

ISSN: 2616 – 9134 (impresa)

ISSN: 2663 – 9327 (en línea)



# **SEC Ciencia**

**Revista Científica de Posgrado**

Vol. 4. N° 6. Diciembre, 2022

Secretaría de  
Educación Continua





# SEC Ciencia

Revista Científica de Posgrado

ISSN: 2616 – 9134 impresa

ISSN: 2663 – 9327 en línea

## CONSEJO EDITORIAL

**Ivonne Ramírez Martínez Ph.D.**

Docente - Investigadora

Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca - Sucre

**José María Fernández Batanero Ph.D.**

Facultad de Ciencias de la Educación

Universidad de Sevilla - España

**Juan Richard Villacorta Guzmán Ph.D.**

Coordinador Programa de Doctorado

Escuela Militar de Ingeniería - Cochabamba

**Cesar Maldonado Sanabria Ph.D.**

Docente - Investigador

Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca - Sucre

**M.Sc. Miriam Vargas Vargas**

Secretaría de Educación Continua

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho - Tarija

**Editor:** René Arenas Martínez  
revista.sec.ciencia@uajms.edu.bo,  
revista.sec.ciencia@gmail.com

## **UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**SEC Ciencia. Revista Científica de Posgrado**

**ISSN: 2616 – 9134 (impreso) ISSN: 2663 – 9327 (en línea)**

**Diciembre, 2022**

### **Autoridades Universitarias**

M.Sc. Lic. Eduardo Cortez Baldiviezo

**RECTOR UAJMS**

M.Sc. Lic. Jaime Condori Avila

**VICERRRECTOR UAJMS**

M.Sc. Miriam Vargas Vargas

**SECRETARIA DE EDUCACION CONTINUA**

M.Sc. María Duran Gorena

**DIRECTORA DE POSGRADO**

### **Edición**

SECRETARIA DE EDUCACION CONTINUA  
DIRECCION DE POSGRADO

### **Editor**

René Arenas Martínez

### **Reservados todos los derechos**

Esta revista no podrá ser reproducida en forma alguna, total y parcialmente, sin la autorización de los editores.

***El contenido de esta revista es responsabilidad de los autores.***

### **Dirección y Contactos**

Dirección de Posgrado  
Calle. Ingavi N° 689 esq. Padilla  
Tel./Fax: 591 – 4 – 6648977, 6664122  
Casilla, N° 51. Tarija – Bolivia

### **Correo electrónico:**

revista.sec.ciencia@uajms.edu.bo  
revista.sec.ciencia@gmail.com

### **Sitio Web:**

<http://repo.uajms.edu.bo/repositorio/>

### **Publicación:**

Publicación digital

# EDITORIAL

## Perspectivas de la Educación Posgradual en la UAJMS.



La situación actual de la pandemia del Covid 19 por la cual está atravesando el mundo, ha influido de manera notable en el enfoque y la formación posgradual de los profesionales que actualmente buscan una alternativa para adquirir nuevas competencias, destrezas y habilidades para un mercado laboral cada vez más competitivo y exigente.

En este sentido, la formación de programas posgraduales que se ofertan a través de la Dirección de Posgrado dependiente de la Secretaría Académica de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Ha incorporado y profundizado en la educación virtual, como una modalidad educativa que contribuye a mejorar y optimizar la calidad de la enseñanza y del aprendizaje, considerando que la

transformación digital del proceso educativo, no solamente implica la integración de la tecnología digital en el proceso enseñanza – aprendizaje, sino también en todas las áreas que comprende desde la gestión, administración y demás procesos que requiere la formación de posgrado.

En este contexto, un aspecto fundamental para la transición de la educación presencial a la educación virtual de posgrado, es la capacitación del personal docente, debido a que el impacto del uso de las TIC en la formación posgradual, es mayor, si se emplea estos recursos para favorecer el aprendizaje colaborativo de los estudiantes en los distintos programas de posgrados que se ofertan, desde diplomados, especialidad, maestría hasta doctorados.

Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta, es el referido a la infraestructura y soporte tecnológico, que debe brindar la institución, tanto a docentes como estudiantes, para facilitar el uso de las TIC y de las herramientas digitales, de manera que la oferta académica sea pertinente y contextualizada, a fin de que la educación de posgrado, responda a las demandas y necesidades sociales.

La nueva realidad en el proceso de formación posgradual deberá necesariamente involucrar a la educación virtual, que debe entenderse desde un nuevo paradigma. Desde el cual se demuestra, que la tecnología contribuye a mejorar la educación, y que el docente se convierte en guía y tutor del proceso de enseñanza y aprendizaje para que el estudiante aprenda a autogestionarse la información y el conocimiento mediante el uso de la tecnología.

El desafío está planteado y fue asumido por las actuales autoridades de la Secretaria de Educación Continua. En el entendido, de que la nueva visión de la UAJMS de trabajar con “Ética y Responsabilidad Social”, implica la implementación de la educación virtual, acompañada a su vez, de una adecuada planificación, organización, control de los recursos y el uso de herramientas tecnológicas que apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje, y permitan ofertar una educación de posgrado de calidad y pertinente.

**M.Sc. María Duran Gorena**  
**DIRECTORA DE POSGRADO - UAJMS**

# CONTENIDO

## ARTICULOS CIENTIFICOS

**Evaluación de la calidad ecológica del río Guadalquivir y sus principales afluentes, Tarija, Bolivia**  
**Evaluation of the ecological quality of the Guadalquivir river and its main tributaries, Tarija, Bolivia**

*Pablo Andrés Calizaya Gutiérrez y Deimar Fernández*..... 1

**Reglas de clasificación de estrés térmico por calor a partir de árboles de decisión para la ciudad de Tarija**  
**Classification rules for thermal heat stress based on decision trees for the city of Tarija**

*Nieves Soledad Vásquez Perales*..... 8

**Identificación de los determinantes de la competitividad de las pymes en Yacuiba – Bolivia**  
**Identification of the determinants of the competitiveness of pymes in Yacuiba – Bolivia**

*Abraham Wilden Guzmán Figueroa*..... 20

**Metodologías de los estudios de evaluación de impacto ambiental presentados en la ABC: recopilación y análisis**

**Methodologies of the environmental impact assessment studies presented in the ABC: collection and analysis**

*Daniel Alberto Trigo Orsini*..... 29

## NORMAS DE PUBLICACION REVISTA

Normas de Publicación..... 40

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO GUADALQUIVIR Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES, TARIJA, BOLIVIA

## EVALUATION OF THE ECOLOGICAL QUALITY OF THE GUADALQUIVIR RIVER AND ITS MAIN TRIBUTARIES, TARIJA, BOLIVIA

Pablo Andres Calizaya Gutierrez<sup>1</sup> y Deimar Fernandez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero en Gestión Ambiental. Técnico en Gestión de Agua y riego

<sup>2</sup>Ingeniero Forestal. Docente Carrera de Ingeniería Forestal. Estudiante de Doctorado en Ciencias – UAJMS

Correo electrónico: pablocalizaya@institutosanandres.org  
deimarfernandez@uajms.edu.bo

### RESUMEN

Se evaluó la calidad ecológica del río Guadalquivir y algunos de sus afluentes más importantes. Se realizó la toma de muestras en octubre de 2021, en 25 puntos, 16 pertenecientes al río Guadalquivir, 5 al río Camacho, 2 al río Santa Ana, 1 punto en el río Erquis y 1 punto en el río Tolomosa. Se recolectaron muestras de macroinvertebrados utilizando una malla surber de 500 µm en todos los hábitats posibles de cada estación, clasificando su taxonomía con claves dicotómicas y su posterior sumatoria en el índice BMWP/Bol, a su vez se realizó la evaluación del hábitat fluvial a través del índice IHF y de la calidad de vegetación de ribera a través del índice QBR.

Los resultados indican que únicamente la parte alta del río Camacho y del río Guadalquivir presenta un estado ecológico muy bueno y bueno, pero conforme el río sigue su curso este ecosistema se va alterando, perdiendo la capacidad de otorgar servicios ambientales, entre las actividades antropogénicas con impacto negativo más fuerte se encuentran el cambio de uso de suelo de la ribera por tierras de producción agrícola, urbanización, la remoción del lecho de río, explotación de áridos y agregados; y el aporte de aguas residuales.

Los puntos de Rancho Norte, Erquis, puente San Martín, El Temporal, Ancón (Ingreso al Valle) en el río Camacho antes de la confluencia con el Guadalquivir y en el Angosto presentan una calidad ecológica pésima, donde tanto fauna como flora acuática y terrestre se ve alterada, disminuyendo la diversidad y la capacidad de resiliencia del ecosistema. Además de un mayor peligro y riesgo ante crecidas extraordinarias, lo que obliga a destinar recursos para la gestión de riesgos y desastres.

### PALABRAS CLAVE

Macroinvertebrados acuáticos, hábitat fluvial, ribera, estado ecológico.

### ABSTRACT

The ecological quality of the Guadalquivir river and some of its most important tributaries was evaluated. The sampling campaign was carried out in October 2021, at 25 points, 16 belonging to the Guadalquivir River, 5 to the Camacho River, 2 to the Santa Ana River, 1 point to the Erquis River and 1 point to the Tolomosa River. Macroinvertebrate samples were collected using a 500 µm surber mesh in all possible habitats of each sampling station, classifying their taxonomy with dichotomous keys and their subsequent sum in the BMWP/Bol index, in turn, the evaluation of the fluvial habitat was carried out through the IHF index and riparian vegetation quality through the QBR index.

The results indicate that only the upper part of the Camacho River and the Guadalquivir River present a very good and good ecological status, but as the river continues its course, this ecosystem is altered, losing the ability to provide environmental services, among the anthropogenic activities with The strongest negative impact is the change in land use of the riverbank for agricultural production land, urbanization, the removal of the riverbed, exploitation of aggregates and aggregates; and the contribution of residual waters.

The points of Rancho Norte, Erquis, San Martín bridge, El Temporal, Ancon (Entrance to the Valley) in the Camacho River before the confluence with the Guadalquivir and in the Angosto have a terrible ecological quality, where both aquatic and terrestrial fauna and flora is altered, reducing the diversity and resilience of the ecosystem. In addition to a greater threat and danger in the face of extraordinary floods, which requires allocating resources for risk and disaster management.

### KEY WORDS

Aquatic macroinvertebrates, river habitat, riverbank, ecological status

## INTRODUCCIÓN

Los ríos tienen diversas conectividades, conectividad longitudinal (río arriba, río abajo), lateral (con la cuenca y la vegetación de ribera) y vertical (con la precipitación y las aguas subterráneas). Estas conectividades representan el correcto funcionamiento del ciclo hidrológico y por ende un equilibrio y buen funcionamiento dentro de los ecosistemas; garantizando los bienes y servicios ambientales.

El conocimiento de las interrelaciones en el ecosistema y la complejidad del funcionamiento del mismo, viene acompañado de una alta capacidad de gestión de los recursos hídricos.

Sin embargo, estos elementos tan valiosos, no son tomadas en cuenta en la gestión del agua. Siendo éstas, solamente planificadas para las actividades antropogénicas, dejando de lado el agua para los ecosistemas, en nuestra realidad los monitoreos de la calidad del agua se basan solamente en parámetros físico-químicos, que únicamente representan la calidad del instante en que se toma la muestra.

Los efectos que la contaminación representa en los ecosistemas pocas veces se toman en cuenta, en consecuencia, las rupturas de la conexión longitudinal del río, obras hidráulicas, extracción de áridos, sobreexplotación de las aguas superficiales, pérdida de la vegetación de ribera y llanura de inundación por cambios de uso de suelo, son elementos fundamentales que deben considerarse para una correcta evaluación del estado ecológico de un río, y así, preservar las conexiones y los servicios ambientales que nos proporcionan.

La necesidad de una gestión integrada de los recursos hídricos en Europa ha sido la clave para el desarrollo (a principios de los noventa) de la Directiva Marco sobre el Agua que entró en vigor en diciembre del año 2000. La DMA pretende conseguir, entre sus principales objetivos medioambientales, el mejor estado ecológico y estado químico posibles para las aguas superficiales, comprendiendo que existen alteraciones inevitables que se producen como consecuencia de las actividades humanas.

En la DMA son los elementos biológicos los componentes principales en el sistema, considerándose a los hidro morfológicos y físico-químicos de apoyo. Para Müller (2002) esto significa que los elementos de apoyo deben ser considerados en el caso de que los elementos biológicos no se encuentren en un buen estado. (Martínez Mas, Correcher, Piñón, Martínez Muro, & Pujante, 2004).

En Bolivia los estudios realizados sobre calidad del agua están enfocados al uso y aprovechamiento de la

sociedad, clasificando las aguas según el RMCH de la Ley 1333. Pero la clasificación biológica o ecológica únicamente es mencionada, no así regulada. Lo que expone un déficit en el conocimiento de la ecología fluvial en los gestores del agua.

El agua con una calidad ecológica buena, además de proveer alimento, esparcimiento, riego, etc. también es más fácil y económica de potabilizar para nuestro uso que el agua con una carga contaminante que debe ser eliminada previamente.

Es común no encontrar una relación entre los resultados de metodologías físico-químicas con las biológicas. Algunas veces, mientras que los resultados de los parámetros físicoquímicos denotan una calidad del agua "aceptable", los biológicos la reconocen como de baja calidad. Y no son contradicciones: es que se están midiendo distintos aspectos de los sistemas acuáticos tal vez con diferentes objetivos.

Por otra parte los análisis físico-químicos determinan las causas de la contaminación, mientras que los biológicos los efectos que dicha contaminación provoca a los grupos de estudio, para obtener un resultado más integral se debe emplear metodologías que nos permitan evaluar la ribera del cuerpo de agua, si es posible su llanura de inundación; la calidad del ecosistema acuático en relación a albergar vida en mayor diversidad, lo que se determina a través de la diversidad de microhábitats presentes y su baja alteración; a esto se le suma un grupo o comunidad biótica acuática, pudiendo ser algas, peces o macroinvertebrados.

Hoy más que nunca es importante promover consensos para definir cuáles son las características deseables de los ecosistemas acuáticos que permitan tanto la vida de los organismos que los habitan como su uso por parte del ser humano, para poder aprovechar los beneficios que estos ecosistemas aportan.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización:** El estudio se desarrolló en la cuenca del río Guadalquivir en la zona 20K, siendo objeto de análisis el río Guadalquivir y sus principales tributarios; en los municipios de San Lorenzo, Padcaya, Uriondo y Tarija; pertenecientes a las provincias Méndez, Arce, Avilés y Cercado del departamento de Tarija respectivamente.

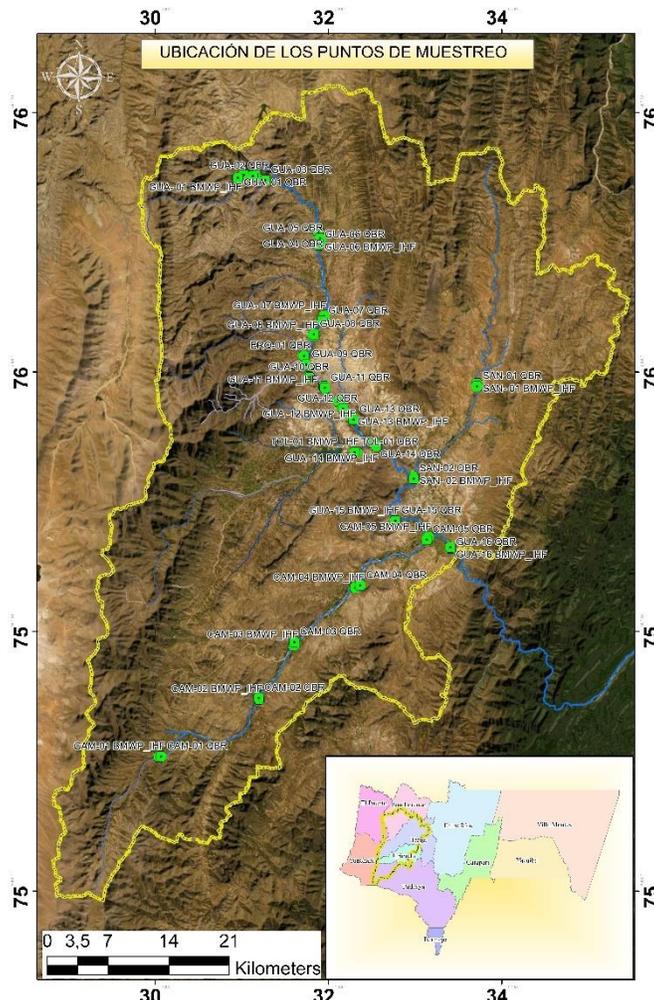
La Tabla 1 muestra la ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM; el índice BMWP/Bol y el IHF se muestrearon dentro del cauce y el índice QBR se muestreó en ambas márgenes del río; por ende, se diferencia de las coordenadas de los índices anteriores.

Tabla 1. Puntos de muestreo

N°	CÓDIGO	MUNICIPIO	X	Y
1	GUA- 01 BMWP_IHF	San Lorenzo	310253	7642808
2	GUA- 01 QBR	San Lorenzo	309542	7642460
3	GUA-02 BMWP_IHF	San Lorenzo	311564	7642772
4	GUA-02 QBR	San Lorenzo	311263	7642671
5	GUA-03 BMWP_IHF	San Lorenzo	312459	7642303
6	GUA-03 QBR	San Lorenzo	312683	7642182
7	GUA- 04 BMWP_IHF	San Lorenzo	318789	7636363
8	GUA-04 QBR	San Lorenzo	318805	7636244
9	GUA-05 BMWP_IHF	San Lorenzo	319120	7635246
10	GUA-05 QBR	San Lorenzo	319029	7635447
11	GUA-06 BMWP_IHF	San Lorenzo	318865	7634814
12	GUA-06 QBR	San Lorenzo	318867	7634713
13	GUA- 07 BMWP_IHF	San Lorenzo	319524	7626455
14	GUA-07 QBR	San Lorenzo	319276	7625903
15	GUA-08 BMWP_IHF	San Lorenzo	318227	7624225
16	GUA-08 QBR	San Lorenzo	318307	7624380
17	ERQ-01 BMWP_IHF	San Lorenzo	317113	7621908
18	ERQ-01 QBR	San Lorenzo	317175	7621858
19	GUA- 09 BMWP_IHF	Tarija	317421	7620786
20	GUA-09 QBR	Tarija	317414	7620864
21	GUA-10 BMWP-IHF	Tarija	317738	7619461
22	GUA-10 QBR	Tarija	317789	7619364
23	GUA-11 BMWP_IHF	Tarija	319476	7618385
24	GUA-11 QBR	Tarija	319561	7618184
25	GUA -12 BMWP_IHF	Tarija	321115	7616609
26	GUA-12 QBR	Tarija	321656	7615775
27	GUA-13 BMWP_IHF	Tarija	322654	7614848
28	GUA-13 QBR	Tarija	322874	7614495
29	GUA- 14 BMWP_IHF	Tarija	325519	7611441
30	GUA-14 QBR	Tarija	325264	7611830
31	SAN- 01 BMWP_IHF	Tarija	337124	7618657
32	SAN-01 QBR	Tarija	337114	7618348
33	SAN- 02 BMWP_IHF	Tarija	329843	7607860
34	SAN-02 QBR	Tarija	329821	7607667
35	TOL-01 BMWP_IHF	Tarija	323242	7610745
36	TOL-01 QBR	Tarija	323032	7610739
37	GUA-15 BMWP_IHF	Uriondo	327643	7602777
38	GUA-15 QBR	Uriondo	327728	7602803
39	GUA-16 BMWP_IHF	Uriondo	334061	7599621
40	GUA-16 QBR	Uriondo	334056	7599750
41	CAM-01 BMWP_IHF	Padcaya	300442	7575519
42	CAM-01 QBR	Padcaya	300673	7575565
43	CAM-02 BMWP_IHF	Padcaya	311969	7582154
44	CAM-02 QBR	Padcaya	311943	7582313
45	CAM-03 BMWP_IHF	Uriondo	316013	7588439
46	CAM-03 QBR	Uriondo	316050	7588770
47	CAM-04 BMWP_IHF	Uriondo	323064	7595077
48	CAM-04 QBR	Uriondo	323664	7595313
49	CAM-05 BMWP_IHF	Uriondo	331569	7600908
50	CAM-05 QBR	Uriondo	331362	7600621

El mapa 1, muestra la ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca Guadalquivir, iniciando en el río Trancas al norte de la cuenca y terminando en la zona de la Angostura luego de la confluencia con el río Camacho.

Mapa 1. Ubicación de los puntos de muestreo



**Obtención e identificación de macroinvertebrados acuáticos:** Para la aplicación del índice biótico BMWP/Bol se ha definido dos etapas: La etapa de campo y la etapa de laboratorio; en la primera se ingresa al cuerpo de agua y se coloca la malla en contracorriente, se remueve el sustrato alrededor de 10cm., por un metro cuadrado de área, se retira la malla y en la orilla del cauce se guardará las muestras en alcohol al 70% o formol al 4%. La segunda etapa se lleva a cabo con la ayuda de claves taxonómicas o dicotómicas, éstas permitirán identificar al macroinvertebrado hasta el nivel de familia.

Las muestras para este estudio se recolectaron el mes de octubre y comienzos de noviembre, antes de las lluvias, factor preponderante para realizar un buen muestreo puesto a que el aumento de caudal puede desplazar a los macroinvertebrados, además las condiciones del río son diferentes, lo que tomaría a los macroinvertebrados alrededor de tres meses restablecer su población.

Se evalúa según la siguiente escala:

**Tabla 2.** Rangos de calidad del índice BMWP/Bol

Clase	Calidad	BMWP/Bol	Significado	Color
I	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	<b>AZUL</b>
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	<b>VERDE</b>
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	<b>AMARILLO</b>
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
V	Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	<b>ROJO</b>

**Índice de Hábitat Fluvial:** Para la validación del muestreo BMWP/Bol y que se garantice un muestreo representativo se debe realizar el Índice de Hábitat Fluvial, el mismo se compone de 7 bloques

- Inclusión rápidos - sedimentación pozas
- Frecuencia de rápidos
- Composición del sustrato
- Regímenes de velocidad/profundidad
- Porcentaje de sombra en el cauce
- Elementos de heterogeneidad
- Cobertura y diversidad de vegetación acuática

La alta diversidad de hábitat, alta puntuación del IHF, permite que se establezcan mayor número de especies animales y vegetales (alta diversidad).

