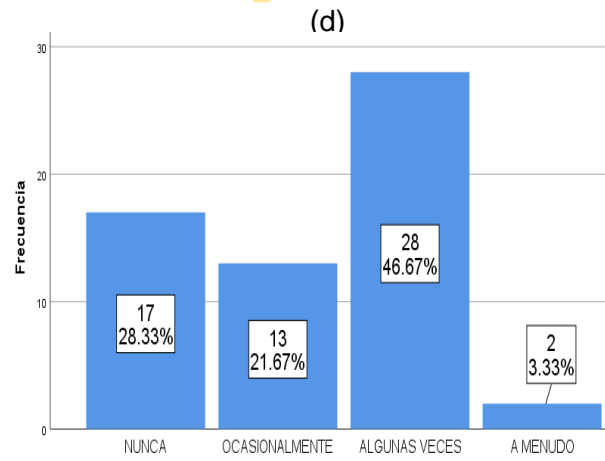
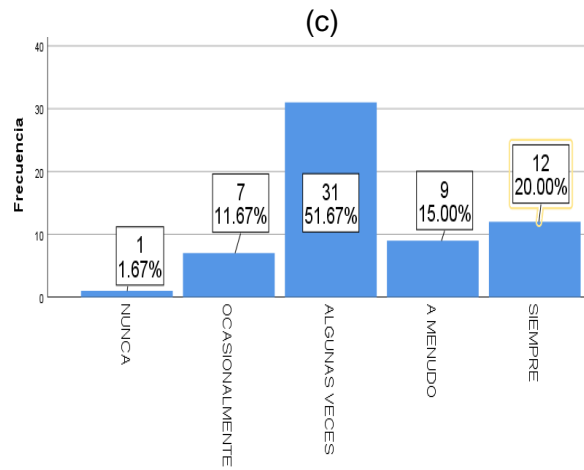
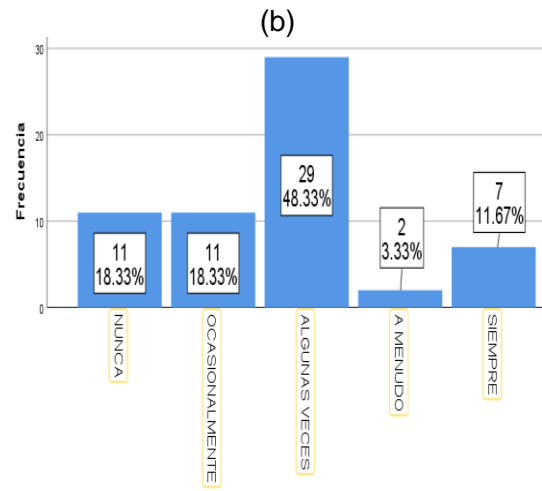
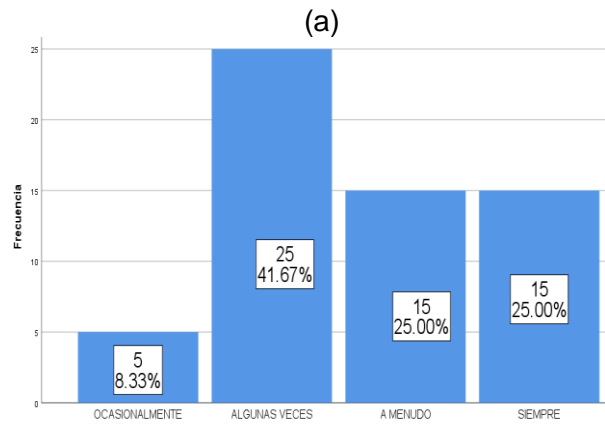
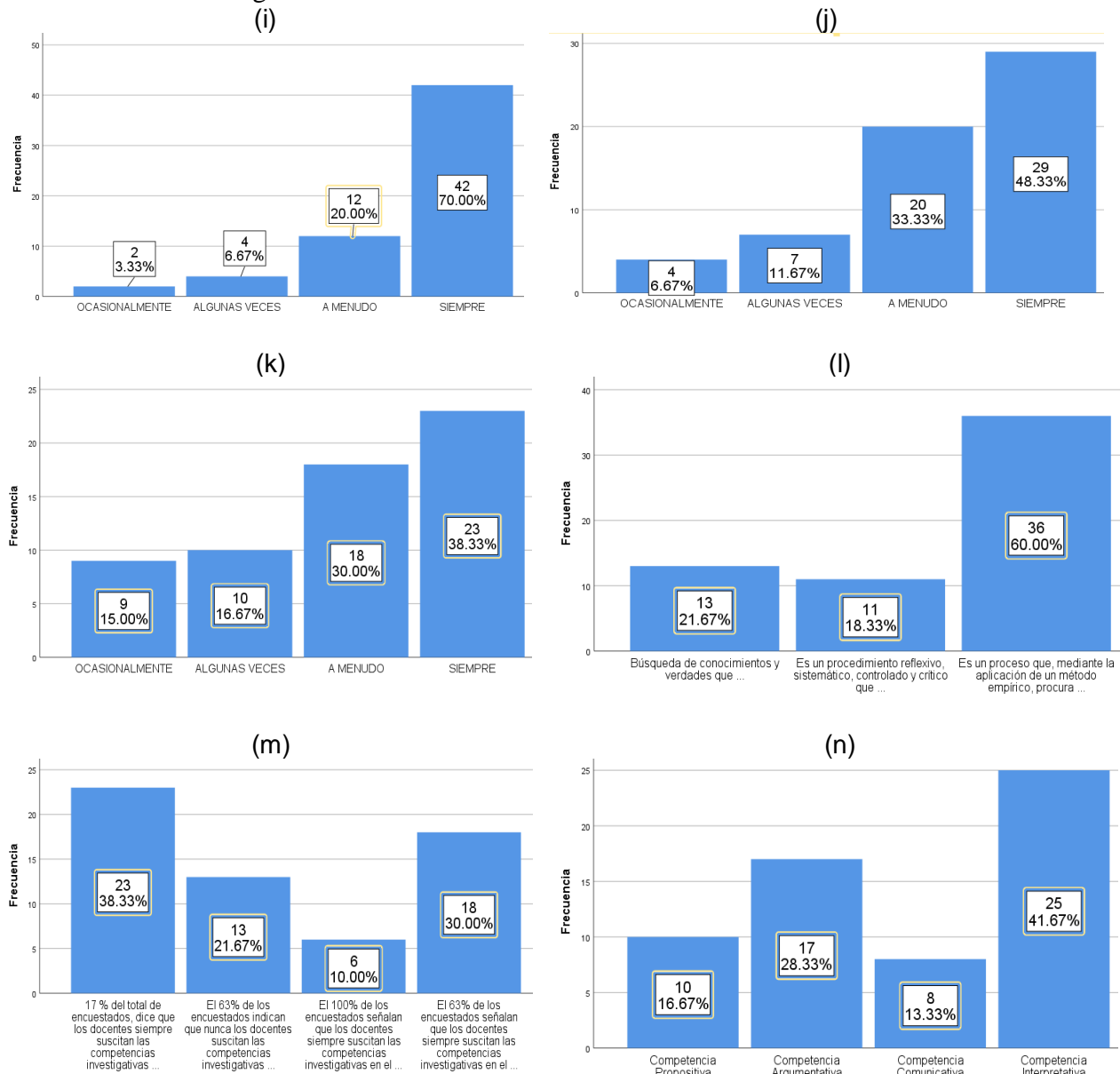


Figura 2. Preguntas de la encuesta (a) ¿Estudia, analiza, sintetiza la información de los apuntes de clases, (b) ¿Compartes con tus compañeros del paralelo sobre algún tema o ejercicio económico matemático en especial de esta asignatura, fomentando el análisis para plantear tus propias ideas?, (c) Para presentar las practicas, los ejercicios, los ensayos o informes requeridos por el docente, (d) ¿Ud. Realiza una búsqueda de análisis y síntesis, y sección del material bibliográfico en el internet o bibliotecas?, (e) ¿Ud. Da a conocer su criterio propio en la clase sobre algún tema o parte de ella en la asignatura, mostrando seguridad en sus argumentos investigados?, (f) ¿Ud. Interpreta y analiza los gráficos, tablas y otros relativos en la asignatura de economía?, (g) ¿Ud. Clasifica, compara la información de un tema de las clases de economía?, (h) ¿En la lectura de un documento de economía, Ud. Identifica un problema o problemas reales contextuales para realizar una posible investigación en la asignatura?, (i) ¿Cuándo lee un documento de economía. Ud. busca las ideas principales para llegar a conclusiones personales?, (j) ¿El docente de la asignatura da a conocer el objetivo del tema, al inicio de su clase?, (k) ¿El docente promueve el interés en la investigación de temas de economía en los estudiantes?, (l) ¿El docente emplea diferentes técnicas en el desarrollo de los temas de economía en clase?, (m) Según su criterio ¿Cuál es el significado de investigación?, (n) Interpretar el cuadro y gráfico, y señalar cual es la alternativa correcta, (o) Vincula a las capacidades que buscan darles un sentido o significado a las cosas,



Continuación de la Figura 2.



La Figura 2(b), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 48,33% (29 estudiantes) mencionan principalmente que algunas veces comparten con sus compañeros sobre algún tema o ejercicio económico matemático de la asignatura introducción a la economía. Seguido de ocasionalmente y nunca, en ambos casos con un 18,33% (11 estudiantes) de participación.

Según Leyton et al. (2012). Menciona la importancia de la integración en los contextos académicos de educación superior que dan paso a la calidad e intensidad de un

relacionamiento de los compañeros y con los docentes en clase, como también es importante la investigación extracurricular que ayudan a fortalecer el conocimiento de los estudiantes, actividades que fortalecen el rendimiento académico, desarrollo de habilidades entre otros. Entonces conforme estos autores y los resultado y la Figura 2(b) muestran que se debe trabajar en estas competencias investigativas.

En la Figura 2(c), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 51,67% (31 estudiantes) principalmente algunas veces

realizan una búsqueda de análisis y síntesis y selección del material bibliográfico en el internet o bibliotecas. Seguido de ocasionalmente y nunca con una participación de 11,67% (7 estudiantes) y 1,67% (1 estudiante) respectivamente.

Isaza (2014) menciona que el logro académico y el desarrollo de las actividades tienen bastante relación con el estilo de aprendizaje de los estudiantes. Por lo que las instituciones de educación superior deben enfocarse en las formas como aprenden los estudiantes y otras dificultades relativas a nuevas exigencias del contexto universitario. Importante conocer las necesidades, expectativas, competencias, conocimientos previos entre otros.

Según López (2006) dice que la búsqueda de información bibliográfica es importante en la investigación, la búsqueda de publicaciones, mejoramiento de la interpretación, la discusión, para generar nuevas ideas, Comprobar el estado actual de los conocimientos es necesario tener una línea formada.

Por lo tanto es imperante trabajar con los estudiantes en estas deficiencias investigativas tal como lo explican estos autores y conforme también la Figura 2(c).

La Figura 2(d), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 46,67% (28 estudiantes) principalmente algunas veces dan a conocer su criterio propio en la clase sobre algún tema o parte de ella, mostrando seguridad en sus argumentos investigación. Seguido de nunca y ocasionalmente con una participación de 28,33% (17 estudiantes) y 21,67% (13 estudiantes) respectivamente.

Ernesto et al. (2018) dicen que es una realidad que los estudiantes sino tiene pensamiento crítico no pueden entender ni comprender los libros escritos, es decir los estudiantes tiene varios vacíos relativos al desarrollo del pensamiento crítico como causa directa de los modelos transmisionistas en la educación, no toma en cuenta modelos dirigidos al desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes centradas en el estudiante. Ese proceso de memorización y

recepción ralentizan el desarrollo cognitivo más completo, condición necesario para un pensamiento crítico. Por tanto, en base a la explicación de los autores y los resultados que se muestra en la Figura 2(d), es necesario cambiar de estrategia didáctica para fortalecer esta competencia.

La Figura 2(e), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 26,67% (16 estudiantes) principalmente algunas veces interpreta y analiza los gráficos, tablas y otros relativos en la asignatura de Economía y ocasionalmente, con un porcentaje de participación 8,33% (5 estudiantes) respectivamente.

Batanero y Arteaga (s/f) dicen que la alfabetización de la estadística es fundamental en la formación de los estudiantes en la formación de habilidades desde los primeros años en la Universidad, se quiere un razonamiento desde los datos empíricos, el comportamiento de estos y como la interpretación. Entonces, en base a la explicación de los autores y los resultados que se muestra en la Figura 2(e), es necesario trabajar en el aula en esta competencia.

La Figura 2(f), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 50% (30 estudiantes) principalmente algunas veces clasifican, comparan la información de un tema de las clases de economía. Ocasionalmente y nunca, con un porcentaje de participación 13,33% (8 estudiantes) y 8,33% (5 estudiantes).

Albarracín (1972) y (Jiménez y López, 2015) citado por Diaz (2019) constatan que la mayoría de los estudiantes no tienen hábitos necesarios para tomar apuntes o distribuir su tiempo libre, adoptar decisiones por sí mismos, establecer criterios, decir juicios personales entre otros, en general no tiene conocimiento del contexto actual en la académica. También dice que los estudiantes no tienen interés por la investigación y la tecnología que requiere buenos hábitos de estudio. Por tanto, en base a los resultados de la Figura 2(f) y la explicación de los autores muestran que es necesario trabajar en el aula particularmente en esta competencia.

La Figura 2(g), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 53,33% (32 estudiantes)

principalmente algunas veces identifica un problema o problemas reales contextuales para realizar una posible investigación en la asignatura de Introducción a la Economía. Y ocasionalmente y nunca, con un porcentaje de participación del 15% (9 estudiantes) y 3,33% (2 estudiantes). Pérez (2018). Según este autor la identificación y resolución de problemas esta dado a través de la aplicación de esta metodología denominado "aprendizaje basado en problemas" (ABP) donde los estudiantes resuelven situaciones-problema organizados en pequeños grupos de trabajo. Consiste en identificar la demanda, plantear una hipótesis de resolución, identificar los conocimientos que ya se tienen, buscar información complementaria, analizar la información recopilada, discutir en grupo y resolver el problema. Entonces, en base a la explicación de los autores y los resultados que se muestra en la figura 2(g), será necesario trabajar con esta metodología en el aula para fortalecer esta competencia.

La Figura 2(h), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 36,67% (22 estudiantes) principalmente algunas veces leen un documento de economía, buscan las ideas principales para llegar a conclusiones personales. Y ocasionalmente un 10% (6 estudiantes) de participación.

Campos (2007) dice que una de las competencias transversales tanto en la escolaridad y en la vida diaria, es el ejercicios real del juicio crítico, siendo una de las finalidades de las instituciones de educación que permitirá tener a una persona cuyas decisiones están fundamentadas en argumentos, capacidad de entender variados contextos, un mejor relacionamiento con los demás y en verdad hacer contribuciones más auténticas a la sociedad. Entonces, en base a la explicación de los autores y los resultados que se muestra en la Figura 2(h), es necesario trabajar en el aula en esta competencia.

La Figura 2(i), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 70% (42 estudiantes) principalmente siempre dice que el docente de la asignatura da a conocer el objetivo del tema, al inicio de su clase y a menudo con una

participación del 20% (12 estudiantes) respectivamente.

Parcerisa (2008) menciona que en el marco europeo de la educación superior, muestra la importancia de la planificación de las asignaturas como un instrumento que ayuda en forma didáctica a los estudiantes como abordar la asignatura a través de los objetivos de dicha asignatura cómo será el proceso y la parte evaluativa particularmente. Por cuanto, dadas las explicaciones del autor y los resultados que se muestra en la figura 2(i), es necesario trabajar en el aula en esta competencia.

La Figura 2(j), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 48,33% (29 estudiantes) principalmente siempre dice que el docente de la asignatura promueve el interés en la investigación de temas de economía en los estudiantes. Y seguido a menudo, con un 33,33% (20 estudiantes) de participación. Ospina et al. (2008) dice que los docentes son sujetos importantes quienes promueven actitudes, aptitudes investigativas que estimulan el espíritu investigativo a través de desarrollo de su asignatura, relevante en el proceso enseñanza aprendizaje.

Entonces, en base a la explicación de los autores y los resultados que se muestra en la figura 2(j), es necesario fortalecer y promover aún más en el aula la investigación.

La Figura 2(k), muestra que del 100% (60 estudiantes), el 38,33% (23 estudiantes) principalmente siempre dice que el docente de la asignatura emplea diferentes técnicas en el desarrollo de los temas de economía en la clase. Seguido de a menudo con un 30% (18 estudiantes) de participación.

Gonzales y Triviño (2018) dice que la estrategia didáctica es el conjunto de procedimiento o recursos, utilizados por los docentes, apoyados en la técnica de la enseñanza para llevar a buen puerto una acción didáctica por lo que por consecuencia lograr los objetivos de aprendizaje y con el tiempo mejorar la calidad de este proceso. En consecuencia, en base a la explicación de los autores y los resultados que se muestra en la

Figura 2(k), es necesario fortalecer y replantear esa técnica en el aula.

Después de estos resultados en la aplicación de esta primera encuesta, se puede evidenciar que más debilidades que fortalezas en el estado actual de las competencias investigativas que se tendrá que trabajar con los estudiantes en el aula.

La Figura 2(l), muestra que del 100% (60 estudiantes), con un 60% (36 estudiantes) encuestados se decanta principalmente que el significado de la investigación, que es: “un proceso que, mediante la aplicación de un método empírico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir y aplicar el conocimiento”

Durante el desarrollo de la asignatura la prueba pedagógica es un complemento que ayuda a los docentes a verificar que los estudiantes medianamente comprendieron el avance de los temas, por lo tanto sacando buenos resultados y por consiguiente seguir adelante con el avance. Según Studocu (2017) menciona que “Es un instrumento que permite medir los conocimientos y habilidades de los alumnos. Las pruebas pedagógicas son instrumentos auxiliares del maestro, mediante su aplicación se comprueba el aprendizaje de los alumnos, además de ser un documento legal que justifica las calificaciones”

La Figura 2(m), muestra que del 100% (60 estudiantes), con un 70% (42 estudiantes) respondieron la pregunta correcta. Insunza (2015) menciona que el uso de gráficas para analizar y visualizar información es cada vez más frecuente en los ámbitos científicos, empresariales y medios de comunicación; por lo tanto, los conocimientos y las habilidades para interpretar adecuadamente la información que proporcionan las gráficas se han convertido en una competencia básica de cultura estadística para todos los ciudadanos en la sociedad actual.

Conforme los resultados de la Figura 2(m) y la orientación que da el autor, por tanto será importante fortalecer esta competencia.

La Figura 2(n), muestra que del 100% (60 estudiantes), con un 41,67% (25

estudiantes) principalmente vinculan a las competencias interpretativas, capacidades que buscan darles un sentido o significado a las cosas. Seguido como competencias argumentativas con un 28,33% (17 estudiantes) de participación.

Martínez et al. (2018) argumentan que existe una relación entre competencias investigativas y conocimiento, debido a que estas permiten a los estudiantes apropiarse de conocimientos y analizar de una forma más crítica y lógica el entorno que les rodea, lo cual les permitirá enfrentarse a la solución de problemas relevantes. Por lo que bien se dijo los autores muestran nuevamente la importancia de fortalecer estas competencias de investigación dado los resultados en la Figura 2(m).

A continuación mostramos algunas tablas que nos darán pautas generales del desarrollo de competencias de investigación en estudiantes del primer año 1A de la carrera de Contaduría Pública de la UNSXX. Por lo que, se puede advertir que, conforme a los criterios de percepción en la escala de Likert, se tiene los siguientes resultados, tal como muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Estado actual de las competencias de investigación en los estudiantes

Parámetros	Frecuencia	hi	%
Nunca	66	0,10	10,00
Ocasionalmente	91	0,14	13,79
Algunas veces	258	0,39	39,09
A menudo	111	0,17	16,82
Siempre	134	0,20	20,30
Total	660	1	100

La Tabla 2, muestra que el más frecuente es la escala de algunas veces con una participación de 258 decantaciones, que hacen el (39,09%) de las 19 preguntas.

