

Número
18
Vol. 11

Revista de divulgación científica

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Octubre 2021

VENTANA CIENTÍFICA

ISSN: 2305-6010 (*impresa*) ISSN: 2415-2390 (*en Línea*)



DICYT

Departamento de Investigación
Ciencia y Tecnología

VC

Octubre 2021

Revista de divulgación científica

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

VENTANA CIENTÍFICA

Volúmen 11 Nro. 18



ISSN: 2415-2390 (Línea)
ISSN: 2305-6010 (Impresa)

PRESENTACIÓN



JORGE TEJERINA OLLER
DIRECTOR-DICYT

Nuestra sociedad está globalizándose y paralelamente a ello se va incrementando el grado de interdependencia con el resto del mundo, en lo económico, lo científico, lo cultural, lo social, etc., donde la competitividad entre los países nos obliga a realizar investigaciones que respondan a las necesidades de la sociedad, a la formación de cuadros de recursos humanos de alto nivel, como una fórmula estratégica para que el país logre un cierto grado desarrollo económico y social, para atenuar el impacto de los factores externos.

La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, es una institución orientada a la educación y a la generación del conocimiento a nivel superior y se construye basada en la investigación científica y en la incorporación de sus resultados en la enseñanza para mejorar el proceso académico y en la transmisión de los resultados científicos como aportes a la sociedad. Todo ello, en un amplio frente de actuación, que va desde la formación profesional a la difusión de la cultura, desarrollar la investigación científica en torno a las necesidades nacionales y todo ello, generado en una alianza dinámica con la sociedad, en la difusión de los resultados de las investigaciones y el apoyo al desarrollo económico y social a través de lo que hoy convencionalmente denominamos el proceso de interacción o vinculación con el entorno social.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

AUTORIDADES

M.Sc. Ing. Henry Valdez Huanca
Rector a.i.

Dra. Olga Martínez Revollo
Vicerrector a.i.

Editor

M. Sc.Ing. Jorge Tejerina Oller

Rosalba Castillo Ordoñez
Carla Cruz Castillo
Diagramación

Israel Marino Jerez
Diseño

Sitio web

<http://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ventana-cientifica>

Correo Electrónico
revista@uajms.edu.bo
dicyt.uajms.edu@gmail.com

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.

Publicación financiada por el proyecto
“Fortalecimiento de la difusión y publicación de revistas científicas en la UAJMS”

Octubre, 2021

VOL. 11 N° 18

CONSEJO EDITORIAL

VENTANA CIENTÍFICA

Ph. D. Dra. Shirley Gamboa Alba

Docente investigadora

UAJMS

Ph. D. Ing. Alberto Benítez Reynoso

Docente investigador

UAJMS

Ph. D. Jaime Rodriguez Coariti

**Doctorado en Ciencias Climáticas y
Medio Ambiente en la Universidad
Federal de Río Grande do Norte**

Arq. María Eugenia Martínez Mansilla

**Doctoranda en “ARQUITECTURA
Y URBANISMO” en la Universi-
dad de Brasilia.**

M. Sc.Ing. Jorge Tejerina Oller

Editor

**Departamento de Investigación,
Ciencia y Tecnología**

UAJMS

ÍNDICE

CONTENIDO

1. Metodología para la estimación de parámetros de cálculo de tormentas de diseño con datos pluviométricos en Bolivia	1
Gamarra Mendoza Mario Carmelo	
2. Aspectos relevantes en la modalidad semipresencial en posgrado .	23
Lozano Velásquez Moisés Agustín, Gutiérrez Quiroga Maribel	
3. Análisis y propuesta de optimización de la obra de toma del proyecto Guadalquivir-CENAVIT-Calamuchita aplicando dinámica de fluidos computacional	34
Perales Avilés Moisés, Baldiviezo Villena Daniel Rolando	
4. Dinámica temporal de algunos parámetros físico químicos del agua del embalse San Jacinto, Tarija, Bolivia	53
Fernández Deimar, Coronel Sandoval Esperanza Flor	
5. Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo y vegetación natural en la reserva nacional de flora y fauna Tariquia.	65
Leaño Sanabria Juan Jacobo	
6. Los algoritmos y los valores	84
Yana Cerezo Omar Elias	
7. Evaluación de tres diferentes sustratos para la producción de mudas de menta (Mentha x piperita).	93
Armadans Andres, Diaz Doldan Dario Ruiz, Britos Ubaldo, Martínez Gustavo	
8. Análisis cluster de percepciones ciudadanas en el Departamento de Tarija	100
Aleman Castillo Roxana	

ARTÍCULO 1

Metodología para la estimación de parámetros de cálculo de tormentas de diseño con datos pluviométricos en Bolivia

Methodology for estimating design storm calculation parameters with pluviometric data in Bolivia

Gamarra Mendoza Mario Carmelo^{a*}

^a Centro de Investigación del Agua (CIAGUA), Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia

* Correspondencia del autor: mcgamarramendoza@hotmail.com, dirección.

Recibido: 30 de julio de 2021

Aprobado: 14 de septiembre de 2021

Resumen

En Bolivia se requiere el diseño de infraestructura hidráulica para diversidad de aplicaciones, para lo cual se debe calcular el caudal de crecida, que requiere realizar el cálculo de una tormenta de diseño adecuada a las condiciones locales. En los últimos años se han publicado diversos estudios de las precipitaciones máximas registradas en el territorio nacional con registros pluviográficos, con un alcance regional claramente diferenciado. El presente trabajo de investigación realiza una evaluación sintética de la información disponible hasta la fecha sobre tales estudios, enfocándose en los métodos del factor Kd de distribución de la precipitación en función a la duración de la tormenta, y obteniendo factores comparables con tal método de los coeficientes del método de Bernard (1932) de las curvas IDF obtenidas a nivel nacional y que se encuentran en la bibliografía consultada. De esta manera, se ha obtenido un parámetro simple de regionalización con alcance nacional para calcular tormentas de diseño, mediante un método de regionalización propuesto que tiene la ventaja de ser actualizable sistemáticamente de manera versátil con nuevos estudios locales de registros pluviográficos. La metodología permite calcular

hietogramas de precipitación máxima, útiles para la determinación de caudales de crecida en estudios hidrológicos.

Palabras Claves: Tormenta de diseño, registro pluviográfico, caudal de crecida, regionalización, factor Kd, curva IDF.

Abstract

In Bolivia, the design of hydraulic infrastructure is required for a variety of applications, for which the flood flow must be calculated, which requires the calculation of a storm design appropriate to local conditions. In recent years, various studies have been published of the maximum rainfall recorded in the national territory with pluviographic records, with a clearly differentiated regional scope. This research work carries out a synthetic evaluation of the information available to date on such studies, focusing on the methods of the Kd distribution factor of precipitation as a function of the duration of the storm, and obtaining comparable factors with such method from the coefficients of the Bernard method (1932) of the IDF curves obtained at the national level and found in the consulted bibliography.

In this way, a simple regionalization parameter with national scope has been obtained to calculate design storms, by means of a proposed regionalization method that has the advantage of being systematically updateable in a versatile way with new local studies of rainfall records. The methodology allows the calculation of maximum precipitation hietograms, useful for determining flood flows in hydrological studies.

Keywords: Design storm, pluviographic record, flood flow, regionalization, Kd factor, IDF curve.

1. Introducción

El análisis de la precipitación máxima para la obtención de caudales de crecida, mediante algún método de transformación lluvia-caudal, es una parte importante de los estudios hidrológicos. Actualmente se recurre a un software especializado que tienen una diversidad de métodos de transformación lluvia-caudal, para lo cual se requiere introducir información conveniente y confiable de la precipitación máxima en un formato de tormenta de diseño.

En Bolivia la mayor cantidad de información disponible de precipitación máxima es de registros pluviométricos, mientras que la información pluviográfica es escasa y la existente no se dispone abierta al público, por lo que únicamente se tienen referencia de tal información a través de estudios hidrológicos de registro pluviográficos principalmente a través de tesis de estudiantes de pregrado y posgrado.

En la literatura se han propuesto diversas fórmulas para definir las curvas IDF que pretenden tener validez universal, entre las que destaca la denominada fórmula de Grunsky la cual es de la forma (Administradora Boliviana de Carreteras, 2007):

Entre la normativa boliviana referida a la determinación de tormentas de diseño se encuentra en 2 referencias técnicas de una manera categórica, en el Manual de Hidrología y Drenaje (Adminis-

tradora Boliviana de Carreteras, 2007), que es un referente especial al exponer una metodología para calcular tormentas de diseño empleando información pluviométrica mediante 2 técnicas: 1) Fórmula de Grunsky y 2) Relación de Bell. Sus expresiones se presentan a continuación:

Fórmula de Grunsky

$$i_t = i_{24} \cdot \sqrt{\frac{24}{t}}$$

Ecuación [1]

$$P_t^T = (0.21 \cdot i + 0.52) \cdot (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.5) \cdot P_{60}^{10}$$

Donde:

i_t = es la intensidad en una duración cualquiera t

i_{24} = es la intensidad media en 24 horas

t = duración en horas

Relación de Bell:

Ecuación [2]

Donde:

P_t^T = Lluvia en mm de duración t minutos y T años de período de retorno

T = Período de retorno en años

t = Duración de la lluvia en minutos

P_{60}^{10} = Lluvia en mm de duración 60 minutos y 10 años de periodo de retorno

Cuando se cuentan con registros pluviográficos, se tienen las siguientes expresiones que permiten determinar las curvas IDF (Iturry Urquizo, 2013):

Modelo de Sherman (1931)

$$I = \frac{K \cdot T^m}{(D + b)^n} \quad \text{Ecuación [3]}$$

Modelo de Bernard (1932)

$$I = \frac{K \cdot T^m}{D^n} \quad \text{Ecuación [4]}$$

Modelo de Chow (1994)

$$I = \frac{K \cdot T^m}{D^n + b} \quad \text{Ecuación [5]}$$

Donde:

I = Intensidad de precipitación

D = Duración de la precipitación

T = Periodo de retorno

b, K, m, n = Constantes que se calculan mediante el análisis de regresión no lineal

Sin embargo, no siempre es posible contar con la información de las ecuaciones anteriores, y es posible observar ello en la bibliografía que contiene información relacionada con el análisis de registros pluviográficos realizados en Bolivia, la cuales se referencia a continuación y se detalla en la bibliografía del presente artículo de investigación. Este hecho es por la alta fragmentación de la información y en diversas ocasiones el enfoque diferenciado de análisis, por ejemplo, un autor analiza 11 estaciones meteorológicas del altiplano en el Departamento de Oruro (Maldonado Navia, 2015), otros analizan registros pluviográficos del eje Central de Bolivia La Paz, El Alto, Cochabamba y Santa Cruz (Amaya Martinez, López Condori, & Seoane Salazar, 2009), otro autor se enfoca en las ciudades de Potosí, Sucre y Tarija (Iturry Urquizo, 2013), otro autor realizó su aporte en la estación Viacha de La Paz (Quispe Mamani, 2018), y por último en la zona oriental de Bolivia se tienen autores que contribuyeron con el análisis de las estaciones de Guayaramerín, Magdalena y Mairana (Carrillo Nacho, Marca Castillo, & Villarroel Quevedo, 2011).

El Reglamento Técnico de Diseño de Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano, presenta en su Anexo E curvas IDF de diferentes estaciones con registros pluviográficos en Bolivia, mediante reportes del SENAMHI. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua - Bolivia, 2010)

La expresión de la curva IDF presentada en el

reglamento de referencia, se presenta a continuación:

$$\text{Curva IDF} \quad I = \frac{c \cdot f^m}{t^n} \quad \text{Ecuación [6]}$$

Donde los valores de c, m y n corresponden a las características regionales de la precipitación. Básicamente la anterior expresión es la del Modelo de Bernard, con la única variación de las denominaciones de los coeficientes y las variables.

En el reglamento de referencia también se presentan las expresiones de las curvas IDF de las siguientes estaciones con registros pluviográficos: San Calixto, Laikacota, El Alto - Aeropuerto Internacional, SENAMHI Central Santa Cruz, Aeropuerto Cochabamba y Aeropuerto Trinidad.

Las metodologías que se enfocan en la relación que existe entre la precipitación registrada por pluviógrafos y la registrada por pluviómetros son importantes en nuestro país, dado que la mayor cantidad de información es de registros pluviométricos. Es así que se destaca la metodología del factor K_d , que es adimensional y se obtiene dividiendo las precipitaciones máximas para cada duración entre la precipitación máxima de 24 horas. Ambas precipitaciones pertenecen a un mismo periodo de retorno y son obtenidas luego de realizar el análisis frecuencial de tormentas registradas en la estación pluviográfica. La ecuación siguiente, nos muestra la forma de cálculo (Iturry Urquizo, 2013):

$$\text{Factor } K_d \quad K_d = \frac{P_d^T}{P_{24}^T} \quad \text{Ecuación [7]}$$

Donde:

P_d^T = Precipitación en [mm] para cada d [min] y cada T [años]

P_{24}^T = Precipitación en [mm] para 1440 [min] y cada T [años], estimadas a partir del análisis frecuencial

Si bien la metodología no es expuesta en normativa alguna, es relevante y reiteradamente emplea-

da en los diversos estudios de registros pluviográficos mencionados anteriormente.

Si bien la normativa nacional actualmente contiene algunas referencias técnicas sobre el cálculo de la tormenta de diseño, es necesario también considerar las referencias en el contexto internacional, por ejemplo, una metodología alternativa es la de Dick-Peschke, que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente (MTC - Perú, 2008) :

Fórmula de Dick-Peschke

$$P_d = P_{24} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad \text{Ecuación [8]}$$

Donde:

Pd = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P24 = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

Una metodología enfocada en la regionalización de los regímenes de precipitación máxima es tratada en el Manual de Drenaje para Carreteras (Instituto Nacional de Vías - Colombia, 2009), es del cálculo de curvas IDF por método simplificado, la cual recomienda su aplicación cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). La metodología se desarrolla en base a la siguiente expresión:

Curva IDF INVIAS

$$i = \frac{a \cdot T^b \cdot M^d}{\left(\frac{t}{60} \right)^c} \quad \text{Ecuación [9]}$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia, en minutos (min)

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados para la República de Colombia, donde se presenta un mapa de 5 regiones, sin embargo, se presentan los valores para únicamente 4 regiones.

En la República del Paraguay la normativa de carreteras emplea una expresión ajustada para 3 estaciones representativas de la región oriental (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2011). La expresión es la siguiente:

Curva IDF MOPC

$$i = \frac{C \cdot T_r^n}{(t + d)^m} \quad \text{Ecuación [10]}$$

Donde:

i = Intensidad, mm/hr.

T_r = Tiempo de retorno, minutos.

d = Duración, minutos.

t = 180 minutos

Los valores de C, n y m son dispuestos para las 3 estaciones representativas de la zona oriental.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la República de México considera de suma importancia que se continúe la labor de recopilación de información de la ocurrencia de lluvia respecto al tiempo, registrada en pluviógrafos, así como de alturas máximas de lluvia de las estaciones pluviométricas del país, cubriendo aquellas regiones donde la información es muy escasa, con el fin de que los estudios hidrológicos tengan mayor precisión y, por consiguiente, se proyecten y construyan obras hidráulicas más seguras (Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la República de México, 2021). Ha desarrollado una regionalización de las isoyetas en función a la intensidad, duración y periodo de retorno para toda la República Mexicana.

Como se observa cada país ha desarrollado sus

propias iniciativas para brindar atención a la necesidad de mejorar los métodos para la determinación de tormentas de diseño para la estimación de caudales de crecida, que a su vez permitan diseñar infraestructura más segura.

Como se puede advertir en las líneas precedentes, actualmente la normativa nacional en Bolivia, en relación a esta temática se encuentra dispersa y es necesario realizar algunas actualizaciones que permitan cumplir con el objetivo de diseñar infraestructura hidráulica resiliente, con recursos metodológicos adecuados para el análisis hidrológico.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo de plantear una propuesta metodológica para calcular tormentas de diseño empleando registros pluviométricos considerando las referencias recientes de los estudios de registros pluviográficos realizados en Bolivia.

2. Materiales y métodos

La presente investigación es por sus características, en la cual se requiere demostrar exponer una metodología de parámetros de registro pluviográficos, regionalizados según zonas geomorfológicas de Bolivia, se ha optado por un enfoque mixto cualitativo-cuantitativo, debido a que la metodología es válida como una secuencia de procedimientos que permitan determinar el valor de un parámetro de disgregación de tormentas con duración menor a 24 horas. Se ha recurrido a realizar un diseño explicativo secuencial (DEX-PLIS) (Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, María del Pilar, 2010).

Se ha realizado la recopilación de los estudios de registros pluviográficos realizados por diversos autores, y se ha realizado la revisión de la metodología de análisis empleada en cada uno de ellos,

encontrándose diversas similitudes. Entre las similitudes se encuentran la aplicación del método del Factor K_d y la expresión de Bernard para la determinación de las curvas IDF, este hecho particular es relevante al establecer el mejor método para que se puedan determinar tormentas de diseño en el ámbito nacional.

También se ha realizado la revisión de la ubicación de las estaciones analizadas en los diversos estudios y que poseen registros pluviográficos, para observar la distribución espacial de las mismas en la extensión del territorio boliviano. Para tal propósito primeramente se han enlistado las estaciones que se encuentran en los estudios de referencia, de los cuales también se han rescatado las coordenadas de las estaciones. Al adquirir un protagonismo de relativa importancia la ubicación de las estaciones, se ha observado que tal información en los informes es únicamente el registro brindado por el SENAMHI en el momento de realización del mismo, y no ha sido objeto de una verificación, pues para el análisis de los estudios de referencia no era de una importancia significativa tal tarea. Es por ello que se ha dispuesto realizar una revisión de la ubicación de las estaciones, para lo cual existe una referencia importante que brinda el SENAMHI a través del portal del Sistema Integrado de Gestión de Estaciones (SIGE) <http://senamhi.gob.bo/index.php/sige>, desarrollado en el marco de la Cooperación española y que permite obtener información verificada de 721 estaciones tanto de ubicación como de otros datos de la misma, contando inclusive varias de ellas con un Reporte Técnico de la Estación a modo de monografía de la misma.