Se evalúa según la siguiente escala:

**Tabla 3.** Rangos de calidad del índice IHF

NIVEL DE CALIDAD	IHF	Color representativo
Muy alta diversidad de hábitats	> 90	<b>Azul</b>
Alta diversidad de hábitats	71 - 90	<b>Verde</b>
Diversidad de hábitats media	50 - 70	<b>Amarillo</b>
Baja diversidad de hábitats	31 - 49	<b>Naranja</b>
Muy baja diversidad de hábitats	< 30	<b>Rojo</b>

**Índice QBR:** Es un índice que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable; y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas, que son el elemento más importante para la recuperación y conservación de un cuerpo de agua. Se compone de cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema:

- El grado de cubierta vegetal de las riberas
- Estructura vertical de la vegetación
- Calidad y diversidad de la cubierta vegetal
- Grado de naturalidad del canal fluvial

El QBR es pues una medida de las diferencias existentes entre el estado real de las riberas y su estado

potencial, de modo que el nivel de calidad es máximo sólo cuando las riberas evaluadas no presentan alteraciones debidas a la actividad humana (Agencia Catalana del agua & United Research Services, 2006). Se evalúa según la siguiente escala:

**Tabla 4.** Rangos de calidad del índice QBR

Nivel de Calidad	QBR-And	Color
Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. estado natural	≥ 96	<b>Azul</b>
Vegetación ligeramente perturbado. calidad buena	76-95	<b>Verde</b>
Inicio de alteración importante. calidad intermedia	51-75	<b>Amarillo</b>
Alteración fuerte. mala calidad	26-50	<b>Naranja</b>
Degradación extrema. calidad pésima	≤ 25	<b>Rojo</b>

En nuestra zona geográfica se recomienda utilizar los puntos de corte del QBR-and, que está diseñado para ecosistemas ribereños andinos, donde la metodología es la misma, únicamente se modifica el puntaje.

**Estado ecológico integral:** Es un índice que pretende valorar de forma global la calidad del ecosistema fluvial, incluyendo la ribera, la calidad de las aguas y la comunidad de macroinvertebrados, incluye la estimación del índice IHF, BMWP/bol, el QBR y su combinación de acuerdo a los valores de los tres índices involucrados.

Se evalúa según la siguiente escala:

**Tabla 5.** Rangos de calidad del estado ecológico

IHF		BMWP/Bol			Estado Ecológico		
Nivel de calidad	Rango	Nivel de calidad	Rango	Color	QBR-And >75	QBR-And 45 - 75	QBR-And <45
Valores óptimos de	>75	Buena	≥ 101	Azul	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>
Valores intermedios de calidad	45-75	Dudosa	36-60	Amarillo	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>	<b>Pésimo</b>
Valores bajos de calidad	<45	Crítica	16-35	Naranja	<b>Malo</b>	<b>Pésimo</b>	<b>Pésimo</b>
		Muy crítica	<15	Rojo	<b>Pésimo</b>	<b>Pésimo</b>	<b>Pésimo</b>

## RESULTADOS

Los índices utilizados en esta investigación fueron medidos por separado, sin embargo, la conjunción de los tres métodos, fortalece la interpretación de los resultados y evita que se otorgue un juicio de valor incorrecto.

Los valores del índice BMWP/Bol, permite conocer la capacidad del agua para albergar diversidad de especies, lo que representa una buena o mala calidad, el índice IHF permite realizar un muestreo representativo de macroinvertebrados, además de evaluar el estado y diversidad de hábitats; y el índice QBR-and evalúa la ribera del río y el valor que

representa dentro del ecosistema según las características geomorfológicas y de calidad.

A continuación, se explican los principales resultados obtenidos:

**BMWP/Bol:** Se obtuvieron valores entre 21 y 130.

Los resultados BMWP/bol indican una alteración de la calidad del agua conforme el río corre aguas abajo, se puede analizar dos casos muy importantes, el primero es desde la estación GUA-07 en Rancho Norte, presenta una calidad aceptable, en la estación GUA-08, después de la confluencia con el río Sella (que en esta época se encuentra sin caudal), la calidad baja a aguas contaminadas, pero la recuperación y poca perturbación del ecosistema produce que en la zona de Obrajes en la estación GUA-09 y posteriormente en las pozas de Aranjuez en la estación GUA-10 las aguas recuperen la calidad aceptable, mejorando las condiciones de macroinvertebrados y demás factores influyentes en el sostenimiento de la comunidad.

El segundo caso es el del río Santa Ana, que a pesar de que en la estación SAN-01 no escurre el caudal, la vida se encuentra dispersa en diversas pozas a lo largo del río, reflejando que los organismos se encuentran a la espera de la llegada del caudal provocado por la escorrentía de las lluvias, siendo esta dinámica en parte natural obteniendo un resultado BMWP/bol de calidad III, que significan aguas contaminadas o alteradas, luego de la confluencia con pequeñas quebradas en la zona de la estación SAN-02 el caudal está por debajo de 0,5 l/s pero este pequeño caudal hace que el funcionamiento ecosistémico tenga un gran impacto, siendo la calidad de este pequeño cauce de calidad II, que significan aguas de calidad aceptables, con presencia mínima de contaminación. La vida se encuentra adaptada a este tipo de funcionamientos y la diversidad se ve reflejada en los resultados.

**IHF:** Se obtuvieron valores entre 42 y 81.

El hábitat fluvial en su totalidad no se encuentra tan perturbado, aunque no se debe hacer una representatividad como una unidad, sino generar alertas sobre los lugares con una baja diversidad de hábitats, puesto a que los impactos pueden llegar a ser irreversibles si se llega a un límite de pérdida de hábitats, las piedras, cantos rodados, gravas y demás elementos de heterogeneidad conlleva a una diversificación en los hábitats, la pérdida de un elemento cambia en su totalidad la disponibilidad o equilibrio de los elementos en su conjunto, por ende la actividad que está afectando en estas zonas no solo es la extracción de áridos, también lo es el exceso de material en suspensión que se sedimenta en el fondo del curso de agua y fija a todos los elementos creando una especie de estructura que elimina los microhábitats y por sus

características aumenta la velocidad del agua. Los efectos de la sobreexplotación de áridos se ven en Rancho Norte en la estación GUA-07 y GUA-08; y los efectos de la estructuración del fondo del río como una unidad fija se ve en la estación GUA-13 y GUA-16.

**QBR-and:** Se obtuvieron valores entre 5 y 100.

La presencia de la vegetación de ribera es uno de los factores más importantes, además de la conexión que tenga está a lo largo del cauce, sin embargo, este caso solo sucede en el primer punto de la parte alta del río Guadalquivir y en el primer punto en la parte alta del río Camacho, las demás zonas se encuentran totalmente alteradas. Para el análisis de este estudio, no se utilizó ninguna metodología para delimitar la faja marginal y la zona ribereña, los puntajes obtenidos con la evaluación del índice son preocupantes, los cultivos y la urbanización son las acciones que más presionan a la ribera, los servicios ambientales se ven perturbados y por la carga orgánica y exceso de nutrientes el cauce seco esta repoblado por arbustos y hierbas (en algunos casos árboles, como en el caso del puente Bolívar), provocando un encauzamiento y menor espacio fluvial incrementando la velocidad del caudal.

Un aspecto muy importante de las riberas es que son zonas muy productivas, especialmente para la fauna vivípara que encuentra un refugio idóneo para su reproducción. Además, en época de otoño la hojarasca de las riberas aporta energía que pone en funcionamiento toda una cadena de transporte de energía; esta energía; es llevada a eslabones superiores para luego repetir el ciclo.

**Estado ecológico:** El exceso de carga orgánica y cambio de uso de suelo en las zonas ribereñas y fajas marginales tiene un impacto negativo alto, desde la parte alta de los ríos más importantes, que son el Camacho y el Guadalquivir, la degradación se hace presente por la perturbación antropogénica y la alteración en el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos. Los cultivos remplazaron en gran parte la superficie de vegetación ribereña, por tanto, la vulnerabilidad, peligro y riesgo ante crecidas extraordinarias es alto, lo que supone un presupuesto para la gestión de riesgos constante en zonas donde las riberas y llanura de inundación cumplían la autorregulación de caudal ante estos eventos. Esta afectación continua y fragmentada provoca cambios en la diversidad faunística. Se modificó el equilibrio dinámico y las grandes cantidades de hojarasca que en otoño deberían ser un aporte orgánico al río para que a través de los diversos organismos puedan ser degradados; perjudicando de esta manera los procesos más complejos dentro de la cadena trófica empezando por los productores en simbiosis con las bacterias y organismos menores.

De acuerdo con el tipo de macroinvertebrados presentes y los valores de los índices IHF y QBR en las estaciones de muestreo evaluadas, se tiene que los puntos: 8, 9, 12, 16, 19, 24 y 25; correspondientes a la zona de Rancho Norte, Erquis, en la zona urbana a la altura de la posta municipal, luego de la confluencia de las aguas provenientes de la laguna de oxidación, la zona del valle, en el río Camacho luego de la confluencia con el Guadalquivir y en la zona del Angosto respectivamente la calidad ecológica global es pésima. Los puntos 7, 11, 13, 14, 17 y 23; correspondientes a la zona del Rancho (antes de la confluencia con el río sella), en la zona del Hotel Los Parrales, zona del puente Bolívar, Zona Cancha Petrolero, Zona puente Santa Ana camino al Chaco y a altura de la Heredad de Jacob respectivamente la calidad ecológica global es mala.

Evidentemente la remoción de lecho de río, el aporte de aguas residuales, la pérdida de cobertura vegetal y la apertura de caminos en los ríos está provocando un desequilibrio ambiental.

Los resultados del estado ecológico se observan en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Estado ecológico de la cuenca

Estación	Código	X	Y	Estado ecológico
1	GUA-01	310412	7642990	Muy bueno
2	GUA-02	311564	7642772	Bueno
3	GUA-03	312459	7642303	Bueno
4	GUA-04	318789	7636363	Bueno
5	GUA-05	319120	7635246	Regular
6	GUA-06	318865	7634814	Bueno
7	GUA-07	319524	7626455	Malo
8	GUA-08	318227	7624225	Pésimo
9	ERQ-01	317113	7621908	Pésimo
10	GUA-09	317421	7620786	Regular
11	GUA-10	317738	7619461	Malo
12	GUA-11	319476	7618385	Pésimo
13	GUA-12	321383	7616123	Malo
14	GUA-13	322691	7614805	Malo
15	TOL-01	323199	7610753	Regular
16	GUA-14	325598	7611581	Pésimo
17	SAN-01	337124	7618657	Malo
18	SAN-02	329843	7607860	Regular
19	GUA-15	327643	7602777	Pésimo
20	CAM-01	300541	7575541	Muy bueno
21	CAM-02	311969	7582154	Regular
22	CAM-03	316013	7588439	Regular
23	CAM-04	323897	7597368	Malo
24	CAM-05	331569	7600908	Pésimo
25	GUA-16	334061	7599621	Pésimo

## DISCUSIÓN

El índice BMWP/Bol es un indicador adaptado para todo el territorio boliviano, sin embargo, los índices IHF y QBR, fueron diseñados para ríos mediterráneos europeos; el QBR-and es un índice que se adapta a nuestra región.

El uso de los índices de calidad de la ribera y del hábitat fluvial (QBR-and e IHF) expusieron una idea de cómo se encuentra comparativamente cada punto de muestreo, puesto que la calidad del agua del río Camacho y Guadalquivir obtuvieron una buena puntuación en las partes altas. Sin embargo, esta calidad disminuye con el flujo de corriente y la presencia de áreas agrícolas y urbanas.

Esto indica una fuerte correlación entre los resultados entregados por los índices de calidad de ribera y hábitat fluvial (QBR e IHF) y los que entregan las familias de macroinvertebrados presentes en el lugar (BMWP/Bol), evidenciando además la estrecha relación entre los factores ambientales y los biológicos, situación ampliamente demostrada por varios autores (Palma Figueroa & Ruiz 2009 Chile; Galeano, Monsalve & Mancera 2017 Colombia; Trama, Salcedo, Demarcy, Erbure, Jara, Muñoz, Rios & Patrón 2020 Perú).

De esa forma, el uso de los índices IHF y QBR-and expusieron una gran utilidad y efectividad a la hora de evaluar de manera rápida y objetiva la calidad del entorno como primera medida de salud. Lo anterior adquiere mayor relevancia si comparamos estos resultados con los entregados por las comunidades biológicas presentes en los mismos puntos de muestreo en el área de estudio

Por tanto, la adaptación de algunos índices como el QBR (a través del QBR-and) e IHF, pueden ser una herramienta eficaz en nuestros sistemas fluviales, donde los resultados de este estudio muestran la eficacia del uso de estos índices y servirían para entregar una primera aproximación confiable de lo que ocurre en el sistema hídrico.

De esta forma la planificación de los recursos hídricos toma una visión integral, que no solo toma en cuenta valores de oferta y demanda, sino también la calidad ecológica que tiene el ecosistema para el aprovechamiento sostenible sin alterar la capacidad de resiliencia del mismo.

El manejo de los recursos hídricos es el reto para el futuro sostenible, de tal manera que las demandas ecológicas estén equilibradas con las demandas humanas. Sobrellevar estos retos requiere una nueva manera para valorar y evaluar los ríos, que nos lleve desde la visión tradicional (que considera solo a los ríos como recursos), hacia una visión más equilibrada que reconozca su condición como sistemas ecológicos complejos. Esta nueva manera de evaluación necesita combinar el conocimiento científico, las prácticas de manejo y el compromiso político; con la noción de que los ríos son ecosistemas con diversidad única y además cumplen funciones ecológicas y ofrecen servicios indispensables para la sustentabilidad de nuestra sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cammaerts, D., Cammaerts, R., Riboux, R., Vargas, A. y Laviolette, F. (2008). Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos. *Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, Vol. 2, N° 22. pp 19-40.
- Contraloría General del Estado Bolivia. (2015). Auditoría sobre los resultados de la gestión ambiental en la cuenca del río Guadalquivir. Tarija.
- Fernandez, D. y Diaz, M., F. (2004). Evaluación de la Calidad del Agua Mediante el Uso de Índices Bióticos en el Rio San Andrés. *Ventana Científica*, Vol. 4, N° 8. Noviembre, pp 1-9.
- Garrido, J., y Munilla, I. (2007). Aquatic Coleoptera and Hemiptera assemblages in threecoastal of the NW Iberian Peninsula: assessment of conservation value and responseto enviromental factors. *Aquatic conservation*, Vol. 2, N° 18. Noviembre, pp 557-569.
- Kerans, B., y Karr, J. (1994). A Benthic Index of Benthic Integrity (B-IBI) for Rivers of the Tennessee Valley. *JStore*, Vol. 4, N° 4. Noviembre, pp 768-785.
- Martínez, J. F., Correcher, E., Piñón, A., Martínez, M. A., y Pujante, A. M. (2004). Estudio del estado ecológico de los ríos de la cuenca hidrográfica del Júcar (España) mediante el índice BMWP'. *Limnética*, Vol. 23, N° 2. pp 331-345.
- MMAyA. (2014). *Guía para la evaluación de las condiciones biológicas de cuerpos de agua utilizando macroinvertebrados bentónicos*. Ediciones Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. Bolivia.
- MMAyA. (2012). *Guía para la evaluación de la calidad acuática mediante el índice BMWP/bol*. Ediciones Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. Bolivia.
- Munné, A., Prat Fornells, N., y Solá, C. (1998). QBR un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua*, Vol. 4. N° 175, pp. 20-39.
- Palma, A., Figueroa, R., y Ruíz, V. (2009). Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana (Concepción)*, Vol. 73, N° 1. pp 57-63.
- Roldán, G., y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Smith, E. (2006). *Ciencia Ambiental un estudio de interrelaciones*. Ediciones McGRAW-Hill/Interamericana. México.
- Trama, F. A., Salcedo Gustavson, S. A., Demarcy, L., Erbure Cardozo, L., Jara Palomino, B. A., Muñoz Ccuro, F. E., y Patrón Viale, F. R. (2020). Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: Conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, Vol. 27, N° 2. Abril, pp 149-168.

### Artículo

**Recibido:** 14 de octubre de 2022

**Aceptado:** 30 noviembre de 2022

### Cita sugerida:

Calizaya, P.A. y Fernández, D. (2022). Evaluación de la calidad ecológica del río Guadalquivir y sus principales efluentes, Tarija - Bolivia. *Revista SEC CIENCIA*. 4(6), 1-7.  
<http://repo.uajms.edu.bo/index.php/secciencia/issue/view/4>

# REGLAS DE CLASIFICACIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR A PARTIR DE ÁRBOLES DE DECISIÓN PARA LA CIUDAD DE TARIJA

## CLASSIFICATION RULES FOR THERMAL HEAT STRESS FROM DECISION TREES FOR THE CITY OF TARIJA

Nieves Soledad Vásquez Perales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Doctorando. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Doctorado en Ciencias. Tarija, Bolivia.

Correo electrónico: vasquez.perales.nieves@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar las reglas de clasificación de estrés térmico por calor a partir de árboles de decisión para la ciudad de Tarija. Como insumo principal, se hace uso de una base de datos meteorológica que contiene los datos de entrada o instancias que corresponden a los registros diarios de la estación meteorológica Tarija Aeropuerto comprendidos entre los años 2017 y 2021 obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. La determinación del nivel de riesgo que experimentan las personas que desarrollan actividades al aire libre se basa en la herramienta propuesta por el Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos para evaluar el potencial del estrés por calor denominada índice de calor, cuya medida se basa en la temperatura del aire y la humedad relativa. La técnica de minería de datos utilizada para la construcción del modelo predictivo son los árboles de decisión aplicando los algoritmos K-medias y C4.5, cuyo resultado arroja un total de 12 reglas de clasificación de estrés térmico por calor, donde 0.61% de las instancias se clasifican con nivel de riesgo de peligro, 8.28% de precaución extrema y 33.61% de precaución. Ninguna instancia se clasifica con peligro extremo. El 57.50% no aplica para la existencia de nivel de riesgo. Finalmente, el árbol de decisión obtenido en el marco del objeto de estudio, pone en evidencia de que las principales variables meteorológicas que inciden en el cálculo del nivel de riesgo por estrés térmico son la temperatura y humedad relativa.

### PALABRAS CLAVE

Reglas de clasificación, estrés térmico por calor, datos meteorológicos, árboles de decisión.

### ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the classification rules for thermal heat stress from decision trees for the city of Tarija. As the main input, a meteorological database is used that contains the input

data or instances that correspond to the daily records of the Tarija Aeropuerto meteorological station between the years 2017 and 2021 obtained from the National Meteorology and Hydrology Service. The determination of the level of risk experienced by people who carry out outdoor activities is based on the tool proposed by the United States National Weather Service to assess the potential for heat stress called the heat index, whose measurement is based on air temperature and relative humidity. The data mining technique used to build the predictive model is decision trees applying the K-means and C4.5 algorithms, the result of which yields a total of 12 thermal heat stress classification rules, where 0.61% of the instances are classified with danger risk level, 8.28% extreme caution and 33.61% caution. No instance is classified with extreme danger. 57.50% does not apply for the existence of a level of risk. Finally, the decision tree obtained within the framework of the object of study, shows that the main meteorological variables that affect the calculation of the level of risk due to thermal stress are temperature and relative humidity.

### KEYWORDS

Classification rules, thermal heat stress, meteorological data, decision trees.

### INTRODUCCIÓN

Cuando se tiene niveles altos de temperatura en el ambiente, puede ser agobiante para quienes desempeñan actividades laborales al aire libre; este hecho se incrementa cuando la humedad relativa es alta o no corre el aire.

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo español, define al estrés térmico por calor como:

*La carga de calor que los trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y la*

ropa que llevan. Es decir, el estrés térmico por calor no es un efecto patológico que el calor puede originar en los trabajadores, sino la causa de los diversos efectos patológicos que se producen cuando se acumula excesivo calor en el cuerpo. (MTASE, s.f.).

Otra definición de estrés térmico puede indicarse como:

*La sensación de malestar que se experimenta cuando la permanencia en un ambiente determinado exige esfuerzos desmesurados a los mecanismos de que dispone el organismo para mantener la temperatura interna, mientras se efectúa el intercambio de agua y demás sustancias.* (Barcía, S. et al., 2021).

De acuerdo a 3M (2017), la Tabla 1 incluye las señales de advertencia de estrés térmico.

**Tabla 1.** Señales de advertencia de estrés térmico por calor

Síntomas de agotamiento por calor	Síntomas de golpe de calor
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dolores de cabeza, vértigo mareos o desmayos</li> <li>Debilidad</li> <li>Piel húmeda</li> <li>Cambios de humor, tales como irritabilidad o confusión</li> <li>Malestar estomacal o vómitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confusión mental o pérdida de conciencia</li> <li>Ataques o convulsiones</li> <li>Piel seca y caliente sin sudor</li> </ul>

Fuente: (3M, 2017)

El Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos (MWS) provee múltiples herramientas para evaluar el potencial de estrés térmico por calor, entre las cuales se señalan: índice de calor, temperatura de globo de bulbo húmedo (WBGT) y riesgo por calor (NWS, s.f.a), donde la primera, está basada en el índice denominado temperatura aparente propuesto por Stedman en el año 1979 y lo define como “la temperatura que siente el cuerpo humano cuando la humedad relativa se combina con la temperatura del aire” (NWS, s.f.b), que es la definición que orienta a la presente investigación, siendo las variables meteorológicas mencionadas, las principales para el logro del objetivo del trabajo.

Sin embargo, la complejidad que se da entre la relación del clima y poblaciones está muy ligada a cada ámbito geográfico, lo que implica un estudio específico para cada caso definido (Linares, C. et al., 2017).

En cuanto al ámbito geográfico del área de estudio, el Plan Departamental de Gestión del Riesgo y Adaptación

al Cambio Climático (2014-2018) hace referencia que por la ubicación geográfica del departamento de Tarija entre los 20°50' y 22°50' de latitud Sur y entre los 62°15' y 65°20' de longitud Oeste, tiende a presentar temperaturas altas que son la causa de las sequías ecológicas, presentando también un nivel bajo de precipitaciones (GADT, 2014).

Por otra parte, en este plan también se realiza el análisis de amenazas por pisos ecológicos, cuyo resultado correspondiente a la Cordillera Oriental: Valle Central que comprende los municipios de Tarija, Uriondo, parte de San Lorenzo y parte de Padcaya, se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Amenazas identificadas en la Cordillera Oriental: Valle Central

Descripción	Amenazas
Es una región de serranías y colinas que rodean los valles de los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Santa Ana y Camacho. El valle se encuentra a una altura entre 1750 y 2100 m.s.n.m. Muestra un clima templado semiárido, con temperatura media.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Granizadas</li> <li>Heladas</li> <li>Riadas</li> <li>Incendios</li> <li>Sequías</li> <li>Contaminación</li> </ul>

Fuente: (GADT, 2014)

La ciudad de Tarija es la capital del municipio de Tarija y del departamento de Tarija, cuya temperatura media anual es de 17.9 °C con máximas medias anuales de 26.2°C y 9.5°C de mínima media anual, siendo también una característica importante de los últimos años la presencia de temperaturas extremas y sequías, tal como ocurrió en el año 2017 y en enero de 2019, presentándose una máxima extrema de 39.3°C.

En lo referido a las precipitaciones, se presenta una estacionalidad marcada, esto debido a que el mayor porcentaje de presencia de lluvias aparecen entre los meses de octubre y marzo, alcanzando un 94%, siendo la precipitación anual de 596.8 mm.

De acuerdo al estudio realizado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria que lleva por título “Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático”, realiza la identificación y priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático, cuyos resultados obtenidos del análisis realizado a la precipitación y la temperatura media anual en el municipio de Tarija, ponen en evidencia la elevada variabilidad de estas dos variables, en especial con la temperatura, la cual presenta un fuerte gradiente este-oeste (IHCantabria, 2021).

Asimismo, también concluye que, dadas las condiciones del área de estudio, cuya premisa principal es el aumento de la densidad de la población y las

características constructivas de las viviendas, genera un efectivo invernadero localizado, proyectando un incremento de las condiciones de riesgo ante las olas de calor, además de la disminución del confort climático natural para la población. (IHCantabria, 2021).