Por lo que variando en las decantaciones en las escalas y viendo que el más frecuente algunas veces, se puede decir que algunas veces los estudiantes aplican las competencias investigativas en la asignatura, por lo que existe la necesidad de fortalecer el

estado actual de competencias de investigación en los estudiantes del paralelo 1A.

Tabla 3. Estado actual de las competencias de investigación en el docente

Parámetros	Frecuencia	hi	%
Ocasionalmente	31	0,06	6,46
Algunas veces	82	0,17	17,08
A menudo	120	0,25	25,00
Siempre	245	0,51	51,04
Nunca	2	0,00	0,42
Total	480	1	100

La Tabla 3, muestra que el más frecuente principalmente la escala de siempre con un 245 (51,04%) decantaciones y seguido de a menudo 120 (25%) decantaciones, respuestas de los estudiantes en referencia a que el docente aplica las competencias de investigativas en el aula.

Tabla 4. Prueba pedagógica sobre desarrollo de competencias de investigación a los estudiantes

Pregunta	Correcta	%	Incorrecta	%
1	34	57	28	47
2	18	30	43	72
3	18	30	42	70
4	20	33	44	73
5	25	42	33	55
6	28	47	37	62
7	22	37	40	67
8	15	25	44	73
9	25	42	33	55
10	45	75	15	25
11	30	50	31	52
Total	25	42	35	59

Conforme la Tabla 4, se puede apreciar que en promedio existen más respuestas incorrectas con un nivel de participación de 35 (59%), lo que significa que existe la necesidad de fortalecer las competencias investigativas en estos estudiantes.

Finalmente, en base a la Tabla 4 se puede observar que los resultados muestran el

estado actual de las competencias investigativas, se evidencio lo siguiente:

- Un nivel bajo del estado actual de las competencias investigativas de: 24%
- Un nivel medio del estado actual de las competencias investigativas de: 39%
- Un nivel alto del estado actual de las competencias investigativas de: 37%

En síntesis observando estos niveles y resultados de las Tablas 2 y 3, muestran que el nivel de conocimientos y el desarrollo de competencias investigativas están por debajo de los objetivos de investigación en la asignatura.

Conclusiones

Es importante contar con un diagnostico que indique el estado actual del manejo y dominio de las competencias investigativas en los estudiantes de pregrado. Caso particular de los estudiantes de la Carrera de Contaduría Pública observados en esta investigación, el diagnóstico realizado destaca los siguientes aspectos:

En la caracterización de los referentes teóricos relacionados al desarrollo de competencias de investigación, los autores destacan bastantes bondades o ventajas que el estudiante puede adquirir al desarrollar estas competencias de investigación en el contexto de la realización de pequeños trabajos de investigación en la asignatura.

La descripción del estado actual reflejado en el diagnostico muestra deficiencias en los niveles de desarrollo de las competencias, como son: cognitivas, interpersonales, comunicativas, analíticas, procedimentales, observacionales particularmente.

La elaboración de una estrategia didáctica como es la metodología del “Proyecto Formativo” ayudará a desarrollar las competencias investigativas, por medio de la planificación y ejecución de acciones para la solución de problemas en el contexto de la vida real.

Referencias Bibliográficas

- Bastis Consultores. (22 de agosto de 2021). EL Universo en Estadística. *Online-tesis*. Obtenido de <https://online-tesis.com/el-universo-en-estadistica/>
- Batanero C. y Arteaga P. (s/f). *Tablas y gráficos estadísticos en la prueba saber – Colombia*. Obtenido de http://funes.uniandes.edu.co/4750/1/tfm_Castellanos_M_T_final.pdf
- Calvo E. (s/f). *Prueba de hipótesis para prueba de medias*. UDP, Escuela de Ingeniería Comercial. Facultad de Ciencias y Empresa.
- Campos A. (2007). *Pensamiento crítico. Técnicas para su desarrollo*. Cooperativa editorial el Magisterio. Bogota, D.C. Colombia. Obtenido de
- Cárdenas A. (2011). Validez poder discriminativo y nivel de dificultad de las pruebas pedagógicas. *Revista Horizonte de la Ciencia*. 1(1). <http://200.60.61.131/index.php/horizontedela-ciencia/article/download/19/19>
- Carrasco Díaz, Sergio (2009). *Metodología de la investigación científica* (2da. Reimpr.). Perú: San Marcos.
- Córdova Zamora, M. (2003). *Estadística. Descriptiva e inferencial* (5ta ed.). Perú: Librería MOSHFRA
- Díaz C. (2019). *Hábitos de estudio y rendimiento académico de los estudiantes del primer ciclo académico de la fime-unac 2017*. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4429/diaz%20cabrera%20mecanica%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Educaweb (2016). *Evaluación pedagógica: cómo comunicar su importancia*. *Blog de gestión educativa*. <https://gestioneducativa.educaweb.com/evaluacion-pedagogica-como-comunicar-su-importancia/>
- Ernesto J. y Ojeda D. y Martínez J. y Hernández H. y Moronta Y. (2018). Presencia del pensamiento crítico en estudiantes de educación superior de la Costa Caribe Colombiana. *Revista Espacio*. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n30/a18v39n30p01.pdf>
- Gonzales S. y Triviño M. (2018). Las estrategias didácticas en la práctica docente universitaria. Profesorado, *Revista de curriculum y formación del profesorado*. 22(2). Universidad de Huelva. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0002-0803-2141>
- Guzmán Alvear, L. F. (5 de abril de 2016). *Slideshare*.
- Isaza L. (2014). *Estilos de Aprendizaje: una apuesta por el desempeño académico de los estudiantes en la Educación Superior*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-58582014000200002&script=sci_arttext
- Leyton D. y Vásquez A. y Fuenzalida V. (2012). *La experiencia de estudiantes de contextos vulnerables en diferentes Instituciones de Educación Superior Universitaria (IESU): Resultados de investigación*. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-45652012000200003&script=sci_arttext
- López L. (2006). *La búsqueda bibliográfica: Componente clave del proceso de investigación*. https://fmed.uba.ar/sites/default/files/2017-12/busqueda_biblio.pdf
- Maldonado, L. F., & Landazábal, D. P. (junio de 2007). Viabilidad y formación en investigación. Estrategias para el desarrollo de competencias investigativas. *Revista Estudiositas Bogota (Colombia)*.
- Marrero Sánchez, O., & Pérez Zulueta, M. A. (Febrero de 2014). Competencias investigativas en la. *Res non verba*, 14. <https://biblio.ecotec.edu.ec/revista/edicion-especial/COMPETENCIAS%20INVESTIGATIVAS%20EN%20LA.pdf>
- Ospina B. y Toro J. y Aristazabal C. (2008). Rol del profesor en el proceso de enseñanza aprendizaje de la investigación en estudiantes de Enfermería de la Universidad de Antioquia, Colombia. *SciELO*. 26(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-53072008000100010&script=sci_arttext
- Parcerisa A. (2008). *Plan docente: Planificar las asignaturas en el marco Europeo de Educación Superior*: <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/144939>
- Pérez, L. (2018). El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica en

- educación superior. *Voces De La Educación*, 3(6), 155-167.
- Quinquer D. (2004). *Estrategias metodológicas para enseñar y aprender ciencias sociales: interacción, cooperación y participación*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35393345/Estrategias_metodologicas_para_ensenar_y
- Studocu (2017). *Pruebas Pedagógicas - de complemento*. Universidad Intercultural del Estado de Puebla. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-intercultural-del-estado-de-puebla/medico-cirujano-y-partero/pruebas-pedagogicas-de-complemento/29828289>.

Casco Minero Inteligente

Jorge Villcáez Castillo¹, Lucio Fernández Ampa²

¹*Docente, Carrera Ingeniería Informática de la Universidad Nacional "Siglo XX", Llallagua, Potosí, Bolivia, jorgevill2015@gmail.com*

²*Estudiante, Carrera Ingeniería Informática de la Universidad Nacional "Siglo XX", Llallagua, Potosí, Bolivia*

Resumen

El objetivo del presente artículo fue el de implementar el prototipo de un Casco Minero Inteligente, para lo cual se aplicó los tipos de investigación documental y aplicada, se utilizó el método de la experimentación con la finalidad de cambiar y transformar la situación actual de los trabajadores de interior mina, planteando una propuesta de solución práctica que coadyuve en la seguridad de los trabajadores de nuestro distrito minero de Siglo XX. El procedimiento tuvo tres etapas: en la primera etapa se obtuvo el diseño del prototipo del Casco Minero Inteligente, luego se obtuvieron los dispositivos para su posterior implementación física del mismo. Al culminar dicho procedimiento, se logró obtener resultados satisfactorios para lo cual fue diseñado e implementado el prototipo del Casco Minero Inteligente. El resultado obtenido final del presente trabajo de investigación fue la implementación de un producto tangible que se constituye en un Casco Minero Inteligente, producto obtenido de la investigación y la aplicación de las ciencias de la electrónica e informática. La investigación realizada se llevó a cabo en la gestión 2022.

Palabras clave: Arduino, actuadores, prototipo, riesgo minero, sensores, seguridad.

Smart Mining Helmet

Villcáez Castillo, J., Fernandez Ampa, L.

Abstract

The objective of this article was to implement the prototype of an Intelligent Mining Helmet, for which the types of documentary and applied research were applied, the method of experimentation was used in order to change and transform the current situation of the workers inside the mine, proposing a proposal for a practical solution that contributes to the safety of workers in our Siglo XX mining district. The procedure had three stages: in the first stage, the design of the Intelligent Mining Helmet prototype was obtained, then the devices were obtained for its subsequent physical implementation. At the end of said procedure, it was possible to obtain satisfactory results for which the prototype of the Intelligent Mining Helmet was designed and implemented. The final result obtained from this research work was the implementation of a tangible product that constitutes an Intelligent Mining Helmet, a product obtained from the investigation and application of electronics and computer sciences. The research carried out was carried out in management 2022.

Keywords: Arduino, actuators, prototype, mining risk, sensors, security.

Introducción

La situación problemática identificada en los trabajadores de interior del distrito minero de Siglo XX, se puede resumir en los siguientes puntos: Presencia de gases tóxicos nocivos para la salud de las personas.

Intoxicación debido a la presencia de gases tóxicos de interior mina, Mala calidad de aire, La humedad de interior mina. Derrumbes. Extravío en el interior de la mina. Calor excesivo en ciertos lugares de la mina. Enfermedades producidas por la explotación minera. Iluminación deficiente en las áreas de trabajo. Caídas en interior mina y otros problemas que se presentan en la explotación minera del estaño (Alfonso, Zambra, & Loredó, 2014).

El planteamiento del problema fue ¿Cómo coadyuvar en la seguridad de los trabajadores mineros en la actividad minera? para ello el objetivo general planteado fue el de Implementar un prototipo de Casco Minero Inteligente que permita mejorar la seguridad de los trabajadores mineros. Para su concreción se plantearon los siguientes objetivos específicos: Analizar los requerimientos de seguridad de los trabajadores mineros en función de los riesgos a los que se encuentra expuestos. Diseñar el prototipo del Casco Minero Inteligente. Obtener los sensores, componentes electrónicos y aplicaciones informáticas adecuadas para el prototipo. Ensamblar el prototipo del Casco Minero Inteligente de acuerdo a las comodidades del trabajador minero. Realizar pruebas del prototipo.

La justificación de la investigación enfocó en la implementación de un Casco Minero Inteligente que permita reducir los riesgos de exposición a gases tóxicos y otros riesgos que se encuentran en interior mina. Para lo cual se plantearon las siguientes justificaciones: Justificación social: Los principales beneficiarios del Casco Minero Inteligente serán los trabajadores mineros de las diferentes cooperativas mineras de nuestro municipio, quienes desarrollan sus actividades de explotación minera al interior de los

socavones de nuestro distrito. Justificación técnica: El Casco Minero Inteligente permitirá mostrar las potencialidades de la aplicación de la electrónica e informática en un prototipo que permitirá reducir los riesgos de intoxicación en la actividad minera de los trabajadores de nuestro municipio. Se aplicarán los conocimientos teórico prácticos sobre automatización impartidos en la Asignatura de Microprocesadores y Microcontroladores en el Tercer Año de formación en la Carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional “Siglo XX”. Justificación económica: La implementación del Casco Minero Inteligente en la actividad minera de las cooperativas de nuestro distrito, permitirá coadyuvar con la seguridad de los trabajadores mineros, lo que permitirá evitar pérdidas humanas y accidentes al interior de la mina.

Como sustento teórico para el presente trabajo de investigación, se consideraron como conceptos fundamentales de los Riesgos de la Actividad Minera, Los gases que se encuentran en interior mina, Los sensores, Los Actuadores y la Placa Arduino

Entre los Riesgos de la actividad minera, se pueden destacar (ISOTools, 2010): Riesgo Físico: lesiones que generan traumas por causa de eventos como explosiones, derrumbes, atrapamientos, inundaciones, la pérdida de la audición que se genera como causa del uso de máquinas y herramientas, la presión que genera golpes de calor, entre otros. Riesgo químico: intoxicación por exposición a sílice cristalina, EPOC por exposición a polvo de carbón, cáncer por la exposición al asbesto. Riesgo biológico: enfermedades que afectan directamente el sistema respiratorio, como lo son la tuberculosis ocasionada por la exposición a la sílice que genera la silicosis, la legionelosis causada por la bacteria Legionella pneumophila presente en las minas por las torres para refrescar el ambiente. Riesgos psicosociales: por las condiciones del trabajo, las largas jornadas y la exigencia física, fatiga, desvelos, de los anteriores se derivan en comportamientos como el consumo fuera de

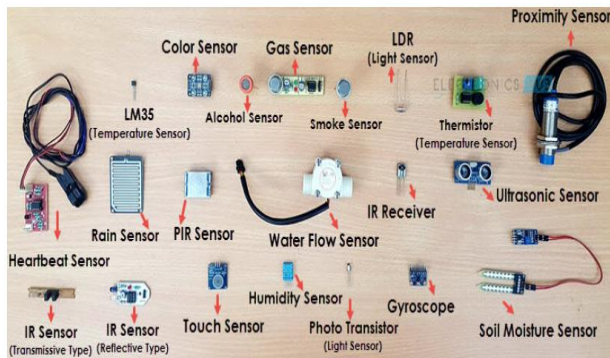
límites de alcohol, sustancias alucinógenas. Riesgos Ergonómicos: lumbalgia (dolor en la espalda baja), dorsalgia (dolor que es llega hasta el cuello y brazos), cervicalgia (dolor del cuello), síndrome de hombro doloroso (dolor intenso en el hombro), que son causados por los movimientos repetitivos, y el exceso de carga.

Los gases que se encuentran en interior mina principalmente don los siguientes (Seguridad Minera, 2013): Nitrógeno anhídrido carbónico, Monóxido de carbono, Gases nitrosos, Anhídrido sulfuroso, Gas sulfhídrico, Gas grisú y otros.

Los sensores son herramientas que detectan y responden a algún tipo de información del entorno físico (Services H. &, 2015). La Figura 1, muestra algunos tipos de sensores que pueden ser aplicados para la automatización de procesos.

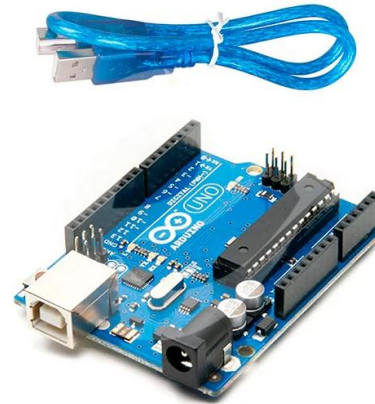
Los Actuadores son dispositivos capaces de generar un cambio en la posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía (UAEH, 2021).

Figura 1. Tipos de sensores



La Placa Arduino es una placa electrónica basada en “open-source” o de código abierto cuyos principios son contar con software y hardware fáciles de usar. Básicamente lo que permite esta herramienta es la generación de infinidad de tipos de microordenadores de una sola placa, que luego pueden tener una amplia variedad de usos según la necesidad de la persona que lo cree. Es decir, una forma sencilla de realizar proyectos interactivos para cualquier persona (Fundación, 2014).

Figura 2. Placa Arduino



Materiales y Métodos

Se aplicó la investigación bibliográfica (documental) para realizar la recopilación bibliográfica de aspectos referentes a los riesgos del trabajo en interior mina y la utilidad de la aplicación de electrónica e informática en propuestas de solución.

Se usó la investigación aplicada para cambiar y transformar la situación actual de los trabajadores de interior mina, proponiendo una propuesta de solución práctica que coadyuve en la seguridad de los trabajadores de nuestro distrito minero.

Recursos

Dispositivos Electrónicos

- Sensor ultrasónico
- Resistencias
- Cables de conexión
- Placa pre perforada
- Porta baterías
- Batería de Ion Litio de 3000 mA
- Sensor de temperatura y humedad
- Placa Arduino
- Buzzer activo y pasivo
- Leds indicadores
- Sensor de dióxido de carbono CO₂
- Sensor de gas metano CH₄
- Pantalla LCD
- Batería recargable de 9 V
- Interruptores
- Módulo de carga de 5 V

Herramientas

- Soldador
- Estaño
- Pasta de soldar
- Porta cables
- Pinza
- Pistola de silicona
- Cables para conexiones

Equipos

- Multitester
- Osciloscopio
- Protoboard
- Computadora Portátil
- Impresora

Software

- IDE Arduino
- Proteus
- Microsoft Word
- Microsoft Excel

Laboratorio

- Laboratorio de Informática Industrial de la Carrera Ingeniería Informática de la Universidad Nacional “Siglo XX”

Desarrollo del casco minero inteligente

Para la implementación del Casco Minero Inteligente, se establecieron las siguientes etapas:

- a) Diseño del Casco Minero Inteligente
- b) Obtención de dispositivos para el Casco Minero Inteligente
- c) Implementación del Casco Minero Inteligente

Diseño de Casco Minero Inteligente

Inicialmente se diseñó el proyecto, para ello se recurrió al software Proteus en su versión 8. Cabe señalar que Proteus es una aplicación comercial para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y

construcción (Hubor, 2015) . En la (Figura 4) se muestra parte del diseño elaborado en Proteus.

Obtención de dispositivos para el Casco Minero Inteligente

En base al diseño realizado, para la implementación del Casco Minero Inteligente, se tuvo que adquirir los diferentes componentes necesarios en el mercado local y el mercado nacional, recurriendo para ello a tiendas especializadas en la provisión de componentes electrónicos de la ciudad de La Paz como ser Arduel, EPY Electronics y otros.

En la (Figura 3) se muestran los diferentes componentes necesarios adquiridos.

Implementación del Casco Minero Inteligente

Codificación: Se realizó la codificación del software que controlará los dispositivos implementados en un casco de un trabajador minero, en función de las necesidades requeridas de seguridad. Para ello se utilizó el IDE de Arduino. Cabe mencionar que Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso (Fernández, 2022).

En la (Figura 5) se muestra parte del código elaborado en el IDE de Arduino:

Figura 3: *Dispositivos adquiridos necesarios para el Casco Minero Inteligente*



Ensamblaje del Casco Minero Inteligente: Con los componentes adquiridos y en base al diseño realizado, se procedió al ensamblaje del Casco Minero Inteligente.

Para el ensamblaje se procedió paulatinamente a la incorporación de los componentes necesarios al casco de un trabajador minero. En cada etapa, se hicieron

las pruebas necesarias para verificar el correcto funcionamiento.