Una vez realizada tal tarea, se ha verificado la ubicación de las estaciones en las cuales se han realizado los estudios de registros pluviográficos. Las coordenadas de las estaciones se presentan a continuación:

Provincia	Estación	Departamento	Latitud	Longitud	Altura
Cercado	El Tejar Tarija	Tarija	21° 32' 35.16"	64° 43' 15.96"	1859
Tomas Frias	Potosí Los Pinos	Potosí	19° 33' 47.16"	65° 45' 38.16"	3950
Oropeza	Sucre Aeropuerto	Chuquisaca	19° 0' 59.04"	65° 17' 38.04"	2907
Sud Carangas	Andamarca	Oruro	18° 46' 0.12"	67° 31' 0.12"	3676
Atahualpa	Coipasa	Oruro	19° 16' 60"	68° 16' 0"	3680
Avaroa	Cruce Culta (Ventilla)	Oruro	19° 4' 27.12"	66° 14' 40.92"	4157
Cercado	Chillca	Oruro	17° 50' 12.84"	66° 48' 50.04"	4025
Saucari	Chuquiña	Oruro	17° 47' 12.84"	67° 27' 50.04"	3726
Murillo	El Alto SENAMHI	La Paz	16° 31' 0"	68° 13' 0"	4071
Avaroa	Quillacas	Oruro	19° 14' 0.96"	66° 57' 42.12"	3719
Carangas	Salinas G. De Mendoza	Oruro	19° 39' 1.08"	67° 40' 9.12"	3722
Atahualpa	Todo Santos	Oruro	19° 1' 4.08"	68° 43' 4.08"	4013
Sajama	Turco	Oruro	18° 11' 4.92"	68° 10' 23.16"	3851
Antonio Quijarro	Uyuni	Potosí	20° 28' 19.92"	66° 49' 53.04"	3680
Vaca Diez	Guayaramerin Aeropuerto	Beni	10° 49' 0.12"	65° 20' 56.04"	130
Iténez	Magdalena	Beni	13° 15' 39.96"	64° 3' 34.92"	141
Florida	Mairana	Santa Cruz	18° 6' 0"	63° 57' 0"	1350
Murillo	Laykacota	La Paz	16° 30' 15.84"	68° 7' 23.16"	3635
Murillo	El Alto Aeropuerto	La Paz	16° 30' 37.08"	68° 11' 54.96"	4034
Andres Ibañez	Santa Cruz SENAMHI	Santa Cruz	17° 46' 59.88"	63° 10' 0.12"	410
Cercado	Cochabamba Aeropuerto	Cochabamba	17° 24' 57.96"	66° 10' 27.84"	2548
Ingavi	Viacha	La Paz	16° 39' 29.88"	68° 16' 54.84"	3850

Tabla 1

Coordenadas de las estaciones con registro pluviográfico (SENAMHI)

Las únicas estaciones que poseen las coordenadas de los estudios de referencia y no así de la verificación en el SIGE son El Alto SENAMHI, Coipasa y Mairana, sin embargo, su ubicación fue verificada y establecida como razonable en función a referencias poblacionales.

Luego de realizada tal operación se ha elaborado el mapa de ubicación de las estaciones empleando el software ArcGIS como se muestra a continuación:

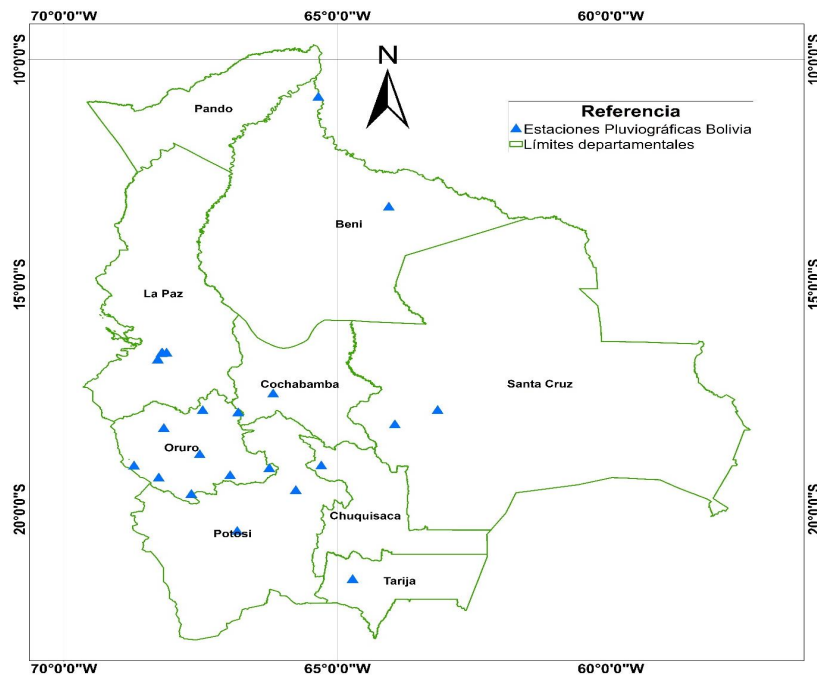


Figura 1

Mapa estaciones de Bolivia con registro pluviográfico

Se observa en el anterior mapa que los estudios de registros pluviográficos están principalmente desarrollados en la zona occidental del territorio boliviano, este hecho puede ser debido a los esfuerzos institucionales desarrollados principalmente en esta zona y otros relacionados a la accesibilidad a los sitios de observación, u otras de diversa naturaleza. Lo destacable de este hecho es que a pesar de contar con estudios de registro pluviográficos, los mismos cubren escasamente el territorio nacional y es por ello que la metodología a desarrollar debería hacer el mejor uso de la información actual, y procurar políticas que aseguren la recolección, sistematización, análisis y tratamiento, y desarrollo de una base de datos sobre registro pluviográficos.

Lo anteriormente expuesto, establece que se pue-

de desechar el desarrollo de una metodología que considere la construcción de isoyetas, pues la escasa densidad de registros pluviográficos y su distribución espacial no lo permiten, por tanto, es mejor desarrollar una metodología que considere la regionalización de parámetros que se puedan obtener de manera ágil y que a su vez pueda ser aplicable en la extensión del territorio boliviano.

Se observa que las expresiones disponibles en las diversas referencias técnicas consultadas son claramente diferentes, algunas más que otras, sin embargo, se ha planteado el propósito de observar la equivalencia o relación que existe entre algunas de las metodologías respecto de otras. A continuación, se presenta una tabla que sistematiza el grado de dificultad de unas en relación a otras:

Método	Dificultad	Observación
Grunsky	Moderadamente baja	La expresión está en función de la intensidad para periodos de duración comparables a una duración equivalente a una intensidad de precipitación de 24 horas, lo que es simplemente la división entre la precipitación registrada en pluviómetros para una duración de 24 horas
Bell	Moderadamente alta	La expresión está en función de la precipitación de registro pluviográfico para una duración de 60 minutos y un periodo de retorno de 10 años, lo que requiere de diversos registros pluviográficos y una metodología de tratamiento de tal información con tales características
Modelo de Bernard	Moderadamente alta	La expresión está en función de la precipitación de registro pluviográfico con un tratamiento adecuado para obtener curvas IDF. Si bien algunos estudios han realizado los esfuerzos en obtener los valores de los coeficientes para tal modelo, su tratamiento a objetos de regionalizar requiere una densificación de las estaciones con registros pluviográficos.
Dick-Peschke	Moderadamente baja	La expresión está en función de la precipitación para periodos de duración comparables a una duración equivalente a una precipitación de 24 horas
Factor K_d	Moderadamente baja	Existen diversos estudios a nivel nacional que ha obtenido los valores de tales factores K_d , y se pueden obtener fácilmente al conocer valores de otros registros pluviográficos.

Tabla 2

Dificultad relativa para la aplicación de un método en relación a otro

Las demás expresiones citadas anteriormente del contexto internacional, no son de aplicación para el análisis de la presente investigación, pues no serían comparables, pues requieren diversos parámetros que en Bolivia no se ha verificado que se hayan obtenido en los estudios de registro pluviográficos. La única expresión del contexto internacional que tiene una aplicabilidad es la de Dick-Peschke, al relacionarse con el Factor Kd, por la relación entre la precipitación registrada en pluviómetro en 24 horas y comparada con la precipitación para una duración menor.

También para analizar la conveniente aplicación de un método en relación a otro, se ha realizado una evaluación de las expresiones matemáticas de los diferentes métodos analizados, y que se presenta en la siguiente tabla:

Grunsky	Bernard
$i_t = i_{24} \cdot \sqrt{\frac{24}{t}} \quad (1)$	$I = \frac{c \cdot f^m}{t^n} \quad (1)$
Si $i = \frac{P}{t}$ entonces $\frac{P_t}{t} = \frac{P_{24}}{24} \cdot \sqrt{\frac{24}{t}} \quad (2)$	Si $I = i_t^T = \frac{P_t^T}{t}$ entonces $\frac{P_t^T}{t} = \frac{c \cdot f^m}{t^n} \quad (2)$
$P_t = P_{24} \cdot \frac{t}{24} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{t}{24}}} \quad (3)$	$P_t^T = \frac{c \cdot f^m}{t^n} \cdot t \quad (3)$
$P_t = P_{24} \cdot \left(\frac{t}{24}\right) \cdot \left(\frac{t}{24}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$	Si $i_{24}^T = \frac{P_{24}^T}{1440}$ entonces $\frac{P_{24}^T}{1440} = \frac{c \cdot f^m}{1440^n} \quad (4)$
$P_t = P_{24} \cdot \left(\frac{t}{24}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$	$P_{24}^T = \frac{c \cdot f^m}{1440^n} \cdot 1440 \quad (5)$
$P_t = P_{24} \cdot \left(\frac{t}{24}\right)^{0.5} \quad (6)$	Dividiendo (3) entre (5)
Si 24 h = 1440 min $P_t = P_{24} \cdot \left(\frac{t}{1440}\right)^{0.5} \quad (7)$	$\frac{P_t^T}{P_{24}^T} = \frac{\frac{c \cdot f^m}{t^n} \cdot t}{\frac{c \cdot f^m}{1440^n} \cdot 1440} \quad (6)$
	$\frac{P_t^T}{P_{24}^T} = \frac{1}{\left(\frac{t}{1440}\right)^n} \cdot \left(\frac{t}{1440}\right) \quad (7)$
	$P_t^T = P_{24}^T \cdot \left(\frac{t}{1440}\right)^{1-n} \quad (8)$

Tabla 3

Análisis matemático de los métodos para la evaluación de la precipitación de duraciones diferentes a 24 horas

Como se observa en la anterior tabla, el tratamiento matemático de las 2 expresiones conduce a expresiones que están relacionadas con el factor Kd de una manera sencilla que únicamente relaciona el tiempo de duración de la lluvia con la duración igual a 24 horas o su equivalente igual a 1440 minutos, elevado a un exponente. Ahora bien, según la metodología a emplearse el exponente puede ser 0.5 para el caso de Grunsky, 0.25 para Dick-Peschke y “1-n” para el caso de Bernard.

En términos generales el anterior análisis permite establecer que la precipitación para un periodo de lluvia menor a 24 horas de duración, puede ser obtenido mediante una expresión que se plantea de manera genérica de la siguiente manera:

Método de regionalización

$$P_t^T = P_{24}^T \cdot \left(\frac{t}{1440}\right)^g \quad \text{Ecuación [11]}$$

Lo destacable de tal expresión es que se puede obtener fácilmente el coeficiente “g”, simplemente encontrando la relación entre la precipitación de registro pluviométrico para un periodo de retorno determinado y una duración menor a 24 horas, respecto de una precipitación de un registro pluviográfico para el mismo periodo de retorno. Si obtenemos los valores de los coeficientes “g” para las estaciones con registro pluviográfico disponibles y analizamos su relación con otras variables de carácter regional, es posible establecer un método de aplicación en diversas zonas, simplemente conociendo o determinado el parámetro regional “g”.

Para tal propósito se han obtenido y analizado los valores promedio representativos del factor Kd de las estaciones con registro pluviográfico en el territorio nacional de Bolivia, consultados en la bibliografía de referencia del presente trabajo de investigación.

Estación	Duración (min)										
	5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440
Estación El Tejar (Tarija)	0.168	0.254	0.31	0.461	0.57	0.656	0.833	0.867	0.893	0.963	1
Estación Los Pinos (Potosí)	0.156	0.246	0.283	0.35	0.413	0.493	0.63	0.733	0.816	0.893	1
Estación Sucre-Aeropuerto (Chuquisaca)	0.215	0.331	0.441	0.665	0.743	0.779	0.853	0.88	0.92	0.976	1
Estación Andamarca (Oruro)	0.139	0.208	0.248	0.335		0.422	0.568	0.737	0.9	0.925	1
Estación Coipasa (Oruro)	0.080	0.141	0.187	0.283		0.440	0.627	0.740	0.810	0.891	1
Estación Cruce Culca (Oruro)	0.080	0.124	0.157	0.235		0.361	0.530	0.640	0.752	0.880	1
Estación Chillca (Oruro)	0.133	0.207	0.264	0.391		0.469	0.603	0.658	0.773	0.849	1
Estación Chuquiña (Oruro)	0.102	0.144	0.172	0.221		0.320	0.417	0.509	0.649	0.752	1
Estación El Alto (La Paz)	0.086	0.128	0.163	0.250		0.381	0.559	0.670	0.808	0.927	1
Estación Quillacas (Oruro)	0.131	0.179	0.210	0.298		0.421	0.597	0.764	0.932	0.999	1
Estación Salinas (Oruro)	0.132	0.212	0.253	0.338		0.390	0.519	0.634	0.813	0.940	1
Estación Todo Santos (Oruro)	0.096	0.146	0.196	0.326		0.487	0.715	0.812	0.933	0.974	1
Estación Turco (Oruro)	0.199	0.299	0.346	0.385		0.463	0.546	0.657	0.801	0.884	1
Estación Uyuni (Oruro)	0.202	0.271	0.318	0.394		0.470	0.544	0.632	0.757	0.886	1
Estación Viacha (La Paz)			0.069	0.197	0.313	0.409	0.587	0.702	0.808	0.844	1
Estación Guayaramerín (Beni)	0.157	0.224	0.283	0.400		0.555	0.692	0.766	0.875	0.925	1
Estación Magdalena (Beni)	0.117	0.176	0.225	0.350		0.525	0.643	0.716	0.760	0.837	1
Estación Mairana (Santa Cruz)	0.133	0.195	0.243	0.340		0.459	0.565	0.658	0.797	0.953	1
Estación Laikakota (La Paz)	0.182	0.273	0.332	0.448		0.550	0.633	0.715	0.800	0.854	1
Estación El Alto AASANA (La Paz)	0.139	0.192	0.225	0.322		0.452	0.598	0.685	0.781	0.872	1
Estación Central Santa Cruz (Santa Cruz)	0.133	0.198	0.260	0.353		0.550	0.685	0.714	0.873	0.982	1
Estación Central Cochabamba (Cochabamba)	0.132	0.209	0.277	0.398		0.496	0.577	0.648	0.778	0.845	1

Tabla 4

Valores del factor Kd estimados en estaciones con registro pluviográfico en Bolivia

Los anteriores valores han sido obtenidos de diferentes periodos de registro pluviográfico, como se detalla en la siguiente tabla:

Estación	Periodo de Registro
Estación El Tejar (Tarija)	1987 - 1998
Estación Los Pinos (Potosí)	1981 - 2010
Estación Sucre-Aeropuerto (Chuquisaca)	1979 - 2001
Estación Viacha (La Paz)	2005 - 2014
Estación Guayaramerín (Beni)	1988 - 2009
Estación Magdalena (Beni)	1989 - 2007
Estación Mairana (Santa Cruz)	1978 - 1998
Estación Laikakota (La Paz)	1991 - 2007
Estación El Alto AASANA (La Paz)	1974 - 2008
Estación Central Santa Cruz (Santa Cruz)	1980 - 2006
Estación Central Cochabamba (Cochabamba)	1990 - 2008

Tabla 5

Periodos de registros pluviográficos de estaciones de Bolivia

En la anterior tabla únicamente se han podido establecer la referencia del periodo de registro de algunas de las estaciones empleadas en la presente investigación, siendo que no se encuentran referenciados para un periodo de registro las 11 estaciones del Altiplano, en el Departamento de Oruro.

Los estadísticos de las estaciones con registros pluviográficos son diversos, según el enfoque de abor-daje y se puede observar los mismos en las referencias bibliográficas.

Con el objeto de comparar los valores del factor Kd presentados en la anterior tabla, se han obtenido también los valores del factor Kd que corresponden con los métodos de Grunsky y Dick-Peschke, y que se resumen en la siguiente tabla:

Estación	Duración (min)										
	5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440
Kd Dick-Peschke	0.243	0.289	0.319	0.380	0.420	0.452	0.537	0.595	0.707	0.841	1
Kd Grunsky	0.059	0.083	0.102	0.144	0.177	0.204	0.289	0.354	0.500	0.707	1.000

Tabla 6

Valores del factor Kd para las metodologías de Grunsky y Dick-Peschke

Tales valores han sido obtenidos aplicando las siguientes expresiones:

Método de Grunsky

$$K_d = \frac{P_t^T}{P_{24}^T} = \left(\frac{t}{1440} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación [12]}$$

Método de Dick-Peschke

$$K_d = \frac{P_t^T}{P_{24}^T} = \left(\frac{t}{1440} \right)^{0.25} \quad \text{Ecuación [13]}$$

En el siguiente gráfico se representan los valores de Kd para diferentes duraciones, en comparación con los valores estimados por los métodos de Grunsky y Dick-Peschke:

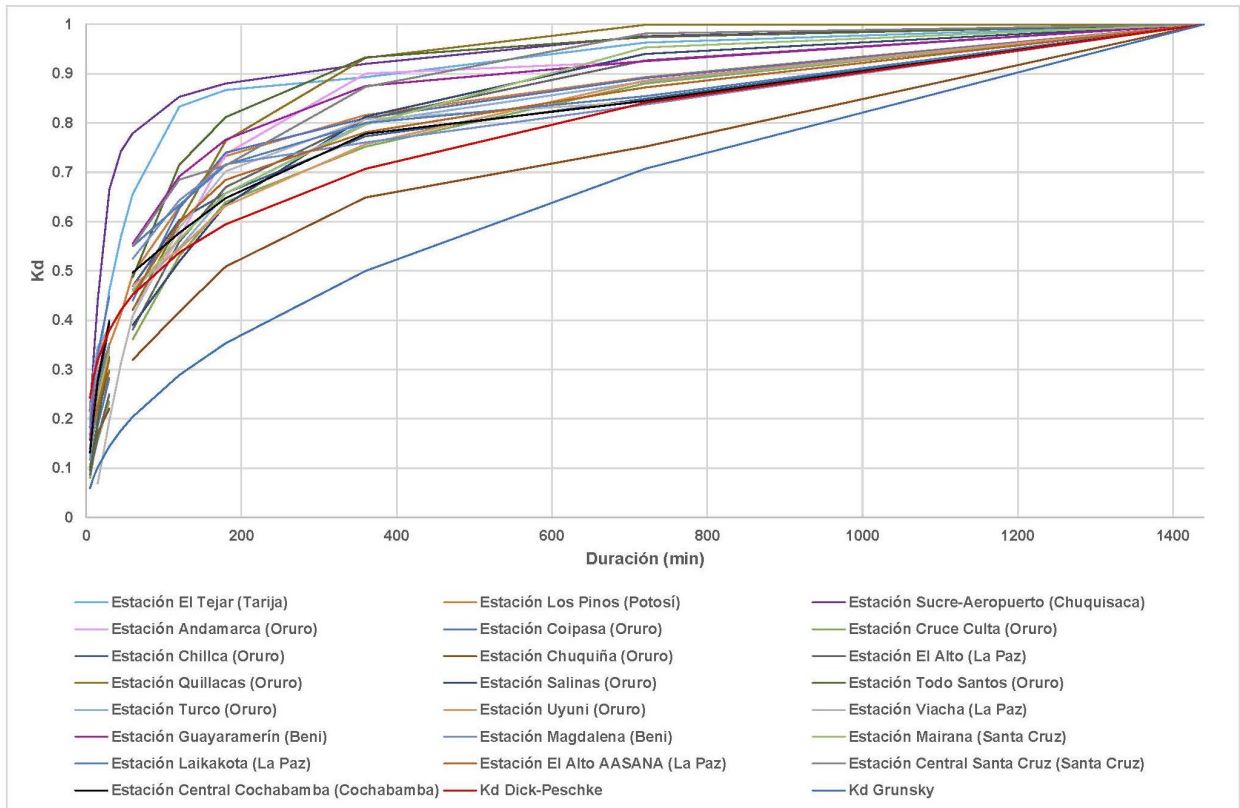


Figura 2

Factor Kd diferentes estaciones con registro pluviográficos en Bolivia

En el anterior gráfico se puede observar que la Estación Central Cochabamba es la que más se ajusta a la fórmula de Dick-Peschke, siendo sus envolventes la estación de Chuquiña (Oruro) y Sucre Aeropuerto (Chuquisaca).