Entonces, el cambio climático tiene mucha incidencia en el aumento del estrés térmico, no solo en la ciudad de Tarija, sino a nivel mundial. De acuerdo al artículo publicado en el periódico El País, hace referencia que según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el aumento del estrés térmico prevé que traiga consigo 2030 pérdidas de productividad en todo el mundo, equivalentes a 80 millones de puestos de trabajo a tiempo completo; asimismo, indica la estrecha relación con el aumento de calor (El País, 2019).

Por lo tanto, el exceso de calor trae consigo serios efectos en el ámbito laboral constituyéndose en un riesgo para la salud en el trabajo, ocasionando la disminución de la productividad, llegando a ser mortales. Entre los sectores más vulnerables ante el estrés térmico por calor se señalan al agrícola con un 60% y construcción con un 19%; el restante porcentaje lo ocupan los sectores de bienes y servicios medioambientales, recojo de basura, emergencias, trabajos de reparación, transporte, turismo y deportes (El País, 2019).

Son varias las investigaciones orientadas al estudio del estrés térmico desde diferentes ópticas que van desde el análisis del índice de calor como factor de alerta temprana en salud pública y ciudades sostenibles (Salazar y Álvarez, 2020), golpe de calor en trabajos al aire libre (MTMSS, 2018), hasta la determinación de los intervalos de confort y estrés térmico para espacios abiertos (Aquino, M. et al., 2019).

Por otra parte, la aparición de nuevos métodos de análisis inteligente para la extracción útil de conocimiento ha ayudado en el análisis de este tipo de estudios, tal como lo es la minería de datos, la cual recoge ideas y recursos de varias disciplinas como la inteligencia artificial, la estadística, la computación de alto rendimiento, entre otras.

En la actualidad, los procesos de negocio de las organizaciones se basan en sistemas de información, cuyos registros relacionados a la ejecución de sus procesos podrían ser ejecutados por técnicas de minería de datos para aprovechar de mejor manera la información que proveen (Aguirre, H. y Rincón, N., 2015).

La minería de datos es clasificada como parte del llamado proceso KDD - Knowledge Discovery in Databases (descubrimiento de conocimiento en bases de datos), que involucra la búsqueda de modelos y patrones, los cuales, una vez descubiertos han de ser

válidos y potencialmente útiles para la clasificación y descubrimiento de patrones (Valcárcel, V., 2004).

Una de las técnicas utilizadas en la fase de minería de datos son los árboles de decisión, que tuvieron su origen en las ciencias sociales con los trabajos de Sonquist y Morgan (1964) a través del software AID (Automatic Interaction Detection), el cual se constituyó en uno de los primeros métodos de ajuste de datos con base en los árboles de decisión (Bouza, C. y Santiago, A., 2012).

A partir de la observación y el análisis de aspectos concretos, permite desarrollar modelos con el fin de explicar estos datos y establecer una generalización.

Entonces, comprender los beneficios que aporta la utilización de técnicas de minería de datos, permitirá aportar a los estudios ya realizados con relación al estrés térmico y sus implicancias.

Finalmente, el objetivo del presente trabajo de investigación es determinar las reglas de clasificación de estrés térmico por calor a partir de árboles de decisión para la ciudad de Tarija.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se circunscribe en el método inductivo-deductivo, porque, por una parte, a través de la técnica de minería de datos de árboles de decisión se establecen reglas de clasificación para generalizar un mapa de posibles resultados por la relación de variables meteorológicas a través de software especializado; por otra parte, se considera también conceptos generalmente aceptados en este campo para determinar explicaciones particulares.

El presente trabajo se enmarca dentro del enfoque mixto, dado que se aplica la recolección de datos basado en el análisis, medición y técnicas de minería de datos, además se investiga sobre la realidad de un acontecimiento, que este caso lo representan las variables meteorológicas que influyen en la determinación del índice de calor; asimismo, se establece el análisis crítico de los resultados encontrados.

En cuanto al alcance, el trabajo es de tipo explicativo, debido a que el fin principal es poder dar respuesta al por qué ocurre ciertos eventos, en este caso es el estrés térmico por calor, además de poder explicar del por qué ciertas variables meteorológicas influyen en la determinación del índice de calor. Entonces, el objetivo no solamente es la descripción de este fenómeno, sino también, determinar las causales para que el mismo suceda.

El diseño es de tipo no experimental longitudinal, dado de que se toma en cuenta como principal insumo a las variables meteorológicas históricas diarias para determinar la relación existente entre estas y su incidencia en la determinación del índice de calor a través del tiempo asociadas a niveles de riesgo y su correspondiente medida de protección.

### Base de datos meteorológica

Los datos que se utilizan para la presente investigación son los que corresponden a los valores de las variables meteorológicas comprendidos entre los años 2017 y 2021 de la estación meteorológica Tarija Aeropuerto obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, s.f.), cuyos datos técnicos se muestran en la Figura 1.

**Figura 1.** Kardex estación meteorológica Tarija Aeropuerto

KARDEX DE ESTACIÓN	
Código:	A-2164 [Activo]
Nombre:	Tarija Aeropuerto
Tipo:	Meteorológica
Sub tipo:	Convencional
Latitud:	-21.549179
Longitud:	-64.707653
Altitud:	1875
Departamento:	Tarija
Provincia:	Cercado Tarija
Municipio:	Tarija
Fecha creación:	1944-03-30
Dirección:	



Fuente: (SENAMHI, s.f.)

Las variables directamente relacionadas con el cálculo del índice de calor son: temperatura del aire (°C) y humedad relativa (%), y las secundarias para fines de validar las reglas de clasificación son: precipitación (mm), presión atmosférica (Hpa), dirección del viento y velocidad del viento (Km/h). Cabe mencionar que se utiliza la temperatura máxima, debido a que el objetivo es la determinación de estrés térmico por calor.

Dentro del conjunto de datos meteorológicos obtenidos, se observa que no se cuenta con la totalidad de valores en la estación meteorológica Tarija Aeropuerto, para lo cual, se aplica la relación de dependencia con otras estaciones meteorológicas cercanas con estado activo, como lo son la estaciones El Tejar y San Andrés, cuyos datos técnicos se muestran en la Figura 2 y Figura 3 respectivamente, con el fin de completar los datos faltantes a través del establecimiento de una ecuación del tipo  $y = ax + b$  cuyo coeficiente de determinación  $R^2$  sea lo más cercano a 1 para aceptar la relación.

**Figura 2.** Kardex estación meteorológica El Tejar

KARDEX DE ESTACIÓN	
Código:	A-2164 [Activo]
Nombre:	El Tejar (Tarija)
Tipo:	Meteorológica
Sub tipo:	Convencional
Latitud:	-21.543056
Longitud:	-64.721111
Altitud:	1859
Departamento:	Tarija
Provincia:	Cercado Tarija
Municipio:	Tarija
Fecha creación:	1969-12-31
Dirección:	



Fuente: (SENAMHI, s.f.)

**Figura 3.** Kardex estación meteorológica San Andrés

KARDEX DE ESTACIÓN	
Código:	A-2164 [Activo]
Nombre:	San Andres
Tipo:	Meteorológica
Sub tipo:	Convencional
Latitud:	-21.623333
Longitud:	-64.815
Altitud:	1987
Departamento:	Tarija
Provincia:	Cercado Tarija
Municipio:	Tarija
Fecha creación:	1975-06-30
Dirección:	



Fuente: (SENAMHI, s.f.)

Una vez completados los datos faltantes, se tabulan las variables indicadas que se relacionan con el cálculo del índice de calor, adicionando la fecha. Este proceso se realiza en una hoja de cálculo electrónica.

### Representación de la información geográfica

Para la representación de la información geográfica del área de estudio, se utiliza la herramienta ArcMap 10.8, que es la aplicación central de ArcGIS, permitiendo esta representación como una colección de capas, además de otros elementos en un mapa (ESRI, s.f.).

Las capas geográficas para la elaboración de mapas se obtienen del portal de GeoBolivia, el cual es una iniciativa de la Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia, que tiene a disposición un catálogo avanzado de ficheros de metadatos e información geográfica de Bolivia, constituyéndose en el vínculo entre instituciones que forman una red cuyo fin es el de compartir sin costo alguno (GeoBolivia, s.f.).

### Determinación del índice de calor

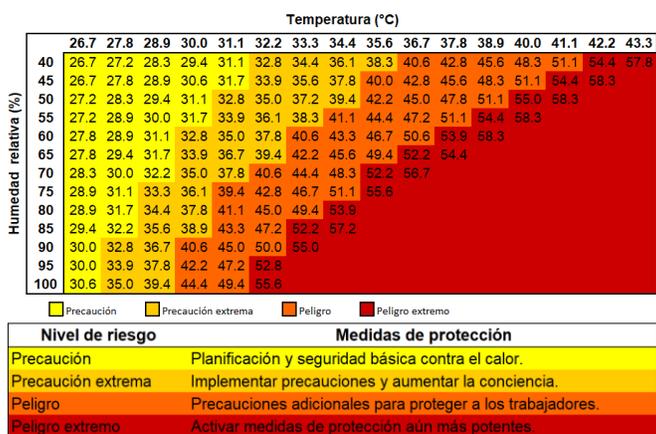
El índice de calor es una medida para establecer la sensación térmica cuando se relaciona la humedad relativa con la temperatura del aire. En el presente trabajo, se utiliza la herramienta de índice de calor propuesto por el Servicio Meteorológico Nacional (NWS, s.f.a).

La Figura 4 muestra la relación de estas dos variables, el nivel de riesgo y las medidas de protección recomendadas, donde se realiza la conversión de la temperatura de grados Fahrenheit (°F), el cual es el dato original de NWS, a grados Celsius (°C) aplicando la fórmula:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1.8}$$

Asimismo, es importante indicar que estos valores fueron diseñados para condiciones de sombra y viento ligero, entonces, la exposición a la luz solar podría aumentar los valores del índice de calor hasta 8 °C.

Figura 4. Cuadro de índice de calor



Fuente: Adaptado de (NWS, s.f.a)

Posteriormente, por cada uno de los registros diarios tabulados de las variables meteorológicas relacionadas al cálculo del índice de calor, se toma en cuenta la temperatura máxima y la humedad relativa para poder establecer el nivel de riesgo al que corresponden de acuerdo al detalle indicado en la Figura 4, asignando la etiqueta correspondiente (Nivel de riesgo) por cada registro.

### Determinación de clusters, árbol de decisión y reglas de clasificación

Se utiliza la herramienta de software libre Weka versión 3.9.6. La Figura 5 muestra la interfaz principal de Weka, a partir del cual se realiza el procesamiento de datos para la determinación de clusters, generación del árbol de decisión y reglas de clasificación del nivel de riesgo de estrés térmico por calor.

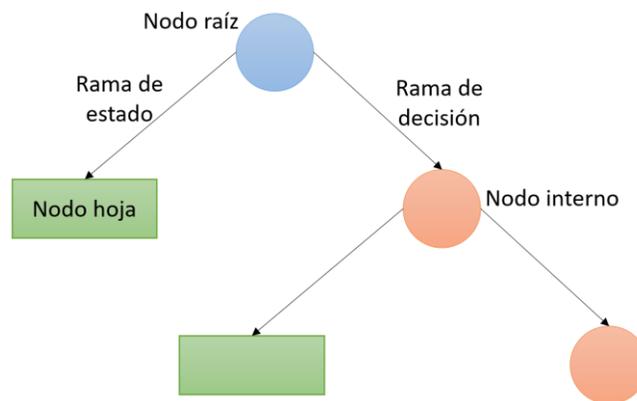
Figura 5. Interfaz principal de Weka



Fuente: Herramienta Weka versión 3.9.6

Para la clasificación de instancias en clusters (asociaciones y estructuras de datos) se aplica el algoritmo K-medias (Pérez, J. et al., 2018). Para la generación del árbol de decisión (Caballero, L. et al, 2015) se aplica el algoritmo C4.5 (J48 en Weka), donde a partir de los resultados que este arroja y por la estructura del árbol de decisión según la Figura 6, se establecen las reglas de clasificación recorriendo los caminos que se van formando desde el nodo raíz, recorriendo por las ramas, nodos internos hasta llegar a los nodos hoja.

Figura 6. Estructura general de un árbol de decisión

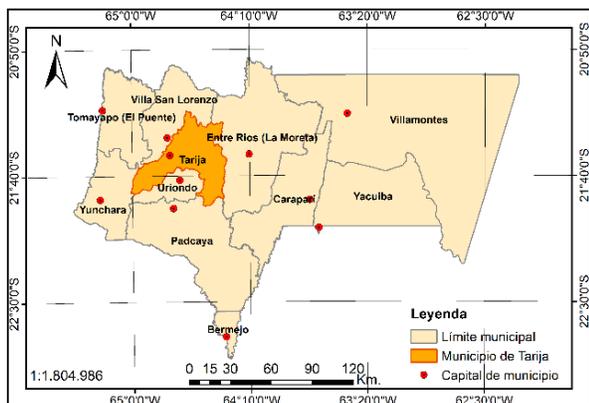


Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS

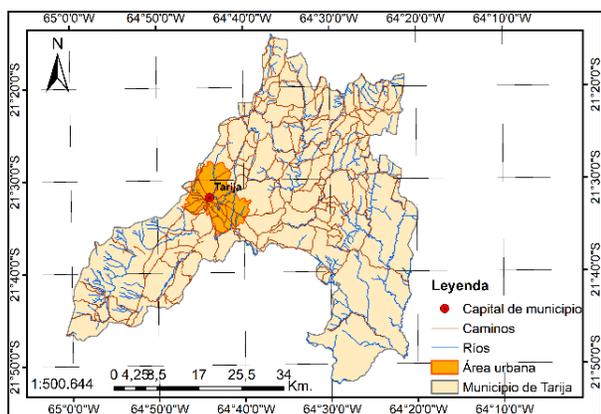
Se identificó geográficamente el área de estudio. La Figura 7 muestra la ubicación geográfica del municipio de Tarija en el departamento de Tarija y la Figura 8 muestra el área geográfica del área urbana del municipio de Tarija.

**Figura 7.** Ubicación geográfica del municipio de Tarija



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8.** Ubicación geográfica del área urbana del municipio de Tarija



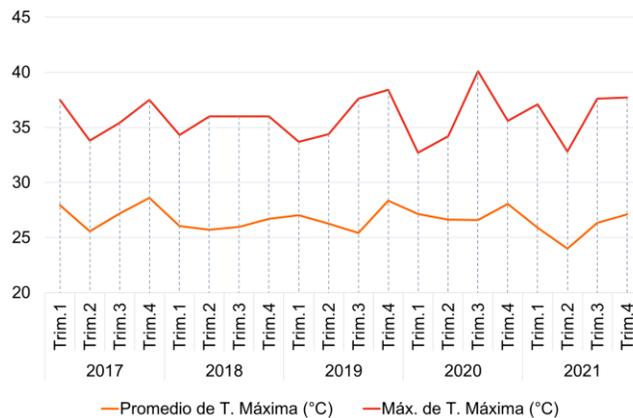
Fuente: Elaboración propia

Con el fin de completar los datos faltantes, se relacionaron las variables de temperatura máxima y humedad relativa de las estaciones meteorológicas de San Andrés ( $x$ ) y Tarija Aeropuerto ( $y$ ), donde la relación de regresión puede explicar el 98.03% de la variación de la variable dependiente de temperatura máxima y el 94.63% de la variación de la variable dependiente de la humedad relativa. En ambos casos, se acepta la relación para el cálculo de los datos faltantes.

Con respecto a las variables consideradas secundarias en la presente investigación, para el relleno de datos faltantes de precipitación, se relacionaron los datos de las estaciones meteorológicas de El Tejar ( $x$ ) y Tarija Aeropuerto ( $y$ ), obteniendo un coeficiente de determinación de 84.28%. En el caso de las variables de presión atmosférica (HPa), dirección del viento y velocidad del viento (Km/h), estas no se relacionaron con otra estación por contar con los datos suficientes para los objetivos del presente trabajo.

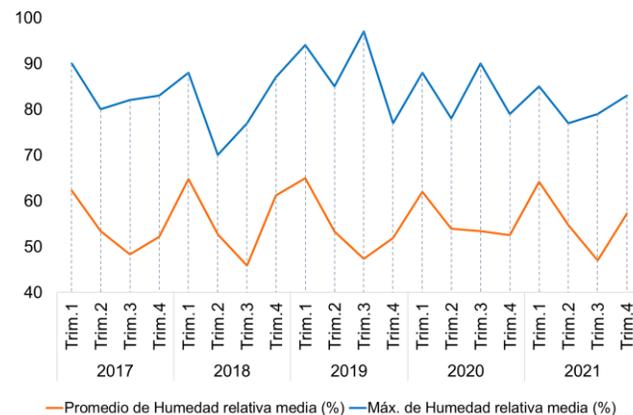
A continuación, teniendo los datos completos, la Figura 9 y Figura 10 muestran las tendencias de las variables meteorológicas de temperatura máxima y humedad relativa media entre los años 2017 y 2021 de la estación meteorológica Aeropuerto Tarija.

**Figura 9.** Tendencia de temperatura máxima en la estación meteorológica Tarija Aeropuerto



Fuente: Elaboración propia

**Figura 10.** Tendencia de humedad relativa media en la estación meteorológica Tarija Aeropuerto



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo establecido por el Servicio Meteorológico Nacional (NWS) a través de su cuadro de índice de calor detallado en la Figura 4, se realizó la relación de la temperatura máxima y la humedad relativa, obteniendo clasificaciones diarias del nivel de riesgo. La Tabla 3 muestra una parte del conjunto de variables asociadas al nivel de riesgo asociado.

**Tabla 3.** Nivel de riesgo diario

Fecha	Temp. máxima (°C)	Hum. relativa media (%)	Precipitación (mm)	Pres. atmo media (hPa)	Dir. del viento	Vel. media viento (Km/h)	Nivel de riesgo
01/01/2017	33.5	52.0	0.3	813	S	6.0	Prec_Ext
02/01/2017	31.6	55.0	0.0	815	SE	10.0	Prec_Ext
03/01/2017	33.0	43.0	0.0	811	SSW	5.0	Prec_Ext
04/01/2017	33.2	48.0	4.0	809	ESE	10.0	Prec_Ext
05/01/2017	28.6	72.0	10.8	813	SE	9.0	Prec
06/01/2017	24.9	74.0	1.2	815	SE	5.0	NA
07/01/2017	30.4	69.0	4.9	812	SE	7.0	Prec_Ext
08/01/2017	31.0	66.0	0.0	810	ESE	7.0	Prec_Ext
09/01/2017	28.7	69.0	0.0	809	WSW	4.0	Prec
10/01/2017	26.2	87.0	16.9	814	ESE	9.0	NA
11/01/2017	26.7	69.0	0.0	815	ENE	2.0	Prec
12/01/2017	28.4	61.0	0.0	816	E	5.0	Prec
13/01/2017	32.6	53.0	0.0	813	SE	9.0	Prec_Ext
14/01/2017	32.0	52.0	0.0	812	SE	9.0	Prec_Ext
15/01/2017	32.6	54.0	25.2	809	E	7.0	Prec_Ext

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 cuenta con 1826 instancias y 8 atributos correspondiente al registro diario de variables meteorológicas.

La Figura 11 muestra la distribución de las instancias agrupadas por el atributo Res (Nivel de riesgo): Prec\_Ext, Prec, NA y Pelig con 156, 610, 1047 y 13 instancias respectivamente.

Asimismo, se establecen también los nombres de los atributos de entrada para su procesamiento en la herramienta Weka: temperatura máxima (Tm), humedad relativa (Hr), precipitación (Pp), presión atmosférica (Pat), dirección del viento (Dv) y velocidad del viento (Vv); además, se incluye el atributo Mes con el fin de evaluar si el mismo incide en el árbol de decisión resultante.

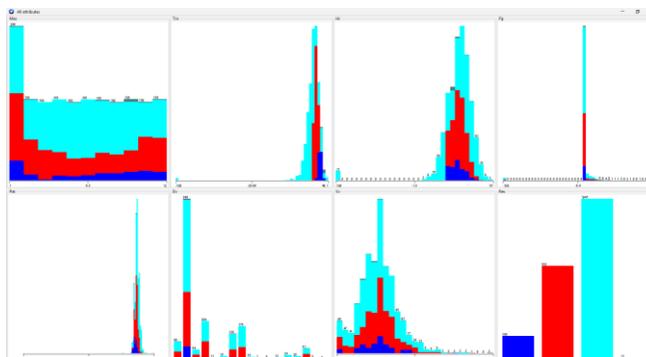
**Figura 11.** Distribución de instancias agrupadas por el nivel de riesgo (Res)



Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

La Figura 12 muestra la distribución de las instancias de cada uno de los atributos de entrada identificados.

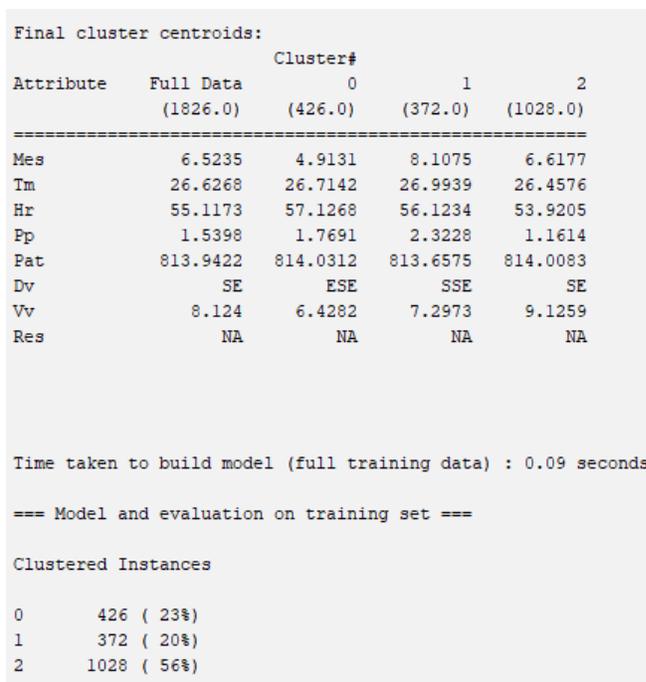
**Figura 12.** Distribución de instancias por atributos



Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

La Figura 13 muestra la distribución de las instancias en tres clusters, es decir, la manera en la cual fueron clasificados todos los atributos de entrada (variables meteorológicas), donde el cluster 0, es el grupo que presenta un 23%; el cluster 1 presenta un 20% y el cluster 2 presenta un 56%.

**Figura 13.** Distribución de instancias por clusters

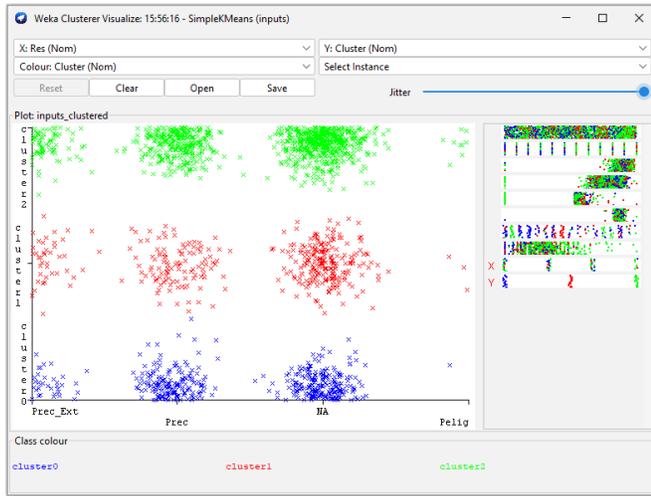


Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

Por otra parte, la Figura 14 muestra el diagrama de dispersión del atributo de salida o resultado (nivel de riesgo) en cada uno de los clusters aplicando el algoritmo K-medias, donde se observa una mayor concentración del resultado NA (No aplica), en tamaño medio corresponde al nivel de riesgo de precaución, el siguiente tamaño es de precaución extrema y finalmente de peligro con el conjunto agrupado con pocas instancias. Estos resultados nos dan una primera pauta de cómo estará distribuido porcentualmente el

resultado final de nivel de riesgo por estrés térmico por calor.