En la siguiente figura, se muestran paso a paso cuál fue el proceso de ensamblado del Casco Minero Inteligente:

Figura 4: Diseño del Casco Minero Inteligente en Proteus

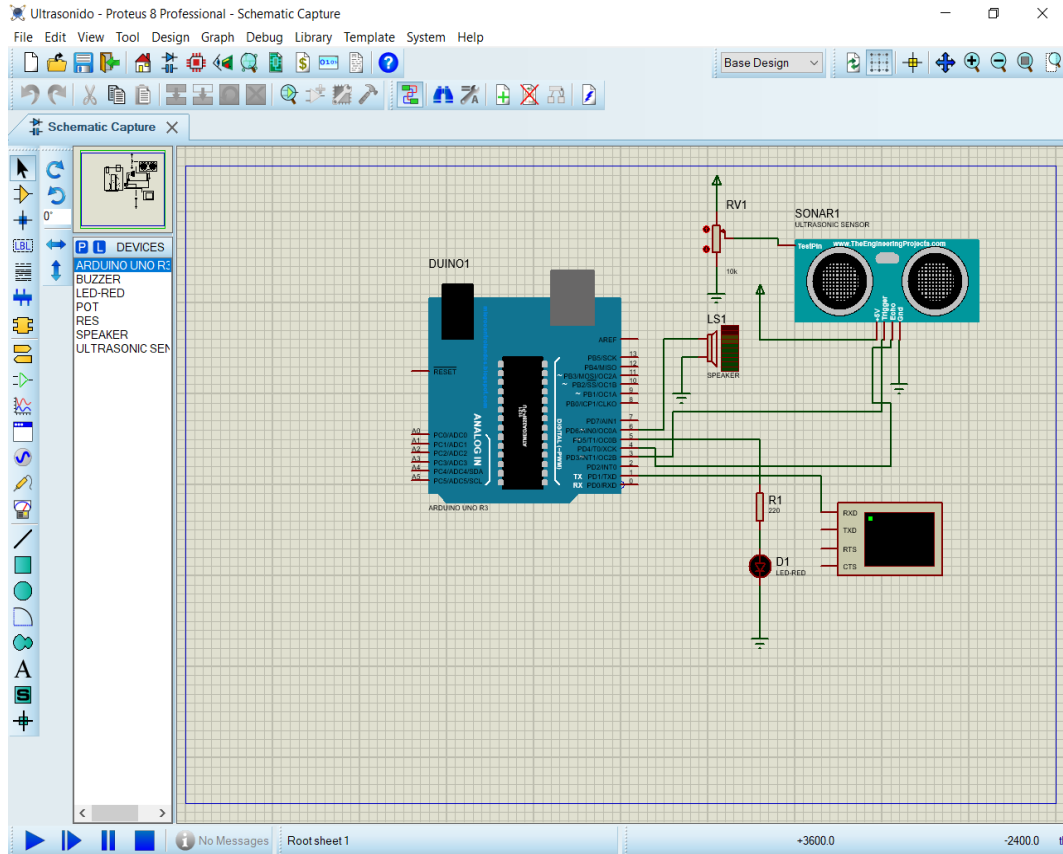


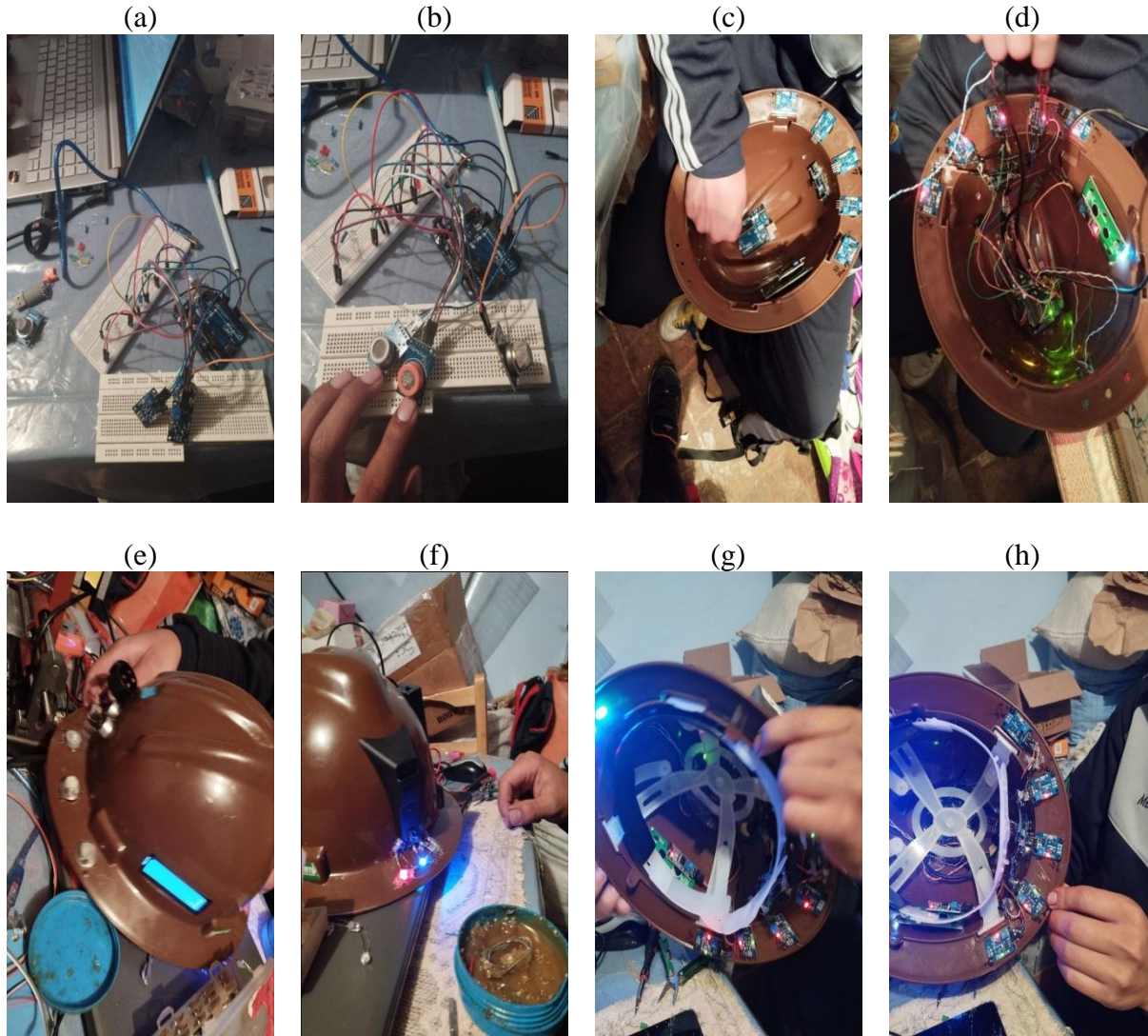
Figura 5: Parte del Código del Casco Minero Inteligente en el IDE de Arduino

```

UltrasonidoSin Arduino 1.8.10
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

UltrasonidoSin
int trig=3;
int eco=4;
int led=5;
long tiempo;
long distancia;
int brillo;
int buzzer=6;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trig,OUTPUT);
  pinMode(eco,INPUT);
  pinMode(led,OUTPUT);
  pinMode(buzzer,OUTPUT);
}
void loop()
{
  digitalWrite(trig,LOW);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig,HIGH);
  tiempo=pulseIn(eco,HIGH);
  tiempo=tiempo/2;
  distancia=int(0.034*tiempo);
  if(distancia<=450)
  {
    Serial.println(distancia);
    brillo=map(distancia,450,0,0,255);
    analogWrite(led,brillo);
  }
}
    
```

Figura 6. (a) Prueba de sensores, (b) Conexión de los sensores, (c) Ensamblaje al casco de los diferentes sensores, (d) Conexión del cableado del casco, (e) Funcionamiento inicial del casco, (f) Prueba inicial del casco, (g) Instalación final del casco, (h) Prueba final del casco



Resultados

Como resultado final del presente trabajo de investigación, se obtuvo un producto tangible que se constituye en un Casco Minero Inteligente, producto de la aplicación de las ciencias de la electrónica e informática que se complementaron para la obtención del casco. El casco minero inteligente tiene las siguientes características técnicas funcionales:

- Posee un sensor MQ-8 detector de hidrógeno que detecta el nivel de hidrógeno de interior mina.
- Posee un sensor MQ-135 de calidad de aire, este sensor permite la detección de gases nocivos en un rango máximo de 10 – 1000 ppm (partes por millón) presentes en interior mina
- Posee un sensor MQ-7 CO de gas de monóxido de carbono para detectar concentraciones dañinas de monóxido de carbono en el aire de interior mina. Este sensor permitirá evitar daños en la salud de los trabajadores de interior mina.
- Posee un sensor MQ-2 de detección de humo, gas butano, propano metano y alcohol, que permitirá advertir al

- trabajador minero la presencia de estos gases.
- Posee un sensor Ultrasonico HCSR04 de proximidad para detectar la presencia de objetos o rocas en interior mina para que el trabajador no tenga tropiezos o choques con estos objetos debido a la escasa presencia de luz que el trabajador no pueda advertir.
 - Posee un sensor de humedad y temperatura DHT11 para detectar el nivel de humedad y temperatura del ambiente de trabajo en interior mina, estos valores se muestran en una pantalla LCD (Pantalla de cristal líquido) incorporada en el caso. Así el trabajador minero sabrá en tiempo real el nivel de humedad y temperatura a la que se encuentra.
 - Posee una pantalla LCD (Pantalla de cristal líquido) que muestra el nivel de temperatura y humedad del ambiente de trabajo de interior mina. Estos valores se muestran en tiempo real y son enviados por los datos obtenidos del sensor de temperatura y humedad.
 - Posee un Buzzer pasivo (zumbador) que emite sonidos de alarma ante cualquier

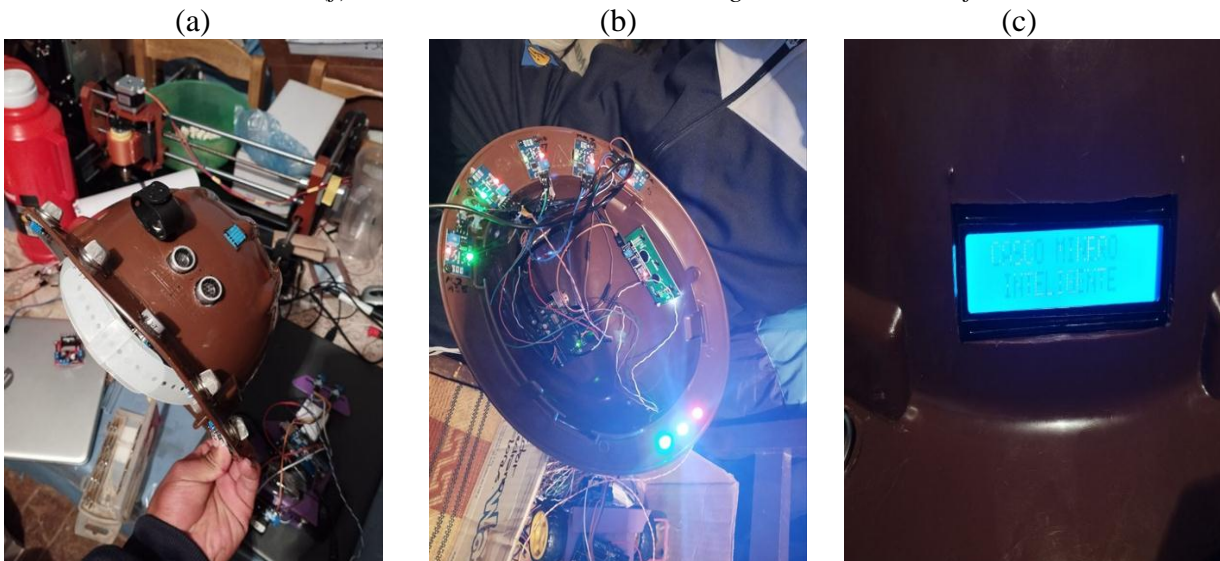
valor de riesgo que emiten los diferentes sensores implementados en el casco.

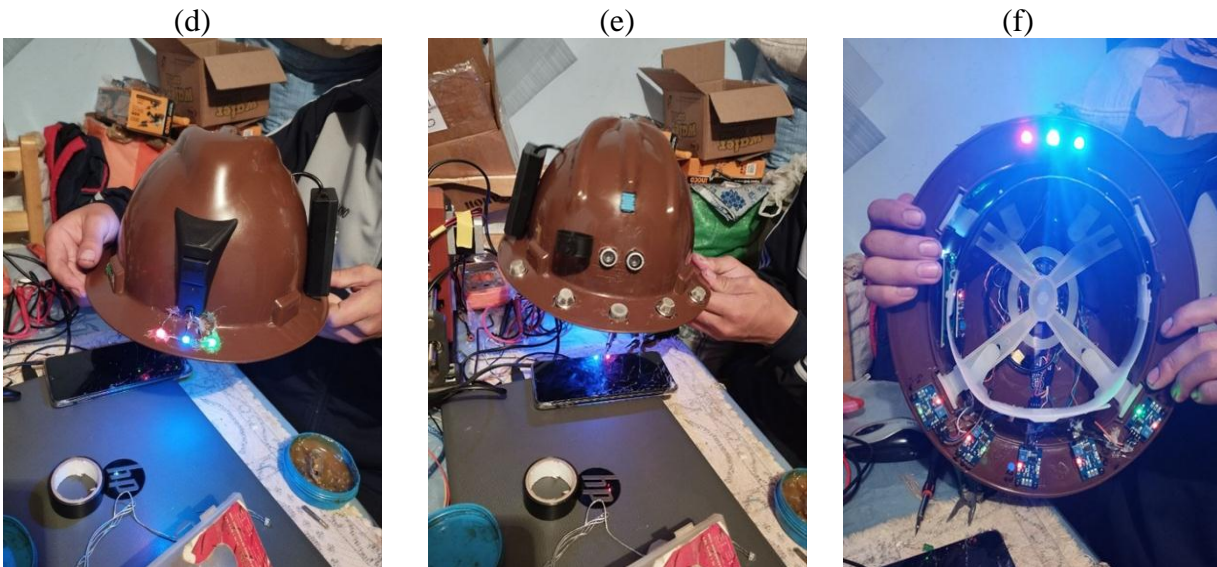
- Posee diferentes LEDs (Diodos Emisores de Luz) que sirven como indicadores de valores de riesgo de los diferentes sensores implementados en el casco.
- Todos los sensores implementados en el caso minero inteligente, están controlados por la placa Arduino Uno R3 que controla las diferentes entradas y salidas de los sensores y dispositivos implementados.
- Para el funcionamiento independiente del Casco Minero inteligente, se tiene implementado una batería de tipo ión litio recargable que le proporciona una autonomía de funcionamiento de 12 horas continuas al casco.

El producto obtenido, se espera pueda ser de gran ayuda y coadyuve en la seguridad de los trabajadores mineros de las diferentes cooperativas de nuestro municipio, quienes realizan sus labores cotidianas al interior de los socavones, poniendo en riesgo, muchas veces, su integridad física.

Para el funcionamiento final, se efectuaron las pruebas necesarias para el funcionamiento del casco minero de manera funcional y eficiente, tal como se muestra en la siguiente Figura 7.

Figura 7. (a) Prueba inicial, (b) Prueba de las conexiones electrónicas, (c) Funcionamiento de la pantalla LCD (Pantalla de cristal líquido), (d) Funcionamiento de la parte frontal del caso, (e) Prueba y funcionamiento de los sensores (f) Prueba del Casco Minero Inteligente con todas sus funcionalidades.





Y como producto final, se obtuvo el Casco Minero Inteligente de manera funcional y con las prestaciones para las que había sido diseñado e implementado.

Discusión

Revisados trabajos de investigación similares, se pudo destacar los siguientes entre los más relevantes:

El trabajo realizado por Investigadores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) que crearon un casco inteligente que permitirá reducir accidentes obreros y mineros en el Perú. Los autores son Luis Kenji Hilasaka Sánchez, Andree Franklin Salazar Rojas, Saúl Quispe Galdós, Daniel Paz Zúñiga y Jhaspeer López Casihue, investigadores del laboratorio Smart Machine del Centro de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la UNI. Dicho trabajo sacó como resultado un casco para el área minera y energética, donde se hace énfasis solo en la detección de gases tóxicos (Hilasaka Sánchez, Salazar Rojas, Quispe Galdós, et al., 2016). Los investigadores explicaron que mediante un sistema de protección personal con dispositivos de censado y monitoreo en tiempo real integrado a un casco de seguridad, se determinará la concentración de oxígeno o presencia de gases tóxicos en el lugar de trabajo.

El presente trabajo, a diferencia del trabajo descrito, tiene las siguientes características particulares:

- ✓ Incluye, aparte de los sensores de gases, otros tipos de sensores para otros tipos de gases
- ✓ Incorpora un sensor de humedad y temperatura cuyos resultados son mostrados en una pantalla de cristal líquido
- ✓ Incluye una pantalla de cristal líquido para mostrar valores de humedad y temperatura
- ✓ Incluye un zumbador que emite señales de riesgo
- ✓ Posee además un sensor ultrasónico de proximidad que permite detectar objetos cerca del trabajador.

El trabajo de investigación intitolado Casco inteligente de seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales de los autores Henry Nelson Aguilera Vidal, Franklin Landerson Gallegos Ramírez, Anabell Martha Rea Freire¹, Michael Nilo Galeas publicado en la Revista de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en año 2021 (Aguilera Vidal, Gallegos Ramírez, Rea Freire, & Nilo Galeas, 2021). Los resultados indican que se elaboró un casco de seguridad industrial para reducir el índice de accidentabilidad.

Cabe señalar que, en sus funcionalidades, el casco está diseñado para que pueda ser utilizado mayormente en entornos externos y solo permite la medición de proximidad, humedad y temperatura. El trabajo solo incluye sensores ultrasónicos, de temperatura y humedad.

La Figura 8 muestra el diseño del casco:

Figura 8. Casco inteligente para seguridad industrial desarrollado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo



Fuente: (Aguilera Vidal, et al., 2021).

A diferencia del trabajo descrito, el presente trabajo posee las siguientes características particulares:

- Incluye diferentes tipos de sensores de gases
- Incluye una pantalla de cristal líquido que muestra los valores del sensor de humedad y temperatura
- También incluye un sensor ultrasónico de proximidad.
- Incluye un zumbador que emite señales de riesgo
- Además de que el Casco Minero Inteligente está diseñado para poder funcionar en interior mina.

Con referencia a las investigaciones mencionadas, se puede señalar que la presente propuesta del presente trabajo de

investigación, hace énfasis en la seguridad de los trabajadores de interior mina del distrito minero de Siglo XX. No se pudo establecer trabajos que hagan énfasis en la seguridad de los trabajadores mineros, por lo que se determina su singularidad en estos tipos de investigaciones realizadas.

Las funcionalidades del Casco Minero Inteligente son varias, como la detección de gases tóxicos para la salud de los trabajadores, la medición de distancias ante peligros físicos, alarmas de seguridad, medición y temperatura de interior mina los cuales se muestran en una pantalla LCD (pantalla de cristal líquido) incorporada al casco y diferentes tipos de sensores incorporados en el casco que permiten brindar cierta seguridad a los trabajadores mineros.

Por lo mencionado anteriormente, consideramos, que el presente trabajo de investigación se constituye en un trabajo singular en la temática abordada. El producto de este trabajo de investigación es el siguiente.

Figura 9. Casco Minero Inteligente desarrollado en la Universidad Nacional "Siglo XX"



Conclusiones

A la finalización del presente trabajo de investigación y una vez obtenido el producto del Casco Minero Inteligente, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se pudo analizar los requerimientos de seguridad de los trabajadores mineros que realizan las actividades en interior mina de nuestro distrito. Se pudo observar los riesgos que corren los compañeros mineros.
- Con las herramientas software disponibles, se logró realizar el diseño del prototipo del Casco Minero Inteligente
- En base a los requerimientos y el diseño, se logró obtener los sensores, componentes electrónicos y aplicaciones informáticas adecuadas para el prototipo. Los componentes fueron adquiridos del mercado local y en algunos casos de las tiendas especializadas en electrónica de la ciudad de La Paz.
- Se consiguió ensamblar el prototipo del Casco Minero Inteligente de acuerdo a las comodidades del trabajador minero.
- Para el resultado final, se realizaron las pruebas necesarias del prototipo para observar su correcto funcionamiento.

Agradecimientos

Agradecer de manera infinita a la colaboración del universitario Héctor Medrano Flores, estudiante de la Carrera Ingeniería Informática de la Universidad Nacional “Siglo XX”, quién contribuyó de manera desprendida, en la elaboración del presente trabajo de investigación, con la asistencia de instrumental y accesorios necesarios para la implementación del Casco Minero Inteligente.