Se observa que los valores de la metodología de Dick-Peschke brinda resultados más cercanos a los valores medidos que los que permite estimar la metodología de Grunsky. Si bien esta situa-

ción cómodamente nos puede inducir a aplicar el método de Dick-Peschke, se observa que es importante también observar su variación de los valores, que obedece a consideraciones locales o regionales de la precipitación, pues como se observó en la Figura 1, las estaciones están dispersas en el territorio boliviano por diversas zonas. Es por ello que es necesario regionalizar el exponente “g”.

Secuencia de procedimiento matemático para obtener el parámetro “g”
$K_d = \left(\frac{d}{1440}\right)^g \quad (1)$
$\ln(K_d) = \ln\left(\frac{d}{1440}\right)^g \quad (2)$
$\ln(K_d) = g \cdot \ln\left(\frac{d}{1440}\right) \quad (3)$
$\ln(K_d) = g \cdot \ln\left(\frac{d}{1440}\right) \quad (4)$
$\ln(K_d) = g \cdot (\ln(d) - \ln(1440)) \quad (5)$
$\sum \ln(K_d) = \sum g \cdot (\ln(d) - \ln(1440)) \quad (6)$
$\sum \ln(K_d) = g \sum (\ln(d) - \ln(1440)) \quad (7)$
$\sum \ln(K_d) = g \cdot (\sum \ln(d) - \sum \ln(1440)) \quad (8)$
$g = \frac{\sum \ln(K_d)}{\sum \ln(d) - n \cdot \ln(1440)} \quad (9)$

Tabla 7

Procedimiento matemático para obtener el exponente “g” de las estaciones con registro pluviográfico

Se ha realizado la estimación de los valores del parámetro “g” de la expresión genérica del método de regionalización propuesto en este trabajo de investigación, para cada una de las estaciones analizadas y con el procedimiento descrito anteriormente, obteniéndose la siguiente tabla sintética:

Estación	Parámetro g	Coficiente R ²
Estación Andamarca (Oruro)	0.275	0.862
Estación Coipasa (Oruro)	0.323	0.954
Estación Cruce Cultra (Oruro)	0.361	0.808
Estación Chillca (Oruro)	0.276	0.936
Estación Chuquiña (Oruro)	0.377	0.911
Estación El Alto (La Paz)	0.344	0.950
Estación Quillacas (Oruro)	0.285	0.962
Estación Salinas (Oruro)	0.289	0.992
Estación Todo Santos (Oruro)	0.290	0.937
Estación Turco (Oruro)	0.242	0.915
Estación Uyuni (Oruro)	0.249	0.970
Estación Guayaramerín (Beni)	0.241	0.874
Estación Magdalena (Beni)	0.287	0.985
Estación Mairana (Santa Cruz)	0.283	0.993
Estación Laikakota (La Paz)	0.231	0.925
Estación El Alto AASANA (La Paz)	0.288	0.921
Estación Central Santa Cruz (Santa Cruz)	0.259	0.966
Estación Central Cochabamba (Cochabamba)	0.274	0.957
Estación Viacha (La Paz)	0.351	0.957

Tabla 8

Exponente “g” de las estaciones con registro pluviográfico

De los anteriores valores estimados para el parámetro “g” se observa que los mismos exponen un ajuste bastante bueno, como se puede verificar en la anterior tabla los valores del coeficiente de correlación.

También para objetos de comparación se han estimado los valores del coeficiente o parámetro “g”, considerando los valores de los coeficientes c, m y n de las curvas IDF informadas por el SENAMHI. La siguiente tabla muestra un resumen de los valores obtenidos:

Estación	Coeficientes curvas IDF			Coeficiente
	c	m	n	g
San Calixto	101.261	0.338	0.629	0.371
Laikacota (d<30 min)	92.28	0.2399	0.4682	0.5318
Laikacota (d≥30 min)	293.68	0.2415	0.8002	0.1998
El Alto - Aeropuerto Internacional (d<120 min)	85.43	0.207	0.529	0.471
El Alto - Aeropuerto Internacional (d≥120 min)	327.32	0.198	0.802	0.198
SENAMHI Central Santa Cruz (d<60 min)	175.3	0.279	0.394	0.606
SENAMHI Central Santa Cruz (d≥60 min)	831.8028	0.2944	0.76277	0.23723
Aeropuerto Cochabamba (d<60 min)	108.288	0.2345	0.5357	0.4643
Aeropuerto Cochabamba (d≥60 min)	293.439	0.188	0.7573	0.2427
Aeropuerto Trinidad	358.53	0.236	0.592	0.408

Tabla 9

Exponente “g” determinado a través de las curvas IDF del Anexo E del Reglamento Técnico de Diseño de Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano

Los valores obtenidos del parámetro “g” para duraciones menores a 60 y 120 minutos son sensiblemente mayores a los que corresponden a las duraciones mayores. Sin embargo, debido a que no se cuenta con el informe que exponga la forma de obtención de la información de referencia, no se puede hacer una valoración conclusiva con la misma. Es por ello que no se ha incluido su tratamiento en esta investigación, y solo adquiere un carácter referencial.

Se intentará realizar un análisis de la correlación existente entre este parámetro con las variables existentes en las estaciones analizadas, que son latitud, longitud y altitud.

La variable predictiva inmediata es la altitud, pero existe un amplio conjunto de parámetros fisiográficos ligados a la lluvia como la pendiente y velocidad de entrada de las masas de aire húmedo, la posición relativa del mar, la orientación de las laderas, el relieve y el efecto pantalla que ejerce la disposición montañosa en varias cadenas, etc. En cada modelo y región se validan las relaciones estadísticas, pero tienen carácter local, lo que hace variable la influencia de cada factor y razonable comprobar su utilidad reformulando el modelo de acuerdo a las características de cada caso. La escala es un segundo aspecto inherente a la definición de los parámetros que traslada incertidumbre a la definición de los modelos (Álvarez Rodríguez, 2011).

Primeramente, con la finalidad de realizar una regionalización del parámetro “g”, se ha realizado un análisis de la relación de tales valores con las coordenadas de las estaciones de registro pluviográfico. Con la información de las coordenadas y los exponentes obtenidos, se ha realizado el análisis de correlación entre el valor del exponente “g” y las coordenadas de latitud, longitud y altitud de las estaciones pluviográficas. El gráfico y expresiones resultantes del análisis realizado se presentan a continuación:

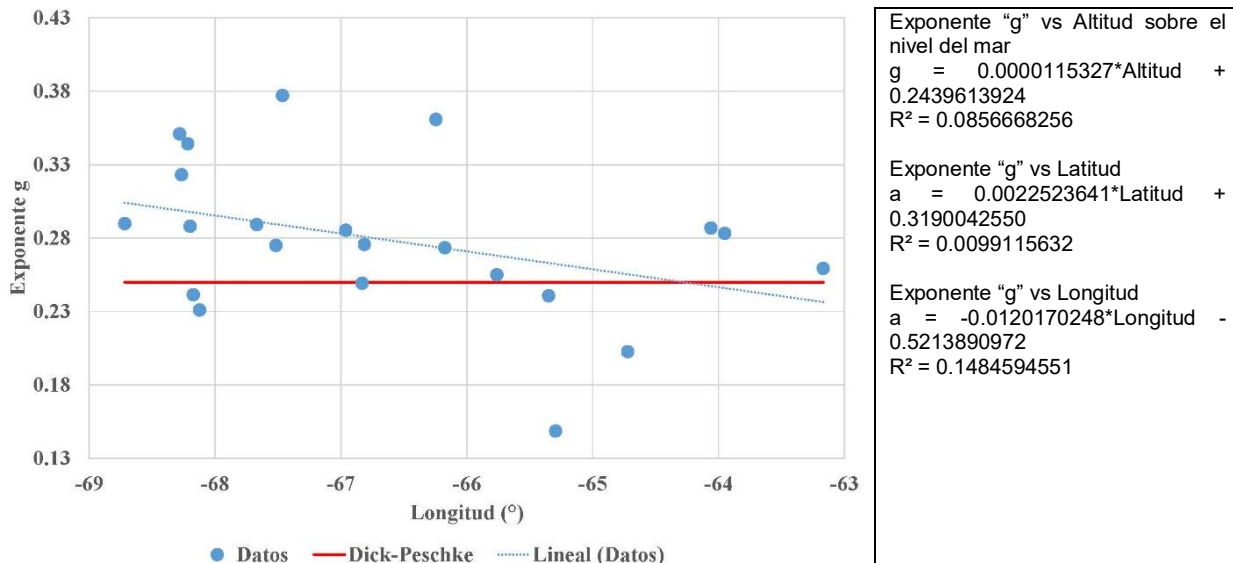


Figura 3

Exponente a en función a la longitud para diferentes estaciones de Bolivia y ecuaciones de regresión del parámetro "g" en función a la altitud, latitud y longitud

Se observa que la mejor correlación del exponente "g" se obtiene con la longitud, este aspecto es interesante, pues permite inferir que los exponentes de las estaciones tienen una relativa influencia de su posición en relación a la cordillera que tiene un desarrollo en dirección Norte-Sur. Sin embargo, este ajuste no es significativo y por tanto determinante, pues los coeficientes de correlación respecto de la varianza son muy bajos, es por ello que se observa que existen aspectos regionales que son importantes al analizar la precipitación.

Para considerar la influencia orográfica se ha realizado una recopilación de información disponible en el portal de datos espaciales de Bolivia <http://geo.gob.bo/portal/>. Se ha empleado la información producida del Mapa Fisiográfico de Bolivia, elaborado por la Dirección de Ordenamiento Territorial en una escala 1:1,000,000 (Dirección General de Ordenamiento Territorial - Bolivia, 2002).

La información ha sido procesada con el software ArcGis, a qué provincia fisiográfica y gran paisaje pertenecen las estaciones con registros pluviográficos analizadas. El siguiente mapa ilustra la ubicación de las estaciones en las diferentes provincias fisiográficas:

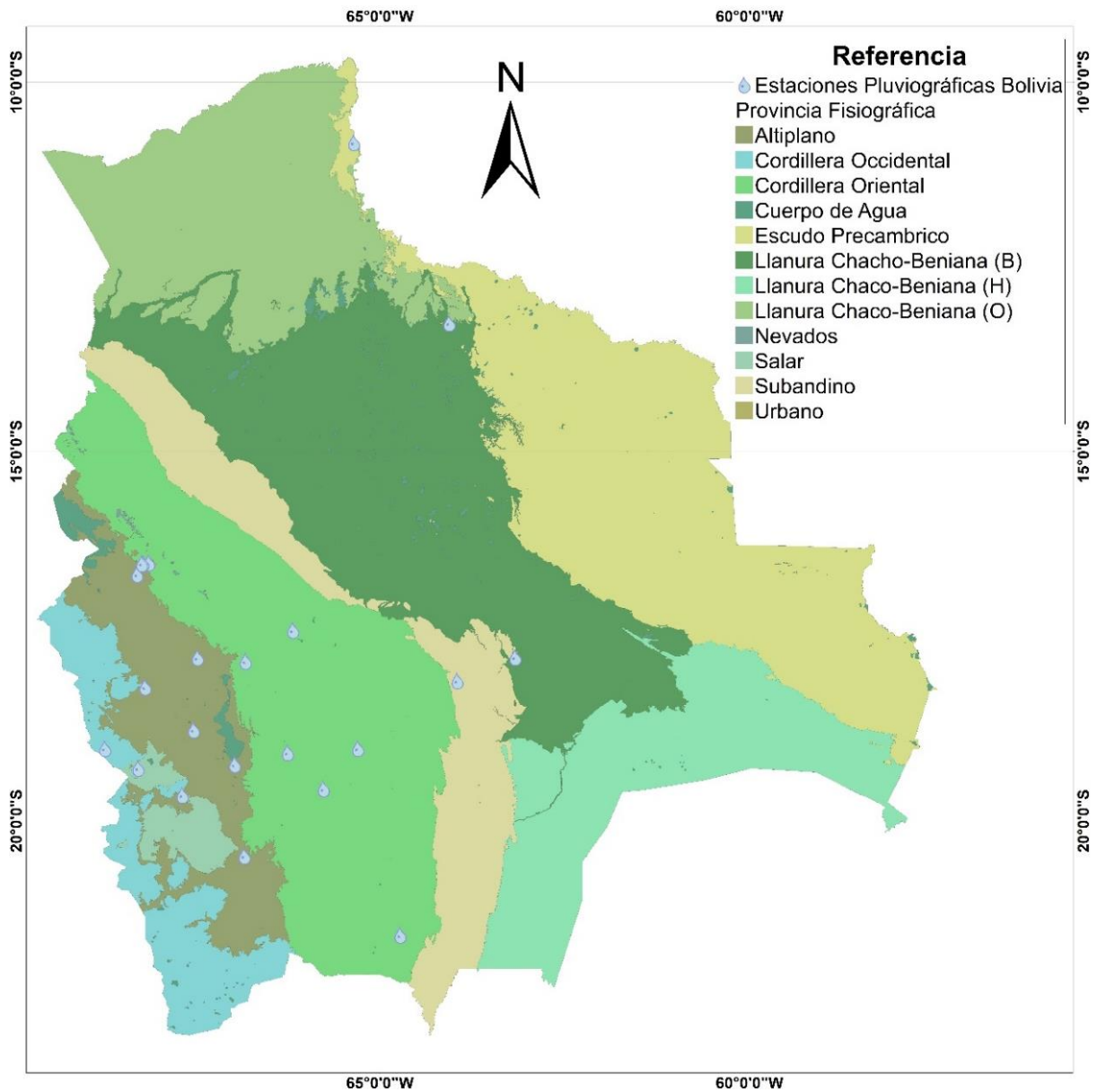


Figura 4

Mapa de provincias fisiográficas de Bolivia

Se observa que la mayoría de las estaciones se encuentran en la zona del altiplano y la cordillera oriental. Esta situación limita la regionalización, pues es deseable contar con una densidad mayor de estaciones con registros pluviográficos que permita determinar la correlación de variables con una adecuada representatividad.

Considerando la importancia de la orografía también se ha analizado las estaciones según su ubicación respecto del siguiente mapa de las provincias fisiográficas y el gran paisaje de Bolivia:

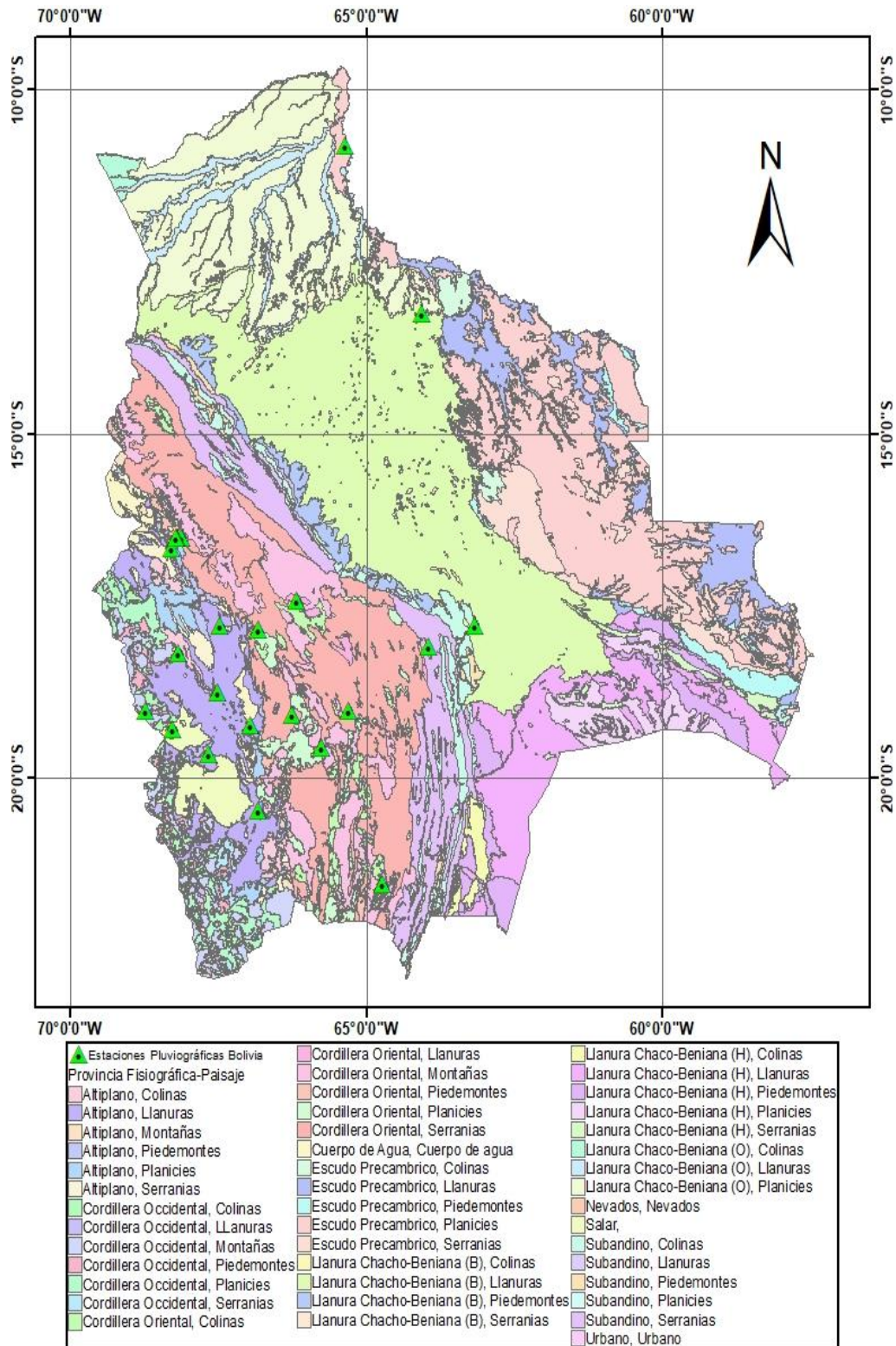


Figura 5

Mapa de gran paisaje de Bolivia

A continuación, se presenta la tabla que muestra cómo las estaciones con registro pluviográfico se ubican en relación a la distribución espacial de las provincias fisiográficas y el gran paisaje en Bolivia. Es una tabla interesante, pues expone una representatividad razonable de estaciones en las unidades que representan de alguna manera la orografía del territorio boliviano, observándose que existen al menos 4 estaciones en cada unidad de provincia fisiográfica y al menos 3 estaciones en cada unidad de gran paisaje. La representatividad es mayor en lo que respecta a provincia fisiográfica respecto de gran paisaje, al ser el gran paisaje una subclasificación de la provincia fisiográfica.