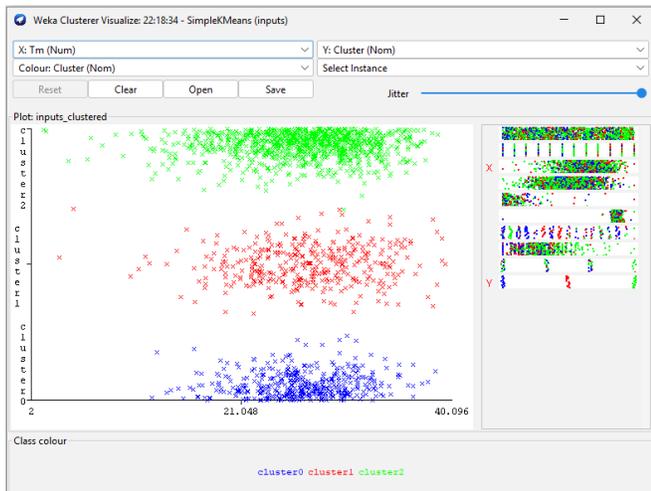
**Figura 14.** Distribución del atributo de salida de nivel de riesgo (Res) en cada uno de los clusters



Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

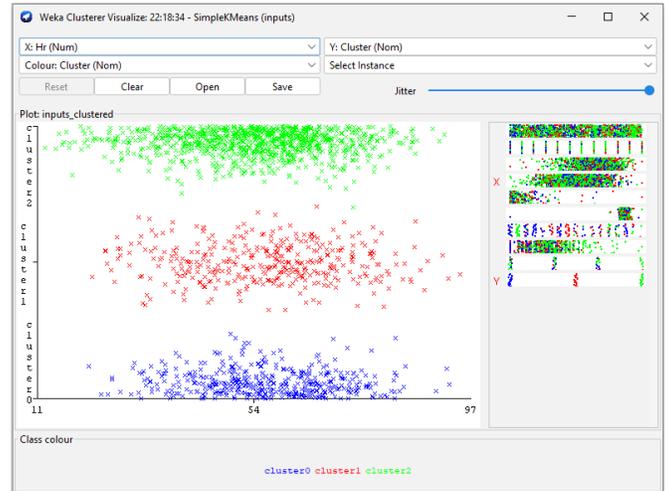
Asimismo, la Figura 15 y Figura 16 muestran la distribución de los atributos que corresponden a la temperatura máxima y la humedad relativa por cada uno de los clusters generados. En el caso de la temperatura máxima, la mayor concentración se presenta con los valores superiores 21 °C y menores a 35° C y en el caso de la humedad relativa se muestra una mayor concentración entre los valores de 35% y 75%.

**Figura 15.** Distribución del atributo de temperatura máxima (Tm) en cada uno de los clusters



Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

**Figura 16.** Distribución del atributo de humedad relativa (Hr) en cada uno de los clusters



Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

Después de aplicar el algoritmo de clustering, se utilizó el algoritmo C4.5 (J48) cuyo resultado se muestra a través de un resumen, donde se especifican las instancias clasificadas y no clasificadas correctamente, además de una matriz de confusión que indica para cada clase la cantidad de instancias clasificadas por el atributo de resultado.

En la Figura 17, se muestra que se tienen 1812 instancias clasificadas correctamente, lo cual representa un 99.233% de aciertos y 14 instancias clasificadas incorrectamente, lo cual representa un 0.77% de desaciertos; teniendo así un buen porcentaje de aciertos y alto grado de confiabilidad.

**Figura 17.** Matriz de confusión

```

=== Summary ===
Correctly Classified Instances      1812      99.2333 %
Incorrectly Classified Instances    14         0.7667 %
Kappa statistic                    0.9861
Mean absolute error                 0.006
Root mean squared error             0.0555
Relative absolute error              2.1574 %
Root relative squared error         14.9404 %
Total Number of Instances          1826

=== Detailed Accuracy By Class ===
                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                -----  -----  -
0.962  0.003  0.968  0.962  0.965  0.961  0.996  0.989  Prec_Ext
0.998  0.003  0.993  0.998  0.996  0.994  0.999  0.997  Prec
0.995  0.000  1.000  0.995  0.998  0.994  0.999  1.000  NA
0.846  0.003  0.688  0.846  0.759  0.761  0.998  0.863  Pelig
Weighted Avg.   0.992  0.001  0.993  0.992  0.993  0.990  0.999  0.997

=== Confusion Matrix ===
 a  b  c  d  <-- classified as
150 1  0  5 | a = Prec_Ext
 1 608 0  0 | b = Prec
 2  3 1042 0 | c = NA
 2  0  0  11 | d = Pelig
    
```

Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

Posteriormente, en la Figura 18 se visualiza el árbol de decisión generado por la herramienta Weka.

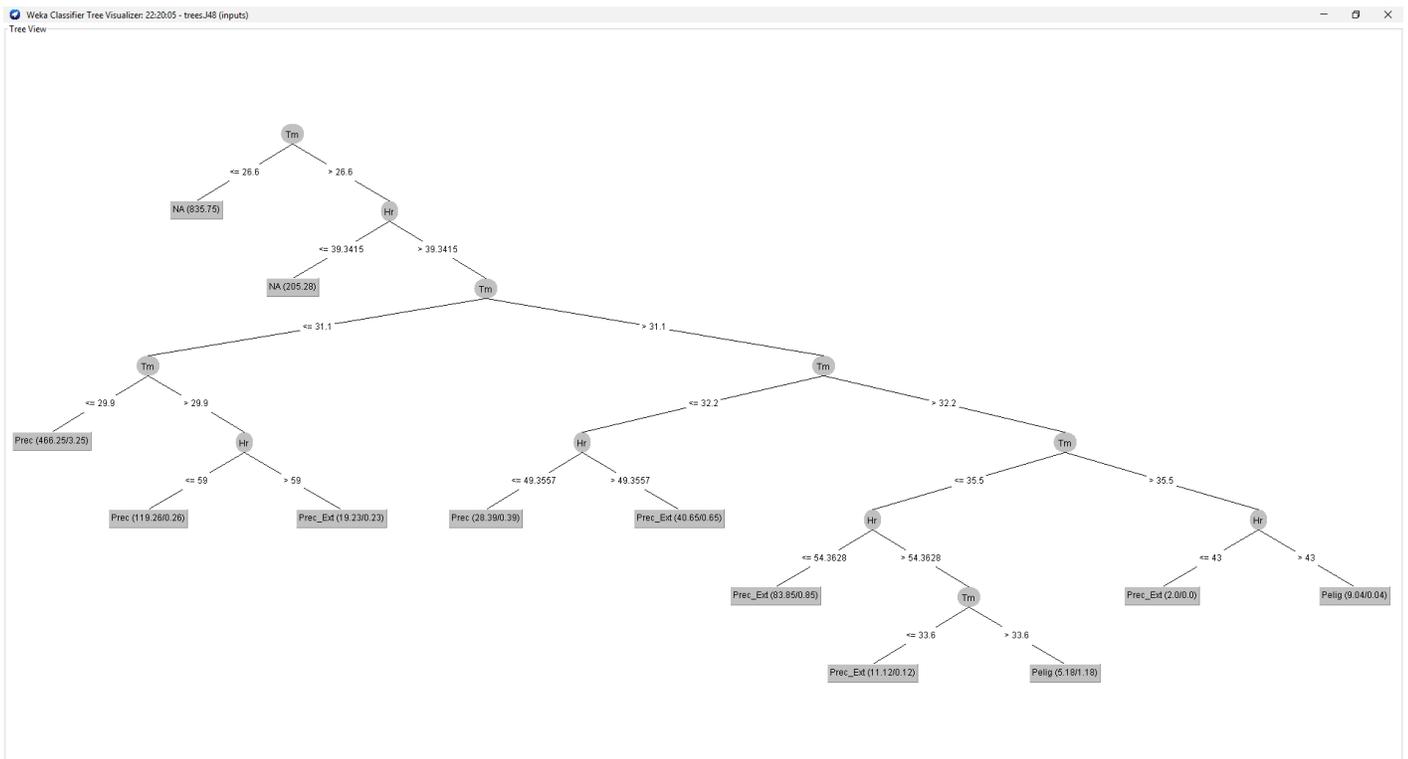
A continuación, se tiene el detalle de las reglas de clasificación generadas en estrecha relación con el

árbol de decisión resultante. Cabe señalar que el orden en el cual se presentan las reglas es mutuamente excluyente y exhaustivo.

- Regla 0:**  
Tm <= 26.6: NA
- Regla 1:**  
Tm > 26.6  
| Hr <= 39.3415: NA
- Regla 2:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm <= 31.1  
| | | Tm <= 29.9: Prec
- Regla 3:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm <= 31.1  
| | | Tm > 29.9  
| | | | Hr <= 59: Prec
- Regla 4:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm <= 31.1  
| | | Tm > 29.9  
| | | | Hr > 59: Prec\_Ext
- Regla 5:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm > 31.1  
| | | Tm <= 32.2  
| | | | Hr <= 49.3557: Prec
- Regla 6:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm > 31.1  
| | | Tm <= 32.2

- | | | | Hr > 49.3557: Prec\_Ext
- Regla 7:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm > 31.1  
| | | Tm > 32.2  
| | | | Tm <= 35.5  
| | | | | Hr <= 54.3628: Prec\_Ext
- Regla 8:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm > 31.1  
| | | Tm > 32.2  
| | | | Tm <= 35.5  
| | | | | Hr > 54.3628  
| | | | | | Tm <= 33.6: Prec\_Ext
- Regla 9:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm > 31.1  
| | | Tm > 32.2  
| | | | Tm <= 35.5  
| | | | | Hr > 54.3628  
| | | | | | Tm > 33.6: Pelig
- Regla 10:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm > 31.1  
| | | Tm > 32.2  
| | | | Tm > 35.5  
| | | | | Hr <= 43: Prec\_Ext
- Regla 11:**  
Tm > 26.6  
| Hr > 39.3415  
| | Tm > 31.1  
| | | Tm > 32.2  
| | | | Tm > 35.5  
| | | | | Hr > 43: Pelig

Figura 18. Árbol de decisión resultante



Fuente: Elaboración propia con la herramienta Weka

## DISCUSIÓN

Para la generación del árbol de decisión y sus correspondientes reglas de clasificación, si bien se utilizaron las variables meteorológicas de temperatura máxima, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, dirección del viento y velocidad del viento, además del mes de cada instancia, se pudo observar que solo dos variables son las que inciden en la determinación del nivel de riesgo del estrés térmico por calor, tal como plantea el Servicio Meteorológico Nacional (MWS): temperatura (máxima) y humedad relativa.

Con respecto a la inclusión de las demás variables para la generación de las reglas de clasificación, se pretendía determinar si es que estas incidían de alguna manera en el resultado; sin embargo, por los resultados obtenidos se confirma que no son necesarias para el caso específico de estudio en los años 2017 y 2022, pudiendo definir los niveles de riesgo con dos variables.

Por otra parte, también se pudo establecer que la ciudad de Tarija no presenta resultados de peligro extremo, por lo que no es necesario aplicar medidas de protección aún más potentes. Sin embargo, se tienen 2 reglas con nivel de riesgo de peligro (0.61% de instancias clasificadas correctamente), lo que implica tomar medidas de precaución para los trabajadores que realizan actividades al aire libre, aunque su nivel de ocurrencia es bastante bajo; 5 reglas con nivel de riesgo de precaución extrema (8.28% de instancias clasificadas correctamente), lo que significa que se debe implementar precauciones y aumentar la conciencia de cuidado; 3 reglas con nivel de riesgo de precaución (33.61% de instancias clasificadas correctamente), las cuales pueden controlarse a través de la planificación y seguridad básica contra el calor.

Por otra parte, se tienen 2 reglas NA (No aplica), lo cual significa que –por los valores de entrada (temperatura máxima y humedad relativa)– no implica riesgo para los trabajadores, teniendo un alto porcentaje de instancias clasificadas correctamente en este nivel con un 57.50%.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019) a través de su publicación “Trabajar en un Planeta más Caliente. El Impacto del Estrés Térmico en la Productividad Laboral y el Trabajo Decente”, utiliza una metodología que combina modelos climáticos, datos meteorológicos con previsiones de fuerza laboral y datos de salud en el trabajo con el fin de determinar el impacto del estrés térmico en la actividad laboral.

Este estudio indica que la productividad laboral en América del Sur se ve afectada por el estrés térmico y por ende en el Estado Plurinacional de Bolivia, donde realiza una relación del total de puestos de trabajos a

tiempo completo en función a las horas de trabajo perdidas por el estrés térmico de los años 1995 y 2030, donde esta cifra sube de 3.5 a 25 mil respectivamente. La metodología de la OIT utiliza uno de los índices de estrés térmico más comunes en salud profesional: la temperatura de bulbo húmedo y de globo (WBGT), cuya medida se calcula sobre la base de la temperatura, la humedad, la velocidad del viento y el calor irradiado del mes más caluroso en áreas geográficas pequeñas. Asimismo, relaciona los peligros para la salud laboral asociados al calor según el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Este estudio concluye que los niveles de consumo metabólico o intensidad laboral deben evitarse cuando la temperatura corporal sea mayor a 38 °C, donde la aclimatación fisiológica al calor es una medida de protección, aunque no aplicable de manera inmediata, sino a partir de una a dos semanas de aclimatación al calor.

Ahora, con relación al presente trabajo, en el estudio de la OIT se establece un umbral para activar los mecanismos de precaución laboral por estrés térmico por calor, el cual tiene que ver con la temperatura corporal según el área geográfica donde se encuentren los trabajadores; en cambio, en la investigación realizada se establecen cuatro niveles para la identificación del nivel de riesgo asociado, donde se generan reglas que relacionan la temperatura máxima y la humedad relativa para establecer a qué nivel corresponde y cuál es la medida de protección recomendada. Adicionalmente, el estudio de la OIT incorpora el análisis de las horas de trabajo perdidas por el estrés térmico por sector y por país.

Por otra parte, de acuerdo a la investigación realizada por Aquino, M. et al. (2019), cuyo trabajo lleva por título “Determinación de los Intervalos de Confort y Estrés Térmico para Espacios Abiertos en la Ciudad de Maringá (PR), Brasil, utilizando el Índice PET”, analiza la sensación térmica real de la ciudad de Maringá a partir del índice de confort térmico PET en función a variables climáticas, personales y subjetivas, cuyo resultado inicial presenta un bajo porcentaje de aciertos (67%), procediendo a calibrar la misma a través de votos de sensación real de las personas, teniendo como resultado final la propuesta de intervalos de clasificación de estrés térmico a partir de la temperatura del aire ( $T_a$ ), donde:

- Estrés térmico para frío,  $T_a \leq 19.5^\circ\text{C}$
- Confort,  $19.5 < T_a < 30^\circ\text{C}$
- Estrés térmico para calor,  $T_a \geq 30^\circ\text{C}$

Realizando la correspondiente comparativa con la investigación, en el presente trabajo se realiza el

análisis de estrés térmico por calor sobre las instancias identificadas en la ciudad de Tarija basado en la herramienta de índice de calor del NWS y la técnica de minería de datos de árboles de decisión para la ciudad de Tarija, donde se considera la temperatura del aire mayor o igual a 26.7°C y la humedad relativa mayor o igual a 40%, cuya regla es que mientras más altos sean estos valores, más alto es el nivel de riesgo y por ende las medidas de protección son más potentes.

Asimismo, se establecen reglas de clasificación para poder determinar cuándo se presenta un cierto nivel de riesgo en función a los valores de entrada de la temperatura máxima del aire y la humedad relativa. Finalmente, en el presente trabajo, solo se consideran las variables meteorológicas como insumos de análisis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3M. Ciencia aplicada a la vida. (2017). *Protección y Seguridad Industrial*. Fecha de consulta: 1 de octubre de 2022, de [https://www.3m.com.bo/3M/es\\_BO/epp-la/soporte-EPP/tips-seguridad-industrial/proteccion-estres-termico/](https://www.3m.com.bo/3M/es_BO/epp-la/soporte-EPP/tips-seguridad-industrial/proteccion-estres-termico/)

Aguirre, H. y Rincón, N. (2015). Minería de Procesos: Desarrollo, Aplicaciones y Factores Críticos, *Cuadernos de Administración*. [En línea]. Vol. 28, N° 50, noviembre 2015, pp 137 – 157. Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2022. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Santiago-Aguirre-2/publication/285383521\\_Mineria\\_de\\_procesos\\_desarrollo\\_aplicaciones\\_y\\_factores\\_criticos/links/56afb25b08ae9c1968b46ca2/Mineria-de-procesos-desarrollo-aplicaciones-y-factores-criticos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Santiago-Aguirre-2/publication/285383521_Mineria_de_procesos_desarrollo_aplicaciones_y_factores_criticos/links/56afb25b08ae9c1968b46ca2/Mineria-de-procesos-desarrollo-aplicaciones-y-factores-criticos.pdf)

Aquino, M. et al. (2019). Determinación de los Intervalos de Confort y Estrés Térmico para Espacios Abiertos en la Ciudad de Maringá (PF), Brasil, utilizando el Índice PET, *Desenvolvimento e meio ambiente*. [En línea]. Vol. 51, Agosto de 2019, pp 311 – 327. Fecha de consulta: 1 de octubre de 2022. Disponible en: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/60679/39385>

Barcía, S. et al. (2021). Los Extremos Climáticos por Calor, *Revista Cubana de Meteorología*. [En línea]. Vol. 27, N° 1, Enero – Marzo 2021, pp 1 – 16. Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2022. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Sinai-Barcia-Sardinias/publication/354776114\\_Los\\_extremos\\_climaticos\\_por\\_calor/links/614bf6e5519a1a381f795cf7/Los-extremos-climaticos-por-calor.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sinai-Barcia-Sardinias/publication/354776114_Los_extremos_climaticos_por_calor/links/614bf6e5519a1a381f795cf7/Los-extremos-climaticos-por-calor.pdf)

Bouza, C. y Santiago, A. (2012). La Minería de Datos: Árboles de Decisión y su Aplicación en Estudios Médicos, *Modelación Matemática de Fenómenos del Medio Ambiente y la Salud*. [En línea]. Tomo 2, pp 64 – 78. Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2022.

Disponible en: [https://rideca.cs.buap.mx/web/files/articulo\\_itBUo0uWI AaJENf.pdf](https://rideca.cs.buap.mx/web/files/articulo_itBUo0uWI AaJENf.pdf)

Caballero, L., et al. (2015). Árbol de Decisión C4.5 basado en Entropía Minoritaria para Clasificación de Conjuntos de Datos no Balanceados, *Research in Computing Science*. [En línea]. Vol. 92, mayo 2015, pp 23-34. Fecha de consulta: 11 de septiembre de 2022. Disponible en: [https://www.rcs.cic.ipn.mx/2015\\_92/Arbol%20de%20decision%20C4\\_5%20basado%20en%20entropia%20minoritaria%20para%20clasificacion%20de%20conjuntos%20de%20datos.pdf](https://www.rcs.cic.ipn.mx/2015_92/Arbol%20de%20decision%20C4_5%20basado%20en%20entropia%20minoritaria%20para%20clasificacion%20de%20conjuntos%20de%20datos.pdf)

El País. (2019). *Cambio Climático Costará 80 Millones de Puestos de Trabajo en 2030*. [Periódico en línea]. Fecha de consulta: 2 de octubre de 2022, de [https://elpais.bo/internacional/20190719\\_cambio-climatico-costara-80-millones-de-puestos-de-trabajo-en-2030.html](https://elpais.bo/internacional/20190719_cambio-climatico-costara-80-millones-de-puestos-de-trabajo-en-2030.html)

ESRI. (s.f.). *Qué es ArcMap*. [En línea]. Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2022, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/main/map/w hat-is-arcmap-.htm>

GeoBolivia. (s.f.). *Infraestructura de Datos Espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia* [Repositorio en línea]. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2022. Disponible en: <http://geo.gob.bo/portal/>

Gobierno Autónomo Departamental de Tarija (GADT). (2014). Plan Departamental de Gestión *del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático (2014-2018)*. [Plan en línea]. Fecha de consulta: 2 de octubre de 2022. Disponible en: <http://201.222.81.2/AnalisisNormativo/normasPDF/5934.pdf>

Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria). (2021). *Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la Ciudad de Tarija, Bolivia. Resumen Ejecutivo*. [Libro en línea]. Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2022. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1815>

Linares, C. et al. (2017). *Temperaturas Extremas y Salud. Cómo nos Afectan las Olas de Calor y Frío*. [Libro en línea]. Instituto de Salud Carlos III. Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022. Disponible en: <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=11/02/2020-aae7e5ae3a>

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España (MTASE). (s.f.). *Prevención de Riesgos Laborales debido al Estrés Térmico por Calor*. [En línea]. Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2022. Disponible en:

<https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/AF2BD786-0A6D-4564-9076-BE42220B4843/225685/calorytrabajoprofesional.pdf>

Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social – España (MTMSS). (2018). *Golpe de Calor en Trabajos al Aire Libre*. [Libro en línea]. CCOO Aragón. Fundación Estatal para la Prevención de Riesgos Laborales AR 2018-0043. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2022. Disponible en: [https://www.saludlaboralymedioambiente.ccooaragon.com/documentacion/gs2019\\_Golpe-calor%20ccoo%20web.pdf](https://www.saludlaboralymedioambiente.ccooaragon.com/documentacion/gs2019_Golpe-calor%20ccoo%20web.pdf)

National Weather Service (NWS). (s.f.a). *Heat Forecast Tools*. Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2022, de <https://www.weather.gov/safety/heat-index>

National Weather Service (NWS). (s.f.b). *What is the Heat Index?*. Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2022, de <https://www.weather.gov/safety/heat-index>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). *Trabajar en un Planeta más Caliente: El Impacto del Estrés Térmico en la Productividad Laboral y el Trabajo Decente*. [Libro en línea]. Fecha de consulta: 13 de octubre de 2022. Disponible en: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms\\_768707.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_768707.pdf)

Pérez, J. et al. (2018). Una Heurística Eficiente Aplicada al Algoritmo K-means para el Agrupamiento de Grandes Instancias Altamente Agrupadas, *Computación y Sistemas*. [En línea]. Vol. 22, N° 2, pp 607 –619. Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2022. Disponible en: <https://www.cys.cic.ipn.mx/ojs/index.php/CyS/article/view/2548/2476>

Salazar, A. y Álvarez, L. (2020). El Índice de Calor: un Factor de Alerta Temprana en Salud Pública y Ciudades Sostenibles, *Revista Salud Uninorte*. [En línea]. Vol. 35, N° 3, pp 440 – 449. Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2022. Disponible en: <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/articloe/view/12278/214421445019>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (s.f.). *Información Nacional de Datos Hidrometeorológicos*. [Sistema en línea]. Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2022. Disponible en: <http://senamhi.gob.bo/index.php/sysparametros>

Valcárcel, V. (2004). Data Mining y el Descubrimiento del Conocimiento, *Industrial Data*. [En línea]. Vol. 7, N° 2, pp 83 – 86. Fecha de consulta: 28 de agosto de 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81670213>

## Artículo

Recibido: 14 de octubre de 2022

Aceptado: 25 de noviembre de 2022

## Cita sugerida:

Vásquez, N.S. (2022). Reglas de clasificación de estrés térmico por calor a partir de árboles de decisión para la ciudad de Tarija. *Revista SEC CIENCIA*. 4(6), 8-19. <http://repo.uajms.edu.bo/index.php/secciencia/issue/view/4>

# IDENTIFICACIÓN DE LOS DETERMINANTES DE LA COMPETITIVIDAD DE LAS PYMES EN YACUIBA - BOLIVIA

## IDENTIFICATION OF THE DETERMINANTS OF THE COMPETITIVENESS OF PYMES IN YACUIBA – BOLIVIA

Abraham Wilden Guzmán Figueroa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doctorando. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Doctorado en Ciencias. Tarija, Bolivia.