Referencias Bibliográficas

Aguilera Vidal, H. N., Gallegos Ramírez, F. L., Rea Freire, A. M., & Nilo Galeas, M.

(enero de 2021). Casco inteligente de seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales. *Revista de ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 4(1), 16.

- Alfonso, P., Zambra, R., & Loreda, V. (2014). Relevancia Mundial de la Minería de Estaño de Llallagua, Boliva. *Primer Congreso de Patrimonio Minero I Historia de la Minería i de la Geología a Catalunya*. Maig de 2018. Llibre D'actes. 229-240:
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/171829/Alfonso_esta%C3%B1o_Llallagua.pdf
- Hubor. (2015). *Hubor - Proteus*.
<https://www.hubor-proteus.com/>
- Fernández, Y. (23 de Septiembre de 2022). *Xataka Basics. Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*:
<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Fundación, A. (2014). *Arduino. Recuperado*:
<https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>
- Hilasaka Sánchez, L. K., Salazar Rojas, A. F., Quispe Galdós, S., Paz Zúñiga, D., & López Casihue, J. (2016). *Agencia Peruana de Noticias*:
<https://andina.pe/agencia/noticia-crean-casco-inteligente-permitira-reducir-mas-del-30-accidentes-laborales-612783.aspx>
- ISOTools. (2010). *Principales Riesgos de la Industria Minera*:
<https://www.isotools.org/2020/10/13/principales-riesgos-de-la-industria-minera/>
- Seguridad Minera. (2013). *Salud Ocupacional y Primeros Auxilios*:
<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/7-gases-presentes-minas-subterranas/>
- Services, H. &. (2015). *Sensores*:
<https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/sensores>
- UAEH. (2021). *Actuadores*:
http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_fi nal/OA4/actuadores.html

Caracterización de la Temperatura del Aire en el Territorio Boliviano por Zonas Agroecológicas

Esteban Choque Conde¹ ; João Francisco Escobedo²; Porfirio Choque Conde³; A. Willams Pillco Colque⁴

¹Director del Instituto de Investigación, Universidad Nacional "Siglo XX", Llallagua, Potosí, Bolivia, 591-68320019, dgi@unsxx.net, Orcid: 0000-0003-2451-747X.

²Profesor de la Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, Brasil.

³Director Ejecutivo ONG - VASTOS DESAFIOS "VD", Bolivia.

⁴Director General de Investigación, Universidad Nacional "Siglo XX", Llallagua, Potosí, Bolivia.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo estudiar la caracterización de la temperatura del aire (T_{med} , $T_{máx}$, $T_{mín}$), utilizando una base de datos de 235 estaciones meteorológicas. Evolución anual y estacionalidad de T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ por zonas agroecológicas. Un análisis de regresión lineal permitió obtener las ecuaciones anuales para T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ en función de la altitud, con coeficientes de determinación con alto poder explicativo (0,93; 0,84; 0,94), y altas tasas de caída ($-4,5^{\circ}\text{C.km}^{-1}$, $-3,7^{\circ}\text{C.km}^{-1}$, $-5,3^{\circ}\text{C.km}^{-1}$) respectivamente. Las desviaciones resultantes de las comparaciones entre los valores estimados de las ecuaciones estacionales y mensuales con relación al promedio anual sugieren, en la mayoría de las altitudes, el uso de ecuaciones estacionales o mensuales, principalmente para estimaciones de T_{med} y $T_{mín}$. El análisis de estacionalidad realizado a través de las desviaciones relativas $D(\%)$ entre los valores estimados, probados en 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m de altura, a partir de ecuaciones anuales (T_{med} , $T_{máx}$, $T_{mín}$)_a con ecuaciones estacionales (T_{med} , $T_{máx}$, $T_{mín}$)_s y mensuales (T_{med} , $T_{máx}$, $T_{mín}$)_m, muestran sobreestimaciones o subestimaciones de las ecuaciones anuales.

Palabras clave: Amazónico, andino, endorreico, altura, llanos, valles.

Characterization of the Air Temperature in the Bolivian Territory by Agroecological Zones

Esteban Choque Conde E.; Escobedo J. F.; Choque Conde, P.; Pillco Colque, A. W.

Abstract

The present study aimed to study the characterization of the temperature of air (T_{med} , T_{max} and T_{min}), using data bases of 235 meteorological stations. Forms described as annual evolutions and seasonality of two values of T_{med} , T_{max} and T_{min} , by agroecological zones. A linear regression analysis allows obtaining annual estimating equations for T_{med} , T_{max} and T_{min} in function of altitude, with coefficients of determination of high explanatory power (0.93; 0.84; 0.94), and high lapse taxes $-4.5^{\circ}\text{C.km}^{-1}$, $-3.7^{\circ}\text{C.km}^{-1}$, $-5.3^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ respectively. The resulting deviations from comparisons between the estimated values of seasonal equations and messages in relation to average annual suggestions, at higher altitudes or use of seasonal equations or messages, mainly for estimates of T_{med} and T_{min} . The seasonality analysis carried out by means of the relative deviations $D(\%)$ between the estimated values, tested at 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 and 5,000 m altitude, from the annual equations (T_{med} , T_{max} and T_{min}) to with the seasonal equations (T_{med} , T_{max} and T_{min}) if monthly (T_{med} , T_{max} and T_{min})_m, show overestimates or underestimates of the annual equations.

Keywords: Elevation, amazon, endorheic, andean, plains, valleys.

Introducción

La temperatura del aire es una variable ambiental crítica en una amplia gama de disciplinas y procesos, que afecta los sistemas físicos, ecológicos y humanos (Wood et al., 2018), se considera una variable meteorológica relativamente directa para interpolar en escalas climáticas, debido a que los campos de temperatura del aire son continuos (Cullen y Marshall, 2011). Aunque los campos de temperatura pueden ser relativamente homogéneos en una topografía simple, no se pueden hacer las mismas generalizaciones en terrenos complejos, como entornos montañosos, donde existen fuertes gradientes horizontales en la topografía o la cobertura de la superficie.

El clima de montaña se encuentra entre los más complejos y variables en escalas espaciales cortas; sin embargo, dada la falta de información climática para muchos entornos de montaña en todo el mundo, es difícil predecir qué impactos puede tener el calentamiento global y regional en el clima local de las montañas y sus entornos (Pepín et al., 1999). Se argumenta que la temperatura del aire es el atributo más importante de los climas de montaña (Barry, 1992), y estudios previos han demostrado que las grandes variaciones en la temperatura del aire aumentan la complejidad de los patrones de temperatura en terrenos montañosos (Rolland, 2003; Marshall et al., 2007; Holden et al., 2011).

La temperatura es uno de los reguladores del rango de especies (Webster and Oliver, 2001). Controla una amplia variedad de procesos ambientales y es un parámetro de entrada esencial para los modelos de superficie terrestre, por ejemplo, en hidrología, ecología y climatología (Gao et al., 2012).

El comportamiento de la temperatura del aire en el territorio boliviano varía considerablemente de un lugar a otro (variación espacial), mostrando una fuerte dependencia de la altitud y la latitud, cuyos factores se superponen a otros, como el clima, la topografía, la vegetación, entre otros; además, durante el año (variación temporal) cambian de una estación a otra y están condicionadas principalmente por la declinación solar, producto del movimiento de la tierra alrededor del sol.

La zona agroecológica de los *Llanos* abraza el 59% del territorio nacional, estando por debajo de los 500 m de altitud, sus condiciones climáticas

son húmedas en el Norte (del Beni) y secas en el Sur (Chaco) y, registra la temperatura media anual entre 22°C a 25°C (INE, 2020; Montes de Oca, 1997). La zona de los Valles es la región intermedia entre los Andes y los Llanos, cubre el 13% del territorio, su extensión comprende los valles y las Yungas (valle subtropical), con una altura promedio de 2.500 m, y su clima es templado cálido (15°C a 25°C) (INE, 2020). La zona Andina cubre el 28% del territorio nacional, sobre los 3.000 m, donde se encuentran el Altiplano, el lago Titicaca y el Salar de Uyuni, bordeados por las cordilleras occidental y oriental. Las temperaturas registradas son las más bajas del país y pueden llegar a -20°C, con un promedio de 10°C (INE, 2020; Montes de Oca, 1997).

Los estudios sobre el análisis de la temperatura del aire a diferentes alturas en territorio boliviano son escasos, limitados al acceso de la población objetivo. Estas limitaciones motivaron el desarrollo del presente estudio, proponiéndose los siguientes objetivos: Calcular la evolución anual de las temperaturas del aire media (T_{med}), máxima ($T_{máx}$) y mínima ($T_{mín}$) por zonas agroecológicas. Proponer ecuaciones de estimaciones anuales para T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ en función de la altura para las zonas agroecológicas de Llanos, Valles y Andina, y analizar estas ecuaciones anuales en relación con las estacionales y mensuales.

Materiales y Métodos

Base de Datos

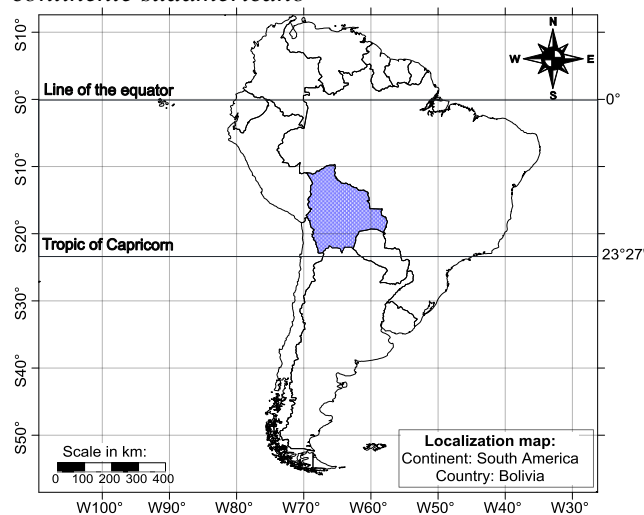
La información climática de Bolivia involucrada en la presente investigación fue de 235 estaciones meteorológicas convencionales (Tabla 1), con registros en partición diaria, puestos a disposición por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI, 2015), que brindó información histórica hasta el período anual de 2015. La información sobre los elementos climáticos fue escasa, limitándose a aprovechar únicamente la variable temperatura del aire (máxima y mínima promedio diario), con un período de registro de cinco (5) a hasta un máximo de 74 años (Rolland, 2003).

La temperatura media del aire (T_{med}), que es la media de las $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ estimadas mediante la fórmula común de valores extremos, por la semisuma de $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ (Baker, 1975). Según Pereira et al. (2007), la $T_{m\acute{a}x}$ ocurre con un desfase de 2 a 3 horas con relación al momento de mayor irradiación solar (12 h), mientras que la $T_{m\acute{i}n}$ ocurre justo antes del amanecer, debido al enfriamiento nocturno. Este patrón puede cambiar de acuerdo a las condiciones macroclimáticas predominantes, tales como la entrada de un frente frío, la ocurrencia de lluvias, nubosidad intensa, vientos fuertes y continuos, y otros factores.

Localización Geográfica de boliviano

Bolivia es un país ubicado en la región centro-oeste de América del Sur, limita al norte y al este con Brasil, al sur con Paraguay y Argentina, y al oeste con Chile y Perú (Figura 1). De acuerdo a su extensión territorial (1.098.581 km²) es el sexto país más grande de América Latina y comprende diferentes zonas geográficas como la Cordillera de los Andes, la Sierra, la Amazonía, los Llanos de los Moxos y el Chaco, siendo así uno de los países con mayor biodiversidad biológica en el mundo. Geográficamente, se ubica entre los paralelos de 9° 38' a 22° 53' de latitud Sur, 57° 26' a 69° 38' de longitud Oeste, y las elevaciones están desde los 90 m del Amazonas, hasta los 6.542 m del nevado Sajama (INE, 2020).

Figura 1. Bolivia y su localización en el continente sudamericano



La extensión territorial de Bolivia se encuentra dentro de la zona tropical del trópico de Capricornio (Figura 1) cuyos límites de latitud son

menores a 23° 27' del límite de la franja tropical (Pereira et al., 2007). Lugares donde, de igual forma, las variaciones climáticas presentan poca fluctuación estacional, sin embargo, el amplio rango altitudinal, conducen a climas que varían considerablemente de un lugar a otro, con amplia variación de la diversidad térmica, pluviométrica y biológica presente.

Análisis de Correlación de la Temperatura del Aire en Función de la Altura

Los análisis del efecto de la altura (H) sobre los valores de temperatura del aire (T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$, $T_{m\acute{i}n}$), se obtuvieron mediante el modelo estadístico de regresión lineal simple, según Joly et al. (2018) la pendiente viene dada por regresión lineal y se usa para evaluar la tasa de descenso de temperatura por unidad de elevación, donde cualquier valor determinado de H, digamos H_i , el valor previsto T_i se calcula por:

$$T_i = \beta_0 + \beta_1 H_i (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

Dónde. T_i son valores de T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ en °C; H_i son las diferentes altitudes (H) en metros; β_0 el coeficiente lineal o de intersección e; β_1 es la pendiente de la línea de regresión o tasa de caída.

Según Heumann y Schomaker (2016) la línea de regresión ajustada describe la relación entre T (temperatura del aire) y H (altura). El signo β_1 determina si la relación entre H y T es positiva o negativa. Si la señal β_1 es positiva, indica que si H aumenta, T también aumenta. Por otro lado, si el signo de β_1 es negativo, esto indica que si H aumenta, entonces T disminuye.

Una medida cuantitativa de la calidad del ajuste se puede obtener a partir del coeficiente de determinación (R^2) definido por la expresión:

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})(T_i - \bar{T})]^2}{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2 \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2} \quad (2)$$

Dónde \bar{H} es el promedio de las altitudes (metro); \bar{T} es el promedio de T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ (°C).

De la definición anterior resulta que $0 \leq R^2 \leq 1$. Cuanto más cerca esté R^2 de 1 (uno), mejor será el ajuste, ya que la suma del cuadrado del error será pequeña. Cuanto más cerca esté el R^2 de 0 (cero), peor será el ajuste, porque la suma del cuadrado del error será grande. Si R^2 toma otro valor, digamos que $R^2 = 0,7$ significa que solo el 70% de la variación en los datos es explicada por

el modelo ajustado, es decir, el modelo es bueno en un 70% (Heumann y Schomaker, 2016).

Desviaciones Relativas de la Media Anual con Respecto a las Estaciones y Mensuales

La desviación relativa $D(\%)$, que indica en qué medida varían los medias estacionales ($T_{med}, T_{máx}, T_{min}$)_s o mensuales ($T_{med}, T_{máx}, T_{min}$)_m con respecto a la ecuación base, que son los promedios anuales de ($T_{med}, T_{máx}, T_{min}$)_a. De ella podemos obtener la tasa de desviación, que son las desviaciones relativas (Farias y Laurencel, 2005). Las desviaciones relativas $D_s(\%)$ y $D_m(\%)$ vienen dadas por:

$$D_s(\%) = \left[\frac{T_a - T_s}{T_a} \right] = \left[1 - \frac{T_s}{T_a} \right] \quad (3)$$

$$D_m(\%) = \left[\frac{T_a - T_m}{T_a} \right] = \left[1 - \frac{T_m}{T_a} \right] \quad (4)$$

Dónde: D_s es la desviación relativa estacional (%); D_m la desviación relativa mensual (%); T_a valores de temperatura del aire de la ecuación anual ($T_{med}, T_{máx}, T_{min}$)_a; T_s valores de temperatura del aire de las ecuaciones estacionales ($T_{med}, T_{máx}, T_{min}$)_s; y T_m valores de temperatura del aire de las ecuaciones mensuales ($T_{med}, T_{máx}, T_{min}$)_m.

Los $D_s(\%)$ y $D_m(\%)$ suelen presentarse en forma de porcentaje, multiplicando el valor por 100, y expresan la capacidad de las ecuaciones base del promedio anual para sobrestimar o subestimar las ecuaciones en las estimaciones estacionales y mensuales.

Resultados y Discusión

Descripción Temporal de la Temperatura del aire

El estudio del análisis temporal de temperatura del aire ($T_{med}, T_{máx}, T_{min}$) y amplitud térmica (AT) en Bolivia se seleccionaron la alternativa de análisis por zonas agroecológicas, las cuales pueden ser utilizadas por investigadores de las distintas áreas científicas y tecnológicas.

Evolución anual de la Temperatura del aire por zonas Agroecológicas

En la Figura 2 se muestra el mapa de Bolivia, distribuido en tres zonas agroecológicas principales: Llanos por debajo de 1.000 m de

altitud, Valles entre 1.000 y 3.000 m de altitud, y Andina más de 3.000 m, además, la posición espacial de 235 estaciones meteorológicas. La zona de los Llanos, que representa el 59% del territorio nacional, cuenta con 66 estaciones meteorológicas. La zona de los Valles que ocupa el 13% del territorio corresponde a 75 estaciones, y la zona Andina que representa el 28% restante del territorio corresponde a 94 estaciones. En la Figura 3(a) a 3(c) se muestra la evolución mensual de los valores $T_{med}, T_{máx}, T_{min}$ y AT de las tres unidades agroecológicas (Llanos, Valles y Andina).

Figura 2. Mapa de Bolivia dividido en zonas agroecológicas según las elevaciones

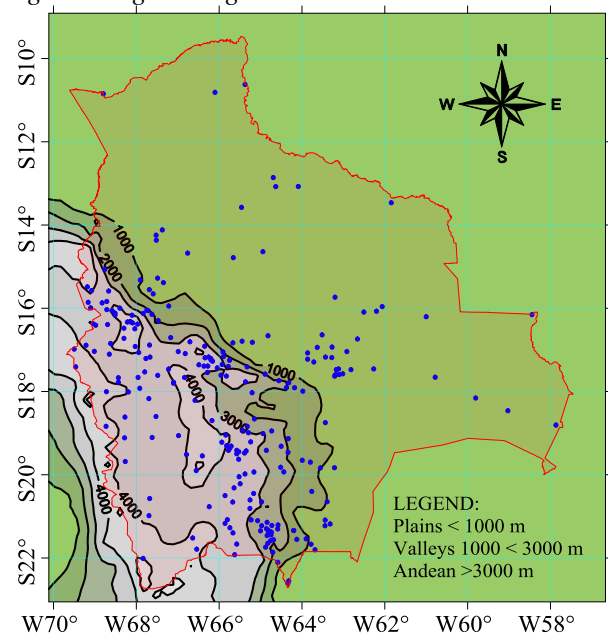
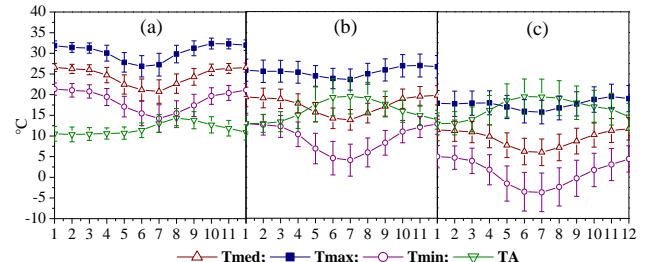


Figura 3. Evolución mensual de valores de $T_{med}, T_{máx}, T_{min}$ y AT por zonas agroecológicas (a) Llanos, (b) Valles y (c) Andina



- a) Llanos, 66 estaciones, latitud $-11^{\circ} 00' 24''$ a $-22^{\circ} 42' 45''$, altitud 130 a 881 m
- b) Valles, 75 estaciones, latitud $-15^{\circ} 14' 54''$ a $-22^{\circ} 01' 29''$, altitud 1.090 a 2.970 m
- c) Andina, 94 estaciones, latitud $-16^{\circ} 03' 04''$ a $-22^{\circ} 10' 20''$, altitud 3.000 a 4.460 m

Las variaciones en la temperatura del aire (T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$) en las zonas agroecol\u00f3gicas est\u00e1n directamente asociadas a las variaciones estacionales y factores de clima, altitud, latitud, topograf\u00eda, entre otros.