Estación	Provincia Fisiográfica	Estación	Gran Paisaje
Andamarca - C A	Altiplano	Andamarca - C A	Colinas
Chuquiña	Altiplano	Chuquiña	Colinas
Quillacas C A	Altiplano	Viacha	Piedemontes
Salinas de Garci-Mendoza C SAT	Altiplano	Coipasa	Montañas
Turco - SAT	Altiplano	Todos Santos	Montañas
Uyuni	Altiplano	Quillacas C A	Llanuras
Viacha	Altiplano	Salinas de Garci-Mendoza C SAT	Llanuras
Coipasa	Cordillera Occidental	Turco - SAT	Llanuras
Todos Santos	Cordillera Occidental	Uyuni	Llanuras
El Alto Senamhi	Cordillera Oriental	Laycacota - C A SAT	Urbano
Chillca	Cordillera Oriental	El Alto Senamhi	Piedemontes
Cochabamba - Aeropuerto	Cordillera Oriental	Chillca	Planicies
Cruce Culta (Ventilla) - GPRS	Cordillera Oriental	Cruce Culta (Ventilla) - GPRS	Serranías
El Alto - Aeropuerto	Cordillera Oriental	El Alto - Aeropuerto	Piedemontes
El Tejar - Tarija	Cordillera Oriental	Potosí - Los Pinos	Serranías
Potosí - Los Pinos	Cordillera Oriental	Cochabamba - Aeropuerto	Llanuras
Sucre	Cordillera Oriental	El Tejar - Tarija	Llanuras
Laycacota - C A SAT	Urbano	Sucre	Planicies
Guayaramerin - Aeropuerto	Escudo Precámbrico	Mairana	Serranías
Magdalena - Aeropuerto	Escudo Precámbrico	Guayaramerin - Aeropuerto	Planicies
Mairana	Subandino	Magdalena - Aeropuerto	Planicies
Santa Cruz - C SAT	Urbano	Santa Cruz - C SAT	Urbano

Tabla 10

Ubicación de las estaciones con registro pluviográfico respecto de las provincias fisiográficas y gran paisaje de Bolivia

En base a la anterior tabla, se ha correlacionado las coordenadas latitud, longitud y altitud con los valores estimados del parámetro “g” de las estaciones con registro pluviográfico según su pertenencia a las provincias fisiográficas y gran paisaje. Los resultados se presentan en la siguiente sección.

3. Resultados

Aplicando la metodología planteada del parámetro “g” correlacionado con la latitud, longitud y altitud de las estaciones con registro pluviográfico, según su pertenencia a las provincias fisiográficas y gran paisaje de Bolivia, se han obtenido las mejores correlaciones que se presentan en las siguientes tablas:

Correlación	Zona	Expresión	R ²
g - Latitud	Altiplano-Cordillera Occidental	$g = 0.024268301 \cdot \text{Latitud} + 0.753874606$	0.365
g - Altitud	Cordillera Oriental	$g = 0.000051111 \cdot \text{Altitud} + 0.087356945$	0.411
g - Longitud	Subandino-Precámbrico	$g = 0.011832535 \cdot \text{Longitud} + 1.026481973$	0.244

Tabla 11

Mejores correlaciones del parámetro “g” respecto de la latitud, longitud y altitud de las estaciones con registro pluviográfico en Bolivia – Análisis provincias fisiográficas

Correlación	Zona	Expresión	R ²
g - Latitud	Cordillera Occidental - Altiplano (Colinas, Piedemontes, Montañas)	$g = 0.025705571 \cdot \text{Latitud} + 0.793802772$	0.433
g - Latitud	Altiplano (Llanuras)	$g = -0.010241343 \cdot \text{Latitud} + 0.066716392$	0.352
g - Altitud	Coordillera Oriental (Piedemontes, Serranías, Planicies)	$g = 0.000562720 \cdot \text{Altitud} - 1.972737062$	0.868
g - Altitud	Coordillera Oriental - Subandino (Planicies, Llanuras, Serranías)	$g = 0.000054112 \cdot \text{Altitud} + 0.344270642$	0.353
g - Longitud	Escudo Precámbrico - Subandino (Planicies)	$g = 0.010476710 \cdot \text{Longitud} + 0.934949420$	0.245

Tabla 12

Mejores correlaciones del parámetro “g” respecto de la latitud, longitud y altitud de las estaciones con registro pluviográfico en Bolivia – Análisis gran paisaje

Las anteriores tablas sintetizan las expresiones del parámetro “g” regionalizado.

4. Discusión

Con la aplicación de la metodología propuesta y desarrollada amerita exponer lo siguiente:

- ⊙ La metodología permite encontrar tormentas hipotéticas o de diseño, conociendo únicamente las coordenadas latitud, longitud, altitud de las estaciones con registros pluviométricos con mediciones de precipitación cada 24 horas y su respectivo periodo de retorno asociado.
- ⊙ El parámetro “g” resulta una variable versátil que permite correlacionar la precipitación máxima de los registros pluviométricos con los registros pluviográficos, y permite establecer la relación entre la precipitación y su duración.
- ⊙ La zonificación del parámetro “g” en función de coordenadas (latitud, longitud y altitud) resulta una sencilla manera de calcular y explorar los diferentes valores del parámetro

“g” en la extensión del territorio nacional de Bolivia, considerando la importancia de la orografía presente en cada zona, expresada a través de las diferentes unidades de provincia fisiográfica y gran paisaje identificadas.

- ⊙ Los resultados referidos a la correlación entre la precipitación y la latitud en la zona del altiplano son razonables, y coinciden con exploraciones de tal comportamiento como se explica en el artículo intitulado “Aspectos generales del clima en el altiplano sudamericano” (Aceituno, 1993).
- ⊙ La correlación en zona de montaña de la precipitación y la altitud es analizada de manera muy amplia la tesis doctoral “Estimación de la distribución espacial de la precipitación en zonas montañosas mediante métodos geoestadísticos” (Álvarez Rodríguez, 2011) y también explorada en diversos estudios regionales (Espinoza Villar & et.al., 2010).
- ⊙ La correlación en la zona de llanuras es analizada en diversos estudios regionales (Espinoza Villar & et.al., 2010) (Investigación para el Desarrollo, 2017) y locales (Castel Diez & Molina Carpio, 2014), exponiendo un comportamiento en la zona relacionada con la longitud, dada la influencia de la cordillera de Los Andes.
- ⊙ El método propuesto del Parámetro “g” Regionalizado permite calcular los hietogramas de tormentas de diseño, conociendo únicamente los valores de la precipitación máxima registrada en pluviómetros y para los cuales se realice el tratamiento estadístico de sus valores, que permita analizar un periodo de retorno determinado.
- ⊙ El método propuesto para la determinación del parámetro “g” es consistente desde una concepción matemática, como lo fue demostrado en las líneas precedentes, y es conforme con los métodos ampliamente empleados para el análisis de la distribución de la precipitación según su duración.
- ⊙ Los mejores estimativos y/o ajustes del método del parámetro “g” regionalizado son fácilmente actualizables, considerando el análisis de registro pluviográficos empleando el método del factor Kd únicamente.
- ⊙ Evidentemente que podrán estudiarse de manera más amplia las cuestiones climatológicas de manera local que permitan realizar ajustar los valores del parámetro “g” y la delimitación de las zonas de aplicación del mismo. Esto requiere una densificación de las estaciones que permitan realizar un registro pluviográfico.
- ⊙ No es conveniente el empleo del método de Grunsky para el cálculo de la distribución de la precipitación en periodos menores a 24 horas, pues sus valores no se ajustan convenientemente a los que se analizaron en el territorio boliviano. Si bien el método de Dick-Peschke permite obtener valores más cercanos a algunos de los observados, del análisis del mismo, se observa la necesidad de regionalizar y/o generalizar el exponente, como es posible a través de la Ecuación [11] del presente artículo de investigación.

5. Bibliografía

- ◻ Aceituno, P. (1993). ASPECTOS GENERALES DEL CLIMA EN EL ALTIPLANO SUDAMERICANO. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos, EL ALTIPLANO Ciencia y conciencia en los Andes (págs. 63-69). Arica, Chile: Universidad de Chile, Inscripción N° 100.491, ISBN 956-272-693-2.
- ◻ Administradora Boliviana de Carreteras. (2007). Manual de hidrología y de drenaje. Administradora Boliviana de Carreteras.
- ◻ Álvarez Rodríguez, J. (2011). Estimación de la distribución espacial de la precipitación en zonas montañosas mediante métodos geoestadísticos. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de caminos, canales y puertos .
- ◻ Amaya Martinez, R. G., López Condori, M., & Seoane Salazar, M. E. (2009). Curvas IDF para diferentes categorías de análisis de eventos extremos de las ciudades del Eje Central de Bolivia (La Paz, El Alto, Cochabamba y Santa Cruz). Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/62666857/proyecto-de-grado-curvas-idf-en-el-eje-de-bolivialapazelaltostacruzcochabamba>
- ◻ Carrillo Nacho, N., Marca Castillo, R. V., & Villarroel Quevedo, M. A. (2011). Construcción de relaciones IDF mediante la caracterización temporal de eventos extremos con criterios adimensionales para las estaciones de Guayaramerín, Magdalena y Mairana. La Paz: UMSA.
- ◻ Castel Diez, A. P., & Molina Carpio, J. (2014). ANÁLISIS DE TENDENCIAS CLIMÁTICAS PARA LA LLANURA AMAZÓNICA BOLIVIANA. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de san Andrés.
- ◻ Dirección General de Ordenamiento Territorial - Bolivia. (2002). Memoria del Mapa Fisiográfico de Bolivia. La Paz: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación.
- ◻ Espinoza Villar, J. C., & et.al. (2010). Variabilidad espacio-temporal de las lluvias en la cuenca amazónica y su relación con la variabilidad hidrológica regional. Un enfoque particular sobre la región andina. REVISTA PERUANA GEO-ATMOSFÉRICA RPGA, 99-130.
- ◻ Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, María del Pilar. (2010). Metodología de la investigación - Quinta Edición. México: Educación McGraw Hill.
- ◻ Instituto Nacional de Vías - Colombia. (2009). Manual de Drenaje de Carreteras. Bogotá.
- ◻ Investigación para el Desarrollo. (2017). Evaluación de vulnerabilidad e impacto del cambio climático en el Gran Chaco. Asunción, Paraguay: Centro de Conocimiento para el Gran Chaco Americano y Cono Sur.
- ◻ Iturry Urquizo, F. S. (2013). Relaciones IDF mediante la caracterización temporal de eventos extremos máximos de precipitación - Aplicación en las ciudades de Potosí, Sucre y Tarija. Obtenido de <http://sicyt.umsa.bo/tesis/informacion-Tesis/36>

- ❑ Maldonado Navia, R. A. (2015). Determinación de relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de 11 estaciones meteorológicas del Altiplano, mediante el análisis de eventos extremos de precipitación. Obtenido de Tesis de Maestría - UMSA: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6780/TM-2216.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ❑ Ministerio de Medio Ambiente y Agua - Bolivia. (2010). Reglamento Técnico de Diseño de Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano. La Paz: Arteria Producciones.
- ❑ Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2011). Manual de Carreteras del Paraguay, Normas para Obras de Drenaje Vial, Tomo 3, Volumen 1. Asunción.
- ❑ MTC - Perú. (2008). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- ❑ Quispe Mamani, J. C. (Junio de 2018). Curvas IDF para la estación meteorológica de Viacha, Departamento de La Paz. Obtenido de Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz, vol.5, n°1, pág. 99-105. ISSN: 2518-6868: http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5n1/v5n1_a12.pdf <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-de-san-andres/hidrologia/curvas-idf-para-la-paz/8970240>
- ❑ Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la República de México. (15 de Enero de 2021). Isoyetas de Intensidad - Duración - Periodo de Retorno para la República Mexicana. Obtenido de <https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/isoyetas/>

ARTÍCULO 2

Aspectos relevantes en la modalidad semipresencial en posgrado

Relevant aspects in the blended modality in postgraduate studies

Lozano Velásquez Moisés Agustín,¹Gutiérrez Quiroga Maribel ²

¹ Ingeniero Civil, docente universitario carrera de Ingeniería Civil UAJMS, Tarija, Bolivia

² Licenciada en Economía, profesional administrativo UAJMS, Tarija, Bolivia

* Correspondencia del autor: moicoml55@gmail.com

Recibido: 21 de julio de 2021
Aprobado: 13 de septiembre de 2021

Resumen:

La dirección de posgrado oferta programas de maestría modalidad semipresencial, que combina clases virtuales con presenciales, Los módulos se desarrollan mediante la plataforma virtual Moodle, el presente estudio muestra las características sobresalientes de los diferentes módulos cursados en la maestría en recursos hídricos, también se realiza una valoración en el diseño, medios, estrategias y actividades, tanto en la clase presencial como la virtual.

En el artículo se emplea el método deductivo, inductivo y analítico. La muestra es por conveniencia se recaba información de los 34 postulantes que asisten con regularidad a la maestría en recursos hídricos

Entre los resultados obtenidos de mayor relevancia e interés se tiene: la preparación del material, enseñanza de software y ejemplos prácticos.

En base a encuestas realizadas a los estudiantes destaca que los objetivos planteados en los planes de trabajo de los diferentes módulos no son viables, en el contenido se aprecia que el cronograma de actividades no cumple con las fechas programadas y que no están acorde a necesidades del estudiante, los medios y materiales didácticos que perciben mayor acepta-

ción es ejemplos prácticos, plan de trabajo. Las actividades de la clase presencial recomendadas por el estudiante es realizar ejemplos y prácticas en el ámbito laboral.

Palabras clave: Comunicación, estudiante, docente, material didáctico, Moodle, contenidos.

Abstract

The postgraduate management offers blended master's programs, which combine virtual and face-to-face classes. The modules are developed through the virtual platform Moodle, this study shows the outstanding characteristics of the different modules studied in the master's degree in water resources, it is also carried out an assessment of the design, media, strategies and activities, both in face-to-face and virtual classes.

The article uses the deductive, inductive and analytical method. The sample is for convenience, information is collected from the 34 applicants who regularly attend the master's degree in water resources

Among the most relevant and interesting results obtained are: the preparation of the material, the teaching of software and practical examples.

Based on surveys carried out with the students, it stands out that the objectives set out in the work plans of the different modules are not feasible, in the content it is appreciated that the schedule of activities does not meet the scheduled dates and that they are not in accordance with the needs of the student, the means and teaching materials that perceive greater acceptance are practical examples, work plan.

The activities of the face-to-face class recommended by the student is to carry out examples and practices in the workplace.

Keywords: Communication, student, teacher didactic material, Moodle, contents.

1. Introducción

Para diseñar un modelo idóneo es sustancial que el docente maneje el Moodle y las herramientas informáticas, que permitan elaborar diseños óptimos que se ajusten a las necesidades del postulante, tanto en el perfil profesional como en el proceso de enseñanza aprendizaje.

El hecho de interiorizarse con las diversas herramientas que ofrece Moodle, generan la posibilidad de diseñar buenos módulos fomentando la interacción, ello abre la posibilidad de crear un modelo de clase virtual,

Es evidente que entre las nuevas funciones del profesorado se encuentra la de integrar e incorporar los medios a la enseñanza de forma efectiva y a favor de la optimización del aprendizaje. Por ello, su formación y perfeccionamiento orientados al uso y manejo de las TIC es una de las piedras angulares que va a condicionar dicha integración (Del Moral y Villalustre, 2010).

En la modalidad semipresencial el estudiante asume un rol más activo que en clases presenciales, esto se debe al hecho que el estudiante se apoya y cumple con los objetivos de aprendizaje por medio de los recursos y actividades presentes en el módulo. El interés y facilidad en la construcción de conocimientos es proporcional al

material contemplado en el módulo, El material debe ser organizado acompañados de actividades, soporte y técnicas que permitan el desarrollo del conocimiento.

Algunos enfoques teóricos clásicos vinculados con la educación a distancia han ido desarrollando un marco teórico basado en el concepto de estudio o aprendizaje independiente (Barberà, Badia y Mominó, 2001)

En el programa maestría en recursos hídricos se destaca que los materiales en su mayoría son actuales acompañados de enlaces, sigue un orden y secuencia lógica. En la minoría de los módulos se aprecia recursos y materiales que coadyuven en el proceso de aprendizaje, como videos tutoriales, programas o documentos elaborados con aplicaciones informáticas.

El perfil profesional de los postulantes de la maestría en recursos hídricos se conforma de áreas técnicas como la ingeniería civil, agronomía, tal perfil ve por conveniente la actualización mediante software especializados y ejemplos prácticos requeridos en el medio laboral, dan importancia a dichos puntos porque el postulante entiende que el conocimiento en el área técnica debe ir de la mano con las práctica para la comprensión de la teoría en especial para la aplicación en el espacio laboral, además el postulante señala que la formación en los módulos debe estar orientada en la elaboración de proyectos o tareas presentes en el ámbito profesional.

Dichas dificultades tienen que ver, entre otros aspectos, con la falta de comprensión de los conceptos (Viennot, 2002) así como con la escasa relación con el experimento y falta de apropiación de la experiencia sensible que le permita dar cuenta de los fenómenos estudiados (García,1999).

La enseñanza basada en proyectos es una estrategia holística en vez de ser un complemento, en donde los estudiantes planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase (Karlín y Viani, 2001).

Si bien el programa de recursos hídricos tiene varios aciertos y cuenta con una estructura en la plataforma Moodle, hay puntos que requieren un análisis entre ellos la valoración de los objetivos planteados en los módulos, que según la perspectiva de los estudiantes es aceptable, pero se debe realizar un análisis en la viabilidad y cumplimiento de los objetivos planteados.