Correo electrónico: abraham.guzman@uajms.edu.bo

### RESUMEN

La situación competitiva de las empresas no debe enfocarse desde un punto de vista de la unidad productiva simplemente, dado que los determinantes de la competitividad influyen desde un contexto macro económico de país y territorio, quienes en base a políticas y proyectos nacionales deberían promover la noción de competitividad como fin para mejorar el bienestar de sus habitantes, sin embargo el término debe encararse también desde la perspectiva mesoeconómica cuando se habla de competitividad de los sectores productivos y con especial interés en un nivel microeconómico donde se analizan los determinantes de la competitividad de las empresas. En este sentido es que se realiza el presente estudio aplicando el enfoque analítico mixto, para tratar de identificar los determinantes según la percepción de las micro y pequeñas empresas que trabajan en la ciudad de Yacuiba para conocer desde su perspectiva la percepción que tienen sobre este factor y sus determinantes. El estudio identificó que según los propietarios de la pymes los determinantes que influyen en sus actividades desde el nivel macroeconómico son básicamente las políticas del gobierno nacional y regional, así también existe la influencia de factores de competencia entre las empresas del sector económico donde operan y también identifican factores internos de las empresas como la innovación, la gestión del conocimiento y la información, la capacitación de sus recursos humanos, la productividad y modernización de sus procesos y la diversificación de su oferta, la participación en el mercado y la rentabilidad como factores que determinan su nivel competitivo.

### PALABRAS CLAVE

Competitividad, Competitividad territorial, Competitividad empresarial, Sectores Estratégicos, Micro y pequeñas empresas.

### ABSTRACT

The competitive situation of companies should not be approached from a point of view of the productive unit simply, given that the determinants of competitiveness influence from a macroeconomic context of country and territory, who based on national policies and projects should promote the notion of competitiveness as an end to improve the well-being of its inhabitants, however the term must also be approached from the mesoeconomic perspective when talking about competitiveness of the productive sectors and with special interest in a microeconomic level where the determinants of the competitiveness of the business. In this sense, the present study is carried out applying the mixed analytical approach to try to identify the determinants according to the perception of the micro and small companies that work in the city of Yacuiba to know from their perspective the perception they have about this factor and its determinants. The study identified that according to the owners of micro and small companies the determinants that influence their activities from the macroeconomic level are basically the policies of the national and regional government, so there is also the influence of competition factors between the companies of the economic sector where they operate and also identify internal factors of companies such as innovation, knowledge and information management, training of their human resources, productivity and modernization of their processes and diversification of their offer, market share and profitability as factors that they determine their competitive level.

### KEYWORDS

Competitiveness Territorial Competitiveness, Business Competitiveness, Strategic Sectors, Micro and Small companies.

### INTRODUCCIÓN

Las nuevas realidades económicas producto de la globalización de la economía plantean nuevos desafíos para los países y las empresas.

Dentro de los desafíos que presenta esta coyuntura están los referidos a generar o potenciar capacidades competitivas y modernizar los sistemas productivos locales los que deben integrarse a través de políticas de vinculación nacional – departamental orientadas a promover la creación de una cultura territorial de competitividad, entendiéndose que si bien la competitividad se genera en un nivel microeconómico a nivel de empresas, éstas desarrollan sus actividades dentro de un ecosistema empresarial que está condicionado y recibe influencia de variables exógenas, como la política, la economía y el desarrollo tecnológico entre otros.

Bajo la premisa de que se debe promover la convergencia entre la identidad empresarial y la identidad territorial sale a la luz la realidad nacional donde se observa que en el país existen marcadas desigualdades territoriales que hacen que los sectores productivos no estén preparados para afrontar estos nuevos desafíos.

Dicha situación se hace más evidente al observar la situación de las fronteras nacionales donde factores socioeconómicos condicionan sobremanera el desarrollo y la competitividad de los sectores productivos.

En general las economías nacionales se han hecho más interdependientes como producto de la globalización, lo que ha obligado en muchos casos a realizar una reestructuración profunda de los procesos productivos para ajustarse a nuevas tecnologías y por consiguiente a nuevos conocimientos necesarios para aplicarlas.

Esta nueva realidad implica una aceleración en el ritmo de vida de las sociedades y de los procesos empresariales, el desarrollo de la tecnología, el transporte y las telecomunicaciones han eliminado una serie de barreras que están acercando más las economías y están intensificando los flujos comerciales entre los países del mundo. Por otro lado, esta realidad también implica una serie de nuevos desafíos para afrontar un contexto más competitivo, dinámico y complejo que requiere de enfoques empresariales y productivos mucho más agresivos que necesitan estar en un proceso permanente de aprendizaje para seguir vigentes en el mercado.

Lo anterior implica para Silva (2006), que los territorios deben convertirse en territorios que aprenden para adaptarse a las transformaciones de la matriz productiva mundial, lo que debería permitir desarrollar habilidades y ventajas, o la capacidad para construir las mismas, de tal manera que puedan especializarse en sectores estratégicos que permitan la inserción internacional.

A medida que avanzan los procesos globalizadores en diferentes ámbitos a nivel mundial también se observa la transformación de territorios locales en espacios de economía internacional, muchos países alrededor del mundo están brillando con luz propia y están acaparando la atención mundial y tienen la perspectiva de mover los centros económicos a otras partes del globo, tal el escaso de Singapur, Hong Kong, Emiratos Árabes Unidos, China, Japón, entre otros

Esta situación puede obedecer básicamente a dos lógicas estratégicas (CEPAL, 2006), por un lado está la lógica horizontal donde a partir de alianzas empresariales y el desarrollo de redes comerciales donde se potencia la idea de la construcción social de territorios innovadores y competitivos que colocan a los sectores productivos estratégicos de sus territorios como centro del desarrollo de espacios de encuentro y concertación entre actores públicos y privados para impulsar el desarrollo económico equitativo, por otro lado se tiene la lógica vertical donde las empresas identifican territorios con potencial productivo y comercial donde realizar sus operaciones de tal manera que favorezcan su expansión y competitividad.

Ambos enfoques lógicos llegan a ser de mucho interés para diferentes territorios subnacionales a nivel Bolivia ya que existen zonas con mucho potencial productivo y ubicación estratégica que cuentan con recursos estratégicos para el desarrollo de industrias tal es el caso de la frontera Yacuiba, donde recursos como los hidrocarburos, situación geográfica, movimiento comercial, crecimiento poblacional y potencial agrícola la ubican como una de las fronteras más importantes a nivel nacional con una significativa base microempresarial en paulatino desarrollo, sin embargo surge la interrogante del por qué hasta el momento no se han incrementado los niveles de competitividad de las microempresas en la región.

Esta preocupación se ahonda al haber escaso conocimiento sobre las actuales condiciones de trabajo de estos sectores, situación que dificulta la planificación a futuro y a pesar de existir interés por parte de las autoridades regionales y nacionales en promover el desarrollo empresarial regional, aún no se evidencian avances significativos y concretos que permitan definir estrategias que eleven los niveles de competitividad de la base microempresarial de la frontera Yacuiba.

En determinados momentos a nivel político entra en debate la participación del estado en relación a las políticas públicas, donde por un lado se promulgan leyes como la Ley N° 947/2017 de micro y pequeñas empresas que tiene por objeto desarrollar y potenciar las micro y pequeñas empresas en todo el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, la Ley N° 3810/2007 de promoción económica de la ciudad de Yacuiba, que a pesar de los años aún sigue sin reglamentación para que pueda ejecutarse, en contraposición se tienen ejemplos

claros como en la ciudad de El Alto donde la puesta en ejecución de la Ley N° 2685/2004 ha permitido que esta ciudad se convierta en un polo de desarrollo referente a nivel nacional, entre otros ejemplos se tiene la ciudad de Santa Cruz cuya visión departamental empresarial ha generado los espacios necesarios para promover su industria construyendo varios parques industriales donde la aplicación de la tecnología, las economías de escala permiten elaborar diferentes productos orientados a los mercados externos.

Lamentablemente en la región del Gran Chaco a pesar de existir un marco normativo la micro y pequeña empresa sigue postergada y se hace necesario generar el conocimiento necesario de la situación de estos sectores para tomar decisiones inteligentes con una planificación estratégica con visión orientada a competir en el contexto internacional de manera competitiva.

Un tema fundamental que no se puede soslayar es la condición de Región Autónoma, considerada así a toda la provincia Gran Chaco. Este proceso de transición autonómica ha generado una serie de polémicas y debates políticos con implicancias económicas donde aún no se esclarecen totalmente una serie de situaciones y competencias que deberían manejarse dentro del marco de la Autonomía Regional y que están generando bastante retraso y confusión sobre el rol de cada institución dentro de lo que es el ejercicio del Gobierno Autónomo Regional, el Gobierno Autónomo Municipal y sus entidades dependientes quienes tienen bastante materia pendiente de análisis de definición para no estar en conflicto con el marco Autonómico Departamental.

El presente artículo pretende generar algunos elementos que permitan coadyuvar a la generación de estrategias que impulsen la competitividad microempresarial en la ciudad de Yacuiba partir de un análisis crítico de la realidad empresarial, una discusión teórica de la situación competitiva de las pymes, considerando de manera reflexiva el contexto económico internacional, el desarrollo sostenible, la adaptabilidad tecnológica y el desarrollo humano.

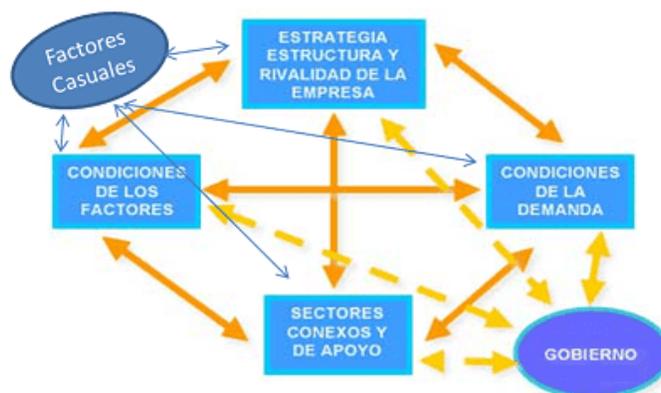
Considerando de que sobre el tema competitividad mucho se ha escrito, hasta el día de hoy no existe consenso entre los analistas e investigadores sobre este concepto. Se trató de organizar las distintas definiciones considerando el criterio de generalidad y especificidad en la aplicación del concepto.

Desde una perspectiva macro varios autores como Porter (1987), define la competitividad como la capacidad de un país, en condiciones de una economía abierta, de producir bienes y servicios para el mercado interno como externo a la vez que se mantiene o incrementa la renta nacional.

A su vez el autor considera que el objetivo principal de un país es obtener altos niveles de calidad de vida para sus habitantes, por lo que la tarea a realizar es la búsqueda permanente de las condiciones necesarias para ingresar a segmentos de mercado con mayores exigencias de calidad, donde la productividad generalmente es mayor, donde se puede pagar salarios más altos y cobrar precios superiores en los mercados internacionales (Guasca y Buitrago, 2012).

Un aspecto fundamental cuando se trata este concepto está relacionado con la localización, debido a que las empresas que operan a escala internacional hacen el análisis de sus inversiones según el atractivo de un país, estas empresas tienden a concentrarse en ciertos países e inclusive ciudades específicas que ofrecen condiciones y ventajas diferenciales que las hacen mucho más llamativas para estos inversionistas internacionales, esta situación es la que dio lugar al Diamante de la Competitividad Nacional de Porter donde se plantea que un país llega a ser más atractivo para las inversiones en la medida que brinde ciertas condiciones y beneficios en los lugares se pretende invertir.

**Figura 1.** Diamante de la Competitividad Nacional de Porter



Fuente: (Porter, 1991)

La Figura 1 representa el contexto general donde se desempeñan las actividades productivas y se observa que existe interdependencia entre los diferentes cuadrantes, es decir que las condiciones del ecosistema, del sector y las condiciones internas de la empresa reciben la influencia e influyen sobre los demás actores. Siendo la fuente de generación de ventajas competitivas el buen desempeño de todos los actores y cuadrantes.

A partir de aquí, Guasca y Buitrago (2012) plantean la pregunta: ¿Qué hay en aquellos lugares que ofrecen atractivos adicionales para ser escogidos por encima de otros países, regiones, ciudades? Un país es más o menos deseable ante los ojos de inversionistas dependiendo de los beneficios que brinde el entorno para apoyar el seguimiento de una estrategia adecuada dentro de un determinado sector.

De lo anterior Porter (1991) presenta un planteamiento mejorado sobre el concepto de competitividad a escala nacional de la siguiente manera: “La ventaja competitiva nacional se deriva de las condiciones existentes en una nación que orientan, canalizan y conducen a sus empresas a la percepción de oportunidades para la mejora e innovación y al temprano movimiento en las direcciones adecuadas para capitalizar todo ello”.

Sin embargo, desde el punto de vista de Krugman (1994) asevera que el término competitividad es un término elegante para denotar la “productividad” de un país y que la hipótesis de que la fortuna de un país está solo determinada por su éxito en los mercados internacionales es totalmente falsa. Argumenta que, a diferencia de las empresas, los países no pueden dejar de existir si no son competitivos y propone el término “productividad nacional” como la representación de que la realidad económica de un país está condicionada por los esfuerzos individuales e institucionales y no por la productividad relativa con otros países competidores.

A diferencia de Krugman y Porter, Garelli (2010) hace referencia a que los países si compiten entre sí en tecnología, educación, salud e incluso en sistemas de valores, así también no considera que la competitividad sea un sinónimo de productividad (entendida por el autor como “output X empleado X hora”), ya que si bien es un factor importante de analizar resulta insuficiente para explicarla ya que la competitividad tiene diferentes aristas que van mucho más allá del enfoque industrial observando que las naciones compiten por facilitar a las empresas un contexto favorable para sus inversiones.

El criterio de Garelli concibe la idea natural de competitividad nacional como una aspiración y una condición deseable de los países como un medio para mejorar la calidad de vida de sus habitantes como fin último y que la competencia debe considerarse como una forma de superación de los países más que como una rivalidad nociva que ahonde más la brecha entre países ricos y los países en vías de desarrollo.

Directamente relacionado con el término de competitividad nacional se encuentran los informes del Instituto Internacional para el Desarrollo Gerencial (IMD) por sus siglas en inglés, quien elabora el *Anuario Mundial de Competitividad* y así mismo se tiene otra institución como el Foro Económico Mundial (FEM) que paralelamente elabora el *Reporte Global de Competitividad*, donde para el cálculo del indicador se analizan alrededor de 300 variables de corte cuantitativo y cualitativo para evaluar la situación de diferentes países del mundo. Sin embargo, existen una serie de observaciones a la forma de calcular estos indicadores ya que muchos países no cuentan con la información estadística suficiente y las unidades de

estudio no representan en muchos casos la realidad que viven las bases sociales. (Guasca y Buitrago, 2012)

Así como el término competitividad nacional cobra importancia en el debate, también es necesario anclar al análisis el concepto de Competitividad Territorial.

En este sentido en el actual modelo económico de Bolivia se observa una fuerte intervención del Estado que desde diferentes iniciativas productivas muestra a la población su intención de centralizar varias actividades productivas de impacto económico nacional, limitando las potencialidades de los sectores, de las empresas y territorios subnacionales.

Muchas de las políticas generadas en la esfera gubernamental nacional están pensadas para la gran industria y mayormente dejan de lado a los sectores micro empresariales. Inclusive se observa cierta preferencia por territorios subnacionales como El Alto, el Chapare, Santa Cruz, donde se promueven y aplican políticas y se ejecutan grandes proyectos e inversiones y regiones como el Gran Chaco que aportan sustancialmente al erario nacional, no son atendidas en sus necesidades de forma equitativa.

La competitividad territorial requiere de normas y políticas específicas que permitan potenciar diferentes regiones del país, no solo ejecutando proyectos, que en su mayoría se sustentan en la extracción y explotación insostenible de los recursos naturales, sino que generen un efecto multiplicador para la población local creando, empleos estables y dignos para sus habitantes.

Chávez (2019) afirma que alrededor del 20% de la población boliviana tiene un empleo digno y el 80% de la población trabaja en el sector informal y no recibe ni siquiera el salario mínimo, otro factor que llama la atención es la base empresarial a nivel nacional que actualmente consta de 322.000 empresas (Fundempresa, 2019) de las cuales alrededor del 80% son empresas unipersonales y mayormente dedicadas al sector servicios.

Estos indicadores reflejan un gran problema social que está en contraposición a las aspiraciones de competitividad y desarrollo humano en los diferentes territorios subnacionales. La competitividad territorial debe excluir fuentes espurias y resultar sustentable sobre la base de la innovación constante y la conservación ambiental. (Morales de Llano, 2014)

La adecuación y aplicación de un marco normativo ajustado a las necesidades de los territorios subnacionales es una necesidad latente. Las políticas de desarrollo local deben considerarse desde el punto de vista de Vásquez Barquero (2000) como:

*... un proceso de crecimiento y cambio estructural que se produce como consecuencia de la*

*transferencia de los recursos de las actividades tradicionales a las modernas, de la utilización de economías externas y de la introducción de innovaciones, y que genera el aumento del bienestar de la población de una ciudad, una comarca o una región. Cuando la comunidad local es capaz de utilizar el potencial de desarrollo y de liderar el proceso de cambio estructural, la forma de desarrollo se puede convenir en denominar desarrollo local endógeno o simplemente desarrollo endógeno. (p. 53)*

Además de esta noción de desarrollo local, la competitividad territorial requiere de políticas públicas que fomenten la competitividad endógena de sus territorios.

Para asociar el enfoque de competitividad y el enfoque de políticas territoriales es útil recordar a Albuquerque (1997), quien plantea que las nociones de desarrollo endógeno, responsabilidad de los gobiernos regionales, apoyo a las pequeñas empresas y provisión de servicios locales de apoyo a la producción están en el centro del concepto de competitividad sistémica, un concepto que ha sido una de las piedras de toque de las perspectivas modernas de competitividad. En este sentido se pueden conectar las políticas con el objetivo de aumentar la capacidad competitiva con la problemática local.

Desde la perspectiva e Morales de Llano (2014), es necesario promover la inserción de los territorios en el contexto internacional, las políticas industriales, sectoriales y otras de carácter generalmente centralizado no constituyen necesariamente garantías del éxito de cada uno de los territorios. En consecuencia, es fundamental trazar otras políticas que permitan la inserción de las localidades: hay que comenzar por elevar la competitividad de cada una de ellas.

La educación y la competitividad no pueden seguir caminos distintos por ello la definición clara de políticas que promuevan la formación y desarrollo de los recursos humanos, la educación y capacitación permanente de la mano de obra ocupada, mejorando los servicios de las instituciones de capacitación en forma coordinada con los requerimientos empresariales donde de forma permanente debe exigirse la innovación como política, así también la competitividad territorial debe impulsar la normativa para la construcción de infraestructura productiva y social y el cuidado del medio ambiente.

Es necesario mencionar dentro de este contexto que existen ciudades y territorios subnacionales que generan volúmenes de producción tan elevados que superan el producto interno bruto de varios países del mundo, y sin el aporte de éstas a la economía nacional

el país presentaría un escenario económico negativo, tal es el caso del aporte que hace al PIB nacional de Bolivia los recursos hidrocarbúricos que se extraen de la región del Gran Chaco.

## MÉTODOS Y MATERIALES

Este estudio es de carácter analítico y de enfoque mixto (cualitativo – cuantitativo), el cuál fue realizado con una muestra de micro y pequeñas empresas pertenecientes a los principales sectores de actividad económica localizadas en la ciudad de Yacuiba y municipios aledaños.

La selección de las empresas objetivo consideró una muestra no probabilística por conveniencia, la misma se realizó tomando en cuenta criterios como ser: el primero, y el más importante, fue el que estas empresas estén legalmente registradas; el segundo fue que se tratase de empresas que estén desarrollando sus actividades de forma continua durante los últimos cinco años; finalmente, el tercer criterio fue que las empresas hayan participado en actividades de promoción productiva (ferias exposiciones) en los últimos 5 años.

Considerando esos criterios se identificaron 64 micro y pequeñas empresas, las cuales fueron contactadas para ser informadas sobre los objetivos del estudio. Finalmente, se logró aplicar las encuestas en 53 de ellas.

Para este cometido se realizó el diseño de un cuestionario que buscaba identificar el nivel de competitividad de las actividades de producción, comercialización, administración, interacción sectorial, responsabilidad social empresarial y las de gestión del conocimiento como estrategia organizacional realizadas por las empresas durante los últimos cinco años de actividad y los impactos que esas actividades generaron en la rentabilidad y/o la participación del mercado de las empresas.

Antes de la aplicación final de la encuesta se realizó la validación de la misma mediante una muestra piloto con trabajo de campo en cinco empresas, y también realizando consultas con profesionales en el área económica y empresarial. Las encuestas fueron aplicadas durante el mes de septiembre de 2019.

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el cálculo de distribuciones de frecuencias y pruebas de inferencia estadística aplicando la prueba Chi-cuadrado con un nivel de confianza del 95%. Para tal cometido se utilizó el software de procesamiento y análisis estadístico PASW.

## RESULTADOS

A partir del trabajo de campo realizado se presentan los resultados obtenidos de las 53 encuestas aplicadas a las pymes de la ciudad de Yacuiba.

Para la determinación del nivel de competitividad de las pymes se establecieron relaciones con el nivel formativo y la gestión del conocimiento y la información en la empresa. En este sentido se encontró que el 20% de las empresas encuestadas percibe que su nivel competitivo basado en las ventas, la participación de mercado y los márgenes de rentabilidad se han incrementado en las últimas gestiones, mientras que un 25% manifestó que tuvo un relativo incremento en su nivel competitivo, un 10% percibe que su nivel competitivo fue mínimo, en tanto que un 45% indicó que no tuvo ningún incremento significativo en sus niveles de competitividad, es más en las últimas 3 gestiones tuvieron rendimientos negativos en el mercado ya que expresaron que el movimiento económico en la ciudad ha reducido bastante y aun reduciendo los precios de sus productos no pueden generar mayores ventas.