En la zona de los Llanos (Figura 3a) los valores de T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ son m\u00e1s altas que las otras zonas, teniendo como principal causa la baja amplitud monta\u00f1osa. Otro factor responsable del aumento de la temperatura del aire est\u00e1 asociado al tipo de clima seg\u00fan el modelo K\u00f6ppen (1936), que es predominantemente tropical h\u00famedo (Af, Am, Aw) y la parte sur de la estepa con un invierno muy caluroso y seco en el Chaco boliviano (BSwsh'). El valor de T_{med} oscil\u00f3 entre $26,6^{\circ}\text{C} \pm 0,99^{\circ}\text{C}$ (enero) y $20,75^{\circ}\text{C} \pm 2,84^{\circ}\text{C}$ (julio); de $T_{m\acute{a}x}$ de $32,37^{\circ}\text{C} \pm 1,32^{\circ}\text{C}$ (octubre) a $26,86^{\circ}\text{C} \pm 2,59^{\circ}\text{C}$ (junio) y de $T_{m\acute{i}n}$ de $21,34^{\circ}\text{C} \pm 1,48^{\circ}\text{C}$ (enero) a $14,24^{\circ}\text{C} \pm 3,32^{\circ}\text{C}$ (julio).

En la zona de los Valles (Figura 3b) tiene un amplio rango de latitud y altitud, siendo considerada una zona intermedia o de transici\u00f3n, con un clima templado que prevalece entre el invierno fr\u00edo y seco (Cwa) y el invierno c\u00e1ldo y seco (Cwb) y el invierno c\u00e1ldo y seco estepario (BSwh). En esta zona tienen una fuerte influencia los efectos topogr\u00e1ficos, debido a sus bruscos declives fisiogr\u00e1ficos, que establecen microrregiones con variaciones en la radiaci\u00f3n solar incidente y la variaci\u00f3n en los valores de T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$. El valor de T_{med} vari\u00f3 de $19,74^{\circ}\text{C} \pm 2,35^{\circ}\text{C}$ (diciembre) a $13,81^{\circ}\text{C} \pm 2,50^{\circ}\text{C}$ (julio); de $T_{m\acute{a}x}$ de $26,95^{\circ}\text{C} \pm 2,77^{\circ}\text{C}$ (noviembre) a $23,56^{\circ}\text{C} \pm 2,56^{\circ}\text{C}$ (julio) y de $T_{m\acute{i}n}$ de $12,89^{\circ}\text{C} \pm 2,51^{\circ}\text{C}$ (enero) a $-4,05^{\circ}\text{C} \pm 3,88^{\circ}\text{C}$ (julio).

En la zona Andina (Figura 3c), los valores de T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ son menores en el territorio, principalmente por efecto de las altitudes considerables, y de las condiciones topogr\u00e1ficas irregulares (planas y accidentadas) entre el Altiplano y las cordilleras Oriental y Occidental, concordadas por Joly et al. (2018) donde la elevaci\u00f3n y la topograf\u00eda son variables que explican en gran medida la variaci\u00f3n de la temperatura del aire. En este escenario, seg\u00fan K\u00f6ppen (1936), los grupos clim\u00e1ticos predominantes son estepa con invierno seco y fr\u00edo (BSwk), tundra (ET) y alta monta\u00f1a (EB). As\u00ed, el valor de T_{med} vari\u00f3 de $11,69^{\circ}\text{C} \pm 2,72^{\circ}\text{C}$ (diciembre) a $6,01^{\circ}\text{C} \pm 3,22^{\circ}\text{C}$ (julio); de $T_{m\acute{a}x}$ $19,49^{\circ}\text{C} \pm 2,99^{\circ}\text{C}$ (noviembre) a $15,72^{\circ}\text{C} \pm 2,85^{\circ}\text{C}$ (julio) y $T_{m\acute{i}n}$ de $4,97^{\circ}\text{C} \pm 2,73^{\circ}\text{C}$ (enero) a $-3,70^{\circ}\text{C} \pm 4,68^{\circ}\text{C}$ (julio).

De igual forma cambios anuales en valores de AT por departamentos y cuencas, cambios anuales en valores de AT por zonas agroecol\u00f3gicas o altitud Figura 3(a) a Figura 3(c) son estacionales y muestran que los valores m\u00e1s bajos se dan en verano y los m\u00e1s altos en invierno. Los valores l\u00edmite entre m\u00ednimo y m\u00e1ximo de la AT aumentan en proporci\u00f3n inversa al aumento de altitud y latitud, en la zona de los Llanos los valores l\u00edmite estuvo entre $10,37^{\circ}\text{C} \pm 1,78^{\circ}\text{C}$ (febrero) y $14,33^{\circ}\text{C} \pm 2,31^{\circ}\text{C}$ (agosto), y en las zonas Valles y Andina la AT muestran similar efecto estacional, por cuanto, en la zona de Valles var\u00edan de $12,93^{\circ}\text{C} \pm 2,04^{\circ}\text{C}$ (enero) a $19,51^{\circ}\text{C} \pm 4,27^{\circ}\text{C}$ (julio) y en la zona Andina desde $12,89^{\circ}\text{C} \pm 2,64^{\circ}\text{C}$ (enero) y $19,46^{\circ}\text{C} \pm 4,29^{\circ}\text{C}$ (junio), mostrando efectos estacionales similares.

En estudios con modelos de simulaci\u00f3n, la entrada de valores en T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ debe realizarse utilizando ecuaciones, que estiman los valores de T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ en funci\u00f3n de alg\u00fan par\u00e1metro de inter\u00e9s, que en el caso del presente estudio es la Evapotranspiraci\u00f3n.

Las caracter\u00edsticas geogr\u00e1ficas de Bolivia muestran que la divisi\u00f3n espacial por altitud o zonas agroecol\u00f3gicas se muestra como la m\u00e1s adecuada, ya que existe poca informaci\u00f3n sobre la evapotranspiraci\u00f3n debida a la altitud en la literatura. Por lo tanto, en la siguiente secci\u00f3n, los valores en T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ fueron estructurados o modelados usando regresi\u00f3n lineal en funci\u00f3n de la altitud, para intervalos de tiempo anuales, estacionales y mensuales.

Relaci\u00f3n de la Temperatura del Aire y la Altitud por Zonas Agroecol\u00f3gicas

An\u00e1lisis de la relaci\u00f3n lineal de la media anual

La Figura 4 muestra la relaci\u00f3n anual o total de la temperatura del aire (a) T_{med} , (b) $T_{m\acute{a}x}$, $T_{m\acute{i}n}$ y (c) AT, en funci\u00f3n de la altitud (H) en zonas agroecol\u00f3gicas Llanuras, Valles y Andina. Las correlaciones entre las temperaturas del aire y las altitudes son lineales y decrecientes, en el sentido de la zona de los Llanos (regi\u00f3n de temperaturas m\u00e1s altas y elevaciones m\u00e1s bajas), a la zona Andina (regi\u00f3n de temperaturas m\u00e1s bajas y elevaciones m\u00e1s altas). Los resultados est\u00e1n de acuerdo con la literatura, que seg\u00fan Turbelis y Nascimento (1980) la temperatura del aire muestra una variaci\u00f3n inversa con el aumento de la altitud, debido a la descompresi\u00f3n adiab\u00e1tica a medida

que el aire asciende en la atmósfera. Otros resultados reveladores involucran la influencia del contexto topográfico, que muestra algún efecto adicional con la elevación (Joly et al., 2018). Sin embargo, la correlación de AT en función de la altitud es lineal y creciente, directamente proporcional a la altitud.

Las ecuaciones lineales obtenidas con los respectivos coeficientes de determinación (R^2) fueron:

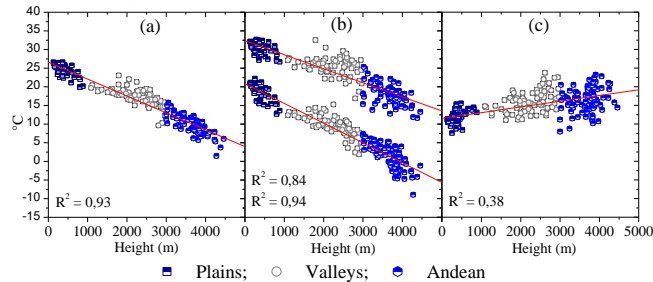
$$T_{\text{med}} = 26,6 - 4,5H; \quad R^2 = 0,93 \quad (5)$$

$$T_{\text{máx}} = 32,3 - 3,7H; \quad R^2 = 0,84 \quad (6)$$

$$T_{\text{mín}} = 20,8 - 5,3H; \quad R^2 = 0,94 \quad (7)$$

$$AT = 11,5 + 1,5H; \quad R^2 = 0,38 \quad (8)$$

Figura 4. Correlación anual (a) T_{med} , (b) $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$ y (c) AT en función de la altura en zonas agroecológicas de los Llanos, Valles y Andina



El coeficiente de intersección (β_0) de la Ecuación (5), (6) y (7) son $26,6^\circ\text{C}$; $32,3^\circ\text{C}$ y $20,8^\circ\text{C}$ respectivamente (Figura 4a, Figura 4b) y representa los valores más altos de temperatura del aire (T_{med} , $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$) estimado por las ecuaciones de regresión lineal en la altura más baja. El coeficiente angular (β_1) de la Ecuación (5), (6) y (7) donde la tasa de caída de la temperatura del aire (T_{med} , $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$) son $-4,5^\circ\text{C.km}^{-1}$; $-3,7^\circ\text{C.km}^{-1}$ y $-5,3^\circ\text{C.km}^{-1}$ respectivamente, todavía superiores a los encontrados por Joly et al. (2018) $-2,3^\circ\text{C.km}^{-1}$ para $T_{\text{mín}}$ y $-1,3^\circ\text{C.km}^{-1}$ para $T_{\text{máx}}$, y más bajo la tasa de enfriamiento de la atmósfera (-6°C.km^{-1}) en condiciones de descompresión adiabática (Turbelis y Nascimento, 1980), aun así, superior a la determinada por Wang et al. (2011) con una tasas de $-3,4^\circ\text{C.km}^{-1}$, inferior al promedio mundial al aire libre ($-6 \sim -7^\circ\text{C.km}^{-1}$).

Los valores altos del coeficiente de determinación (R^2) fueron 0,93; 0,84; 0,94 de T_{med} , $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$ respectivamente, obtenidos por la Ecuación (5), (6) y (7), que muestran ajustes lineales con alto poder de representación, también superiores a los hallazgos de Joly et al. (2018) 0,53 para $T_{\text{mín}}$ y 0,78 para $T_{\text{máx}}$.

El coeficiente de intersección (Figura 4c) de la Ecuación (8) es $\beta_0 = 11,5^\circ\text{C}$ y representa el valor mínimo de AT estimado por la ecuación a la altitud más baja, y la pendiente fue $\beta_1 = 1,5^\circ\text{C.km}^{-1}$ y representa la tasa de crecimiento de AT por kilómetro de aumento de altitud. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,38$) muestra que la correlación entre AT y altitud es baja, o aún no existe correlación entre las dos variables.

Análisis de Relación Lineal a Escala Estacional

Teniendo en cuenta la gran variación en la temperatura del aire (T_{med} , $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$) en función de la altura y latitud del territorio boliviano, fue necesario un análisis estacional para la Ecuación (5), (6) y (7). Para este propósito, la base de datos anual de temperatura del aire (T_{med} , $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$), utilizado para obtener estas Ecuación (5), (6) y (7), se separaron en intervalos de tiempo estacionales y mensuales, y los procedimientos estadísticos utilizados para Figura 4(a) y Figura 4(b).

La Figura 5 muestra la relación estacional de las temperaturas del aire (T_{med} , $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$) en función de la altura en zonas agroecológicas Llanos, Valles y Andina. De manera similar a las correlaciones anuales, las correlaciones estacionales entre las temperaturas del aire y las altitudes son lineales y decrecientes, desde el área de los Llanos hasta el área Andina.

Los coeficientes de intersección (β_0) y de pendiente o tasa de caída (β_1) de las ecuaciones estacionales (Tabla 2) para temperaturas del aire (T_{med} , $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$) son diferentes a los de la ecuación anual, más altos en verano y primavera y más bajos en otoño e invierno, lo que indica la existencia de una dependencia estacional de Ecuación (5), (6) y (7).

Figura 5. Correlación estacional (primavera, verano, otoño, invierno) de T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ en función de la altura en zonas agroecológicas de Llanos, Valles y Andina

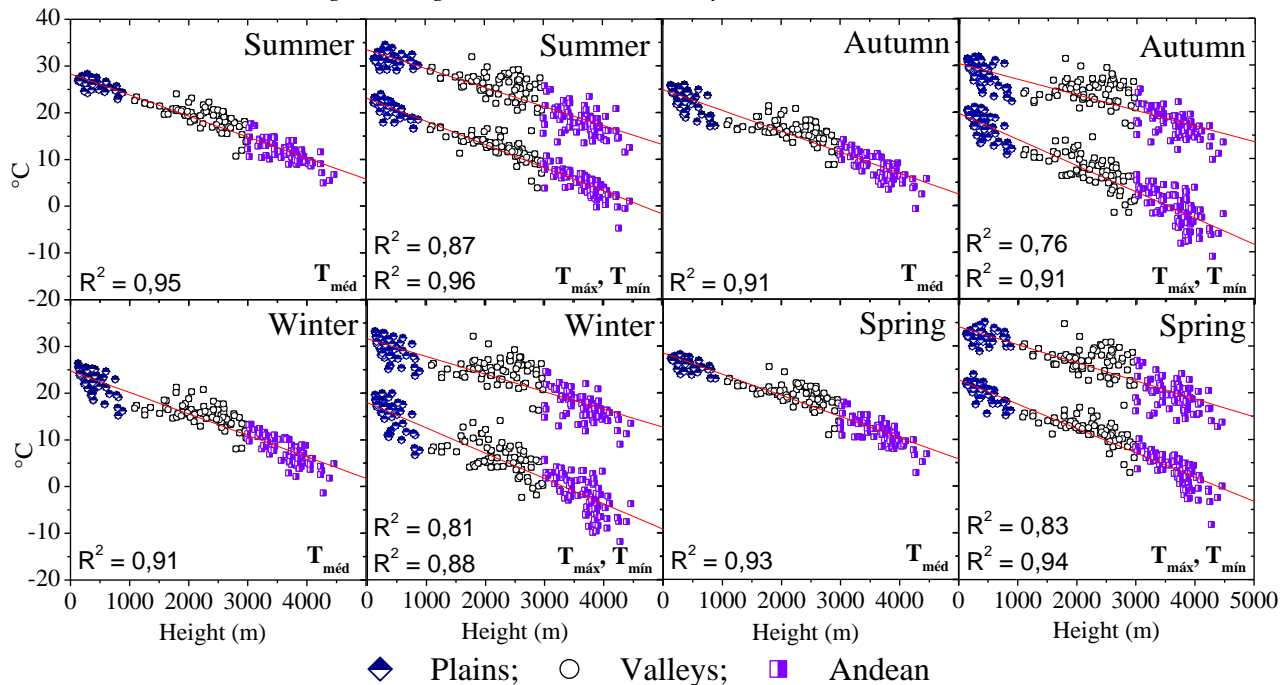


Tabla 2. Ecuaciones estacionales para la estimación de T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ (β_0 en $^{\circ}\text{C}$ y β_1 en $^{\circ}\text{C.km}^{-1}$).

Estación	$T_{med} = \beta_0 \pm \beta_1 H$	$T_{máx} = \beta_0 \pm \beta_1 H$	$T_{mín} = \beta_0 \pm \beta_1 H$
Verano	$T_{med} = 28,3 - 4,5 H$	$T_{máx} = 33,5 - 4,1 H$	$T_{mín} = 23,1 - 4,9 H$
Otoño	$T_{med} = 24,9 - 4,5 H$	$T_{máx} = 30,2 - 3,3 H$	$T_{mín} = 19,6 - 5,6 H$
Invierno	$T_{med} = 24,7 - 4,6 H$	$T_{máx} = 31,6 - 3,8 H$	$T_{mín} = 17,9 - 5,4 H$
Primavera	$T_{med} = 28,4 - 4,5 H$	$T_{máx} = 34,1 - 3,8 H$	$T_{mín} = 22,8 - 5,2 H$

La pendiente o tasa de caída (β_1) para T_{med} (Tabla 2) en las ecuaciones de verano, primavera y otoño es igual que en la ecuación anual ($-4,5^{\circ}\text{C.km}^{-1}$), mientras que en invierno ($-4,6^{\circ}\text{C.km}^{-1}$) es mayor que en la ecuación anual. Los valores de β_1 para T_{min} y T_{med} , a partir de las ecuaciones estacionales de verano ($-4,1^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ y $-4,9^{\circ}\text{C.km}^{-1}$), primavera ($-3,8^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ y $-5,2^{\circ}\text{C.km}^{-1}$), otoño ($-3,3^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ y $-5,6^{\circ}\text{C.km}^{-1}$) e invierno ($-3,8^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ y $-5,2^{\circ}\text{C.km}^{-1}$), alternan valores mayores y menores a la ecuación anual ($-3,7^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ y $-5,3^{\circ}\text{C.km}^{-1}$). Los hallazgos por Wang et al. (2011) en la meseta Qinghai-Tíbet en el hemisferio norte, en verano, la altitud influye de manera más significativa en las variaciones de temperatura con una tasa de variación de julio de $-4,3^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ y el efecto de la latitud es de solo $-2,8^{\circ}\text{C.km}^{-1}$. En invierno, ocurre lo contrario. La disminución de la temperatura se debe principalmente al aumento de la latitud, donde la tasa promedio de desnivel en enero es de $-5^{\circ}\text{C.km}^{-1}$, mientras que el efecto de la

latitud es de $-1,51^{\circ}\text{C.km}^{-1}$. Según Li et al. (2013), un aumento general en la temperatura del aire y la variación regional en la humedad relativa juntos influyeron en el cambio en la tasa de caída.

El elevado valor del coeficiente de determinación (R^2) obtenido para las ecuaciones estacionales, mostrado en Figura 5, corroboran que las correlaciones entre las tres temperaturas del aire y la altura están bien relacionadas estacionalmente, principalmente para T_{med} con valores de R^2 mayores a 0,91. Entre $T_{máx}$ y $T_{mín}$, los valores de R^2 fueron estadísticamente más significativos para $T_{mín}$, que fueron superiores a 0,88, mientras que, para $T_{máx}$, los valores fueron superiores a 0,76. Rolland (2003), determinaron valores de R^2 de la relación entre la temperatura del aire y la altura, en los Alpes italianos y austriacos como los más bajos durante el invierno, principalmente en diciembre y enero.

Para el análisis estacional de Ecuación (5), (6) y (7) estimación anual, se calculó la desviación

relativa $D_s(\%)_a$ través de Ecuación (3) entre los valores estimados de las temperaturas del aire en las ecuaciones de la Tabla 2, ensayado a alturas (H) de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m, por ecuaciones anuales (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min}) y estacionales en verano, otoño, invierno y primavera (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min}) por relaciones:

$$D_1(\%) = 100 * \left[1 - \frac{T_{medS}}{T_{meda}} \right] \quad (9)$$

$$D_2(\%) = 100 * \left[1 - \frac{T_{máxS}}{T_{máxa}} \right] \quad (10)$$

$$D_3(\%) = 100 * \left[1 - \frac{T_{minS}}{T_{mina}} \right] \quad (11)$$

Los valores de $D_1(\%)$, $D_2(\%)$ y $D_3(\%)$ que expresan la capacidad de las ecuaciones de T_{med} , T_{max} y T_{min} anuales para sobrestimar o subestimar las ecuaciones T_{med} , T_{max} y T_{min} estacionales, como se muestra en Tabla 3 y en Figura 6(a) a Figura 6c.

Tabla 3. Desviaciones relativas (%) de las ecuaciones de estimación anual con relación a las ecuaciones estacionales de T_{med} , T_{max} y T_{min}

Season	T_{med}					T_{max}					T_{min}				
	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
Summer	-8	-10	-13	-20	-42	-3	-2	0	2	6	-17	-30	-71	975	75
Autumn	8	10	13	20	41	6	5	4	3	1	10	18	43	-600	-47
Winter	9	12	17	26	58	3	4	5	6	9	19	30	65	-825	-60
Spring	-8	-10	-14	-21	-45	-6	-6	-7	-8	-9	-14	-22	-47	600	44

El valor de $D_1(\%)$ de la Tabla 3 y Figura 6a muestra que la estimación de T_{med} existe subestimaciones anuales a la T_{med} estacional en alturas de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m en verano y primavera, y sobreestima en otoño e invierno.