El adecuado desarrollo de una clase requiere que en la misma se trate el contenido de enseñanza aprendizaje con rigor científico (Argudín, 2000). Para ello deben emplearse fuentes actualizadas y suficientes, las que han de permitir al docente realizar una orientación precisa a los estudiantes (Miranda 2017).

Al analizar el estudio se refleja que se debe realizar un ajuste a los contenidos y convenir el perfil de necesidades y preferencias de los alumnos, y que el cronograma de actividades sea accesible y cumpla con las fechas programadas, y actualizar los contenidos y tecnologías en los módulos.

Al reflexionar sobre la metodología y materiales didácticos, se debe considerar que, a diferencia de las clases presenciales, la modalidad semipresencial requiere mayor preparación. El docente debe caer en cuenta que el estudiante tiene mayor autonomía en la construcción del conocimiento, que implica crear materiales y actividades secuenciales bien ordenadas, estructuradas y relacionado con los contenidos que se acomoden a la modalidad semipresencial facilitando la comprensión y aprendizaje de los saberes por parte del postulante. Los estudiantes del programa señalan que se debe diseñar metodologías que faciliten el aprendizaje.

En cuanto a la clase presencial debe ser aprovechada al máximo y ser un espacio de dialogo donde se comparta experiencias laborales y abordar trabajos que se realicen en el medio.

Como parte de la estrategia docente, deben elaborarse recursos didácticos que permitan proporcionar información, motivar a los estudiantes, guiar los aprendizajes, desarrollar habilidades, evaluar

los conocimientos y habilidades, y proporcionar espacios para la expresión y la creación (Montes y Machado 2011).

La plataforma virtual Moodle oferta una variedad de recursos y actividades, para la selección, diseño y desarrollo del módulo, el detalle está en el ingenio y creatividad del docente al planificar y organizar los contenidos, tareas y actividades didácticas. La dificultad radica en que el docente desconoce el alcance de la plataforma Moodle, limitando su creatividad en cuanto a producción de actividades, en ocasiones cayendo en la monotonía.

2. Materiales y métodos

Los métodos de investigación utilizados fueron el método deductivo, inductivo y analítico para analizar las características que influyen en la interacción y comunicación del proceso enseñanza aprendizaje en la modalidad semipresencial. En cuanto a las técnicas utilizadas fueron el cuestionario y el análisis de documentos.

La población objeto de estudio estuvo conformada por los participantes de la maestría de recursos hídricos 34 profesionales.

Para la recolección de información se elaboró y aplicó un cuestionario conformado por preguntas que tenían respuestas de escala Likert. Previamente al llenado del cuestionario, se explicó a los participantes de la maestría de recursos hídricos, el objetivo de la investigación y el tratamiento que se dará a la información obtenida. De manera que las respuestas que pudieran dar los encuestados sea lo más fidedigna posible.

3. Resultados

A continuación, se expone parte de los resultados obtenidos en la investigación disgregado en los siguientes puntos.

Actividades destacables en los módulos del programa maestría en recursos hídricos.

Los resultados que se presentan en la Figura 1, muestran la valoración de los estudiantes a los diversos módulos del programa maestría en recursos hídricos, sobre una escala de cinco, la mayoría se encuentra entre regular y bueno, se resalta que todos los módulos de programa los docentes muestran diferentes metodologías, medios y formas de enseñanza, que coinciden o no con la preferencia de los estudiantes.

Para el desarrollo de la clase virtual se cuenta con la plataforma Moodle, que provee de una estructura general para los módulos generando cierto parecido en el desarrollo de los módulos, la metodología y forma de enseñanza de los docentes es diferente haciendo cada módulo único e interesante, por ello se menciona los caracteres de mayor relevancia en los diversos módulos cursados. Las principales características que los postulantes subrayan son el orden y estructura de los materiales proporcionados, enseñanza de software, elaborar actividades presentes en el ámbito laboral.

Al examinar los datos de la investigación y la diferencia que tienen los módulos que perciben la menor puntuación en relación a las demás asignaturas del programa maestría en recursos hídricos, coinciden en varios aspectos como la metodología, evaluación, plan de trabajo, y didáctica.

Los módulos de baja valoración presentan un elemento en común que es la forma de preparar y presentar el material, sus características se describen a continuación.

- ⊙ El material entregado al postulante para que realice las actividades se encuentran desordenados y no presentan alguna secuencia o estructura.
- ⊙ Los materiales no son actuales, se sabe que en todas las áreas del conocimiento existe una actualización permanente, y se debe contar con bibliografía moderna.
- ⊙ Varios archivos proporcionados no presentan relación con el modulo.

Tal análisis orienta y crea una línea base en la forma y tipo de material que se debe incluir en la plataforma Moodle, es necesario enfatizar que el estudiante conlleva mayor autonomía en el proceso de aprendizaje, para ello es substancial que la información provista al postulante contenga una estructura y secuencia que agilice el proceso de aprendizaje.

En programas posgradual orientados a la tecnología se debe sensibiliza tanto al cuerpo docente como postulantes que el conocimiento es atemporal es cierto se cuenta con bases y premisas inmutables que son los cimientos de muchas ciencias, pero con el pasar del tiempo y el fácil acceso a la información se presenta nuevas tecnologías, herramientas y soluciones.

Se sabe que el conocimiento es vasto, y en el módulo se aborda solo una parte. Es una época que la información se ha globalizado y es de libre acceso una virtud aprovechable, el docente se debe enfocar en fomentar la curiosidad y transmitir una actitud innovadora, promover la investigación y búsqueda de la información.

En cuanto a los contenidos se destaca el modulo E, que presenta material semanal disgregado por unidades temáticas, el docente prepara una carpeta que contiene bibliografía sobre el tema por abordar, una actividad con sus instrucciones respectivas, en otra sección muestra un ejemplo del problema planteado, e incluye un software con un tutorial para su realización el postulante decide si lo hace manual o con ayuda del programa. Se presenta la dificultad al instalar el programa que requiere de conocimientos básicos de informática, en ocasiones cuesta entender la interfaz del programa. Sería recomendable capacitar en la clase presencial. Finalmente prepara un proyecto final que aborda el contenido del módulo aplicable en el ámbito laboral.

En el módulo A y B del programa, los docentes orientan sobre el manejo de software herramientas útiles en el momento sistematizar, optimizar y evitar el error en los cálculos, Los programas

deben complementar lo desarrollado en la teoría, siendo útiles al elaborar proyectos e investigaciones, es importante incluir en los contenidos la aplicación de herramientas informáticas.

En la parte teórica se desarrolla el módulo en base a enlaces y sitios WEB, que contienen bastante información sobre materia y recursos, con ello se resalta la importancia de buscar información en la WEB, e inclina que el postulante adopte un carácter investigador abordando los temas que despierten su interés.

Finalmente, el postulante ve la necesidad de combinar y manejar los conocimientos para generar un producto final que sea aplicable en la realidad, es importante que los módulos sean concebidos con la idea que los contenidos desarrollados y avance llegue a un producto final o proyecto aplicable en el ámbito laboral.

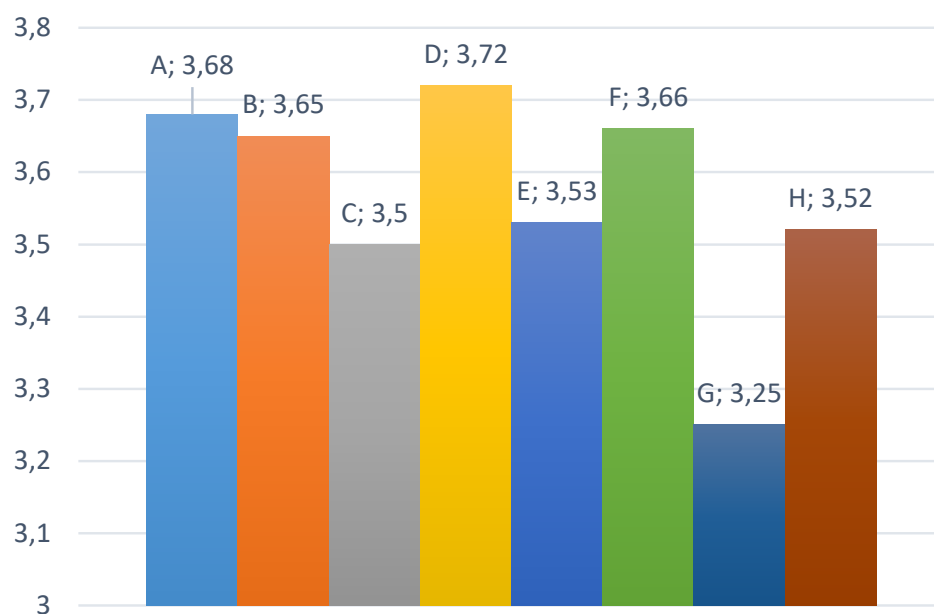


Figura 1. Valoración de los módulos en la maestría en recursos hídricos.

Al realizar la valoración de los objetivos planteados se solicita al postulante que asigne cualidades al programa maestría en recursos hídricos los resultados de la figura 2. Conciérne al apartado a veces, tal análisis corresponde a la discrepancia y críticas del postulante. El (35%) de los maestrantes indican que los objetivos planteados no son viables, que deben ser factibles acorde a la característica del estudiante. El (31%) indica que no se cumple con los objetivos formulados, dicho aspecto resalta que se debe considerar el tiempo y modalidad del programa. El (23%) de los postulantes señala que no se plantea objetivos en las clases presenciales, tal aspecto indica que las clases presenciales no se incluye en el plan de trabajo. El (19%) señala que no se definen los objetivos a partir de las necesidades ello indica que el objetivo se debe ajustar a las necesidades y preferencia de formación.

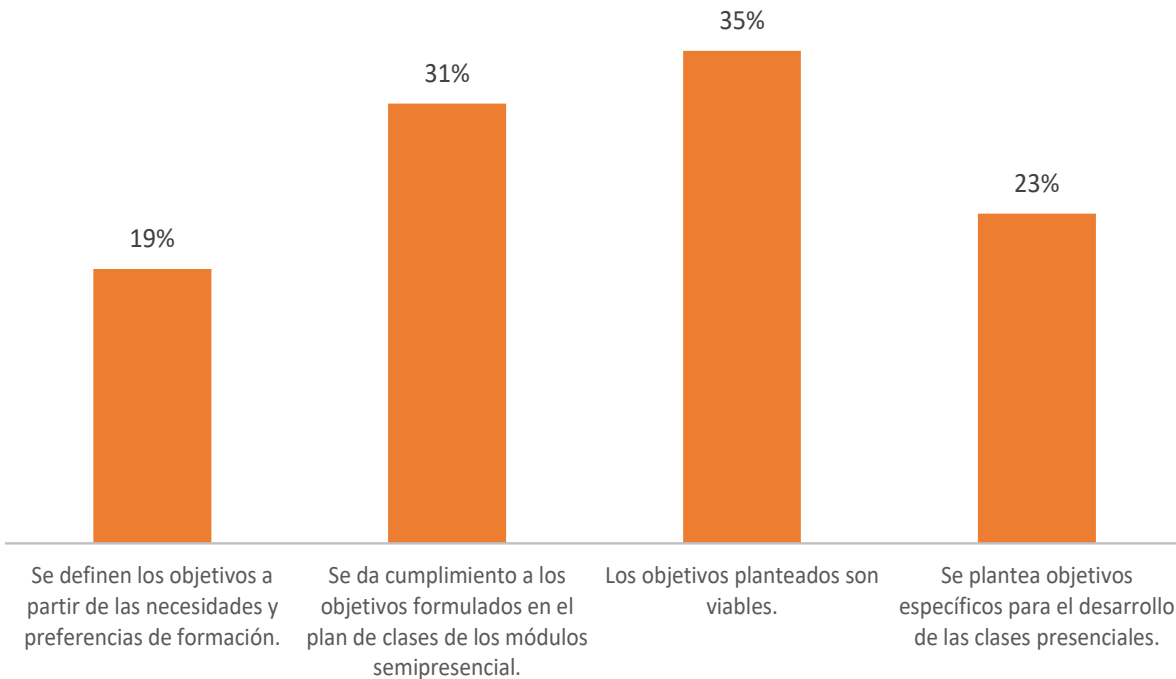


Figura 2. Valoración de los objetivos planteados en los módulos del programa maestría en RR HH.

Al realizar la valoración del contenido de los módulos se solicita al postulante que asigne cualidades al programa maestría en recursos hídricos los resultados de la tabla 1. Concierno al apartado a veces dicho análisis corresponde a la divergencia del postulante sobre los contenidos. El (46%) de los postulantes señalan que no se cuenta con medios alternativos para estudiantes que no disponen de internet, se puede buscar una alternativa para incluir y propiciar material a los casos críticos (postulantes que no tengan acceso a internet), se puede facilitar el material y actividades en un dispositivo de almacenamiento, y programar las fechas de entrega acorde a su situación. El (35%) de los estudiantes señalan que no se cumple con las fechas programadas, dicho aspecto refleja lo que acontece en las clases presenciales. En la mayoría de los módulos se reprograma la fecha, que genera inconvenientes al postulante que programa su tiempo para asistir. El (35%) resalta que se debe actualizar y considerar la necesidad de los postulantes, para ello se podría formar un equipo de docentes y considerar las sugerencias de los postulantes en el momento de preparar el contenido. El (31%) señala que se debe actualizar los contenidos, los programas tienen como fin especializar y actualizar a los maestrantes en un área, se debe procurar ajustar los contenidos acordes a temas e investigaciones recientes. El (19%) señala que los planes de trabajo no se muestran con claridad, siendo una minoría, al ser la modalidad virtual el plan de trabajo se convierte en la guía, de cómo se va desarrollar el módulo, mientras más detallado se presente, menos dudas se tendrá al resolver las actividades propuestas, en el plan de trabajo no se incluye la organización y avance de la clase presencial. Los postulantes señalan que hay coherencia entre los objetivos y contenidos.

Contenidos	A veces
En los planes de trabajo presentados, se muestra con claridad (objetivos, metodología, materiales, contenidos, actividades y evaluación).	19%
El cronograma o calendario de actividades académicas es accesible y cumple con las fechas programadas.	35%
Los contenidos son coherentes con los objetivos planteados para el curso.	23%
Se cuenta con contenidos actualizados y adecuados al curso.	31%
Los contenidos se presentan en forma sistemática y de acuerdo al perfil de necesidades y preferencias de los estudiantes.	35%
Se dispone de medios alternativos y accesibles de publicación de contenidos para los alumnos que no disponen de acceso permanente a internet o de conexiones de baja velocidad.	46%

Tabla 1. Análisis de contenido de los módulos.

En la tabla 2 se aprecia la valoración en escala cualitativa de la metodología y materiales didácticos. El (27%) de los postulantes indican que la metodología empleada no atiende los distintos estilos de aprendizaje, sería interesante diversificar la metodología con el fin de incluir las distintas formas de aprendizaje. El (31%) de los postulantes señalan que las metodologías didácticas no facilitan el aprendizaje, tal aspecto indica que se debe buscar nuevas metodologías de enseñanza. En el caso de los materiales didácticos la mayoría señala que son congruentes con los contenidos. La plataforma Moodle contempla varias actividades, su diseño metodología y materiales depende del docente.

Metodología didáctica y materiales didácticos	Casi siempre	Normalmente	A veces
La metodología empleada en los módulos semipresenciales, atiende a los distintos estilos de aprendizaje.	19%	46%	27%
La metodología didáctica empleada en los módulos semipresenciales, facilitan el aprendizaje.	23%	42%	31%
Los materiales didácticos son congruentes con los contenidos.	31%	31%	23%

Tabla 2. Valoración de la metodología y materiales didácticos.

Los resultados expresados en la **Figura 3**, resaltan mediante una escala que va de menor a mayor los materiales didácticos que el postulante considera importante. El (54%) de los postulantes indican que los medios informáticos son importantes, al tratarse de la modalidad semipresencial se debe emplear medios informáticos en la metodología, técnica y materiales. El (58%) de los maestrantes señala que los esquemas y mapas conceptuales son importantes, tal punto sugiere que los temas se deben ordenar y estructurar facilitando el aprendizaje. El (62%) de los encuestados indican que las tutorías y videos son importantes, se debela la importancia de la tutoría electrónica para el manejo de programas, cálculos y metodologías. El (65%) indica la importancia del cronograma de actividades, en todo curso o modulo es relevante el manejo y organización del tiempo de manera que no se acumule las acti-

vidades (tareas, cuestionarios, foros, clases presenciales) al final, la mayoría de los postulantes trabajan se debe respetar fechas programadas. El (65%) de los postulantes señalan que es importante el plan de trabajo, en el plan se plantea los objetivos, metodologías, materiales, contenidos, actividades, cronograma y evaluación, este es uno de los aspectos substanciales a partir del plan de trabajo se desarrolla el modulo, se tiene que considerar la opinión de los postulantes y docentes, en el momento de elaborar el plan de trabajo, se podría analizar dichos aspectos unos días antes que inicie el modulo. Los postulantes tienen un perfil técnico y muestran su preferencia de los ejemplos prácticos con el (73%), la mayoría de los módulos que conforman el programa pueden contar con una actividad práctica, y relato de experiencias.

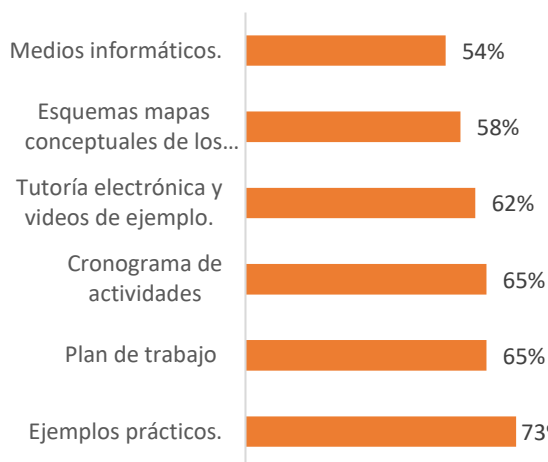


Figura 3. Valoración de los materiales didácticos.

En la figura 4. Se genera a partir de una pregunta abierta lanzada al postulante ¿según su perspectiva que actividades considera pertinentes en las clases presenciales?, para llegar al diagrama de sectores, se agrupa las respuestas similares, y se realiza el conteo de postulantes que coincidan con una respuesta similar.

Cómo se puede apreciar en la figura 4. El (30%) de los postulantes señalan que las actividades que se deben desarrollar en la clase presencial es tratar ejemplos y normas, el (23%) indican que se debe programar visitas de campo, el (15%) muestra interés en el desarrollo de trabajos grupales. Las preferencias de las actividades descritas señalan que el postulante se ajusta al perfil profesional predo-

minantes de ingenieros civiles y agrónomos.