En relación a la gestión del conocimiento de mercado las empresas encuestadas indican que sus principales fuentes de información de las condiciones del mercado y del sector vienen a ser el contacto permanente con los clientes con un 67%, la información y contacto con los proveedores el 53%, la participación en ferias exposiciones con el 42%, la inteligencia competitiva a través de la observación e indagaciones de precios y productos y procesos con 38% y la investigación de mercados con un porcentaje mínimo del 14%.

Al consultar a los empresarios sobre las herramientas que utilizan para la gestión del conocimiento y la información un 76% por ciento manifestó que no cuentan con sistemas establecidos para este cometido, mientras que un 24% indican que cuentan con algunas herramientas de internet y redes sociales y en algunos casos el manejo de paquetes contables, de tal manera que el uso de sistemas integrales de información, son prácticamente inexistentes en el medio microempresarial de la ciudad.

Es interesante observar en los resultados que las empresas que tienden a utilizar la tecnología para gestionar el conocimiento y la información perciben que sus niveles competitivos han mejorado, lo que se reflejado en principalmente en la mejora de la calidad de sus productos y servicios (72%), mejoras en los procesos internos de la empresa (68%), el relacionamiento y la atención con los clientes (61%), el control de gestión y de personal (55%) y el ambiente laboral (58%).

Como análisis complementario, se realizó la prueba Chi-cuadrado al 95% de confianza cruzando los resultados de las empresas en las que sus propietarios manifestaron mejoras en su nivel competitivo y la gestión del conocimiento y la información de la empresa, se encontró que no existe interdependencia entre estas variables según los datos del periodo de análisis.

Otro criterio utilizado para medir la competitividad de las empresas objeto de análisis son las actividades relativas a la mejora e innovación de sus procesos y actividades dentro del periodo de análisis de las cinco últimas gestiones.

En este sentido es que se obtuvieron los siguientes resultados.

Un 69% de las pymes manifestó que realizó mejoras en sus procesos productivos, lo que implica en muchos casos adquisición de máquinas modernas para mejorar la velocidad y el volumen de producción. El 40% de los encuestados manifiesta que desarrollaron diferentes actividades de marketing y estrategias comerciales, en tanto que un 33% indica que adicionaron nuevos productos e inclusive nuevas líneas de productos a su oferta en estos últimos cinco años, así mismo el 35% aplicó mejoras en sus procedimientos administrativos.

El 60% de los encuestados consideran que estas mejoras en los procesos y actividades se ponen en evidencia en la diversificación de la gama de productos y servicios ofertados, implican también una reducción significativa de los costos de materias primas e insumos productivos con un 54% de opiniones mientras que un 42% opinan que estas mejoras ayudan a cumplir con estándares internacionales, un 43% considera que se mejora la capacidad de producción, 33% que se reduce los impactos ambientales, el 28% que se reducen los costos en general, el 34% que facilitan el ingreso a nuevos mercados y el 38% considera que estos cambios e innovaciones mejoran los niveles de rentabilidad de las empresas.

En relación a la interrogante de que existiría una relación directa entre las actividades de innovación realizadas por las empresas durante los últimos cinco años y la mejora de su nivel competitivo, se evidencia que, en general, solo siete (13%) de las 53 empresas presentan esta relación.

Los propietarios de las pymes estudiadas al ser interrogados sobre los factores determinantes de la competitividad de sus empresas, indican que los factores determinantes son las preferencias de los clientes por los bienes o servicios de las empresas (72%), uso adecuado de los recursos y capacidades empresariales (67%) y las variables del entorno de la empresa (48%); en tanto que los factores menos relevantes son los apoyos del gobierno (27%) y las relaciones del país con mercados internacionales (22%) (Ver Fig. 2).

**Figura 2.** Percepción de los factores que determinan la competitividad de la Pymes - Yacuiba

Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN

A pesar de la percepción generalizada que se tiene de competitividad como sinónimo de innovación y competencia los diferentes autores aportan desde su experiencia elementos valiosos que entran en análisis para generar un indicador pertinente y relevante de la forma en cómo deben competir empresas, sectores y países.

Los resultados del presente estudio aplicado a pymes de la ciudad de Yacuiba muestran que los empresarios tienen nociones de lo que significa competitividad, aunque las mismas se quedan cortas en relación al significado real del término.

Si bien el propósito de la mayoría de estas empresas es sobresalir en el mercado a partir de la modernización e innovación de sus procesos y actividades se pudo identificar que son muchos más los factores que determinan su nivel de competitividad. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos en el estudio se evidencia que este enfoque promueve mejores procesos productivos, establece mejoras en la relación con los clientes de la empresa y reducción en los costos lo implica de alguna manera mejorar sus márgenes de rentabilidad.

Lo anteriormente mencionado y para el caso de la situación de las empresas de un país en vías de desarrollo como Bolivia, la aplicación del enfoque de competitividad que promueva la noción de competitividad nacional, competitividad territorial y a nivel de unidades productivas debería orientar la planificación a largo plazo, con una visión clara de qué es lo que se debe hacer en materia política, tecnológica, productiva, educativa, ambiental entre otras para lograr la anhelada situación de ser un país competitivo.

La Innovación y la gestión del conocimiento y la información pueden ser determinantes de influencia importante en la competitividad de las pymes y las empresas en general, sin embargo, sin el apoyo del gobierno nacional y gobiernos subnacionales para mejorar las condiciones del entorno en términos de políticas de desarrollo, infraestructura pública y productiva, salud, educación, entre otros, estas prácticas puede que no tengan el impacto deseado en el largo plazo.

Por otro lado, los resultados del estudio estimulan el análisis de la concepción multifacética de la competitividad y el conocimiento que tienen los empresarios de las pymes sobre el tema no es suficiente y a su vez necesario para elevar el nivel competitivo de sus empresas.

La concepción multifactorial de la competitividad planteada en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2008) concibe a la capacidad competitiva como la interrelación de diferentes factores donde actividades como la innovación y la gestión del conocimiento y la información son solo uno de ellos y no los únicos.

Son relevantes cuando se habla de la competitividad territorial, la ubicación geográfica, el acceso a mercados internacionales, políticas de los gobiernos regionales, recursos estratégicos de la región, entre otros, en todo caso estos factores no son considerados por los empresarios pymes como parte de los determinantes de la competitividad.

También a nivel empresarial factores identificados por los encuestados tienen que ver con la preocupación por la calidad de los bienes y servicios, la adquisición de buenas prácticas y procedimientos productivos, capacidades y competencias en el área administrativa, técnica y comercial y un factor transversal tiene que ver con el acceso, adquisición y buena utilización de la tecnología en todos los procesos anteriormente mencionados.

Es necesario mencionar también que los factores mencionados no solo deben ser asimilados y puestos en práctica por el empresario simplemente, sino que deben estar involucrados en todos ellos todos los integrantes de las unidades productivas, ya que de esa manera se elevan las probabilidades de generar ventajas competitivas sostenibles.

Cuando se habla de la sostenibilidad de las ventajas competitivas se habla de un desafío permanente que implica formación, capacitación, actualización permanente de los recursos humanos y tecnológicos, más aun cuando se trata de entornos cada vez más saturados, fuentes de generación de ventajas cada vez más escasas, ciclos de vida de los productos cada vez más acelerados, toma de decisiones en situación de incertidumbre y cada vez más dinámicos, la vigencia de la tecnología, nuevos productos, nuevas aplicaciones y para hacer más desafiante el

panorama la globalización hace que todos estos factores estén disponibles para todas las empresas en todo el mundo, por lo que la iniciativa, creatividad, innovación y la gestión del conocimiento pueden considerarse como determinantes clave de la generación de ventajas competitivas sostenibles.

Los mercados dinámicos y la apertura comercial de los países hacen que en los países con economías emergentes como Bolivia ingresen con bastante facilidad productos con variada calidad y precios que contadas empresas nacionales logran obtener a esto se suma el escaso control de las fronteras y las ingentes cantidades de productos de contrabando que ingresan al país que dicho sea de paso también es producto de la corrupción en las instituciones encargadas de regular estos flujos comerciales. Esta situación desalienta la inversión y la creación de nuevas empresas que en su gran mayoría nacen como pymes, mata la industria nacional con sus correspondientes efectos colaterales en el empleo y los ingresos de la población.

El relacionamiento internacional, los acuerdos comerciales y las inversiones extranjeras presentan inicialmente espejismos de oportunidades para los sectores productivos, sin embargo la mayoría de ellos resultan desfavorables para las empresas del país ya que no pueden competir con economías de escala tan grandes, con calidad precios de los productos en mercados internacionales, la inversiones que se realizan por parte de empresas extranjeras generan demanda de mano de obra no calificada y temporal en las áreas de influencia y más es el impacto ambiental de estas obras que los beneficios que percibe el país a largo plazo.

En otro aspecto las condiciones cada vez más exigentes del mercado obligan a las empresas a optimizar sus procesos y el uso de sus recursos, los gustos y demandas cambian con mayor celeridad, los ciclos se acortan y literalmente la empresas deben librar batallas por seguir participando en el mercado, esto obliga a las empresa a desarrollar sistemas de información de mercado que les arrojen información de forma permanente y prácticamente en tiempo real, agilizar sus procesos haciendo que sean más eficientes, aplicar estrategias de marketing mucho más agresivas, utilizar los diferentes recursos de tecnológicos, internet y las TIC's para captar la atención cada vez más difusa de los consumidores, sin embargo en las pymes de la ciudad de Yacuiba estas preocupaciones de competir en estas condiciones no son la prioridad para la mayoría de los pymes que con una tranquilidad preocupante buscan cubrir sus costos y obtener las utilidades suficientes para subsistir. Son muy pocos los que tienen aspiraciones claras de mejorar sus productos e ingresar a nuevos mercados.

Lo expuesto pone de relevancia la necesidad de construir una cultura de competitividad donde se deje de lado la pasividad, el conformismo y la visión a corto plazo sobre cómo debe funcionar las empresas, la educación es en este sentido un factor clave para hacer que las empresas, los territorios y el país en su conjunto sea más competitivo y colocarlo en un sitio privilegiado en el mapa competitivo mundial.

En este sentido los resultados obtenidos deben promover un análisis reflexivo en instancias académicas, institucionales, empresariales y gubernamentales sobre a precaria situación de las pymes en la ciudad de Yacuiba, y repensar la forma de encarar estos desafíos en un contexto globalizado.

Finalmente es necesario señalar que se hace necesario conocer la situación real de las condiciones de competitividad en diferentes territorios de la región y el país por lo que se recomienda realizar estudios más amplios en diferentes sectores productivos y territorios nacionales con potencialidades y recursos estratégicos los que permitan recopilar información útil que sirva como base para la acertada toma de decisiones y la planificación estratégica en diferentes niveles de la sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Garelli, S. (2010). World Competitiveness Yearbook. Competitiveness twenty years later. Recuperado de <http://www.imd.org/research/publications/wcy/upload/20years.pdf>

Guasca, M. L. y Buitrago, L.A. (2012). *Elucidación del término "Competitividad Nacional" y análisis de su medición*. Bogotá: Universidad del Rosario. Ed. Universidad del Rosario.

IMD, I.I. (2019). World Competitiveness Yearbook 2019. Methodology in a nutshell. Recuperado de <https://www.worldcompetitiveness.com/OnLine/App/Index.htm>

Krugman, P. (1997). El internacionalismo "moderno". La economía internacional y las mentiras de la competitividad. V. Morales, Trad. Barcelona: Editorial Crítica.

Ley N° 947/2017 (11 de mayo de 2017). Ley de micro y pequeñas empresas. Asamblea Plurinacional de Bolivia. Revisado 20/09/19. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/bol166835.pdf>

Ley N° 3810/2007 (28 de diciembre de 2007). Ley de promoción económica de la ciudad de Yacuiba. Honorable Congreso Nacional de Bolivia. Revisado 20/09/19. [https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/files/normativa\\_12345\\_18112014f65b.pdf](https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/files/normativa_12345_18112014f65b.pdf)

Ley N° 2685/2004 (13 de mayo de 2004). Ley de promoción económica de la ciudad de El Alto. Honorable Congreso Nacional de Bolivia. Revisado 20/09/19.

[https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/files/normativa\\_12345\\_181120140d71.pdf](https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/files/normativa_12345_181120140d71.pdf)

Porter, M. (1991). La ventaja competitiva de las naciones. R. Aparicio Martín, Trad. Buenos Aires: Javier Vergara Editor S.A.

OCDE: Organización para la cooperación y el desarrollo económico. (2008). *Informe: Datos diciembre 2008*.

Silva, I. (2005). Desarrollo Económico Local y Competitividad Territorial. Revista CEPAL. p 81.

World Economic Forum, W. E. (2017-2018). The Global Competitiveness Report 2017-2018. Recuperado el 5 de agosto de 2019, de [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GCR\\_Report\\_2011-12.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GCR_Report_2011-12.pdf)

## Artículo

**Recibido:** 14 de octubre de 2022

**Aceptado:** 5 de diciembre de 2022

## Cita sugerida:

Guzmán, A.W. (2022). Identificación de los determinantes de la competitividad de las pymes en Yacuiba - Bolivia. *Revista SEC CIENCIA*. 4(6), 20-28. <http://repo.uajms.edu.bo/index.php/secciencia/issue/vi ew/4>

# METODOLOGÍAS DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PRESENTADOS EN LA ABC: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS

## METHODOLOGIES OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT STUDIES PRESENTED IN THE ABC: COLLECTION AND ANALYSIS

Daniel Alberto Trigo Orsini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Doctorando. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Doctorado en Ciencias. Tarija, Bolivia.

Correo electrónico: dtrigoo@gmail.com

### RESUMEN

El presente trabajo recopila y analiza la metodología de evaluación de impactos ambientales empleada en los diferentes estudios presentados y aprobados bajo licencia ambiental dentro de este sector, por la Administradora Boliviana de Carreteras, en adelante ABC.

Los estudios bajo análisis corresponden a un periodo entre el 2013 y 2018 obteniendo una muestra de 15 estudios de evaluación de impacto ambiental de diferentes tramos carreteros de la red fundamental de todo el territorio nacional proporcionados por la Gerencia Ambiental de la Administradora Boliviana de Carreteras a través de una solicitud de la Dirección de Postgrado de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

La investigación analiza la documentación recopilada buscando elementos de análisis como las metodologías de evaluación de impactos ambientales más utilizadas en el tiempo.

El proceso investigativo identifica como metodología de mayor aplicación en Bolivia para la identificación de impactos el método de lista de Chequeo y Matriz causa y efecto y para la valoración de impactos, los métodos matriciales derivados de la matriz de Leopold, con distintas pero similares ecuaciones de valoración en la matriz de calificación de impactos, destacando en su aplicación la ecuación propuesta por Buroz 1994, Arboleda 1994, Canter 1998 e Índice de Evaluación Ambiental IEA, entre otros, denotando por tanto, debilidades en la valoración por territorio pues la aplicación de los métodos no interpreta la fragmentación del paisaje y tampoco el piso ecológico.

Esto finalmente permite incluir recomendaciones específicas con el objeto de mejorar la valoración de impactos en proyectos viales para el País.

### PALABRAS CLAVE

Metodología de evaluación de impactos ambientales, obras viales, Administradora Boliviana de Carreteras, mayor aplicación.

### ABSTRACT

This paper compiles and analyzes the environmental impact assessment methodology used in the different studies presented and approved under environmental license within this sector.

The studies under analysis correspond to a period between 2013 and 2018, obtaining a sample of 15 environmental impact assessment studies of different road sections of the fundamental network of the entire national territory provided by the Environmental Management of the Bolivian Highway Administrator through of a request from the Postgraduate Directorate of the Juan Misael Saracho Autonomous University.

The research analyzes the collected documentation looking for elements of analysis such as the most used environmental impact assessment methodologies and the change of these methodologies over time.

The investigative process identifies as the most widely applied methodology in Bolivia for the identification of impacts, the method of the Checklist and Cause and Effect Matrix, and for the assessment of impacts, the matrix methods derived from the Leopold matrix, with different but similar equations of assessment in the impact rating matrix, highlighting in its application the equation proposed by Buroz 1994, Arboleda 1994, Canter 1998 and the EAI Environmental Assessment Index, among others, thus denoting weaknesses in the assessment by territory since the application of the methods does not interpret the fragmentation of the landscape nor the ecological floor.

This finally allows the inclusion of specific recommendations in order to improve the assessment of impacts in road projects for the Country.

## KEYWORDS

Environmental impact assessment methodology, road works, Bolivian Highway Administration, greater application.

## INTRODUCCIÓN

Según la definición establecida en el Reglamento de prevención y Control Ambiental RPCA (Art. 7), de la Ley 1333 de Medio Ambiente en Bolivia, el EEIA es un estudio destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación de un Proyecto, Obra o Actividad, con el fin de establecer las medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos. (RPCA, Ley 1333, 1992), Bajo esta definición, el objetivo general de un EEIA en general y también en el sector vial, es contar con una herramienta de prevención ambiental en cumplimiento de la regulación ambiental vigente en Bolivia, que permita identificar, prevenir, mitigar y monitorear los posibles impactos ambientales negativos y positivos que podrán generarse durante las diferentes etapas de un proyecto vial. Este objeto, nos lleva a la revisión de las diferentes metodologías de identificación y valoración de impactos ambientales en un EEIA llevando el análisis a la revisión de 15 EEIAs de proyectos viales correspondientes a la red fundamental de carreteras de Bolivia que cuentan con Licencia Ambiental.

Los EEIA, se reconocen en tratados internacionales como un mecanismo muy eficaz de prevención de los daños ambientales y de promoción del desarrollo sustentable (Ferrer R., 2016).

Sin embargo, su utilidad depende de cómo se implementen y de si los hallazgos se usan en la toma de decisiones públicas (Williams & Dupuy, 2017).

Dentro de la elaboración de un EEIA se adoptan metodologías de identificación y de valoración de impactos, estas metodologías son variadas y van desde reuniones de expertos y listas de chequeo hasta sistemas de matrices, grafos y diagramas de flujo, superposición de mapas, redes, sistemas de información geográfica y otros.

La construcción de carreteras es una de las formas más extendidas de modificación del paisaje natural, por lo tanto, es importante encontrar formas para su evaluación e incorporación apropiada en el proceso de EIA (Pavlickova & Vyskupova, 2015).

Las metodologías de identificación y valoración de impactos en proyectos de carreteras son variables, pero de manera particular deben ser las capaces de manejar importantes cantidades de información, aspecto que de

manera general no permite total objetividad ya que tiene siempre connotaciones subjetivas debido a que la referencia es la calidad ambiental, un concepto subjetivo (Anticos, Los, Para, & Aprendizaje, n.d.)

Las metodologías de EIA pueden, igualmente, no tener aplicabilidad uniforme en todos los países debido a las diferencias en sus legislaturas, estándares ambientales y programas de administración ambiental (Ferrer, 2015) (pág. 260).

Una de las primeras leyes que se han escrito acerca de la EIA en el marco internacional, corresponde a la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA), a partir de entonces, en Estados Unidos anualmente se expide el Código de Regulaciones Federales (CFR), que codifica reglas generales entre las cuales se encuentra toda la regulación existente en cuanto a estudio de impacto y declaración ambiental.

Durante muchos años se han formulado una serie de metodologías de EIA por expertos de diferentes países del mundo, la explosión de métodos de medición surge a fines de los años 60 (Espinoza, 2007). La metodología Mc Harg es uno de los métodos precursores de la EIA, se utilizó por primera vez en el año 1968 para seleccionar el área de menor impacto en el trazado de una autopista, se basa en la utilización de mapas de capacidad de acogida del territorio para los diversos usos que se pueda dar al suelo. Estos mapas permiten ver las áreas más aptas o impactantes para una determinada actividad (Garmendia et al. 2005).

En 1971 por encargo del US Geological Survey, Luna Leopold y sus colaboradores, desarrollaron una de las primeras metodologías para evaluar los posibles impactos, dos años después de la aparición de la NEPA (Leopold et.al. 1973); conocida como metodología de Leopold, la cual sigue siendo utilizada en la actualidad con algunas modificaciones

Las metodologías de evaluación de impactos ambientales son variadas y pueden seleccionarse en función a las características del proyecto que se somete a evaluación, sin embargo, debido a la complejidad que implica un estudio de impactos no es posible que un solo método satisfaga todas las actividades de un proyecto, por lo que la selección de los métodos más apropiados es fundamental para cada estudio.

Una de las primeras clasificaciones hecha por Warner y Bromley en 1974 relaciona los métodos en cinco grupos:

- Métodos "Ad hoc"
- Técnicas graficas mediante mapas y superposiciones.
- Listas de chequeo.

- Matrices.
- Diagramas.

Por otra parte, Canter y Sadler clasificaron en 1997 los métodos de evaluación de impacto ambiental de la siguiente manera: es de anotar que los grupos están listados alfabéticamente y no en orden de importancia o uso.

- Analógicos
- Listas de Chequeo
- Listas de chequeo enfocadas a decisiones: Análisis ambiental costo - beneficio (Environmental Cost-Benefit Analysis ECBA)
- Opinión de expertos
- Sistemas expertos
- Índices o indicadores
- Pruebas de laboratorio y modelos de escala
- Evaluación de paisajes
- Revisión bibliográfica
- Cálculos de balance de materia
- Matrices de interacción
- Monitorización
- Estudios de campo
- Redes
- Sobreposición de mapas
- Fotografías o fotomontajes
- Modelación cualitativa
- Modelación cuantitativa (matemática)
- Evaluación de riesgo
- Construcción de escenarios
- Extrapolación de tendencias

En relación con los métodos utilizados para la valoración de impactos ambientales, todos son usados de manera regular, sin embargo, las listas de chequeo, la opinión de expertos y las matrices de interacción como la metodología cualitativa, son preferidas por los equipos evaluadores por su facilidad de manejo, bajo costo y rapidez en la obtención de resultados (Canter & Sadler, 1997).

De igual manera en el documento Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental de Espinoza (2007), se reúnen los métodos de EIA que fueron considerados de mayor importancia por Leal (1997) y se describen a continuación:

Reuniones de expertos: Consiste en recoger el conocimiento profesional y el juicio de expertos en áreas temáticas específicas y de actualidad.

Las “check lists” (Listas de Chequeo): Se conocen también como listados de control o de verificación, las cuales en términos generales consisten en listados de preguntas o aspectos.

Las matrices simples de causa-efecto: Consiste en construir una red con las relaciones causa-efecto. Es esencialmente un método de identificación causa – efecto – impacto.

Grafos y diagramas de flujo: Permite seguir la ruta de las consecuencias de una determinada acción sobre un factor ambiental.

Cartografía ambiental o superposición de mapas (overlay): Físicamente o digitalmente se usa para describir condiciones existentes y desplegar cambios potenciales de una acción propuesta.

Redes: Grupo de métodos que definen las conexiones o relaciones entre acciones e impactos resultantes.

Sistemas de Información Geográficos (SIG). Matrices: Herramienta para el manejo de datos espaciales que aporta soluciones a problemas geográfico.