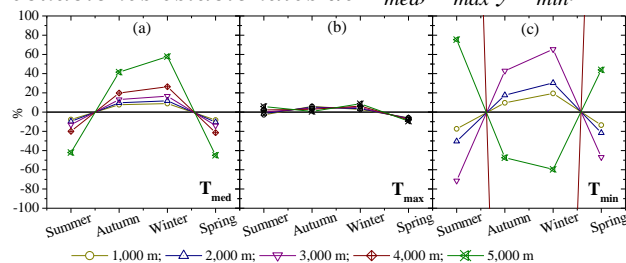
Para $T_{máx}$, el valor de $D_2(\%)$ de la Tabla 3 y Figura 6(b) muestra que la estimación de $T_{máx}$ anual subestima la $T_{máx}$ estacional en alturas de 1.000; 2.000; 3.000 m, en verano y sobreestima la $T_{máx}$ estacional en alturas de 4.000 y 5.000 m. La estimación de $T_{máx}$ anual sobrestima la $T_{máx}$ estacional en alturas de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m en primavera. La estimación de $T_{máx}$ anual subestima la $T_{máx}$ estacional en alturas de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m en otoño e invierno.

Para T_{min} , el valor de $D_3(\%)$ de la Tabla 3 y Figura 6(c) muestra que la estimación de T_{min} anual subestima la T_{min} estacional en alturas de 1.000; 2.000; 3.000 m en verano y primavera, y sobreestimación en otoño e invierno. Para alturas de 4.000 y 5.000 m, los escenarios son opuestos para todos los períodos estacionales, es decir, sobreestima en

verano y primavera y subestima en otoño e invierno.

Los resultados obtenidos para $D_1(\%)$, $D_2(\%)$ y $D_3(\%)$ muestran la existencia de variaciones estacionales en la Ecuación (9), (10) y (11) de T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} , que dependen de la altura y las estaciones. Entre los factores estacionales, destacar las desviaciones $D_1(\%)$ que fueron mayores en invierno y menores en primavera. El valor de $D_1(\%)$ en la estimación T_{med} en el verano en función de la altura, entre 1.000 m y 5.000 m creció del 8% al 42%, en primavera del 8% al 45%, en otoño del 8% al 41% y en el invierno del 9% al 58%.

Figura 6. Desviaciones relativas (%) de las ecuaciones anuales con relación a las ecuaciones estacionales de T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} .



La elección de ecuaciones de estimaciones anuales o estacionales siempre está relacionada con la necesidad de precisión del estudio o de los modelos. Sin embargo, si la precisión no es tan importante para la elección, tiende a ser arbitraria o por escala de las incertidumbres, como por ejemplo, hasta la altura de 3.000 m, la ecuación anual para T_{med} puede usarse en todas las estaciones con una incertidumbre de menos del 12% en las estimaciones, mientras que a alturas de 4.000 m y 5.000 m, las ecuaciones estacionales para T_{med} deben usarse todas las estaciones.

Desviaciones $D_2(\%)$ fueron inferiores al 9% entre 1.000 m y 5.000 m en las cuatro estaciones, siendo inferior a los valores de $D_1(\%)$, y muestran que la estimación de $T_{máx}$ depende menos de las alturas y las estaciones que la de T_{med} , en este caso, el uso es arbitrario, y las ecuaciones estacionales o la ecuación anual pueden usarse en las estimaciones de $T_{máx}$ con una incertidumbre menor que 9%.

Desviaciones $D_3(\%)$ entre las estacionales presentan variaciones porcentuales en las estaciones, y crece fuertemente por el aumento de altura. Los valores de $D_3(\%)$ variaron entre 1.000 m y 3.000 m, del 17% al 71% en verano, o del 10% al 43% en otoño. Desde la altura de 3.000 m, las ecuaciones de estimación para la T_{min} estacional, no respondieron consistentemente en los cálculos de $D_3(\%)$.

Análisis de Relación Lineal a Escala Mensual

De forma similar al análisis estacional realizado en el apartado anterior, un análisis mensual de las ecuaciones de Tabla 4, porque a menores intervalos de tiempo pueden disminuir las variaciones entre las temperaturas del aire en las alturas y aumentar el coeficiente de determinación de las ecuaciones de estimación. Para ello, se separó por meses del año la base de datos de temperatura del aire (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min}), utilizada para obtener las ecuaciones anuales y estacionales, y se repitió el procedimiento

estadístico utilizado para obtener las ecuaciones anuales y estacionales de las estimaciones.

La Figura 7 muestra las correlaciones de las temperaturas del aire (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min}) en función de la altura en zonas agroecológicas de Llanos, Valles y Andina. De igual forma, esta correlación es lineal y decreciente, desde la zona de los Llanos hasta la zona Andina. Las ecuaciones mensuales lineales obtenidas se muestran en Tabla 4.

El coeficiente de intersección (β_0) de las ecuaciones mensuales para T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} se muestran en la Tabla 4. Los valores de la β_0 siguen en el ciclo astronómico solar anual, son mayores en los meses de enero o diciembre, y menores en junio o julio. Por ejemplo, para las ecuaciones de estimación de diciembre, los valores de la β_0 para T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} fueron de 28,6°C; 33,9°C y 23,3°C, mientras que en julio fueron de 23,3°C; 29,0°C y 17,6°C respectivamente.

El coeficiente angular o tasa de caída (β_1) de las ecuaciones mensuales para T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} se muestran en la Tabla 4. Para las ecuaciones T_{med} , las tasas de caída son aproximadamente constantes a lo largo del año, entre -4,4°C.km⁻¹ a -4,7°C.km⁻¹. Sin embargo, para las ecuaciones de T_{min} es mayor en junio con un valor de -5,8°C.km⁻¹ y es menor en enero con un valor de -4,9°C.km⁻¹, mientras que para las ecuaciones de $T_{máx}$ es menor en mayo con un valor de -3,2°C.km⁻¹ y es mayor en enero con un valor de -4,1°C.km⁻¹. (Wood et al., 2018) en las montañas rocosas de Canadá (hemisferio norte), las tasas de caída mensuales estimadas con un mayor efecto estacional, $T_{máx}$ fluctuó de -5,5°C.km⁻¹ en diciembre a -8,9°C.km⁻¹ en mayo, de T_{med} de -3,0°C.km⁻¹ en febrero a -6,5°C.km⁻¹ en mayo y de T_{min} de 0,1°C.km⁻¹ en febrero a 3,8°C.km⁻¹ en abril. También Grab (2013) en África del Sur estimó tasas de caída anual promedio relativamente bajas de -4,2°C.km⁻¹ entre 2.650 m y 2.900 m se pliega a -8,4°C.km⁻¹ entre 2.900 m y 3.200 m. Los vientos frecuentes del oeste y los valles tropicales templados proporcionan altas tasas de caída (-9,1°C.km⁻¹), que probablemente sea responsable de la tasa de caída anual relativamente alta de -6,3°C.km⁻¹.

Figura 7. Correlaciones mensuales T_{med} , T_{max} y T_{min} en función de la Altitud

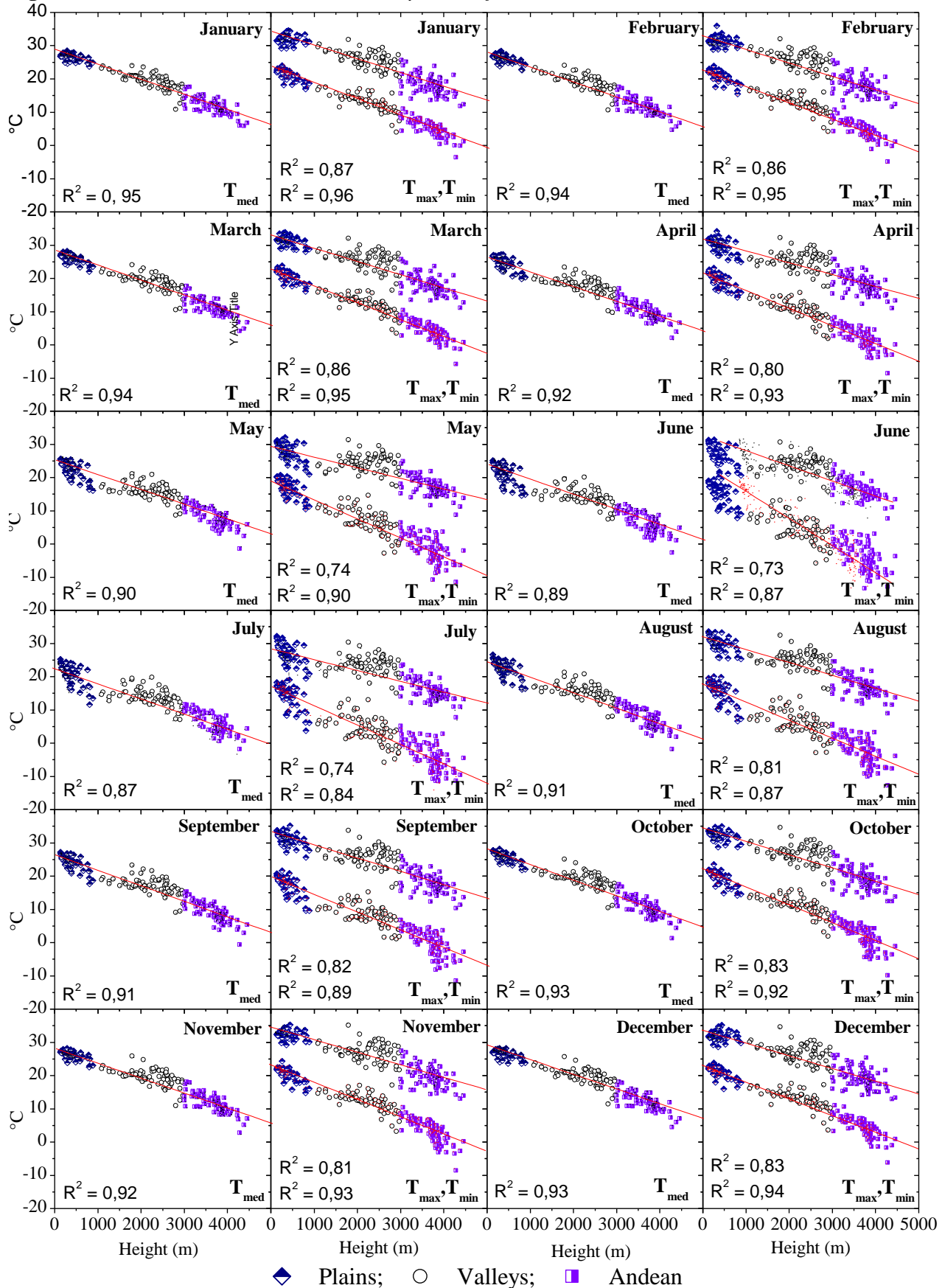
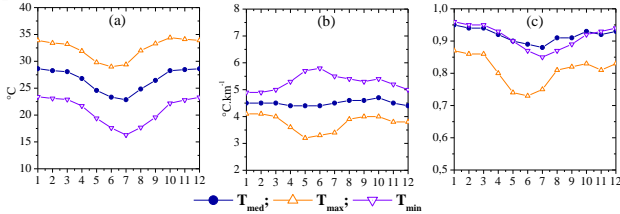


Tabla 4. Ecuaciones de regresión lineal mensual para T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ (β_0 en $^{\circ}C$ y β_1 en $^{\circ}C.km^{-1}$)

Mes	$T_{med} = \beta_0 \pm \beta_1 H$	$T_{máx} = \beta_0 \pm \beta_1 H$	$T_{mín} = \beta_0 \pm \beta_1 H$
Enero	$T_{med} = 28,6 - 4,5 H$	$T_{máx} = 33,9 - 4,1 H$	$T_{mín} = 23,4 - 4,9 H$
Febrero	$T_{med} = 28,3 - 4,5 H$	$T_{máx} = 33,4 - 4,1 H$	$T_{mín} = 23,1 - 4,9 H$
Marzo	$T_{med} = 28,1 - 4,5 H$	$T_{máx} = 33,2 - 4,0 H$	$T_{mín} = 22,9 - 5,0 H$
Abril	$T_{med} = 26,8 - 4,4 H$	$T_{máx} = 31,9 - 3,6 H$	$T_{mín} = 21,7 - 5,3 H$
Mayo	$T_{med} = 24,6 - 4,4 H$	$T_{máx} = 29,8 - 3,2 H$	$T_{mín} = 19,4 - 5,7 H$
Junio	$T_{med} = 23,3 - 4,4 H$	$T_{máx} = 29,0 - 3,3 H$	$T_{mín} = 17,6 - 5,8 H$
Julio	$T_{med} = 22,9 - 4,5 H$	$T_{máx} = 29,4 - 3,4 H$	$T_{mín} = 16,3 - 5,5 H$
Agosto	$T_{med} = 24,8 - 4,6 H$	$T_{máx} = 32,0 - 3,9 H$	$T_{mín} = 17,7 - 5,4 H$
Septiembre	$T_{med} = 26,5 - 4,6 H$	$T_{máx} = 33,3 - 4,0 H$	$T_{mín} = 19,6 - 5,3 H$
Octubre	$T_{med} = 28,3 - 4,7 H$	$T_{máx} = 34,4 - 4,0 H$	$T_{mín} = 22,2 - 5,4 H$
Noviembre	$T_{med} = 28,5 - 4,5 H$	$T_{máx} = 34,1 - 3,8 H$	$T_{mín} = 22,8 - 5,2 H$
Diciembre	$T_{med} = 28,6 - 4,4 H$	$T_{máx} = 33,9 - 3,8 H$	$T_{mín} = 23,3 - 5,0 H$

Figura 8. (a) Coeficiente de intersección (β_0), (b) Coeficiente angular (β_1) y (c) Coeficiente de determinación (R^2), de las ecuaciones mensuales para T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$



Los elevados coeficiente de determinación (R^2) obtenido para las ecuaciones mensuales que se muestran en la Figura 8c que corroboran que las correlaciones mensuales entre las tres temperaturas del aire (T_{med} , $T_{máx}$, $T_{mín}$) están bien relacionadas con la altura, principalmente para T_{med} con valores de 0,87 (julio) a 0,95 (enero) y para $T_{mín}$ que de 0,84 (julio) a 0,96 (enero), sin embargo, para $T_{máx}$ los valores de R^2 fueron más significativos estadísticamente, de 0,73 (junio) a 0,87 (enero). Cifras superiores a las encontradas por Pepín et. al. (1999) en el norte de Inglaterra con previsiones de caducidad de impuestos durante primavera, verano y otoño, con R^2 por encima de 0,66. Wood et al. (2018) en las Montañas Rocosas de Canadá, determinó que los valores promedio oscilan entre 0,50 a 0,80 para $T_{máx}$, 0,40 a 0,80 para T_{med} y 0,15 a 0,40 para $T_{mín}$

e indica ser más débil durante los meses de invierno.

Para el análisis mensual de las Ecuaciones (5), (6) y (7) la estimación anual se calculó la desviación relativa $D_m(\%)$ a través de la Ecuación (4) entre los valores estimados de las temperaturas del aire, testados a alturas de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m, por las ecuaciones anuales (T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$)_a y las ecuaciones mensuales de enero a diciembre (T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$)_m mediante la Ecuación (12), (13) y (14). Como se mencionó anteriormente, el valor de $D_4(\%)$; $D_5(\%)$ y $D_6(\%)$ expresa la capacidad de las ecuaciones de T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ anuales para sobreestimar o subestimar las ecuaciones de T_{med} , $T_{máx}$ y $T_{mín}$ en estimaciones mensuales, como se muestra en la Tabla 5 e ilustrado en la Figura 9a a Figura 9c.

$$D_4(\%) = 100 * \left[1 - \frac{T_{medm}}{T_{meda}} \right] \tag{12}$$

$$D_5(\%) = 100 * \left[1 - \frac{T_{maxm}}{T_{maxa}} \right] \tag{13}$$

$$D_6(\%) = 100 * \left[1 - \frac{T_{minm}}{T_{mina}} \right] \tag{14}$$

Tabla 5. Desviaciones relativas (%) de las ecuaciones de estimación anual con relación a las ecuaciones mensuales T_{med} , T_{max} y T_{min}

Season	T_{med}					T_{max}					T_{min}				
	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
January	-9	-11	-15	-23	-49	-4	-3	-2	0	3	-19	-33	-78	1,050	81
February	-8	-9	-13	-19	-40	-2	-1	0	3	7	-17	-30	-71	975	75
March	-7	-8	-11	-17	-36	-2	-1	0	2	4	-15	-26	-61	825	63
April	-1	-2	-4	-7	-17	1	1	0	0	-1	-6	-9	-18	225	16
May	9	10	13	19	37	7	6	5	3	0	12	22	53	-750	-60
June	14	17	23	33	68	10	10	10	10	9	24	41	96	-1,300	-100
July	17	21	29	43	91	9	9	9	10	10	30	48	104	-1,325	-96
August	8	11	16	25	55	2	3	4	6	9	21	32	69	-875	-63
September	1	2	3	6	16	-2	-2	0	1	4	8	12	24	-300	-21
October	-7	-7	-8	-10	-16	-6	-6	-6	-5	-4	-8	-12	-22	250	16
November	-8	-11	-14	-22	-45	-6	-6	-7	-8	-9	-14	-22	-47	600	44
December	-10	-13	-18	-28	-61	-5	-6	-6	-7	-8	-18	-30	-69	925	70

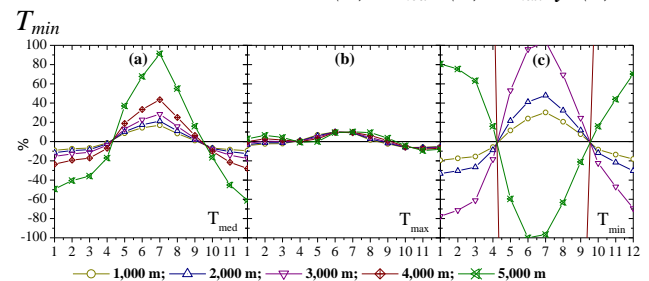
Para T_{med} , el valor de $D_4(\%)$ de la Tabla 5 y Figura 9a, demuestre que la estimación de T_{med} anual subestima la T_{med} mensual en alturas de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m en los meses del período húmedo (enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre) con valores que van del 1% (abril, a 1.000 m) al 61% (diciembre, a 5.000 m) y sobrestimada en el período poco lluvioso, en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre con valores que van del 1% (septiembre, a 1.000 m) al 91% (julio, a 5.000 m).

Para la $T_{m\acute{a}x}$, el valor de $D_5(\%)$ de la Tabla 5y Figura 9b, demuestra que la estimación de la $T_{m\acute{a}x}$ anual subestima la $T_{m\acute{a}x}$ mensual en alturas de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m en determinados meses del año, con valores que van del 0% (varios meses a diferentes alturas) al 9% (noviembre, 5.000 m) y sobreestiman en el período seco, de abril a agosto con valores de 0% (abril, a 4.000 m) a 10°C (julio, a 5.000 m).

Para T_{min} , el valor de $D_6(\%)$ de la Tabla 5 y Figura 9c, demuestra que la estimación de T_{min} anual subestima la T_{min} mensual en alturas de 1.000; 2.000 y 3.000 m, en periodos lluviosos (enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre), con valores que van del 6% (abril, a 1.000 m) al 78%

(enero, a 3.000 m) y sobrestima en el período poco lluvioso (mayo, junio, julio, agosto y septiembre), con valores que van del 8% (septiembre, a 1.000 m) al 104% (julio, a 3.000 m). Del mismo modo, a los cálculos de $D_3(\%)$, desde la altura de 3.000 m, las ecuaciones de estimación de T_{min} propuestas para el análisis mensual tampoco respondieron coherentemente en los cálculos de $D_6(\%)$.