La preferencia de los postulantes es clara, ven útil el compartir experiencias de obra y campo, analizar los aspectos normativos vigentes, visitar proyectos y obras, trabajos grupales para generar debate con diferentes criterios y puntos de vistas que construyan el conocimiento, el postulante prefiere una clase práctica a la tradicional de exposición.

Un detalle de interés, posgrado al ser parte de la universidad Autónoma Juan Misael Saracho, puede sacar provecho a los laboratorios que se cuenta, programar visitas, y diseñar las clases con experiencias prácticas que es de gran aceptación por los postulantes, lo que se quiere es que la teoría se plasme en realidad, esta elección abre varias ventanas en el momento de diseñar las clases presenciales.

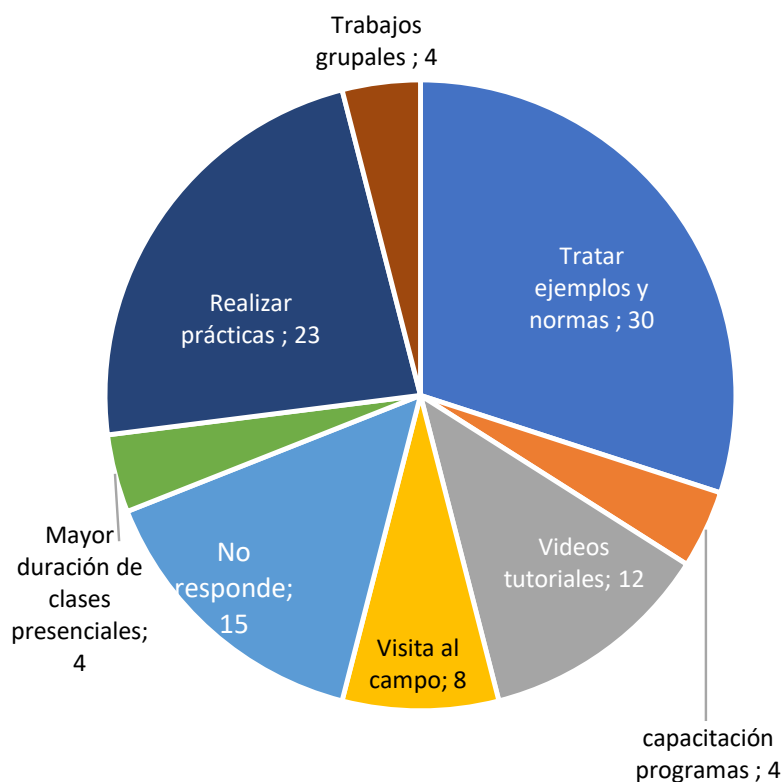


Figura 4. Perspectiva de los estudiantes en cuanto a las actividades que se deben realizar en la clase presencial.

4. Discusión

El presente estudio pretende mostrar algunos lineamientos en base a la postura del estudiante, identificando fortalezas y debilidad, a partir de ello lograr un diseño adecuado en los módulos semipresenciales.

Según los resultados obtenidos en cuanto a la valoración que realiza el estudiante en los módulos del programa maestría en recursos hídricos. Las

materias que perciben menor peso presentan material desorganizado, desactualizado y con poca relación con las actividades a desarrollar.

Al momento de seleccionar los materiales para cargar a la plataforma Moodle, se debe proponer una secuencia de aprendizajes a partir de los materiales y actividades.

El material debe ser actual y relacionado al módulo, acorde a las actividades propuestas. La entrega del material debe ser sistemático y en orden procurando formar una estructura que facilite la comprensión y desarrollo de las actividades. Además debe contar con ejemplos prácticos, tutorías, videos, enlaces, sitios WEB, para que el estudiante se guíe y sea capaz de realizar las tareas propuestas.

El estudio destaca es importante programar los momentos adecuados para mostrar los medios didácticos, además, que la actividad final debe ser un proyecto de aplicación práctica relacionado al ámbito laboral.

Competencias imprescindibles, capacidad motivadora, mediante el diseño de contenidos enfocados a la aplicación práctica y a la formulación de actividades formativas adaptadas a las características cognitivas y a los intereses de los estudiantes, Capacidad para manejar herramientas digitales adecuadas tanto a los contenidos como a las actividades que han de desarrollarse y a las características cognitivas de los discentes. (Del Moral y Villalustre, 2011).

Los materiales educativos, además de garantizar el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje, despiertan el interés por aprender. (Palomo, 2011).

Los resultados obtenidos indican que se debe mejorar el planteamiento de los objetivos, y considerar las necesidades y preferencias de formación, que sean factibles y realizables. Se debe formular objetivos específicos para las clases presenciales.

Se debe mejorar el plan de trabajo e incluir las actividades a desarrollar en las clases presenciales, proponer un cronograma de actividades realizable que cumpla con las fechas establecidas.

Es destacable que los postulantes reconocen la importancia de la organización, que se debe reflejar en un plan de trabajo y cronograma bien elaborado.

Un fin de las materias cursadas en el programa maestría en recursos hídricos debe abrir brechas en el ámbito del saber y la ciencia tal premisa permite al postulante innovar y abordar nuevos temas y tecnologías.

La docencia mediante aulas virtuales exige tener en cuenta de un modo central aspectos relativos a la planificación de la programación de la actividad en un aula virtual, así como la previsión de su desarrollo (Barbera y Badia 2010).

Se sugiere la creación contenidos, actividades y evaluaciones para personas que no cuenten con acceso a internet. Es necesario diseñar una metodología adecuada que incluya los casos desfavorables.

La importancia que dan los postulantes a los diversos materiales didácticos, reciben el siguiente peso que va de mayor a menor, ejemplos prácticos, plan de trabajo, cronograma, esquemas mentales y finalmente tutoría electrónica.

Las actividades que se considera pertinentes en la clase presencial según los postulantes son: compartir experiencias de obra y campo, analizar la normativa vigente, visitar proyectos, trabajos grupales para generar debate, clases prácticas.

5. Bibliografía

- ❑ Anaya, K. (2004). Un Modelo De Enseñanza Aprendizaje Virtual: Análisis, Diseño Y Aplicaciones En Un Sistema Universitario Mexicano. (Tesis de doctorado). Universidad de Extremadura. Granada - España.
- ❑ Argudín, Y. (2000). La educación superior para el siglo XXI. *Didáctica*, 36, 16-25. Universidad Iberoamericana Santa Fe.
- ❑ Barbera E. y Badia A. (2010). Hacia el aula virtual: actividades de enseñanza y aprendizaje. *Revista Iberoamericana de educación*.

- Barbera y Badía (2004). Educar con aulas virtuales orientaciones para la innovación en el proceso enseñanza aprendizaje. Editorial Antonio Machado Libros S.A. España.
- Barbera y Badía (2005). El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior. RUSC. enero, Vol.9, N°1. pp. 36-50.
- Barberà, E. (coord.), Badia, A. y Mominó, J. Ma. (2001), La incógnita de la educación a distancia, Cuadernos de Educación, núm. 35, España, Horsori.
- Bautista G., Borges F. y Fores, A. (2006). Didáctica Universitaria En Entornos Virtuales De Enseñanza-Aprendizaje. Editorial Nercea S.A. España.
- Cari, J. y Koral. J. (2013). Ventajas y dificultades de Moodle como una herramienta de integración de material didáctico para una materia básica de la licenciatura de psicología. Revista iberoamericana para la investigación y desarrollo educativo. Enero - junio, Vol.1, N°10.
- Del Moral y Villalustre (2012). Didáctica universitaria en la era 2.0: competencias docentes en campus virtual. RUSC. enero, Vol.2, N°2. pp. 1-11.
- García, C. y Perera, V. (2007). Comunicación y aprendizaje electrónico la interacción didáctica en los nuevos espacios virtuales de aprendizaje. Revista de educación, volumen 343, n° 1, agosto, pp. 381-429.
- García, F., Fonseca, G. y Concha, L. (2015). Aprendizaje Y Rendimiento Académico En Educación Superior. Actualidad investigativa en educación. Vol.15, N°3, septiembre, pp. 1-26.
- Karlin, M., Viani, N. (2001). Project-based learning. Medford, OR: Jackson Education Service District.
- Miranda, I María Elena. (2017). La clase en la educación superior, forma organizativa esencial en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Educación y Educadores, vol.20, N°1, pp.27-40
- Montes de Oca R, N. y Machado R. E. Estrategias Docentes y métodos de enseñanza – aprendizaje en la Educación Superior. Revista digital Humanidades Médicas. Vol.11, N°3
- Palomo (2011). Importancia del diseño de materiales en la educación superior. Revista digital universitaria. octubre, Vol.12, N°10. pp. 3-12.
- Salgado, E. (2015). La Enseñanza Y El Aprendizaje En Modalidad Virtual Desde La Experiencia De Estudiantes y Profesores De Posgrado. (Tesis de doctorado). Universidad Católica De Costa Rica. San José - Costa Rica.
- Shin, N. (2002). Beyond Interaction: the relational construct of Transactional Presence, en Open Learning, 17(2), pp 121-13
- Viennot,L. (2002). Razonar en física. La contribución del sentido común, Madrid,Ed.A. Machado libros,S.A.

ARTÍCULO 3

Análisis y propuesta de optimización de la obra de toma del proyecto Guadalquivir–CENAVIT–Calamuchita aplicando dinámica de fluidos computacional

Analysis and optimization proposal of the intake work of the Guadalquivir–CENAVIT–Calamuchita project applying computational fluid dynamics

Perales Avilés Moisés¹, Baldiviezo Villena Daniel Rolando²

¹ Centro de Investigación del Agua (CIAGUA), Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia.

² Centro de Investigación del Agua (CIAGUA), Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia.

* Correspondencia del autor: moisesperales@uajms.edu.bo, dirección.

Recibido: 30 de julio de 2021
Aprobado: 10 de septiembre de 2021

Resumen

Para que las obras hidráulicas sean eficientes, menos costosas y se asegure su mantenimiento se puede aplicar para su diseño la dinámica de fluidos computacional (CFD), esto implica aprovechar la tecnología para construir un modelo numérico para simular el comportamiento del agua a través de la misma.

La posibilidad de reproducir las variables hidráulicas de una infraestructura y analizar diferentes alternativas permite un proceso de diseño y verificación de su funcionamiento más ágil y eficiente.

El análisis de la obra de toma del proyecto de riego Guadalquivir- CENAVIT- Calamuchita bajo una condición de caudal elevado muestra que el vertedero y la bocatoma no son afectados por el flujo de agua, en cambio, la escalera de peces alcanza velocidades que suponen un riesgo para su estado a posteriori.

Las tres alternativas propuestas para el punto crítico de la escalera de peces logran disminuir la velocidad y la presión en la entrada, por lo que se puede decir que son efectivas. El redondeo de aristas y la reducción de la altura pueden conseguir un mejor funcionamiento sin grandes cambios en el diseño original, por lo que se escoge la alternativa 3.

La aplicación de CFD al diseño de la obra de toma ha permitido detectar las zonas de la obra que son más afectadas por el flujo de agua, pudiendo elaborar propuestas de modificación y encontrando una alternativa que optimiza el diseño, reduciendo la velocidad máxima sin significar un incremento en el costo de la obra.

Palabras Clave: Dinámica de fluidos computacional, simulación, optimización, solidworks, obras hidráulicas.

Abstract

In order to make hydraulic works efficient, less costly and ensure their maintenance, computational fluid dynamics (CFD) can be applied to their design, which implies taking advantage of technology to build a numerical model to simulate the behavior of water through it.

The possibility of reproducing the hydraulic variables of an infrastructure and analyzing different alternatives allows for a more agile and efficient design process and verification of its operation.

The analysis of the intake works of the Guadalquivir-CENAVIT-Calamuchita irrigation project under a high flow condition shows that the spillway and the intake are not affected by the water flow; on the other hand, the fish ladder reaches velocities that pose a risk to its downstream condition.

The three alternatives proposed for the critical point of the fish ladder manage to decrease the velocity and pressure at the inlet, so they can be said to be effective.

Edge rounding and height reduction can achieve better performance without major changes to the original design, so alternative 3 is chosen.

The application of CFD to the design of the intake works has made it possible to detect the areas of the works that are most affected by the flow of water, making it possible to develop proposals for modification and finding an alternative that optimizes the design, reducing the maximum velocity without increasing the cost of the works.

Keywords: Computational fluid dynamics, Simulation, Optimization, Solidworks, Hydraulic constructions.

1. Introducción

Las obras hidráulicas están compuestas por varios elementos constructivos que influyen en el comportamiento del agua. Es por esto, que a la hora de diseñar y construir se debe considerar y analizar el funcionamiento hidráulico. Los medios comúnmente utilizados para la optimización de este tipo de infraestructura era únicamente la modelación física, que su aplicación estuvo limitada debido a los tiempos y costos de construcción.

Adicionalmente existen fenómenos naturales que se pueden replicar o analizar de una forma cercana a la realidad; sin embargo otros, por su escala o la complejidad de sus factores son muy difíciles de recrear o analizar como lo indica (Aponte-Reyes, 2014). Eso ha llevado al estudio de las simulaciones computacionales o dinámica de fluidos computacional o CFD (del inglés Computational Fluid Dynamics), que es una combinación de física, métodos numéricos e informática (Barea Hernández, 2017).

Fernández (2012) menciona que el CFD ha sido un efecto secundario del desarrollo de los computadores desde los años 1950-1960. Hasta ese entonces las ecuaciones de flujo no se podían resolver por métodos convencionales por el gran número de operaciones que se ejecutaban por unidad de tiempo.

La aplicación de CFD es importante porque reduce el tiempo del diseño y abarata costos y da la posibilidad de estudio en situaciones adversas (Versteeg & Malalasekera, 2007). No en todos los fenómenos se puede aplicar CFD, pero a futuro se buscará una modelación físico-matemática para cubrir las deficiencias de los modelos numéricos y disminuir la dificultad técnica de un modelo físico (Vázquez, 2015).

La dinámica de fluidos computacional se basa en la solución de las ecuaciones de Navier-Stokes. Con las dos ecuaciones se describen la mayoría de fluidos que se tiene en la naturaleza (Numberphile, 2019). Para la resolución de estas se debe aplicar artificios, como las ecuaciones de Navier-Stokes promediadas por Reynolds (Baker et al., 2019) the range of analytical and numerical techniques used in train aerodynamics is described. Simple panel methods are then outlined and their historic and continuing utility discussed. The use of the Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS. En otras palabras, se recurre a métodos numéricos, donde por su reducido uso de la memoria y una alta velocidad de solución, el método preferido para fluidos es el Método de Volumen de Fluido, introducido en 1970 (Osses, 2016). Este, intercambia el dominio continuo por uno discreto, donde un conjunto de volúmenes de control es utilizado para representar al original (Moukalled et al., 2016).

El Proyecto de riego Guadalquivir-CENAVIT-Calamuchita fue recibido de manera definitiva el 14 de febrero de la pasada gestión 2020 y permitirá incrementar la superficie bajo riego a 3,500 hectáreas, beneficiado a 16 comunidades tal es el caso de: Ancón Grande, Pampa la Villa Chica, Chorrillos, Fuerte la Compañía, San Nicolás, Concepción, La Higuera, Maturayo, La Pintada, La Compañía, Calamuchita, La Angostura, Valle Bajo, entre otras.

Es una de las inversiones más importante realizadas en el sector agua en el departamento, el

costo total del proyecto fue de Bs. 206,682,236.02 y la construcción dio inicio el 17 de diciembre del 2013 y la recepción provisional se realizó el 19 de agosto del 2019, y posteriormente la recepción definitiva el 14 de febrero del 2020, siendo 2350 días calendario el tiempo total de ejecución del proyecto. La obra de toma está ubicada sobre el Río Guadalquivir en la comunidad de El Temporal es un azud derivador de HoAo.

Esta obra por su importancia y envergadura requiere que se realice la verificación de su funcionamiento, es por esto que se analiza la obra de toma del proyecto “Guadalquivir – CENAVIT – Calamuchita” mediante la modelación y simulación con dinámica de fluidos computacional en Solidworks para verificar y optimizar el diseño.

Esta investigación busca el uso de una alternativa que fomente el trabajo virtual, y proponer una metodología que permita optimizar el diseño de obras hidráulicas similares.

El uso de la dinámica de fluidos computacional permite no solo la maquetación detallada de estructuras hidráulicas, sino también una solución rápida y visual a problemas de la hidráulica, con un modelo paramétrico que agiliza la comparación entre distintos tipos de condiciones. Esta opción amplía las posibles obras a estudiar y comparar entre sí, además de entregar las soluciones de forma gráfica, para tener un conocimiento mayor de cómo es el comportamiento hidráulico a través de la misma.



Fotografía 1 Vista aguas debajo de la obra de toma del proyecto de riego Guadalquivir-CENAVIT-Calamuchita

2. Materiales y métodos

Dado el enfoque cuantitativo de la investigación, se optó por realizar un estudio aplicado, ya que se tiene propósitos prácticos e inmediatos mediante el estudio de caso en el que se analizó las características particulares del funcionamiento hidráulico de la obra de toma del proyecto de riego Guadalquivir-CENAVIT – Calamuchita, con base a los planos As Built. La investigación ha seguido el método científico analítico en cuanto al análisis de los resultados de la simulación y planteamiento y comparación de alternativas propuestas.

Los datos para la investigación fueron obtenidos de los documentos de la etapa de preinversión y ejecución del Proyecto “Construcción sistema de riego Guadalquivir-CENAVIT-Calamuchita”, el mismo que fue financiado por el Gobierno Autónomo Departamental de Tarija Sub Gobernación – Uriondo.

Para la elaboración del modelo en tres dimensiones en espacio CAD se utilizó los planos As Built de la

obra de toma, que están compuestos por el vertedero de excedencia, bocatoma y escalera de peces, además de la topografía del sitio de emplazamiento de todas las obras que componen la captación.

Para la simulación CFD se utilizó también los datos técnicos referidos a la información hidrológica generada en la etapa de preinversión, es decir caudales máximos y eventos extremos determinados para un determinado periodo de retorno y los caudales de diseño.

Para aplicar la metodología CFD es necesario la generación de la siguiente secuencia de pasos:

2.1. Definir la geometría

El modelo creado en 3D define la geometría del dominio computacional que se va a tratar. Puede ser un dominio definido por el contorno interno del modelo o un dominio introducido manualmente en simulaciones de flujo externo

2.2. Discretizar

El volumen del dominio definido se divide en celdas discretas formando una malla. La malla es muy variada, pudiendo ser uniforme y no uniforme, estructurada o no estructurada, formada por celdas tetraédricas, hexaédricas, piramidales, etc.

2.3. Definir las condiciones de contorno

Consiste en definir las condiciones de entrada y salida del flujo, condiciones de las paredes que lo contienen o de estado de presión en sus orificios. Estas condiciones son los datos de partida para el cálculo.