El trabajo realizado por Barrera, Soto, Pérez, (2018). en su artículo “Análisis Comparativo de los Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental Aplicados en el Subsector Vial en Colombia”, que incluye la revisión de 20 EIAs pertenecientes al subsector vial a los que se les aprobó licencia ambiental, basa su investigación documental en la evolución de las metodologías usadas, logrando identificar las de mayor aplicación en Colombia en la vigencia 2014, siendo estas: el método de Leopold en la etapa de identificación, el método de Arboleda en la etapa de calificación y el método Ad-Hoc en la etapa de evaluación; así mismo, se definió que su aplicación adolece de un análisis de impactos articulado al territorio, desconociendo la fragmentación del paisaje o el sinergismo de algunos impactos.

Michel Vargas, et. al., en su artículo: Evaluación del uso de indicadores de biodiversidad en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EEIAs) de los sectores más importantes de Bolivia, concluye con lo siguiente:

De acuerdo a los expertos los métodos que se aplican para los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIAs), son muy variados que no cumplen las expectativas de un EEIA, lo que se verificó en los EEIAs de 10 años (2005-2015) del Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA), donde además se observó muchas falencias de redacción, categorización, copias sobre otros documentos, haciendo de este instrumento no confiable para la función que debe cumplir.

En la verificación in situ, los EEIAs no son un instrumento de regulación particular que permite identificar, estimar ni minimizar los efectos que pueden causar las AOPs sobre el medio ambiente, mucho menos sobre la biodiversidad. Para los expertos, se

necesita una normativa específica para los EEIAs, además de la necesidad de contar con unidades de análisis, zonas sensibles, indicadores ambientales, entre ellos indicadores de biodiversidad, considerando la diversidad de ecorregiones de Bolivia. (Michel Vargas, et. al., 2019).

Finalmente, el trabajo de Tesis “Propuesta de metodología de identificación y evaluación de impacto ambiental para la construcción de carreteras a partir de análisis de las metodologías del EIA” realizado por Virreira, Gonzales (2019) indica que las metodologías más utilizadas en proyectos de carreteras dentro de la revisión realizada son las metodologías: Ad Hoc, matriz de Leopold, métodos cartográficos, listas de chequeo, método Conesa y método Arboleda. (Virreira P, Gonzales L., 2019).

En nuestro país se utilizan indistintamente diferentes metodologías de identificación y valoración de impactos ambientales sin que las mismas sean necesariamente las más adecuadas para proyectos viales, por lo que en base a la revisión documental de 15 EEIAs de carreteras correspondientes a red vial fundamental de Bolivia cuyos documentos de estudio fueron presentados a la ABC, mismos que cuentan con Licencia Ambiental se realiza un análisis comparativo de las diferentes metodologías en las etapas de identificación y de valoración de impactos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada es la investigación documental, como se presenta a continuación:

1. Solicitud escrita a la Administradora Boliviana de Carreteras de los diferentes EEIAs recibidos y que cuenten con licencia ambiental para su análisis y redacción del presente trabajo: Con la colaboración de la oficina de Postgrado de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se dirigió la respectiva solicitud documental a la Gerencia de Medio Ambiente de la Administradora Boliviana de Carreteras, recibiendo en respuesta un total de 15 Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIAs) correspondientes a proyectos carreteros dentro de la red vial fundamental de Bolivia, mismos que cuentan con licencia ambiental.

El listado de proyectos considerando los tramos dentro de la red fundamental de carreteras de Bolivia se presenta en la Tabla No1 siguiente: Se aclara que la Tabla No1 presenta el tramo en estudio y no así el nombre completo del proyecto en cuestión.

**Tabla 1.** Tramo Red Fundamental Bolivia

Nº	Tramo
1	Caranavi - Guanay
2	Guanay - Chimate
3	Chimate - Mapiri
4	Caracollo - Colomi
5	El Espino – Charagua - Boyuibe
6	Escoma - Charazani
7	La Joya – Chuquichambi y Huyllamarca - Totora
8	Mineros – Villa Rosario
9	Puerto Suarez - Mutún
10	Río Seco - Desaguadero
11	Uyuni – Hito LX
12	San Buena Ventura - Xíamas
13	Acheral - Choere
14	Zofra - Extrema
15	Entre Ríos – Palos Blancos

Fuente: Elaboración propia

2. Realización de la revisión de la documentación recibida.
3. Análisis de las metodologías de evaluación de impacto ambiental en general y en Bolivia en carreteras.
4. Análisis de las metodologías de la muestra de 15 EEIAs durante las etapas de identificación y valoración de impactos.
5. Definición de los elementos comparativos de las metodologías.

Con el objeto de una mayor descripción de los materiales y métodos detallamos lo siguiente:

Revisión de la información: Una vez recibida la información o la muestra de los EEIAs, se realizó una revisión de las metodologías presentes en dicha muestra. Asimismo, se realizó una revisión bibliográfica general sobre las metodologías de evaluación de impacto ambiental identificando las más comunes y sus procedimientos de evaluación tanto a nivel mundial como a nivel Bolivia y tanto a nivel general como en el sector de carreteras.

Comparación y análisis crítico: Se realizó la revisión y análisis comparativo de los 15 EEIAs facilitados por la Administradora Boliviana de Carreteras, mismos que cuentan con licencia ambiental. Dicho análisis crítico

consistió en la comparación de las metodologías utilizadas en cada documento para su evaluación realizando la verificación del desarrollo de dichas metodologías y el contenido de las mismas analizando también la articulación con los diferentes pisos ecológicos y su valoración.

Muestra: Las metodologías identificadas en la revisión de la muestra para las etapas de identificación y valoración de impactos se presentan a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Muestra y metodologías de las etapas de valoración

Nº	Metodología de Evaluación	
	Identificación	Valoración
1	Causa efecto Leopold	EMC y SIG Multicriterio y Mapas de sensibilidad ambiental
2	Lista de chequeo	Matriz RPCA
3	Lista de chequeo	CRI
4	Causa efecto Leopold	CRI
5	Causa efecto Leopold	CRI
6	Causa efecto Leopold	VIA
7	Causa efecto Leopold	GAIA
8	Causa efecto Leopold	IEA
9	Causa efecto Leopold	IEA
10	Causa efecto Leopold	CRI
11	Causa efecto Leopold	ICA
12	Causa efecto Leopold	CRI
13	Causa efecto Leopold	Conesa
14	Causa efecto Leopold	VIA
15	Causa efecto Leopold	Conesa

Con las siguientes denominaciones:

EMC y SIC	Multicriterio y mapas de sensibilidad
CRI	Criterios Relevantes Integrados (Matriz) Buroz, 1994
VIA	Valor de Impacto Ambiental
GAIA	Gestión Ambiental Integrada Aplicada (Matriz doble entrada).
IEA	Índice de Evaluación Ambiental (Matriz)
ICA	Índice de Calificación Ambiental (Matriz), Arboleda, 1994.
Conesa	Matriz de Impacto Ambiental

Fuente: Elaboración Propia.

#### Identificación:

Matrices Causa – Efecto, Leopold: son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar las

diversas alternativas de un mismo proyecto. El método consiste en un cuadro de doble entrada, matriz, en el que se disponen como filas los factores ambientales y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de posibles impactos. Básicamente se trata de una matriz que presenta, en las columnas, las acciones del proyecto y, en las filas, los componentes del medio y sus características. Esta matriz es uno de los métodos más utilizados en la EIA, para casi todo tipo de proyecto (Leopold et.al., 1973).

Tiene la ventaja que permite la estimación subjetiva de los impactos, mediante la utilización de una escala numérica. En cuanto a las desventajas, además del grado de subjetividad que se emplea en la evaluación de los impactos, no considera los impactos indirectos de proyecto. La matriz consta de los siguientes componentes:

- Identificación de las acciones del proyecto que intervienen y de los componentes del medio ambiental afectado.
- Estimación subjetiva de la magnitud del impacto, siendo el signo (+) un impacto positivo y el signo (-) un impacto negativo, con la finalidad de reflejar la magnitud del impacto o alteración.
- Evaluación subjetiva de la importancia o intensidad del impacto. (Leopold et.al., 1973).

La matriz de Leopold, es un método que puede ser aplicado en forma expeditiva, es de bajo costo y permite identificar los posibles impactos a partir de una visión del conjunto de las interacciones posibles.

Además, estas matrices son de utilidad para la comunicación de los impactos detectados.

En contrapartida, la metodología no evita la subjetividad en referencia a la cuantificación de los impactos, no permite visualizar las interacciones ni los impactos de un factor afectado sobre otros factores. (Temas de ciencia y Tecnología, mayo 2013).

Listas de Chequeo: Este método consiste en una lista ordenada de factores ambientales que son potencialmente afectados por una acción humana. Su principal utilidad es identificar las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta, asegurando en una primera etapa de la EIA que ninguna alteración relevante sea omitida (Conesa, 2010).

Una lista de chequeo debe contener los siguientes rubros: agua, suelos, atmósfera, flora, fauna, recursos naturales, culturales, etc. Existen diversos tipos de listados, los más importantes son:

- Listados simples. Contienen sólo una lista de factores o variables ambientales con impacto, o una lista de características de la acción con impacto o ambos elementos. Permite asegurarse que un factor particular no sea omitido del análisis.
- Listados descriptivos. Estos listados dan orientaciones para una evaluación de los parámetros ambientales impactados (p.ej. posibles medidas de mitigación, datos sobre los grupos afectados, etc.).
- Cuestionarios. Se trata de un conjunto de preguntas sistemáticas sobre categorías genéricas de factores ambientales. Analizando las respuestas se puede tener una idea cualitativa de la importancia relativa de un cierto impacto, tanto negativo como positivo (Estevan, 1981).

Las ventajas de las listas de chequeo están dadas por su utilidad para: a) Estructurar las etapas iniciales de una EIA, b) Ser un instrumento que apoye la definición de los impactos significativos de un proyecto, c) Asegurar que ningún factor esencial sea omitido del análisis, y d) Comparar fácilmente diversas alternativas del proyecto (Espinoza, 2007). Sus deficiencias o limitaciones son: a) Ser rígidos, estáticos, unidimensionales, lineales y limitados para evaluar los impactos individuales, b) No identifican impactos indirectos, ni las probabilidades de ocurrencia, ni los riesgos asociados con los impactos, c) No ofrecen indicaciones sobre la localización espacial del impacto, y d) No permiten establecer un orden de prioridad relativa de los impactos. (Temas de ciencia y Tecnología, mayo 2013).

**Valoración:**

EMC y SIC	Multicriterio y mapas de sensibilidad
CRI	Criterios Relevantes Integrados
VIA	Valor de Impacto Ambiental
GAIA	Gestión Ambiental Integrada Aplicada
IEA	Índice de Evaluación Ambiental
ICA	Índice de Calificación Ambiental
Conesa	Matriz de Impacto Ambiental, Matriz RPCA

A excepción de la primera que consiste en una evaluación Multicriterio EMC, entre matrices y sistema basado en SIG. La totalidad de las metodologías identificadas en la muestra para la valoración de impactos consisten en métodos matriciales basados en una Matriz de importancia donde se mide el impacto en base al grado de manifestación cualitativa del efecto quedando reflejado en la Importancia del impacto (I). La

importancia del impacto está relacionada con una serie de atributos de tipo cualitativo (extensión, tipo de efecto, duración, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad de aparición).

La Matriz RPCA, utilizada en el caso de un EEIA es la matriz correspondiente al RPCA de la Ley 1333 utilizada con el único objetivo de categorizar el proyecto, es decir, resulta sumamente básica para la valoración de impactos de un proyecto carretero. La metodología denominada Gestión Ambiental Integrada Aplicada (GAIA), es también básicamente el uso de la matriz del RPCA.

Esto implica que se trata de metodologías utilizadas prácticamente solo en Bolivia, pues utilizan la matriz de categorización del Reglamento de Prevención y Control Ambiental RPCA de la Ley 1333.

EMC Multicriterio: El método de las jerarquías analíticas, desarrollado por Thomas L. Saaty (1977) y extensamente estudiado y refinado desde entonces, proporciona un marco racional y comprensivo que permite estructurar un problema de decisión complejo mediante la construcción de un modelo jerárquico estructurado en tres niveles: en el superior el objetivo, en el intermedio los criterios y, finalmente, en el inferior, las alternativas. Cuando nos enfrentamos a un problema de decisión que resulta complejo, podemos usar una jerarquía para integrar grandes cantidades de información en nuestra comprensión de la situación. A medida que se construye esta estructura ordenada, se va formando una imagen del problema en su conjunto que nos ayuda a interpretarlo de forma más sencilla y más gráfica.

Una vez es establecida la jerarquía, se realizan comparaciones entre dichos elementos (criterios y alternativas) dos a dos formando matrices de comparación cuadradas cuyas entradas son valores numéricos que representan los juicios emitidos por los tomadores de decisiones según una escala de valores predefinida (Saaty 1980, 2001).

Mapas de Sensibilidad Ambiental: El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la generación de mapas de sensibilidad como metodología de evaluación de impacto ambiental. El SIG se define como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. Esta definición contempla los elementos que lo componen, las funciones y el propósito del SIG. Las funciones empleadas son fundamentalmente de gestión y manipulación de datos geográficos, transformación y análisis espacial. Las dos primeras proveen el medio para el manejo de los datos en el soporte informático.

La última, transformación y análisis de datos, es donde radica todo el potencial operativo del SIG para el modelado espacial y análisis de problemas complejos mediante mapas de sensibilidad.

El uso combinado de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las técnicas de Evaluación MultiCriterio (EMC) para la asignación óptima de usos del suelo ha sido amplia y eficazmente empleada (Orán Cáceres, J.P., Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010).

El método de los Criterios Relevantes Integrados CRI (Buroz, 1990) está basado en un análisis multicriterio, partiendo de la idea de que un impacto ambiental se puede estimar a partir de la discusión y análisis de criterios con valoración ambiental, los cuales se seleccionan dependiendo de la naturaleza del proyecto.

La importancia de un impacto es una medida cualitativa del mismo, que se obtiene a partir del grado de incidencia (Intensidad) de la alteración producida, y de una caracterización del efecto, obtenida a través de una serie de atributos.

La metodología se basa en la ecuación de "Criterios Relevantes Integrados" que calcula la importancia de los impactos siguiendo la siguiente expresión:

$$I_{ij} = N A_{ij} (3I N_{ij} + 2E X_{ij} + M O_{ij} + P E_{ij} + R V_{ij} + S l_{ij} + A C_{ij} + E F_{ij} + P R_{ij} + M C_{ij})$$

Estos valores se traducen en una matriz o tablas donde se identifica al impacto por etapa de proyecto y a través del modelo lineal aditivo de la metodología de criterios relevantes integrados, estableciendo su nivel de importancia (Buroz, 1990)

VIA: Los indicadores que conforman el índice VALOR DE IMPACTO AMBIENTAL (VIA) para cada impacto ambiental son: a) Riesgo (probabilidad de que el impacto se produzca durante la vida del proyecto); b) Intensidad (Cuantificación de la fuerza o vigor con que se manifiesta el impacto) c) Extensión (medida del ámbito espacial o superficie en que ocurre la afectación); d) Duración (Período de tiempo durante el cual se ejercen las acciones que generan el impacto); e) Reversibilidad (expresión de la capacidad del medio para retornar a una condición similar a la original).

$$VIA = M_{iwm} * P_{iwp} * R_{iwr}$$

dónde: VIA es el Valor del Impacto Ambiental.

Mi es la magnitud asignada.

Pi es la posibilidad de ocurrencia o riesgo.

Ri es la reversibilidad.

wm es el peso con que se pondera la magnitud.

wp es el peso con que se pondera la posibilidad de ocurrencia o riesgo.

wpr es el peso con que se pondera la reversibilidad.

La magnitud será:

$$M_i = (l_i * w_l + E_i * w_E + D_i * w_D)$$

dónde: li es la intensidad.

Ei es la extensión.

Di es la duración.

wl es el peso con que se pondera la intensidad.

wE es el peso con que se pondera la extensión.

wD es el peso con que se pondera la duración.

Por su mayor simplicidad, se generalizó el uso de la fórmula lineal, tal como se expresa a continuación:

$$VIA = (P_i * w_p) + (l_i * w_l) + (E_i * w_E) + (D_i * w_D) + (R_i * w_R)$$

Los valores obtenidos se traducen en una matriz con el Valor del Impacto Ambiental. El valor de Impacto Ambiental (VIA) permite evaluar cada impacto y destacar aquellos impactos cuyo VIA sea menor a un valor establecido por los analistas. Se asume que los impactos descartados no son relevantes y por tal no ameritan medidas de control ambiental. (Neuberger-Cywiak, 2002)

GAIA: Gestión Ambiental Integral Aplicada (GAIA), que se desarrolla aplicando matrices de causa efecto, y consiste en la identificación de impactos ambientales y sociales que se realiza con una Matriz de Identificación de Impactos Ambientales (M1) que es aplicada en cada una de las fases (F) del proyecto. Esta metodología GAIA fue inicialmente diseñada y aplicada en los proyectos del Programa de Desarrollo Urbano y Saneamiento (PRODURSA) del FNDR en la década de los 90's y la parte de identificación y categorización ambiental, por su sencillez y versatilidad fue incorporada en 1995 en el RPCA de la LMA N° 1333 con carácter de cumplimiento obligatorio, puesto que con ello la Autoridad Ambiental Competente (AACN) otorga la Categoría Ambiental a un proyecto. (FNDR, 1991).

IEA: Índice de Evaluación Ambiental (IEA): El método es el matricial y la valoración es determinada mediante el Índice de Evaluación Ambiental. Este índice permitirá efectuar una comparación cuantitativa entre cada uno de los impactos. Para el cálculo de este índice se utiliza la siguiente fórmula:

$$IEA = +/- [(k_1 * P_r) + (k_2 * D_s) + (k_3 * D_u) + (k_4 * M_g)]$$

Donde:

- (+/-) : Carácter de impacto (positivo o negativo)
- k1, k2, k3 y k4 : Factores de peso
- Pr : Presencia del impacto
- Ds : Desarrollo del impacto
- Du : Duración del impacto
- Mg : Magnitud del impacto

Al igual que los otros métodos, los resultados son vaciados en una matriz o tabla de valores que permite evaluar el valor de los impactos.

ICA, esta propuesta metodológica, desarrollada por Arboleda (1994), busca identificar y evaluar los impactos generados por la construcción y realización de obras de diferente magnitud, sobre las condiciones medioambientales que pueden resultar afectadas. Ha sido empleada por las Empresas Públicas en diversos proyectos, y aprobada por organismos tanto nacionales como internacionales, cuyas funciones se relacionan con el manejo y/o regulación del medio ambiente.

Cada impacto se evalúa individualmente considerando todas las actividades que la ocasionan, mediante una expresión denominada "Calificación Ambiental (Ca)", obtenida en base a cinco factores característicos de cada impacto incluido en ella. Con la valoración de estos atributos, se procede al cálculo del Índice de Calificación Ambiental, ICA, mediante la siguiente expresión:

$$Ca = C (P [a E M + b D])$$

Dónde:

- Ca = Calificación ambiental (0.1 - 10.0)
- C = Clase (+) ó (-)
- P = Presencia (0.0 - 1.0)
- E = Evolución (0.0 - 1.0)
- M = Magnitud (0.0 - 1.0)
- D = Duración (0.0 - 1.0)
- a = 7
- b = 3

Conesa: La Matriz Conesa-Simplificada se define como: La Matriz de Impacto Ambiental, es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas, fue creado en el año 1997 y se basa en el método de las matrices causa – efecto, involucrando los métodos de matriz de Leopold y el método de Batelle Columbus.

Del análisis de la muestra obtenemos la frecuencia de uso de las metodologías, mismas que se presentan las tablas No3 y No4 siguientes con las metodologías en orden decreciente tanto en la etapa de identificación como en la de valoración:

Tabla 3. Frecuencia de uso de metodologías

Métodos de identificación	Frecuencia
Causa efecto	13
Lista de chequeo	2
Total	15

Fuente: Elaboración Propia

De los 15 EEIAs revisados, 13 utilizan las matrices causa – efecto como método de identificación de impactos y solo 2 utilizan las listas de chequeo.

Tabla 4. Métodos de valoración

Metodología	Frecuencia
CRI	5
VIA	2
IEA	2
CONESA	2
EMC SIG	1
GAIA	1
ICA	1
RPCA	1
Total	15

Fuente: Elaboración Propia

De los métodos de valoración, el método matricial es el principal, destacando el de Criterios Relevantes Integrados CRI como el más utilizado, seguido por VIA, IEA y Conesa, que al igual que el anterior son basados en matrices a través de distintas pero similares ecuaciones de valoración del impacto.

Los restantes, EMC SIG, GAIA, ICA y RPCA, son los menos frecuentes, de los cuales destacamos el EMC SIG (Evaluación Multicriterio combinado con Sistemas de Información Geográfica) utilizado en un solo EEIA de los 15 de la muestra y constituyéndose en el más completo y adecuado para proyectos de carreteras, debido a la inclusión del territorio en la valoración de impactos.

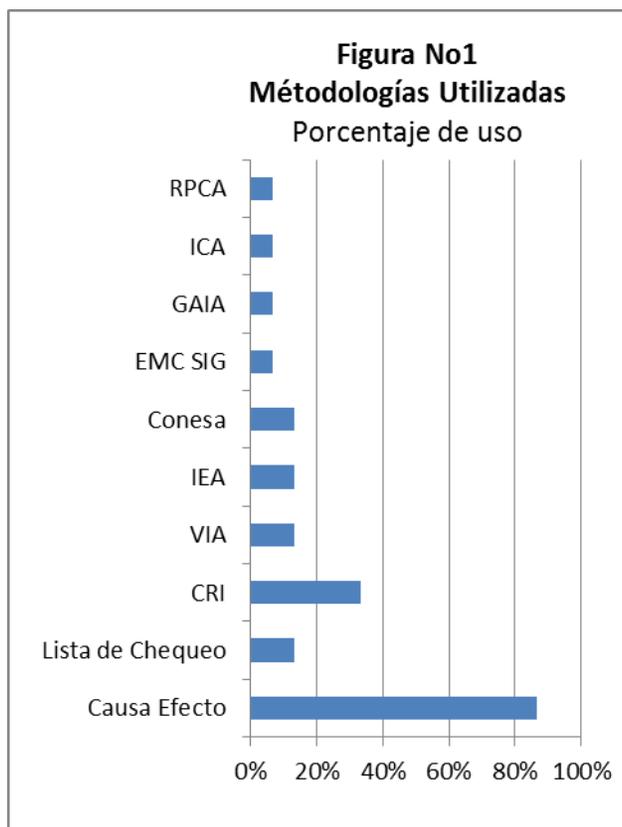
Los demás métodos son similares, aunque los denominados GAIA y RPCA, son más básicos e indicados solo para identificación, el ICA también es matricial y asigna de igual manera un valor o índice a través de una ecuación de valoración de impacto.

De los 15 EEIAs de la muestra, 14 se basan únicamente en matrices y no toman en cuenta el territorio ni los diferentes pisos ecológicos por los que atraviesa el tramo carretero, la única diferencia entre ellos es la

ecuación utilizada para la valoración, con más o menos o diferentes formatos de tabla o matriz, son muy similares.

A continuación, en la Figura No1 podemos apreciar el porcentaje de uso de los distintos métodos identificados en la Muestra durante las etapas de identificación y valoración de impactos utilizados por los diferentes consultores de los 15 estudios realizados para los diferentes tramos carreteros.

La etapa de identificación en la Figura No1 corresponde a las dos últimas metodologías (Lista de Chequeo y Causa Efecto) y la etapa de Valoración a las 8 primeras.