Figura 9. Desviaciones relativas (%) de las ecuaciones de estimación anual con relación a las ecuaciones mensuales de (a) T_{med} , (b) $T_{m\acute{a}x}$ y (c) T_{min}



Los resultados obtenidos para $D_4(\%)$; $D_5(\%)$ y $D_6(\%)$ corroborar la existencia de la variación mensual de la temperatura del aire (T_{med} , $T_{m\acute{a}x}$ y T_{min}) mediante la Ecuación (12), (13) y (14) que dependen de la altura y las estaciones. La elección de ecuaciones anuales, estacionales y mensuales para una aplicación determinada debe basarse en el valor de las desviaciones de $D_4(\%)$ al $D_6(\%)$, teniendo en

cuenta la precisión que necesitan los proyectos para las estimaciones de T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} .

Conclusiones

Los factores altura y latitud son indicadores directos en la variación de la temperatura del aire, cuanto mayor sea la altitud y latitud en el análisis espacial de zonas agroecológicas, menores serán los valores de T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} , como en la zona Andina. Por el contrario, cuanto menor sea la altitud y latitud en el análisis espacial estudiado, mayores serán los valores de T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} como en la zona de los Llanos.

En el análisis de la relación de la temperatura del aire (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min} y AT) en función de la altura en zonas agroecológicas de los Llanos, Valles y Andina son lineales y decrecientes, en el sentido de la zona de los Llanos (región de temperaturas más altas y elevaciones más bajas), a la zona Andina (región de temperaturas más bajas y elevaciones más altas), sin embargo, la relación de AT en función de la altura es lineal y creciente, directamente proporcional a la altura.

La variación estacional de la evolución anual de los valores de AT es inversa a la evolución anual de los promedios mensuales de T_{med} , $T_{máx}$ y T_{min} , y, se debe a la variación estacional astronómica y climática, en zonas agroecológicas. Los principales factores responsables de las variaciones en AT son la altitud y la latitud. Cuanto mayor sea la altitud y la latitud, mayores serán los valores de AT.

El análisis de estacionalidad realizado a través de las desviaciones relativas $D(\%)$ entre los valores estimados a alturas de 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 y 5.000 m, por las ecuaciones anuales (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min})_a y estacionales (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min})_s, así como las ecuaciones mensuales (T_{med} , $T_{máx}$, T_{min})_m, muestran sobreestimaciones o subestimaciones de las ecuaciones, y dependen de la temporada y la altura. El efecto de estacionalidad crece con el aumento de la altura, siendo mayor para T_{min} y menor para $T_{máx}$.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI), por facilitar información

climatológica de 404 estaciones meteorológicas convencionales de territorio boliviano.

Referencias bibliográficas

- Baker, D. G. (1975). Effect of Observation Time on Mean Temperature Estimation. *Journal of Applied Meteorology*, 14(4), 471–476. doi:10.1175/1520-0450(1975)014.
- Barry, R. G. (1992). Mountain Climatology and Past and Potential Future Climatic Changes in Mountain Regions: A Review. *Mountain Research and Development*, 12(1), 71. doi:10.2307/3673749.
- Cullen, R. M., & Marshall, S. J. (2011). Mesoscale Temperature Patterns in the Rocky Mountains and Foothills Region of Southern Alberta. *Atmosphere-Ocean*, 49(3), 189–205. doi:10.1080/07055900.2011.592130.
- Gao, L., Bernhardt, M., & Schulz, K. (2012). Elevation correction of ERA-Interim temperature data in complex terrain. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(12), 4661–4673. doi:10.5194/hess-16-4661-2012.
- Grab, S.W. (2013). Fine-Scale Variations of Near-Surface-Temperature Lapse Rates in the High Drakensberg Escarpment, South Africa: *Environmental Implications*. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 45(4), 500–514. doi:10.1657/1938-4246-45.4.500.
- Heumann C., Schomaker S., M. (2016). *Introduction to Statistics and Data Analysis: With Exercises, Solutions and Applications in R*. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-46162-5.
- Holden, Z. A., Crimmins, M. A., Cushman, S. A., Littell, J. S. (2011). Empirical modeling of spatial and temporal variation in warm season nocturnal air temperatures in two North Idaho mountain ranges, USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(3), 261–269. doi:10.1016/j.agrformet.2010.10.006.
- INE. (2020). Instituto Nacional de Estadística, Bolivia: Aspectos demográficos, Disponible en: <<http://www.ine.gob.bo/index.php/2016-08-08-19-10-52/aspectos-geograficos>>.
- Joly, D., Castel, T., Pohl, B., & Richard, Y. (2018). Influence of spatial information

- resolution on the relation between elevation and temperature. *International Journal of Climatology*. doi:10.1002/joc.5771.
- Kirchner, M., Faus-Kessler, T., Jakobi, G., Leuchner, M., Ries, L., Scheel, H.E., & Suppan, P. (2012). Altitudinal temperature lapse rates in an Alpine valley: trends and the influence of season and weather patterns. *International Journal of Climatology*, 33(3), 539–555. doi:10.1002/joc.3444.
- Köppen, W. (1936). *Das geographische system der klimate*. Em: Köppen, W.; Geiger, R., editores. Handbuch der klimatologie. Berlin: Gebruder Borntraeger. S. 44 p.
- Legates, D. R., & Willmott, C. J. (1990). Mean seasonal and spatial variability in global surface air temperature. *Theoretical and Applied Climatology*, 41(1-2), 11–21. doi:10.1007/bf00866198.
- Li, X., Wang, L., Chen, D., Yang, K., Xue, B., & Sun, L. (2013). Near-surface air temperature lapse rates in the mainland China during 1962-2011. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(14), 7505 - 7515. doi:10.1002/jgrd.50553.
- Luo, W., Taylor, M. C., & Parker, S. R. (2008). A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales. *International Journal of Climatology*, 28(7), 947–959. doi:10.1002/joc.1583.
- Marshall, S. J., Sharp, M. J., Burgess, D. O., & Anslow, F. S. (2007). Near-surface-temperature lapse rates on the Prince of Wales Icefield, Ellesmere Island, Canada: implications for regional downscaling of temperature. *International Journal of Climatology*, 27(3), 385–398. doi:10.1002/joc.1396
- Mattos R. R., Crespo, A. (2013). *Agua para el Siglo XXI para América del Sur*. La Paz, Bolivia. 69 p.
- Montes de Oca, I. (1997). *Geografía y Recursos Naturales de Bolivia*, 3. Ed., Cobija, Bolivia: Edobol, 614 p.
- Pepin N., Benham D., & Taylor K. (1999). Modeling Lapse Rates in the Maritime Uplands of Northern England: Implications for Climate Change. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 31(2), 151-164. doi:10.1080/15230430.1999.12003292.
- Pereira, A. R., Angelocci, L. R., Sentelhas, P. C. (2007). *Meteorologia Agrícola*. Piracicaba, Brasil.192 p.
- Przybylak, R. (2003). *The Climate of the Arctic*. Sciences Library. 93 p.
- Reiners, W. A., Hollinger, D. Y. & Lang, G. E. (1984). Temperature and Evapotranspiration Gradients of the White Mountains, New Hampshire, U.S.A., *Arctic and Alpine Research*, 16(1), 31-36. doi.org/10.1080/00040851.1984.12004389.
- Rolland, C. (2003). Spatial and Seasonal Variations of Air Temperature Lapse Rates in Alpine Regions. *Journal of Climate*, 16(7), 1032–1046. doi:10.1175/1520-0442(2003)016<1032:sasvoa
- SENAMHI. (2015). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. *Dados meteorológicos*. La Paz, Bolivia, Disponible en:<<http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet>>.
- Shao, J., Li, Y., & Ni, J. (2012). The characteristics of temperature variability with terrain, latitude and longitude in Sichuan-Chongqing Region. *Journal of Geographical Sciences*, 22(2), 223–244. doi:10.1007/s11442-012-0923-4.
- Turbelis, A., e Nascimento, F.J.L. (1980). *Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Libreria Nobel S. A., 374 p.
- Varejão-Silva, M. A. (2006). *Meteorologia e climatologia*: 2. ed. Recife: 463 p.
- Vianello, R. L., e Alves R. A. (2012). *Meteorologia básica e aplicações*: 2. ed. rev. ampl. Viçosa, Brasil: UFV.
- Wang, K., Sun, J., Cheng, G., & Jiang, H. (2011). Effect of altitude and latitude on surface air temperature across the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Mountain Science*, 8(6), 808–816. doi:10.1007/s11629-011-1090-2.
- Webster, R., e Oliver, M. A. (2001). *Geostatistics for Environmental Scientist*. 2 ed. England, Chichester: John Wiley and Sons ltd, 149 p.
- Wood H. W., Marshall J. S., Whitehead T. L., and Fargey S. E. (2018). Daily temperature records from a mesonet in the foothills of the Canadian Rocky Mountains, 2005–2010. *Earth System Science Data*, 10(1), 595–607. doi.org/10.5194/essd-10-595-2018

Pronostico del Comportamiento de los Precios del Carbonato de Litio con Modelos ARIMA

Adalid López Gonzales

Estudiante Carrera Ingeniería Informática, Universidad Nacional “Siglo XX” y Consultor en Sistemas Integrados de Gestión, adalid.lopez19@gmail.com

Resumen

El litio alcanza gran importancia en los últimos años por su utilización en las baterías de alta capacidad, destinados a artefactos electrónicos con una gran contribución a las nuevas energías renovables, por tal motivo, se convierte en un elemento estratégico. Por tal motivo también es importante hacer el seguimiento y análisis de los precios internacionales del carbonato de litio, sobre todo para los países que tienen costos de producción elevados, por las características de su yacimiento o tecnología de extracción. Anticiparse a este comportamiento de precios internacionales, permite mejorar la toma de decisiones, minimizando la incertidumbre. Por tal efecto en el presente trabajo se observó y predijo el comportamiento del precio internacional del carbonato de litio, utilizando los modelos ARIMA (Autorregresivos Integrados y de Medias Móviles) apoyados en el software Eviews, a partir de una serie de tiempos mensuales desde el año 2019 hasta mayo de 2023, donde se obtuvo como resultado una predicción de precios crecientes en los próximos cuatro meses, con el modelo ARIMA más óptimo seleccionado. Tales Precios hacen referencia al incremento de la producción de vehículos eléctricos o incremento de la demanda de este elemento estratégico.

Palabras clave: Proyección, estacionaria, correlograma, automóvil eléctrico, precio.

Forecast of the Behavior of Lithium Carbonate Prices with ARIMA Models

López Gonzales, A.

Abstract

Lithium has reached great importance in recent years due to its use in high-capacity batteries, for electronic devices with a great contribution to new renewable energies, for this reason, it becomes a strategic element. For this reason, it is also important to monitor and analyze the international prices of lithium carbonate, especially for countries that have high production costs, due to the characteristics of their deposit or extraction technology. Anticipating this behavior of international prices allows for better decision-making, minimizing uncertainty. For this purpose, in the present work, the behavior of the international price of lithium carbonate was observed and predicted, using the ARIMA models (Integrated Autoregressive and Moving Averages) supported by the Eviews software, from a series of monthly times from the year 2019 until May 2023, where a prediction of increasing prices in the next four months was obtained as a result, with the most optimal ARIMA model selected. Such Prices refer to the increase in the production of electric vehicles or the increase in demand for this strategic element.

Keywords: projection, stationary, correlogram, electric car, price.

Introducción

En los últimos seis o siete años el elemento litio cobra mucha importancia, convirtiéndose en un recurso estratégico, donde los países referentes en la economía mundial y los países con yacimientos de este elemento clave para la fabricación de baterías ion litio. Dan inicio al auge de inversiones destinadas a proyectos tecnológicos de extracción.

El elemento litio tiene un bajo peso específico, con alto grado potencial electroquímico, pudiendo almacenar carga eléctrica por cantidad de masa a diferencia de los otros elementos químicos en estado sólidos y además de eso es el tercer elemento de la Tabla periódica. Entre sus características presenta una alta reactividad con el oxígeno, impidiendo que se pueda hallar en estado puro en la naturaleza, por lo cual, estará contenido en minerales y salmueras. (Zícari, J., Fornillo, B., & Gamba, M. 2019, p. 187-197).

Estas propiedades físicas y químicas hacen que este que sea empleado en diversos productos, como ser, las cerámicas, psicofármacos, sales para almacenamiento de energía o baterías.

Es muy abundante en la naturaleza, encontrándose incluso en el agua de los océanos; sin embargo, extraerlo de fuentes como el agua del mar resulta enormemente costoso, lo cual, económicamente es inviable la producción; de este modo, las concentraciones y características que permiten una producción de litio económicamente factible, se presenta fundamentalmente en los minerales de pegmatita y en las salmueras. En este sentido las reservas mundiales de litio se distribuyen en 60% en salmueras en reservorios acuíferos, 27% en pegmatitas, 7% en arcillas, 3% en salmueras en depósitos geotérmicos y 3% en zeolitas, a su vez, estas reservas se distribuyen por país de la siguiente forma: Chile 43,7%, Australia 22,3%, Argentina 9%, China 7,1%, Estados Unidos 3,6% y el restante 14,3% entre otros países (Poveda, 2020, p. 18).

Inicialmente el litio marco importancia en la producción de bombas, por la década de

1950. En cambio, en la década del 2000 el litio toma gran importancia en la producción de baterías para diversos dispositivos electrónicos a gran escala de la energía producida en plantas de generación eléctrica, principalmente, eólicas y fotovoltaicas. Pero fue el año 2014, a partir de la aplicación de las baterías de ion litio a los vehículos eléctricos, cuando tuvo el gran auge del litio, elevando la demanda y el precio a niveles nunca vistos.

El principal motor del exponencial crecimiento en la demanda de litio es su utilización en la fabricación de baterías para vehículos eléctricos. En base a cifras del año 2021, un 65% de la producción mundial de litio es utilizada en la fabricación de baterías, desglosándose en un 41% en baterías para vehículos eléctricos, 16% en baterías de dispositivos electrónicos y 8% en baterías para almacenamiento energético. (Accesoría Técnica Parlamentaria de Chile, 2023, p. 1-4)

El 99% de la demanda global de litio se distribuye en tan solo cuatro países y Europa: China, consume un 55% de litio producido en el mundo, Corea del Sur un 20%, Japón un 12%, Europa un 8% y Estados Unidos un 4%. Estos países son, a su vez, los principales fabricantes de productos secundarios elaborados a partir de litio. China concentra el 80% de la capacidad mundial de fabricación de celdas de baterías de ion-litio. (González, A., & Cantallopts, J., 2021, p. 6)

Es así que toma importancia el denominativo triangulo del litio en América Latina, de los cuales Chile uno de los mayores productores y comercializadores del litio, seguido de Argentina. Bolivia esta aun en los pasos iniciales para entrar a este mercado internacional del carbonato de litio (Jones, et al., 2021, p. 44).

El total de producción de carbonato de litio a escala piloto de Bolivia, es destinado al mercado internacional. Donde las variables del mercado internacional como la demanda y oferta son referentes para la colocación de precios comerciales.

Los precios del carbonato de litio tuvieron comportamientos erráticos de caída y subida, los cuales se deben a diferentes

variables. Como la producción de automóviles eléctricos y la constante producción de artefactos que funcionan con acumuladores de energía. Juntamente al incremento de producción de este elemento estratégico.

Los precios históricos del carbonato de litio son una serie de tiempos, y tales comportamientos en el tiempo pueden ser analizados por modelos ARIMA. El presente estudio de caso tiene como objetivo realizar un pronóstico del comportamiento del precio del carbonato de litio en el mercado internacional desde el año 2019 (mensuales hasta la fecha), empleando los modelos ARIMA.

Materiales y Métodos

Series temporales

Una serie temporal, es la sucesión de observaciones cuantitativas cronológicamente ordenadas, o como una distribución bidimensional, en la cual, una de las componentes es el tiempo y la otra la propia variable en estudio. Su representación gráfica es un diagrama de coordenadas donde el eje de abscisas contiene el tiempo y el de ordenadas a la variable que se desea estudiar.

Predicción con modelos ARIMA

Se llaman serie temporal o procesos estocásticos en tiempo discreto a una sucesión de variables aleatorias $\{Y_t\}$ para $t=-\infty, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, \infty$ (t recoge el tiempo y toma valores discretos).

Muñoz-Santiago et al. (2017) Box y Jenkins en el año 1976 modelizó las series temporales mediante los modelos ARIMA.

El término ARIMA es un acrónimo cuyo significado corresponde a:

- AR: Autorregresivos
- I: Integrados
- MA: Medias móviles

La metodología Box y Jenkin recoge una serie de etapas y procedimientos para la identificación, estimación, contraste y

predicción de los modelos ARIMA con datos de series temporales.

El caso de estudio en cuestión, hace énfasis en la modelación ARIMA con el apoyo de un software. Para tal motivo se analiza inicialmente lo siguiente.

Estacionalidad

La serie de tiempos muestra oscilaciones en el interior del rango de un año, y se repiten continuamente en ciertas partes de la gráfica, la media debe tender a ser iguales, del mismo modo la varianza. Las series de tiempo no estacionarias deben pasar por un proceso de transformación (diferenciación) hasta llegar a ser estacionarias.

Las series pueden corroborarse si presentan estacionalidad aplicando el test de prueba de raíces unitarias: Dickey-Fuller (ADF), donde lo es el test de ADF que debe ser mayor en valor absoluto frente a los t críticos $t_1\%$, $t_5\%$ y $t_{10}\%$.

Identificación de los modelos ARIMA en el correlograma

La representación gráfica de la FAS (Función de Autocorrelación Simple) y el FAP (Función de Autocorrelación Parcial) se denomina correlograma simple y parcial, ambas son funciones simétricas y comprenden sus valores entre -1 y 1.

Esta etapa trata de la identificación de la de reconocer el proceso ARIMA que genera una serie temporal concreta en función de los correlogramas simple y parcial muestrales. Con barras significativas fuera y cercanas a la banda de confianza.

La metodología se puede aplicar solamente a procesos ARMA estacionarios (Autorregresivos de Medias Móviles), ya el modelo ARIMA después de las correspondientes transformaciones o diferenciaciones para garantizar estacionalidad. En el cual se prosigue de la siguiente forma:

1. Representar la serie y calcular la FAS y FAP muestrales y comprobar si las series son estacionarias. Si lo son (correlación decrecen rápidamente) pasar al paso tres, si no lo son (lento decrecimiento) continuar con el paso dos.
2. Tomar logaritmos o diferenciar la serie si parece que no es estacionaria en varianza (varianza no constante en el tiempo) y/o primeras diferencias si parece que no es estacionaria en media (tiene tendencia o medias distintas por tramo).
3. Examinar la FAS y la FAP muestrales de la nueva serie transformada (si siguiera sin ser estacionaria volver al paso 2 y aplicar una nueva diferencia) e intentar identificar el proceso ARIMA teniendo en cuenta las correlaciones simples y parciales significativas (bandas de fluctuación).
4. Estimar el proceso que se ha especificado (máxima verosimilitud).
5. Contraste de hipótesis:
 - a) Contrastes de significatividad individual (o conjunta) de los parámetros del modelo
 - b) Contraste sobre los residuos del modelo: comprobar que la FAS y la FAP tienen un comportamiento de ruido blanco (ninguna correlación significativa) o contraste de normalidad.
 - c) Usar el criterio de información de Akaike y Schwarz (AIC, BIC), además del R^2 ajustado para decidir sobre bondad de los ajustes de posibles especificaciones alternativas (normalmente de la inspección de FAS y FAC se pueden identificar distintos modelos).
6. Si se deciden cambios en el modelo original volver a estimar los nuevos modelos en la etapa 4. Una vez que el modelo está correctamente especificado puede usarse para la predicción.