2.4. Simulación

Se inicia la simulación, por tanto, se resuelven las ecuaciones por iteraciones hasta alcanzar la convergencia de los resultados.

2.5. Análisis de resultados

Finalmente se visualizan los resultados para verificar que se ha encontrado una solución válida y coherente para el problema, así como analizar las condiciones del flujo en cada parte del modelo.

Para esto se utilizó el solidworks flow simulación, que es una intuitiva solución de dinámica de fluidos computacional (CFD) integrada en Solidworks 3D CAD que permite simular de forma rápida y sencilla flujos de líquido y gas a través y alrededor de sus diseños para calcular así el rendimiento y capacidades del producto. (SOLIDWORKS Flow Simulation, 2017).

3. Resultados

Los planos As Built de la obra de toma estaban en formato DWG. Para la elaboración del modelo en Solidworks se requiere de exportarlos a un croquis 2D o 3D. La cantidad de datos que contiene el plano dificulta el trabajo en el croquis, por lo que se trabajó inicialmente formando el plano en 3D en AutoCad.

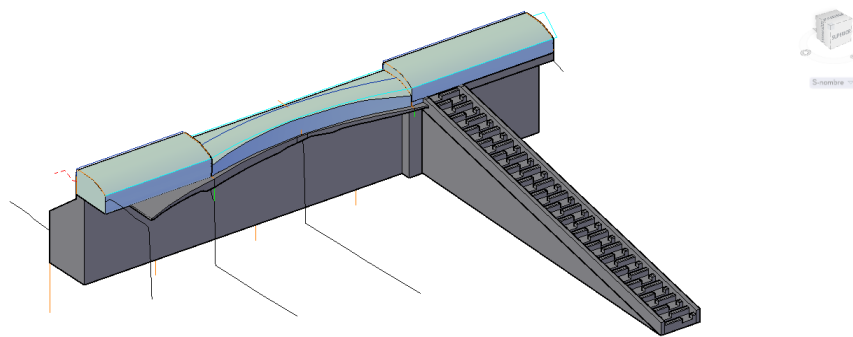


Figura 1 Modelo sólido de la obra de toma en AutoCad

Habiendo surgido esos errores en la exportación del croquis en 3D desde AutoCad se procedió a elaborar el modelo desde un croquis 2D exportado desde AutoCad, de modo que los errores en la transformación fueron menores y de fácil solución.

La obra de toma cuenta con tres partes principales, la presa derivadora, la bocatoma y la escalera de peces. Teniendo estos tres componentes casi independientes entre sí, por esta razón se escogió realizar un ensamblaje formado por tres piezas:

a) Vertedero de excedencias

El vertedero forma el cuerpo mayor y central de la obra, por lo que se ha tomado como referencia del modelo. Está formado por tres zonas principales, en ambos lados la contención y en la zona central a menor altura el vertedero en sí. Mantiene su altura uniforme, pero está reducido en la zona central, formando un arco en planta. Todo el cuerpo se ubica sobre mampostería de piedra perteneciente a la obra preexistente. Se ha exportado la sección transversal del vertedero en pun-

tos clave para su desarrollo, tomando la sección a 4 m, 11 m (inicio del vertedero), 14 m, 19.5 m (mitad de la longitud total), 28 m (final del vertedero) y 40 m.

Alineando estas secciones se extruye cada uno hasta el límite con el siguiente, como no es lineal se hace un corte con respecto a la vista vertical, logrando la forma del vertedero con las dimensiones otorgadas por el plano.

Aguas arriba queda un tramo con la definición de la topografía en contacto con el vertedero. Aguas abajo no se requiere de una estructura de disipación de energía gracias a la roca presente, por lo tanto, en el modelo se refleja solo una superficie plana sobre la que no se requiere supervisión.

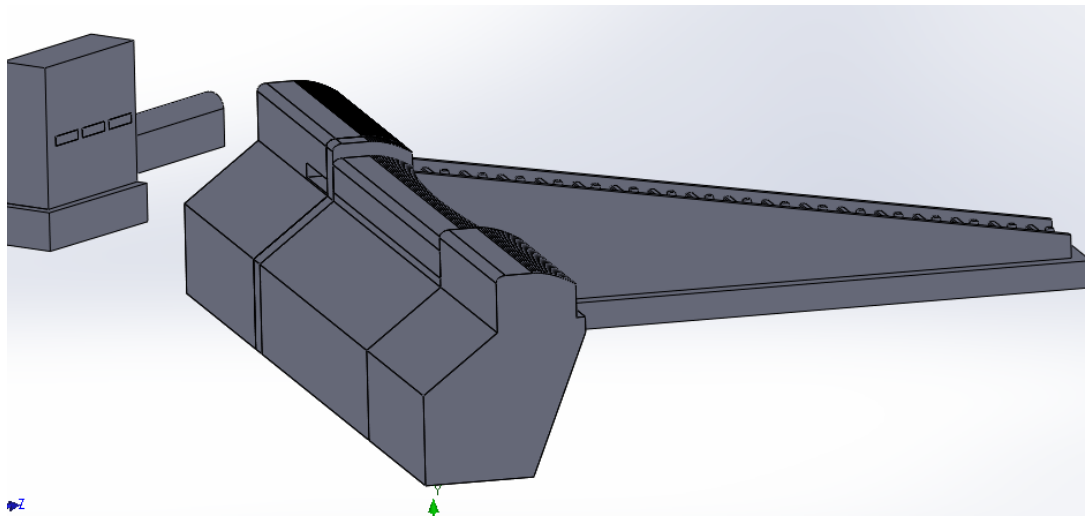


Figura 2 Sección transversal del vertedero de excedencias

b) Captación, Bocatoma

La boca de toma considera la apertura inicial de las compuertas. Se compone de un cuerpo rectangular con tres orificios en su zona media, ubicados en la cota 1836.88 msnm, que está 25 cm por debajo del nivel de la escalera de peces. En la zona inferior del cuerpo de la bocatoma se tiene una pendiente para conducir el agua captada hacia el canal conductor.

Para ello se ha exportado el croquis de la vista en planta de la bocatoma, en especial detalle a la forma de los diafragmas de la compuerta hasta la altura del cuerpo. Se exportó un croquis con la vista lateral del cuerpo de la bocatoma y se cortó el sólido para obtener la cavidad interna de la bocatoma. Finalmente se dibujó el frente de la conducción del agua, y se extruye una longitud arbitraria, dado que en esa zona no se realizarán análisis mayores del flujo.

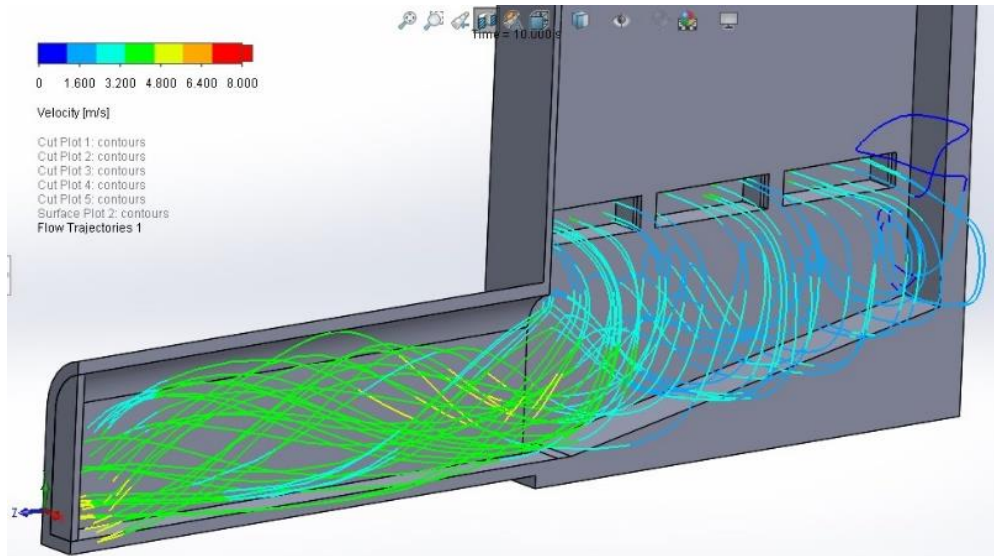


Figura 3 Cuerpo bocatoma

c) Escalera de peces

La escalera de peces recorre desde una apertura en el cuerpo del vertedero hasta el nivel del terreno aguas abajo, con una estructura que se repite, con el objetivo de disminuir la energía del agua aguas arriba.

La proyección horizontal tiene una longitud de 30.7 m, y salva una altura de 5.46 m, desde la cota 1836.629 hasta la 1831.169. Por lo que la inclinación es de 0.178 m/m.

Para formar el modelo se ha exportado el croquis de la vista lateral de la escalera, dibujando el contorno y extruyendo el ancho menor de los dientes. Se añaden los dentellones de mayor longitud y se realiza una simetría a través de un plano en perfil, trasladando esa simetría se forma el cuerpo final de la escalera de peces.

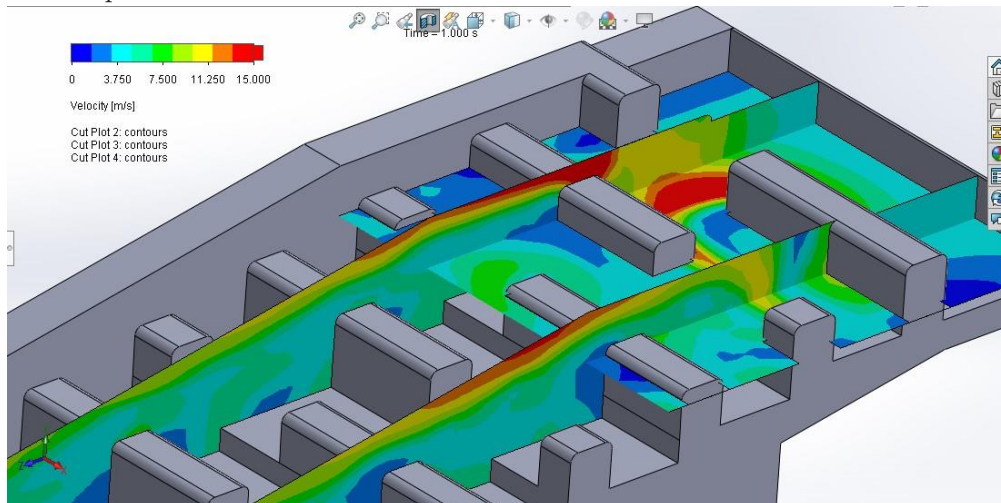


Figura 4 Vista de la escalera de peces

Obtenidas las tres piezas se procede a formar el ensamblaje. En el apartado de ensamblajes se introducen las tres piezas formadas y el vertedero se fija en una posición (pudiendo referirse al origen de coordenadas) limitando su traslación en los tres ejes e impidiendo la rotación.

Se inserta la pieza de la escalera de peces, condicionando la unión de acuerdo a:

- ⊙ La cara inferior del orificio del vertedero y de la escalera de peces debe ser coincidente.
- ⊙ La cara lateral de la escalera de peces debe ser coincidente con la pared del orificio del vertedero.
- ⊙ Se limita la distancia entre el extremo de la escalera de peces y la esquina del orificio una distancia de 0.8 m en la dirección longitudinal de la escalera.

A continuación, se inserta el cuerpo de la bocatoma condicionando la unión de acuerdo a:

- ⊙ Desde el vértice del orificio donde se ubica la escalera, se toma una distancia de 4.7 m paralela al eje de la presa y 11.1 m en perpendicular. Este punto se ubica en la esquina donde se conecta el canal de conducción y el cuerpo de la bocatoma. La diferencia de altura se limita a 25 cm desde el inferior de los orificios de la bocatoma

hasta el inferior del orificio de la escalera de peces.

- ⊙ Se condiciona la superficie superior de la bocatoma haciéndose paralela con la superficie superior del vertedero.
- ⊙ Se condiciona un ángulo de 52° de la bocatoma desde el eje de la presa.

Con estas limitaciones se obtiene el ensamblaje de las tres piezas con todas las condiciones de unión. Para finalizar el modelo se añaden los muros de encauce y demás cuerpos que completan la estructura.

4. Verificación del diseño

En búsqueda de verificar el diseño original de la obra y su adecuado funcionamiento, se procedió a modelar la obra en un cuerpo sólido en tres dimensiones y aplicar la herramienta Flow Simulation.

Dividiendo el dominio computacional se tomaron las tres zonas de análisis, la entrada a la obra de toma, el cuerpo de la bocatoma y la escalera de peces.

4.1. En la entrada de la obra de toma

En la entrada a la obra de toma se han tomado tres caudales de análisis 2000, 1000 y 500 m³/s respectivamente obteniendo los siguientes resultados:

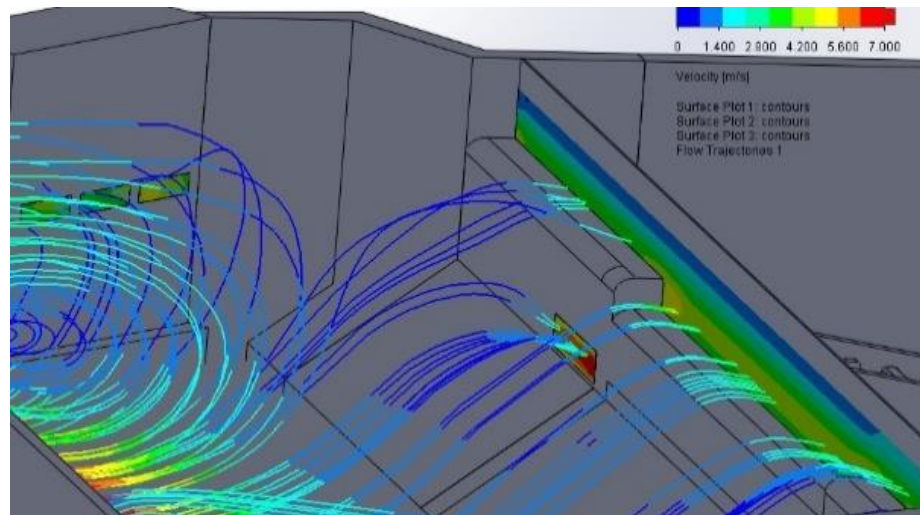


Figura 5 Simulación en entrada de la obra de toma para un $Q=2000 \text{ m}^3/\text{s}$

La parte de mayor velocidad está ubicada en la zona central del vertedero, junto a los bordes, lo que hace pensar que parte del flujo que llega a la pared adyacente se incorpora a la zona central, produciendo una mayor velocidad. En la superficie que aparece graficada en el vertedero se observan tonos amarillos que, según la escala, indican una velocidad de casi 5 m/s , mayor a la zona central del mismo, donde es cercano a los 3 m/s , lo que podría llevar a considerar un refuerzo en esa zona o la construcción del borde redondeado.

A continuación, se tiene una vista específica de la zona del vertedero, donde la escala de colores es la misma para todas las figuras.

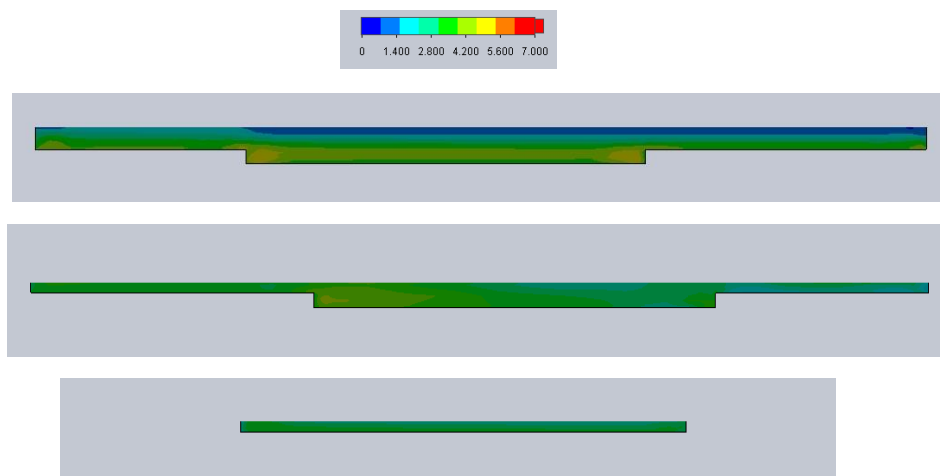


Figura 6 Sección transversal cresta del vertedero para un $Q=2000, 1000$ y $500 \text{ m}^3/\text{s}$

En cuanto a la entrada a la bocatoma se tienen los siguientes resultados:

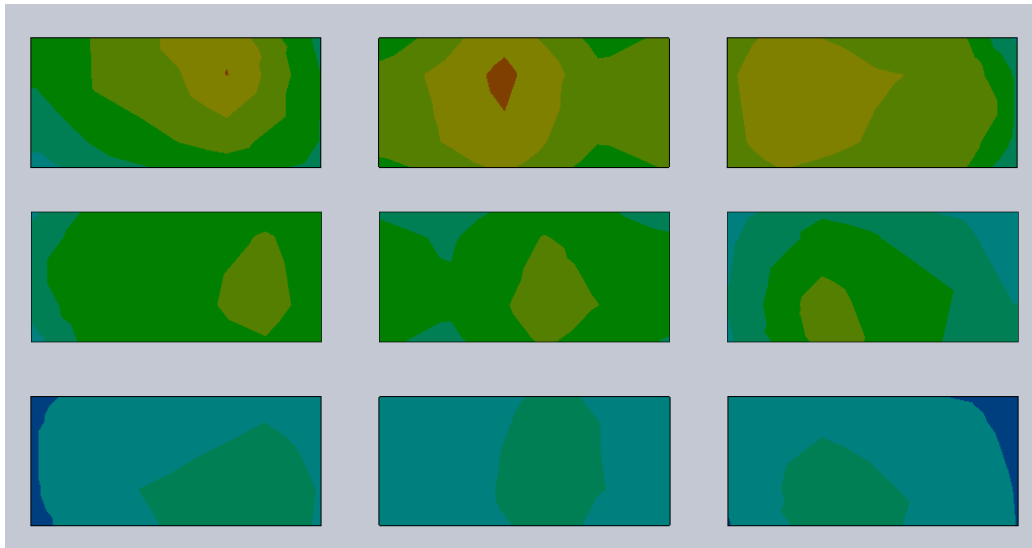


Figura 7 Distribución de velocidades en la entrada a bocatoma para caudales de 2000, 1000 y 500 m³/seg

La entrada a la bocatoma tiene una velocidad entre 3.5 a 5 m/s para un caudal de 2000 m³/s, siendo menor en el lado más alejado del vertedero. La máxima registrada es de 5.1 m/s en la zona central. Para los otros caudales se mantiene similar la distribución de velocidades, descendiendo a una velocidad media de 2.8 m/s en la simulación para caudal de 500 m³/s.