Fuente: Elaboración Propia

El empleo de Matrices Causa – Efecto en la etapa de identificación es del 87% y el de las listas de chequeo de 13%, mientras que, en la etapa de valoración de impactos, el 33% de los casos corresponden a la metodología de Criterios Relevantes Integrados, el 13% corresponden a cada una de estas tres metodologías: IEA, VIA y Conesa y finalmente el 7% a cada una de las siguientes: RPCA, ICA, GAIA y EMC SIG.

## RESULTADOS

De los 15 EEIAs de la muestra, tan solo uno, correspondiente a la metodología combinada de Evaluación multicriterio y mapas de Sensibilidad

Ambiental basados en Sistemas de Información Geográfica (EMC SIG), presenta una metodología que incluya el territorio y los pisos ecológicos mediante mapas de sensibilidad ambiental ubicando y evaluando los sitios sensibles en el territorio.

Dos de los EEIAs de la muestra presentan metodologías muy particulares y locales no aptas para la valoración de impactos, considerándolas incluso limitadas para la identificación de impactos, pues el RPCA de la Ley 1333 vigente en nuestro país solo las utiliza para la Categorización ambiental de proyectos, quedando obsoleta a partir del Decreto Supremo DS 3549 del 2 de mayo de 2018, que en su Anexo A., incluye listados por sector de la categoría ambiental de los proyectos, dejando de lado la matriz electrónica del RPCA.

El 93% de las metodologías de valoración de impactos de la muestra son matriciales basadas en valoración cualitativa del impacto mediante una ecuación de calificación del impacto cuyo resultado se traduce en una matriz de valoraciones, donde no se toma en cuenta el piso ecológico o el territorio, considerando esto una falencia en proyectos de extensión territorial como son las carreteras.

En cuanto a identificación de impactos no cabe duda que el método Causa Efecto es el preferido por los consultores ambientales, posiblemente debido a su mayor difusión y facilidad de aplicación.

Resulta importante actualizar las metodologías de evaluación de impactos ambientales para proyectos carreteros incluyendo la relación con el territorio a través de plataforma SIG.

Las metodologías de valoración exclusivamente matriciales sin importar la ecuación de valoración resultan repetitivas y no incluyen un análisis profundo de los impactos que un proyecto carretero implica, presentando falencias de orden general.

## DISCUSION

Las conclusiones del artículo “Evaluación del uso de indicadores de biodiversidad en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EEIAs) de los sectores más importantes de Bolivia”, donde se analizan las metodologías de 76 EEIAs de los cuales 10 corresponden al sector transportes, mediante mesas de trabajo de expertos presenta las siguientes conclusiones:

De acuerdo a los expertos los métodos que se aplican para los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIAs), son muy variados que no cumplen las expectativas de un EEIA, lo que se verificó en los EEIAs

de 10 años (2005-2015) del Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA), donde además se observó muchas falencias de redacción, categorización, copias sobre otros documentos, haciendo de este instrumento no confiable para la función que debe cumplir.

En la verificación in situ, los EEIAs no son un instrumento de regulación particular que permite identificar, estimar ni minimizar los efectos que pueden causar las AOPs sobre el medio ambiente, mucho menos sobre la biodiversidad. Para los expertos, se necesita una normativa específica para los EEIAs, además de la necesidad de contar con unidades de análisis, zonas sensibles, indicadores ambientales, entre ellos indicadores de biodiversidad, considerando la diversidad de ecorregiones de Bolivia. (Michel Vargas, et. al., 2019).

Es menester la recomendación a la Autoridad Ambiental Competente Nacional, coordinar con las autoridades del sector vial para la actualización, normalización y recomendación de metodologías de evaluación de impactos ambientales acordes a la envergadura de este tipo de proyectos.

El trabajo de tesis de Virreira P, Gonzales L. (2019). "Propuesta de metodología de identificación y evaluación de impacto ambiental para la construcción de carreteras a partir de análisis de las metodologías del EIA" indica que la estrategia de intervención consistió en realizar entrevistas a expertos y revisión bibliográfica. Dentro de esta revisión se percató que las metodologías más utilizadas en infraestructuras viales son las metodologías Ad Hoc, matriz de Leopold, métodos cartográficos, listas de chequeo, método Conesa y método Arboleda. Dicho trabajo guarda cierta coincidencia con el presente a excepción de los métodos cartográficos, mismos que no encontramos en nuestra muestra, sin embargo, también podemos apreciar la falencia encontrada por la falta de integración del territorio en dichas metodologías.

Si revisamos el trabajo realizado en Colombia por Soto, V., Suárez, N., y Arrieta, S. (2018). "Análisis comparativo de los Métodos de evaluación de impacto ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia", cuyo trabajo se basa en la investigación documental de la evolución de las metodologías usadas, logrando identificar las de mayor aplicación en Colombia en la vigencia 2014 como son: el método de Leopold en la etapa de identificación, el método de Arboleda en la etapa de calificación y el método Ad-Hoc en la etapa de evaluación; podemos indicar que las metodologías utilizadas en Colombia, guardan similitud con las presentes en Bolivia para el sector vial.

Así mismo, las conclusiones son similares en relación al territorio, indicando en Colombia que su aplicación

adolesce de un análisis de impactos articulado al territorio, desconociendo la fragmentación del paisaje o el sinergismo de algunos impactos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, 132. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Anticos, Los, Para, & Aprendizaje, n.d. Anticos, M. S. E. M., Los, O. a L. a F. D. E., Para, R., & Aprendizaje, O. D. E. (n.d.). Departamento de Ciencias de la Computación.

Azqueta, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid: McGrawHill.

Barrera, Soto y Pérez. (2018). Análisis comparativo de los métodos de EslA aplicados en POA del subsector vial en Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Vol. 9, Num, 2 (2018).

Buroz, (1990). "La gestión ambiental: Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental", Fundación Polar, Caracas, Venezuela.

Canter, L. & Sadler, B. (1997). A tool kit for effective EIA practice - Review of methods and perspectives on their application (A Supplementary Report of the International Study of the Effectiveness of Environment al Assessment). Oklahoma: International Association for Impact Assessment. Recuperado de <http://www.iaia.org/publicdocuments/EIA/SRPEASEIS01.pdf>

Conesa, (2010). Conesa Fernández - Vitora, V., Conesa

Decreto Supremo D.S. 3549., Publicado en la Gaceta Oficial de Bolivia, La Paz, 02 de mayo de 2018.

Espinoza, G. (2007). Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Centro de Estudios para el Desarrollo (CED). Santiago de Chile.

Estevan, M.T. (1981). Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Criterios y metodologías. Boletín informativo del medio ambiente. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

Ferrer R. (2016). Seguimiento en el tiempo de la evaluación de impacto ambiental en proyectos mineros. Revista Luna Azul, 42, 256-269. Recuperado de Revista Luna Azul, 40, 224-239.

- Garmendia et al. (2005). Evaluación de Impacto Ambiental. Pearson Educación, S.A., Madrid, España. ISBN: 84-205-4398-5.
- Gómez, D. (1999). Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid: Mundi-Prensa.
- Gómez, D. (2013). Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
- Leal, J. (1997). Guías para la evaluación del impacto Ambiental de proyectos de desarrollo local, ILPES.
- Leopold, L.B. et. al. (1973). A procedure for Evaluating Environmental Impact. US Department of the Interior. USA: Gov. Print. Office.
- Ley 1333. Ley del medio ambiente promulgada el 27 de abril de 1992. Publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia, La Paz, 15 de junio de 1992.
- Martínez, L. F. (2013). "Análisis de la Incertidumbre en los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia desde el Enfoque de los Sistemas Complejos". Bogotá, Colombia.
- Michel A. et al. (2019.). Evaluación del uso de indicadores de biodiversidad en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EEIAs) de los sectores más importantes de Bolivia.
- Neuberger-Cywiak, L. (2002). Diferentes Métodos utilizados en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
- Orán Cáceres, P.; Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010). "Una propuesta complementaria de análisis de sensibilidad de un modelo basado en técnicas SIG y evaluación multicriterio", en Ojeda, J.; Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds). Tecnologías de la Información Geográfica: la Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, págs. 971-987.
- Pavlickova & Vyskupova. (2015). A method proposal for cumulative environmental impact assessment based on the landscape vulnerability evaluation. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j>
- Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales
- Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental: Conesa Fernandez - Vitoria, Vicente (4a. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Saaty (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Soto, V., Suárez, N., y Arrieta, S. (2018). Análisis comparativo de los Métodos de evaluación de impacto ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 291-292.
- Temas de Ciencia y Tecnología (2013). Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales. *Temas de Ciencia y Tecnología* vol. 17 número 50, mayo - agosto 2013.
- Thomas L. Saaty, (1977), A scaling method for priorities in herarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281.
- Virreira P. y Gonzales L. (2019). Propuesta de metodología de identificación y evaluación de impacto ambiental para la construcción de carreteras a partir de análisis de las metodologías del EIA
- Toro, J., Martínez, R., y Arrieta, G., (2013). Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia.
- Warner & Bromley. (1974). Creadores relación métodos. [www.notinet.com.co/pedidos/NORMAAMBIEN.doc](http://www.notinet.com.co/pedidos/NORMAAMBIEN.doc)
- Williams, Dupuy, K. (2017). Deciding over nature: Corruption and environmental impact assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, 65(2016), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.05.002>

## Artículo

**Recibido:** 14 de octubre de 2022

**Aceptado:** 8 de diciembre de 2022

## Cita sugerida:

Trigo, D.A. (2022). Metodologías de los estudios de evaluación de impacto ambiental presentados en la ABC: recopilación y análisis. *Revista SEC CIENCIA*. 3(6), 29-39. <http://repo.uajms.edu.bo/index.php/secciencia/issue/view/4>

# NORMAS DE PUBLICACION DE LA REVISTA CIENTIFICA SEC CIENCIA

## Misión y Política Editorial

La Revista SEC Ciencia, es una revista científica de publicación semestral que realiza la Dirección de Posgrado de la Secretaría de Educación Continua de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. SEC Ciencia, tiene como misión, difundir los resultados y avances de las investigaciones científicas que se realizan en las distintas áreas y programas de posgrado que ofrece la Secretaría de Educación Continua. Por lo tanto, SEC Ciencia, es una revista científica de carácter multidisciplinario.

Para las publicaciones semestrales, SEC Ciencia, asume como política, publicar artículos referidos a varias áreas de conocimiento por número, para lo cual se realiza la convocatoria pertinente.

El proceso de evaluación de los artículos de la revista SEC Ciencia, consta de un doble proceso de evaluación, en el primero, el Editor de la revista realizará una evaluación de elegibilidad a objeto de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos por la revista, en caso de incumplimiento, se devolverá a los autores a objeto de que subsanen los mismos.

En el segundo caso, al ser SEC Ciencia, una publicación arbitrada que utiliza el sistema de revisión por pares expertos (doble ciego) de reconocido prestigio, pudiendo ser nacionales y/o internacionales, que en función de las normas de publicación establecidas procederán a la aprobación de los trabajos presentados. En caso de discrepancias en los informes de evaluación, se recurrirá a un tercer revisor bajo las mismas condiciones, con claridad, precisión, brevedad y originalidad de las investigaciones con el fin de garantizar una adecuada valoración de los trabajos presentados. Asimismo, la revista se rige por principios de ética y pluralidad, para garantizar la mayor difusión de los trabajos publicados.

Tanto los autores, revisores, editores, personal de la revista y académicos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, tienen la obligación de declarar cualquier tipo de conflicto de intereses que pudieran sesgar el trabajo.

La revista científica SEC Ciencia, publica artículos originales e inéditos en castellano, debiendo incluir el resumen en idioma inglés.

## Tipo de Artículos y Publicación

La Revista SEC Ciencia, realiza la publicación de distintos artículos de acuerdo a las siguientes características:

*Artículos de Investigación:* Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones concluidas. La estructura generalmente utilizada es la siguiente: introducción, materiales y métodos, resultados y discusión.

*Artículo de revisión:* Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematiza e integran los resultados de investigaciones publicadas, sobre un campo en ciencia o área de conocimiento, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias. Teniendo la siguiente estructura: introducción, método, desarrollo del tema, discusión y conclusiones.

*Cartas al editor:* Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica.

## Normas de Envío y Presentación

- a. *La Revista SEC Ciencia*, recibe trabajos originales en idioma español. Los mismos deberán ser remitidos en formato electrónico en un archivo de tipo Word compatible con el sistema Windows y también en forma impresa.
- b. Los textos deben ser enviados en formato de hoja tamaño carta (ancho 21,59 cm.; alto 27,94 cm.) en dos columnas. El tipo de letra debe ser Arial, 10 dpi interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser, para el superior, interior e inferior 2 cm. y el exterior de 1 cm.
- c. La extensión total de los trabajos para los artículos de investigación tendrá una extensión máxima de 15 páginas, incluyendo la bibliografía consultada.
- d. Para su publicación los artículos de investigación originales no deben tener una antigüedad mayor a los 5 años, desde la finalización del trabajo de investigación.
- e. Para los artículos de revisión se tiene una extensión máxima de 10 páginas, incluyendo la bibliografía consultada.
- f. Los trabajos de investigación (artículos originales) deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, de 250 palabras.

- g. En cuanto a los autores, deben figurar en el trabajo todas las personas que han contribuido sustancialmente en la investigación. El orden de aparición debe corresponderse con el orden de contribución al trabajo, reconociéndose al primero como autor principal. Los nombres y apellidos de todos los autores se deben identificar apropiadamente, así como las instituciones de adscripción (nombre completo, organismo, ciudad y país), dirección y correo electrónico.
- h. La Revista SEC Ciencia, solo recibe trabajos originales e inéditos, que no hayan sido publicados anteriormente y que no estén siendo simultáneamente considerados en otras publicaciones nacionales e internacionales. Por lo tanto, los artículos deberán estar acompañados de una *Carta de Originalidad*, firmada por todos los autores, donde certifiquen la original del escrito presentado.

### Dirección de Envío de Artículos

Los artículos para su publicación deberán ser presentados en la Secretaría de Educación Continua, calle Ingavi esq. Padilla N° 689, Casilla N° 51. Telf./Fax: 6648977, o podrán ser enviados a los siguientes correos electrónicos: revista.sec.ciencia@gmail.com y revista.sec.ciencia@uajms.edu.bo También se debe adjuntar una carta de originalidad impresa y firmada o escaneada en formato pdf.

### Formato de Presentación

Para la presentación de los trabajos se debe tomar en cuenta el siguiente formato para los artículos científicos:

#### Título del Artículo

El título del artículo debe ser claro, preciso y sintético, con un texto de 20 palabras como máximo. (En castellano y en inglés).

#### Autores

Un aspecto muy importante en la preparación de un artículo científico, es decidir, acerca de los nombres que deben ser incluidos como autores, y en qué orden. Generalmente, está claro que quién aparece en primer lugar es el autor principal, además es quien asume la responsabilidad intelectual del trabajo. Por este motivo, los artículos para ser publicados en la Revista SEC Ciencia, adoptarán el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigadores, posteriormente los asesores y

colaboradores si los hubiera. La forma de indicar los nombres es la siguiente: en primer lugar, debe ir los apellidos y posteriormente los nombres, finalmente se escribirá la dirección del Centro o Instituto, Carrera a la que pertenece el autor principal. En el caso de que sean más de seis autores, incluir solamente el autor principal, seguido de la palabra latina "**et al**", que significa "y otros" y finalmente debe indicar el correo electrónico del autor principal.

### Resumen y Palabras Clave

El resumen debe dar una idea clara y precisa de la totalidad del trabajo, incluirá los resultados más destacados y las principales conclusiones, asimismo, debe ser lo más informativo posible, de manera que permita al lector identificar el contenido básico del artículo y la relevancia, pertinencia y calidad del trabajo realizado.

Se recomienda elaborar el resumen con un máximo de 250 palabras, el mismo que debe expresar de manera clara los objetivos y el alcance del estudio, justificación, metodología y los principales resultados obtenidos.

En el caso de los artículos originales, tanto el título, el resumen y las palabras clave (máximo 5 palabras) deben también presentarse en idioma inglés.

### Introducción

La introducción del artículo está destinada a expresar con toda claridad el propósito de la comunicación, además resume el fundamento lógico del estudio. Se debe mencionar las referencias estrictamente pertinentes, sin hacer una revisión extensa del tema investigado.

### Materiales y Métodos

Debe mostrar, en forma organizada y precisa, cómo fueron alcanzados cada uno de los objetivos propuestos.

La metodología debe reflejar la estructura lógica y el rigor científico que ha seguido el proceso de investigación desde la elección de un enfoque metodológico específico (métodos, diseños muestrales o experimentales, análisis de laboratorio, etc.), hasta la forma como se analiza, interpreta y se presenta los resultados. Deben detallarse, los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas utilizadas para la investigación. Deberá indicarse el proceso que se siguió en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos. Una metodología vaga o imprecisa no brinda elementos

necesarios para corroborar la pertinencia y el impacto de los resultados obtenidos.

## Resultados

Los resultados son la expresión precisa y concreta de lo que se ha obtenido efectivamente al finalizar la investigación, y son coherentes con la metodología empleada. Debe mostrarse claramente los resultados alcanzados, pudiendo emplear para ello tablas, figuras, etc.

Los resultados relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y métodos empleados. No deben repetirse en el texto datos expuestos en tablas o figuras, resumir o resaltar sólo las observaciones más importantes.

## Discusión

En esta sección se abordarán las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, además de las consecuencias para la investigación en el futuro. Se compararán y contrastarán las observaciones con otros estudios pertinentes. Se relacionarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones poco fundamentadas y conclusiones avaladas insuficientemente por los datos. El autor debe ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se dará énfasis en los aspectos novedosos e importantes del estudio. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados.

## Referencias Bibliográficas

La referencia bibliográfica es el conjunto de datos esenciales y elementos suficientemente detallados que permiten la identificación de la fuente de la cual se extrae la información que se ha utilizado en la redacción del artículo científico.

## Tablas y Figuras

Todas las tablas o figuras deben ser referidas en el texto y numeradas consecutivamente con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. No se debe utilizar la abreviatura (Tab. o Fig.) para las palabras tabla o figura y no las cite entre paréntesis. De ser posible, ubíquelas en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la referencia en el mismo y asegúrese que no repitan los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo.

El texto y los símbolos deben ser claros, legibles y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de la tabla o figura. En caso de emplearse en el artículo fotografías y figuras de escala gris, estas deben ser preparadas con una resolución de 250 dpi. Las figuras

a color deben ser diseñadas con una resolución de 450 dpi. Cuando se utilicen símbolos, flechas, números o letras para identificar partes de la figura, se debe identificar y explicar claramente el significado de todos ellos en la leyenda.

## Derechos de Autor

Los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores. Dicha responsabilidad se asume con la sola publicación del artículo enviado por los autores. La concesión de los derechos de autor significa la autorización para que la Revista SEC Ciencia, pueda hacer uso del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de los resultados de la investigación realizada.

En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as). Los autores cuyos artículos se publiquen recibirán un certificado y 1 ejemplar de la revista donde se publica su trabajo.

## Referencias Bibliográficas

Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del artículo; aparecerán al final del documento y se incluirán por orden alfabético. Debiendo adoptar las modalidades que se indican a continuación:

### *Referencia de Libro*

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Editorial y lugar de edición.

Tamayo y Tamayo, M. (1999). *El Proceso de la Investigación Científica, incluye Glosario y Manual de Evaluación de Proyecto*. Editorial Limusa. México.

Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Ediciones Aljibe. España.

### *Referencia de Capítulos, Partes y Secciones de Libro*

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del capítulo de libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Colocar la palabra, en, luego el nombre del editor (es), título del libro, páginas. Editorial y lugar de edición.

Reyes, C. (2009). *Aspectos Epidemiológicos del Delirium*. En M. Felipe, y Odun. José (eds). *Delirium: un*

gigante de la geriatría (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas

#### Referencia de Revista

Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo. Nombre de la revista (cursiva), volumen, número, mes publicación y número de páginas artículo.

Gutiérrez, V. y Medrano N. (2017). Análisis de la Calidad del Agua y Factores de Contaminación en el Lago San Jacinto de Tarija. *Ventana Científica*, Vol. 8, Nº 13. Mayo, pp 13 – 19.

#### Referencia de Tesis

Autor (es). Año de publicación (entre paréntesis). Título de la tesis en cursiva y en mayúsculas las palabras más relevantes. Mención de la tesis (indicar el grado al que opta entre paréntesis). Nombre de la Universidad, Facultad o Instituto. Lugar.

Rodríguez Añez, G. (2017). *Proceso de Atención de Enfermería en Pacientes Críticos* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija – Bolivia.

#### Página Web (World Wide Web)

Autor (es) de la página. (Fecha de publicación o revisión de la página, si está disponible). Título de la página o lugar (en cursiva). Fecha de consulta (Fecha de acceso), de la dirección (URL).

Puente, W. (2017, marzo 10). *Técnicas de Investigación*. Fecha de consulta, 25 de febrero de 2018, de <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>

Durán, D. (2004). *Educación Ambiental como Contenido Transversal*. Fecha de consulta, 18 de febrero de 2005, de <http://www.ecoportal.net/content/view/full/37878>

#### Libros Electrónicos

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Fecha de publicación. Título (palabras más relevantes en cursiva). Tipo de medio [entre corchetes]. Edición. Nombre la institución patrocinante (si lo hubiera) Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Albornoz, M., y López Cerezo, J.M. (2010). *Ciencia, Tecnología y Universidad en Iberoamérica*. [Libro en

línea]. Serie Ciencia OEI - Eudeba. Fecha de consulta: 26 febrero 2018. Disponible en: [http://www.oei.es/salactsi/ciencia\\_universidades.pdf](http://www.oei.es/salactsi/ciencia_universidades.pdf)

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (2010). *Lineamientos y Estrategias para el Fortalecimiento de la Educación Continua*. [Libro en línea]. ANUIES Colección Documentos Institucionales. Fecha de consulta: 26 febrero 2018. Disponible en: <http://publicaciones.anui.es.mx/pdfs/libros/Libro37.pdf>

#### Revistas Electrónicas

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Año. Título del artículo. Nombre la revista (cursiva). Tipo de medio [entre corchetes]. Volumen. Número. Número de Páginas Artículo. Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Torres, C. A. (2015). Percepción de los Estudiantes Universitarios sobre el Modelo Educativo y sus Competencias en TIC. *EDUCERE*. [en línea]. Vol. 19, Nº 62. Enero – Abril. pp 145 – 156. Fecha de consulta: 26 de febrero 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35641005012>

#### Referencias de Citas Bibliográficas en el Texto

Para todas las citas bibliográficas que se utilicen y que aparezcan en el texto se podrán asumir las siguientes formas de paráfrasis:

- a) De acuerdo a Tiana, A. (2015), considera que hablar de investigación científica del modo en que se ha venido haciendo tradicionalmente es algo que ha perdido sentido...
- b) La ciencia y la tecnología son reconocidas actualmente, con mayor amplitud que en otros momentos históricos, como factores decisivos para la transformación económica y social (Albornoz, M. 2015).
- c) En el año 2017, Carvajal, M. indica que las variables que más afectan al bienestar subjetivo de los trabajadores públicos en la ciudad de Tarija, se resumen en percepciones que tienen los individuos sobre distintas dimensiones de su vida.