Resultados y Discusión

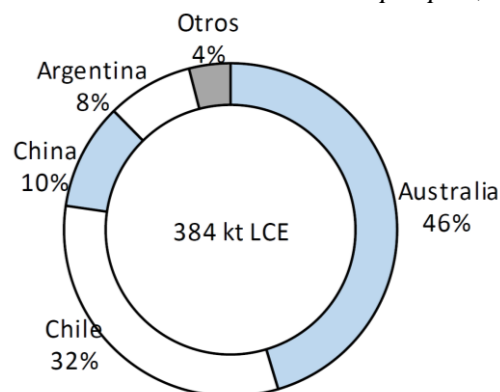
Precio internacional del carbonato de litio

Trading Economics (2023) proporciona precios de litio basados en precios al contado para carbonato de litio, 99,5% Li_2CO_3 , comercializado en China. El litio es un metal ligero de color blanco plateado. El hidróxido de litio se utiliza en baterías para vehículos eléctricos y teléfonos móviles. El hidróxido de litio se produce a partir de una reacción química entre el carbonato de litio y el hidróxido de calcio. Los mayores productores de litio son Chile, China, Australia y Argentina. Los mayores importadores de litio son China, Japón, Corea del Sur y Estados Unidos.

La producción global de litio en el año 2017 fue de 234.000 toneladas (t) de carbonato de litio equivalente (LCE) 12, en 2020 llegó a 384.000 ton de LCE, en 2021 a 452.000 ton de LCE y se proyecta que en 2030 alcance 1.637.000 toneladas de LCE. (González & Cantallopis, 2021, p. 28)

Australia es el primer productor del mundo con un 46% de participación de mercado al año 2020, le sigue Chile con un 32% al mismo año, China con un 10% y Argentina con un 8% González & Cantallopis (2021). (Figura 1).

Figura 2: Producción mina de litio por país, 2020



Fuente: González, & Cantallopis (2021)

Chile fue primer país productor del mundo desde que SQM (Sociedad Química y Minera de Chile S.A.) entró en operaciones el

año 1996 hasta fines de la década del 2000, cuando fue superado por Australia. En 2016 el 37% de la producción de litio a nivel mundial provenía de Chile; a 2021 la participación en la oferta se redujo a 31% y las proyecciones para 2030 estiman que se reduzca a 17%, como consecuencia de la falta de nuevos proyectos en Chile y el crecimiento en la producción de países como Argentina, Bolivia, Australia y China. (Litio en Chile, 2022, p. 2). La serie de tiempos en el presente estudio de caso, hace énfasis en el comportamiento del precio internacional del carbonato de litio.

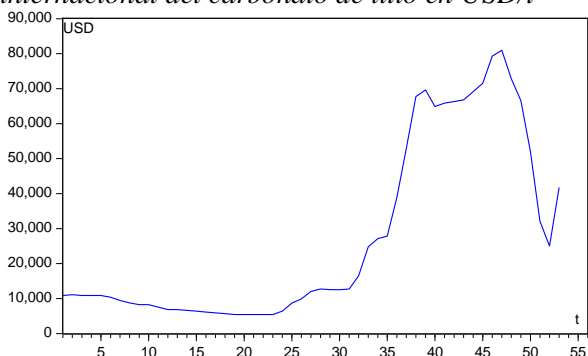
Tabla 1. Evolución de los precios por tonelada de carbonato de litio en precios USD

Mes	2019	2020	2021	2022	2023
Ene	10859,13	6845,97	8711,62	52879,22	66571,16
Feb	11095,19	6625,83	9914,86	67751,50	51934,95
Mar	10859,13	6389,20	12039,46	69640,04	32105,23
Abr	10859,13	6152,55	12747,67	64918,69	25023,20
May	10859,13	5915,92	12556,12	65862,96	41784,02
Jun	10386,99	5679,28	12511,60	66335,09	
Jul	9442,72	5442,65	12747,67	66807,23	
Ago	8734,51	5442,65	16524,76	69167,90	
Sep	8262,37	5442,65	24787,14	71528,59	
Oct	8262,37	5442,65	27147,81	79318,83	
Nov	7554,18	5442,65	27856,02	80971,31	
Dic	6845,97	6389,20	38951,21	72849,21	

Fuente: Trading Economics (2023)

Para un pre análisis del precio se verifica el comportamiento de la serie de tiempos que se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Comportamiento del precio internacional del carbonato de litio en USD/t



La Figura 2 muestra que se tiene una tendencia creciente de manera genérica, si se hace la comparación de las medias en cada tramo o rango, se evidencia que esa media por media no es constante, del mismo se puede interpretar la varianza, no es constante en cada rango. Lo cual señala que aparentemente la serie de tiempos no presenta estacionalidad.

Como segunda opción para corroborar si la serie es estacionaria, se recurre al test de Dicket-Fuller.

Tabla 2. Test de Dicket-Fuller para la serie de tiempos original, precio del carbonato de litio

Null Hypothesis: PRECIO has a unit root		
Exogenous: Constant, Linear Trend		
Lag Length: 14 (Automatic based on SIC, maxlag=14)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.972199	0.9998
Test critical values:	1% level -4.219126	
	5% level -3.533083	
	10% level -3.198312	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		

El estadístico de Dickey-Fuller debe ser mucho mayor a los Test Críticos (1%, 5%, y 10%) en valor absoluto, en este caso 0,972199 es mucho menor que los test críticos, por tanto, afirma con mayor seguridad o reiterativamente que la serie es no estacionaria.

Finalmente, en un tercer caso para reafirmar la estacionalidad o la no estacionalidad de la serie de tiempos, se puede recurrir al correlograma original de los precios del carbonato de litio.

Para el análisis de autocorrelación, en la Función de Autocorrelación Simple (Autocorrelation) debe caer de manera súbita a cero para tener estacionalidad, en la Tabla 3, se muestra que, no cae de manera rápida, se vuelve a reafirmar que la serie es no estacionaria. En la Función de Autocorrelación Parcial (Partial Correlation), se interpreta, todas las barras que se encuentra dentro la banda de confianza del 5%, el cual es no significativo, y contrariamente todo lo

que sobrepasa las bandas de confianza o aquellas barras muy cercanas es considerado significativo. Y de manera numérica se aprecia con la representación de cada barra en las columnas de AC (Coeficiente de Correlación Muestral, representa a la columna

de barras de autocorrelación) y PAC (Coeficientes de Correlación parcial Muestral, representa a la columna barras de autocorrelación parcial) para el presente correlograma y las siguientes a interpretar.

Tabla 3. Correlograma de la serie de tiempos original, precio del carbonato de litio

Date: 06/09/23 Time: 18:34

Sample: 1 53

Included observations: 53

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Probability
		1 0.968	0.968	52.496	0.000
		2 0.916	-0.322	100.46	0.000
		3 0.857	-0.056	143.28	0.000
		4 0.790	-0.127	180.44	0.000
		5 0.719	-0.044	211.87	0.000
		6 0.650	0.008	238.04	0.000
		7 0.576	-0.113	259.08	0.000
		8 0.500	-0.067	275.26	0.000
		9 0.419	-0.105	286.92	0.000
		10 0.333	-0.126	294.44	0.000
		11 0.245	-0.051	298.60	0.000
		12 0.157	-0.059	300.34	0.000
		13 0.076	0.079	300.77	0.000
		14 0.012	0.149	300.78	0.000

Nota: AC, Coeficiente de correlación muestral, PAC, Coeficiente de correlación parcial, Q-Stat, Q estadística de prueba

Una vez determinado que los precios internacionales del carbonato de litio no presentan estacionalidad. Pero siendo requerimiento importante, que la serie presente estacionalidad para poder estimar los modelos ARIMA. En este caso la serie de tiempos original deberá ser suavizada o diferenciada las veces necesarias para convertir la serie no estacionaria a estacionaria.

Primera diferenciación (D = 1)

Como ya se había mencionado, la mayor parte de las series no son estacionarias. Para ajustar una serie no estacionaria es necesario eliminar la fuerte variación no estacionaria. Si la serie de tiempos observada no es estacionaria en la media, lo cual implica que la serie presenta en su comportamiento una tendencia de tipo polinomial o determinista (no estacionariedad homogénea), entonces podemos tomar las diferencias de las

series de tal forma obtener una serie estacionaria. (Chávez, 1997, p. 27).

Tras una primera diferenciación el Test de Dickey -Fuller presenta el siguiente cambio:

Tabla 4. Test de Dicket-Fuller para la serie con D =1, precio del carbonato de litio

Null Hypothesis: D PRECIO has a unit root		
Exogenous: Constant, Linear Trend		
Lag Length: 13 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test		
statistic	-4.470534	0.0053
Test critical values:		
1% level	-4.219126	
5% level	-3.533083	
10% level	-3.198312	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		

El Test de Dickey-Fuller en valor absoluto tiene un valor de 4,470534, el cual es mayor en valor absoluto a todas las test

críticas (1%, 5%, y 10%), por tanto, concluimos que la serie es estacionaria pero mientras es más estacionaria será mejor, por tal caso se diferencia una vez más.

Segunda diferenciación (D = 2)

Entre las recomendaciones que se puede hacer es que siempre que se desee utilizar los modelos ARIMA, se debe aplicar el operador diferencia un número óptimo de veces para no perder mucha información, y en casos de que sea necesario realizar transformaciones (diferenciación) elegir la más sencilla o adoptar la logarítmica para no entrar en problemas de cálculos e interpretación. (Chávez, 1997, p. 29). Tras una segunda diferenciada el test de Dickey-Fuller, muestra el siguiente cambio.

Tabla 5. Test de Dicket-Fuller para la serie con D=2, precio del carbonato de litio

Null Hypothesis: DDPRECIO has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 5 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

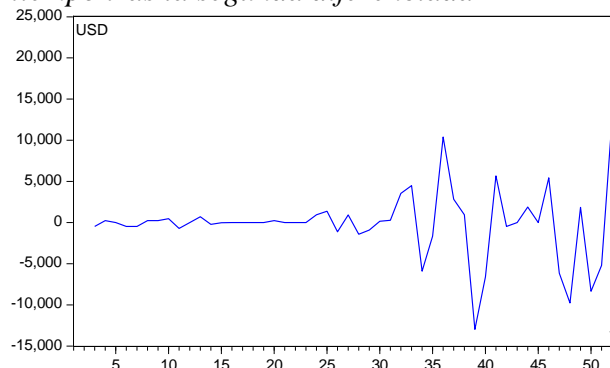
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.472649	0.0003
Test critical values:		
1% level	-4.175640	
5% level	-3.513075	
10% level	-3.186854	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Para apreciar visualmente el cambio o la transformación de la serie original hasta la segunda diferenciada se puede apreciar en la Figura 3.

Así la Figura 3 presenta un comportamiento estacionario, es decir, de rango a rango la media se aproxima a ser relativamente igual y del mismo modo pasa con la varianza.

Figura 3. Comportamiento de la serie de tiempo tras la segunda diferenciada



La serie de tiempos para tener una mejor estimación de los modelos ARIMA, ya es posible con la primera diferenciada del mismo modo con la segunda diferenciada. Tras la conclusión de esta primera parte se recurre a estimar los modelos ARIMA para los tres correlogramas encontrados.

Estimación de los modelos ARIMA

Para tener todos los posibles candidatos de modelos ARIMA, se recurre a los correlogramas, los cuales son: (1) la serie original, (2) serie con una primera diferencia y (3) la serie con segunda diferencia.

Con ayuda de la Tabla 4 se puede estimar simplemente un modelo:

Si la autocorrelación tiende a ser un modelo Autorregresivo (AR), por tanto, toma un valor AR₂ por las dos barras que sobresalen la banda de confianza en la comuna de Partial Correlation (hay dos puntos significativos, FAP). Como son datos originales, podemos también tomar en cuenta los que quieren o se aproximan demasiado a la banda de confianza, para tomar otro orden de AR, pero en este caso no da la posibilidad de presentarse el AR con valor 3.

En estos datos reales D = 0 y a la vez, no está diferenciada, pero para ser estacionaria necesariamente se toma el valor D = 1, por tanto, el modelo estimado es:

ARIMA (2, 1, 0) (Modelo 1)

Tabla 6. Correlograma del precio del carbonato de litio (a) de la primera diferenciada y (b) (a) de la segunda diferenciada

(a) de la serie con D = 1							(b) de la serie con D = 2						
Date: 06/09/23 Time: 19:25, Sample: 1 53 Included observations: 52							Date: 06/09/23 Time: 19:23 Sample: 1 53 Included observations: 51						
Autocorrelation		Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob.	Autocorrelation		Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob.
1	0.520	0.520	14.871	0.000			1	0.226	0.226	2.7491	0.097		
2	0.076	-0.266	15.192	0.001			2	-0.282	-0.350	7.1213	0.028		
3	-0.021	0.101	15.216	0.002			3	-0.128	0.043	8.0511	0.045		
4	-0.058	-0.105	15.409	0.004			4	-0.088	-0.191	8.4956	0.075		
5	-0.099	-0.037	15.994	0.007			5	-0.112	-0.083	9.2376	0.100		
6	-0.032	0.068	16.054	0.013			6	-0.123	-0.181	10.149	0.119		
7	0.046	0.017	16.184	0.023			7	-0.059	-0.083	10.363	0.169		
8	0.113	0.101	16.994	0.030			8	0.143	0.073	11.644	0.168		
9	0.113	-0.001	17.827	0.037			9	0.095	-0.074	12.223	0.201		
10	0.035	-0.036	17.909	0.057			10	0.003	0.029	12.224	0.270		
11	-0.029	-0.010	17.967	0.082			11	0.103	0.097	12.948	0.297		
12	-0.178	-0.217	20.186	0.064			12	0.003	-0.066	12.948	0.373		
13	-0.334	-0.175	28.222	0.008			13	-0.175	-0.095	15.130	0.299		

Nota: AC, Coeficiente de correlación muestral, PAC, Coeficiente de correlación parcial, Q-Stat, Q estadística de prueba

La función de Autocorrelación (hay dos barras que sale de la banda de confianza) cae hacia cero, por tanto, es autorregresivo del mismo modo la Autocorrelación Parcial (hay una barra que sale de la banda de confianza y otra que se aproxima demasiado), además de eso está diferenciado una vez lo cual nos significa $D = 1$. Por tanto, los posibles modelos estimados son:

- ARIMA (1, 1, 2) (Modelo 2)
- ARIMA (2, 1, 2) (Modelo 3)

Tras una segunda diferencia, $D = 2$. El correlograma nos muestra las barras significativas, en la Autocorrelación (una sola

barra significativa) y algo similar en la Correlación Parcial (una barra sale de la banda de confianza). De manera similar que, en el anterior caso, el modelo ARIMA estimado es:

$$\text{ARIMA (1, 2, 1) (Modelo 4)}$$

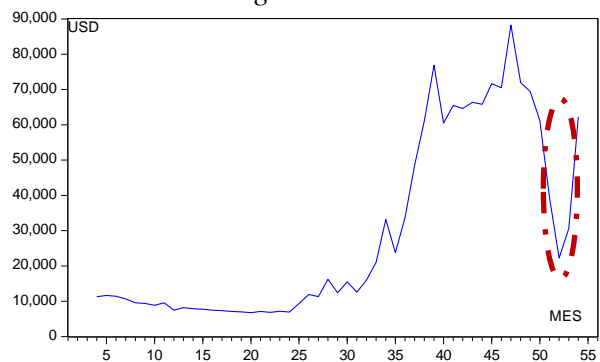
Selección del modelo ARIMA, en base a los estadísticos o criterios se hace la comparación entre los cuatro modelos estimados, el modelo que presenta la mayor cantidad de criterios a su favor será la que se tome como modelo ideal para realizar el pronóstico de los precios internacionales del carbonato de litio:

Tabla 7. Comparación de los cuatro modelos ARIMA

Criterios a comparar		Mod. 1	Mod. 2	Mod. 3	Mod. 4	Óptimo	Modelos
R^2	Max.	0,513741	0,572342	0,611305	0,313831	0,611305	Mod. 3
S.E.	Min.	4234,815	4013,473	3867,646	4575,064	3867,646	Mod. 3
Log likelihood		-506,7545	-504,8947	-503,1095	-501,7774	501,7774	Mod. 4
Akaike	Min. en valor	19,6444	19,61133	19,58114	19,83441	19,58114	Mod. 3
Schwarz	Absoluto	19,7945	19,79895	19,80628	19,98592	19,7945	Mod. 1
Hannan-Quinn		19,70195	19,68326	19,66745	19,89231	19,66745	Mod. 3
Durbin-Watson	Próximo a 2	1,702057	1,714184	1,809874	1,734705	1,809874	Mod. 3
Mejor Modelo: ARIMA (2, 1, 2)							Mod. 3

Con el modelo seleccionado, ARIMA (2, 1, 2) se realiza el pronóstico de la serie de tiempos, analizado en el estudio de caso. A la vez, dándonos de manera aleatoria cuatro fechas posteriores para realizar el pronóstico. El modelo ARIMA óptimo nos muestra una gráfica de cuatro meses pronosticados (Figura 4):

Figura 4. Pronostico del precio del litio para los cuatro meses siguientes



De la misma forma se puede observar de manera numérica el pronóstico para los cuatro meses (junio, julio, agosto y septiembre del año 2023) como se muestra en la Tabla 8, el cual tiene un comportamiento creciente.

Tabla 8. Pronostico para cuatro meses en USD/t

Mes	2023
Junio	75756,44
Julio	77036,24
Agosto	78316,03
Septiembre	79595,83

Ahora bien, ya desde fines de 2020 hasta fines de 2021 los precios están viendo un repunte no visto desde el alza de 2017-2018. Sin embargo, a diferencia de este boom anterior, el crecimiento actual no está cimentado principalmente en expectativas, sino que en un aumento palpable de la demanda ante una oferta prevista como insuficiente. El mayor consumo ha respondido directamente a las ventas de vehículos eléctricos, las cuales se incrementaron aún durante la pandemia, y se proyecta que sigan creciendo año a año al menos durante la siguiente década. Ante este rápido crecimiento

en la demanda, la oferta existente se ha percibido como limitada e insuficiente, fomentando la tendencia alcista en los precios. En efecto, el balance proyectado de mercado tanto del carbonato como del hidróxido de litio se encuentra particularmente ajustado, lo que ejerce una presión significativa sobre la velocidad con que la oferta puede llegar a satisfacer la demanda requerida. (González, Cantallopts, 2021, p. 41).

Conclusiones

El comportamiento del precio de carbonato de litio en los últimos años alcanzó a precios que nunca antes había llegado. Tras una eminente transición o cambio energético en el planeta y la impulsión de fabricación de autos eléctricos en Europa o diferentes artefactos que requieran acumuladores de energía. Toma importancia el litio (carbonato de litio e hidróxido de litio).

En tal sentido, es muy importante hacer el seguimiento del mercado internacional de los precios del carbonato de litio, ayudándonos con proyecciones en softwares que estén a nuestro alcance para la toma de decisiones, firma de convenios en base al comportamiento actual y futuro del precio internacional, peor aún, cuando Bolivia inicia su ingreso al mercado internacional con el funcionamiento de su planta industrial de carbonato de litio.

Referencias Bibliográficas

- Chávez Quisbert, N. (1997). Modelos Arima. *Revista Ciencia y Cultura*, (1), 23-30.
- González, A., & Cantallopts, J., (2021). *El mercado del litio, Desarrollo resiente y proyecciones al 2030*, Dirección de Estudios y Políticas Públicas. 5-38.
- Jones, B., Acuña, F., & Rodríguez, V., (2021). *Cambios en la demanda de minerales: análisis de los mercados del cobre y el litio, y sus implicaciones para los países de la región andina*, CEPAL.

- Muñoz-Santiago, A., Urquijo-Vanstrahlengs, J., Castro-Otero, A., & Lombana, J. (2017). Pronóstico del precio de la energía en Colombia utilizando modelos ARIMA con IGARCH. *Revista de economía del Rosario*, 20(1), 127-161.
- Poveda Bonilla, R. (2020). *Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile*.
- Trading Economics. (2023) *Lítio contrato de futuros precios*. <https://es.tradingeconomics.com/commodity/lithium>
- Zícari, J., Fornillo, B., & Gamba, M. (2019). El mercado mundial del litio y el eje asiático. Dinámicas comerciales, industriales y tecnológicas (2001-2017). *Polis (Santiago)*, 18(52), 186-203.
- Accesoría Técnica Parlamentaria de Chile. (2023). *Mercado del litio Antecedentes y cifras relevantes entre 2019 y marzo de 2023*. Congreso nacional de Chile. 1-6