4.2. Escalera de peces

La escalera tiene dos condiciones de frontera, la primera está en el orificio de entrada, mejor identificada como una velocidad de entrada. La segunda condición está al final de la escalera, como una abertura al medio, con presión atmosférica.

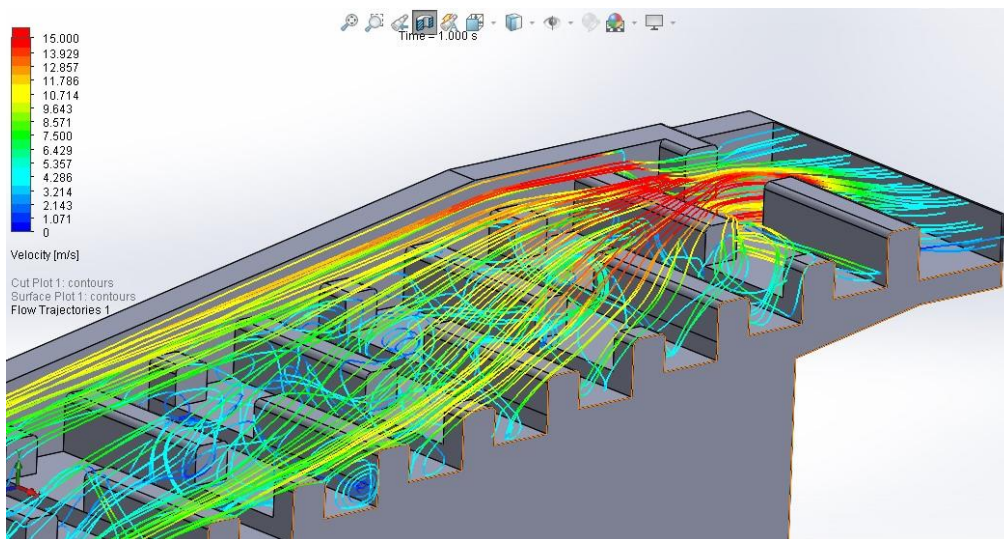


Figura 8 Trayectorias de flujo y velocidades en la escalera de peces

En la entrada de la escalera se puede observar cómo el estrechamiento de la sección eleva drásticamente la velocidad del flujo, verificando que los resultados de velocidad en la superficie.

La velocidad máxima llega hasta los 19 m/s, chocando contra el primer pivote. El flujo que se dirige al siguiente nivel tiene una velocidad menor, llegando cerca de los 12 m/s. En cambio, por encima del pivote se mantiene el flujo con mayor velocidad, hasta unos 50 centímetros aguas abajo.

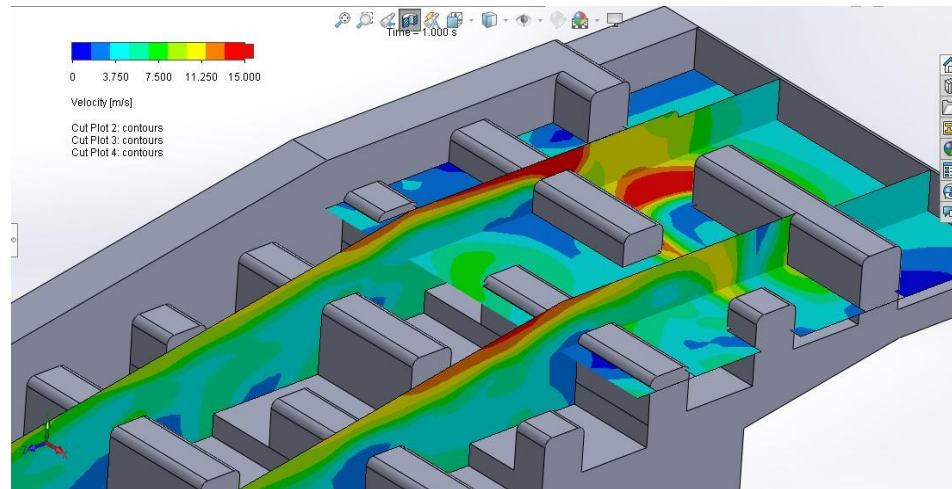
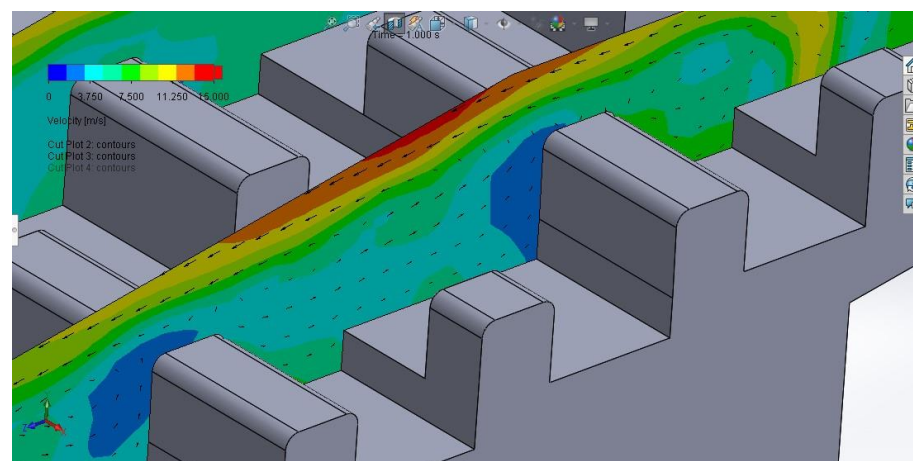


Figura 9 Velocidades en secciones de control de la escalera para un $Q=2000\text{m}^3/\text{s}$

En cada una de las caídas se puede observar que la trayectoria del flujo puede producir una zona de presiones negativas, lo que llevaría a un mayor desgaste del hormigón. La dirección de la velocidad del flujo en esta zona se puede ver detalladamente en la Figura 10, que muestra el gradiente de velocidad y la dirección que tiene.

Figura 10 Vectores de velocidad en sección longitudinal



Considerando la vista de las trayectorias y los vectores de velocidad del flujo en las secciones de muestra, se obtiene una vista más completa del comportamiento del mismo.

La vista de las velocidades permite reconocer que la zona de entrada de la escalera es muy afectada, principalmente el primer pivote. También se puede estimar que esta será la zona donde se encuentren los mayores esfuerzos.

En la Figura 11 se muestra la presión en las superficies, notando que se tiene una zona de alta presión en la entrada, al lado posterior de la abertura, así como una zona de presión negativa sobre el primer pivote. De ahí en adelante, al igual que la velocidad, la presión toma valores poco relevantes.

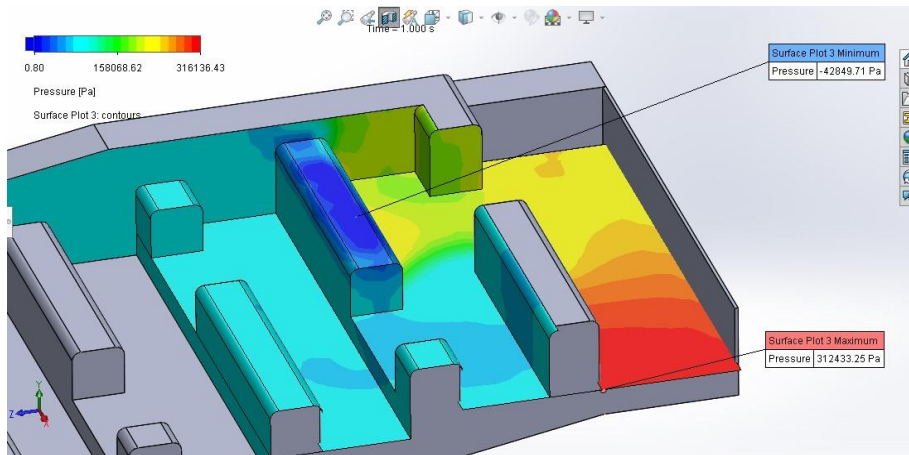


Figura 11 Presión en escalera de peces

En la Figura 12 se tiene graficado el esfuerzo cortante presente en las superficies, donde el máximo se halla en la parte superior del primer pivote, coincidiendo con la zona de mayor velocidad y presión negativa del sistema, llegando a una presión de 570 pascales (0.006 kg/cm²). Esta presión se debe solamente al flujo de agua, sin considerar los esfuerzos generados por el peso de los componentes del sistema, por lo que puede ser un factor a reconsiderar para el rediseño de esta obra en su condición más crítica.

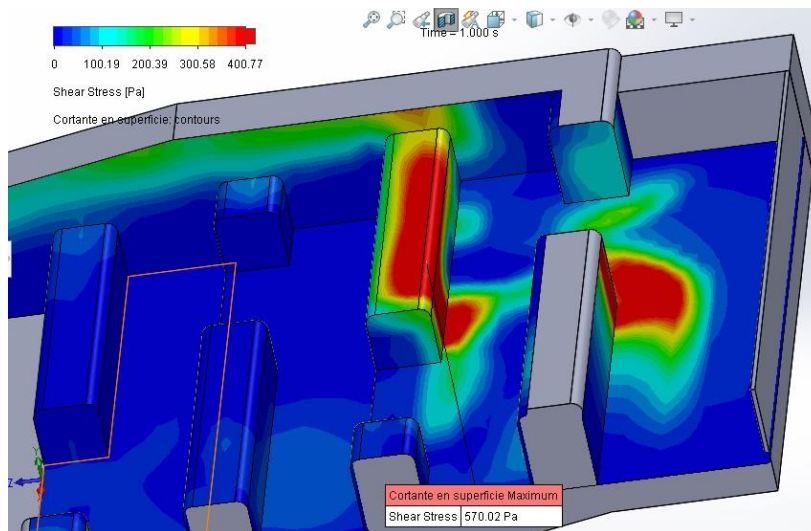


Figura 12 Esfuerzo cortante en la superficie

Con los resultados obtenidos para la escalera de peces se puede considerar la protección de la entrada de la escalera de peces, así como del primer pivote, debido a la alta velocidad que se produce en esta zona.

Por otra parte, además de dotar a estos elementos de una mayor resistencia, se considera la modificación en su geometría, ensanchando la primera entrada a la escalera y reduciendo la altura del primer pivote en funcionamiento. Bajo estas condiciones la velocidad se ve disminuida en la entrada. Además, la velocidad sobre el pivote también es menor, aunque se prolonga la alta velocidad en la escalera.

4.3. Bocatoma

La bocatoma tiene tres superficies de ingreso; de acuerdo a la simulación de la entrada se conoce que la velocidad a través de estas es de 3.5 m/s. Con esta condición de entrada y una única salida identificada como presión ambiental se inicia la simulación

Las trayectorias de flujo muestran claramente cómo la velocidad de entrada es suficiente para que se produzca un chorro hasta la otra pared de la obra, lo que genera un pequeño remolino en la parte baja.

La velocidad máxima del modelo se encuentra en la entrada del canal de conducción, a una altura a mitad de la sección, con velocidad de 5 m/s.

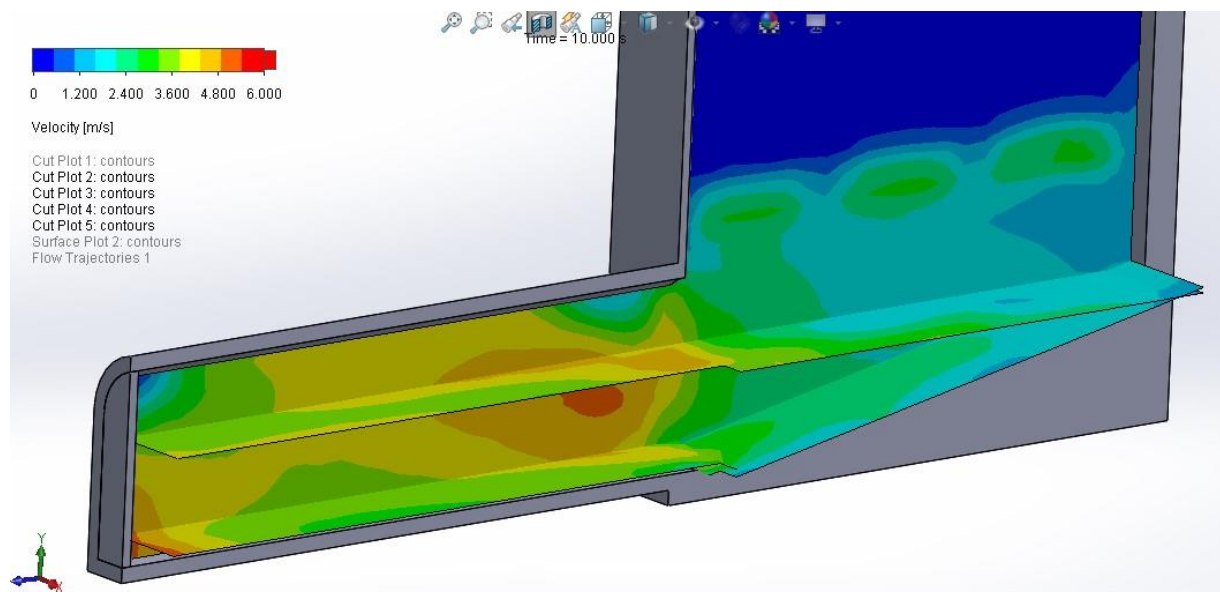


Figura 13 Distribución de velocidades en la bocatoma

La velocidad en la entrada apenas supera los 5 m/s en un tramo menor a 40 cm de longitud, la mayor velocidad representativa sería de 4.5 m/s (en color naranja). A partir de la trayectoria del flujo y las velocidades halladas, se puede ver que el flujo no representará un problema serio en la estructura.

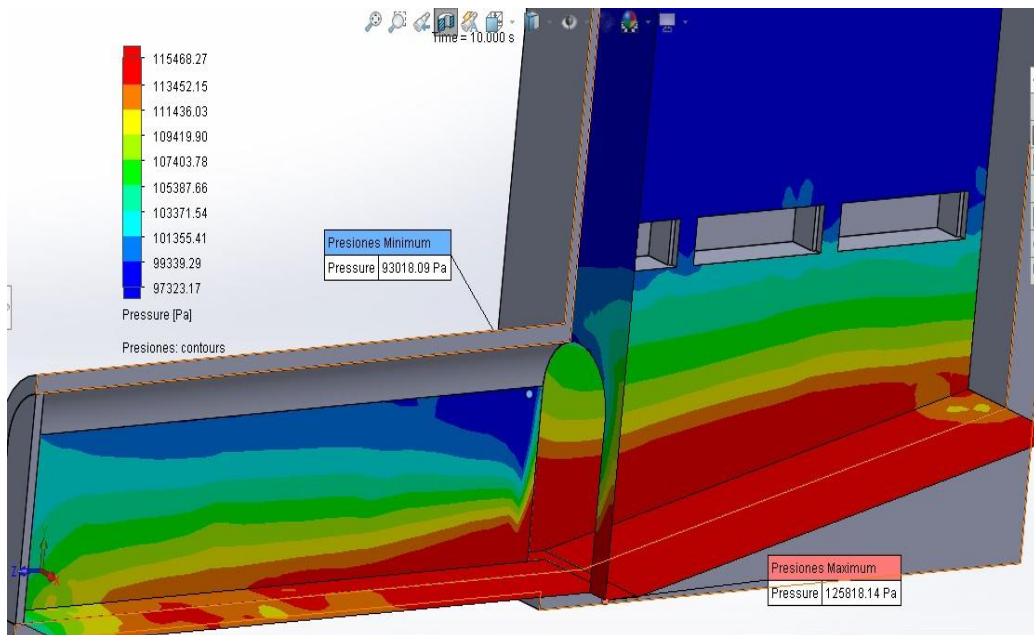


Figura 14 Presión en la bocatoma

Las presiones en el interior del cuerpo de la bocatoma se hallan en un rango de 90,000 Pa hasta 125,000 Pa (0.92 kg/cm² – 1.27 kg/cm²). En esta obra no se presentan presiones negativas y las máximas positivas no son considerables.

En cuanto al esfuerzo cortante, se puede observar cómo se ubican los máximos en las zonas de mayor velocidad, sin relacionarse con las zonas de mayor presión del sistema. El valor máximo se ubica al final del canal incluido en la simulación, con un valor de 55 pascales, 0.0006 kg/cm², por lo que se puede considerar como irrelevante para un reforzamiento del diseño.

A partir de los resultados obtenidos se introdujeron las condiciones de contorno del cuerpo de la bocatoma y la escalera de peces. Donde en la bocatoma no se destacan puntos críticos, con velocidades menores a los 5 m/s.

La tabla resume las velocidades máximas obtenidas en las superficies de control, de acuerdo a los caudales simulados.

Velocidad máxima (m/s)			
Caudal (m ³ /s)	Vertedero	Escalera de peces	Bocatoma
2000	5.2	3.5	3.1
1000	3.9	4.2	4.5
500	3.3		

Tabla 1 Resumen de resultados en la entrada de la obra

5. Optimización del diseño

La simulación del diseño original de la obra muestra una zona de conflicto en la escalera de peces, con velocidades y presiones que podrían dañar la obra y perjudicar su funcionalidad. Para resolver este punto crítico se han elaborado tres alternativas a la entrada de la escalera de peces, con las que se considera:

- ⊙ Disminuir la velocidad máxima.
- ⊙ Disminuir la presión máxima.
- ⊙ Mantener parámetros adecuados para el paso de peces.

Nota. La escala cromática es la misma para todos los gráficos, con el valor menor en 0 m/s y el mayor en 15 m/s.

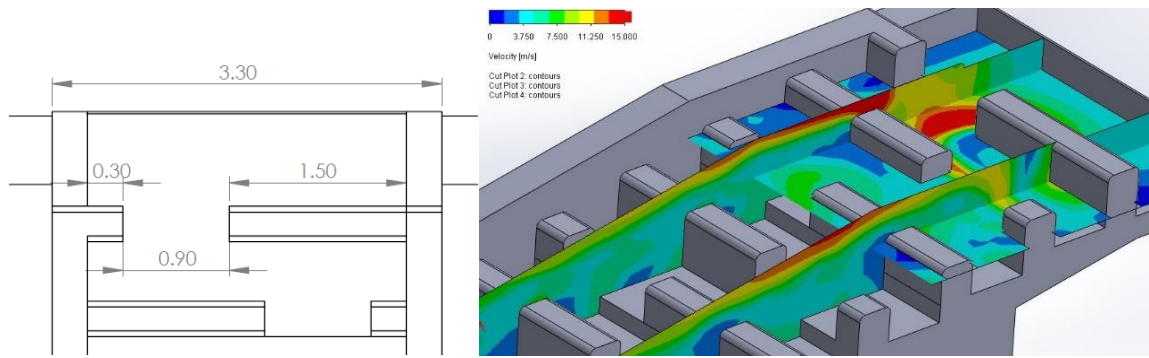


Figura 15 Diseño original

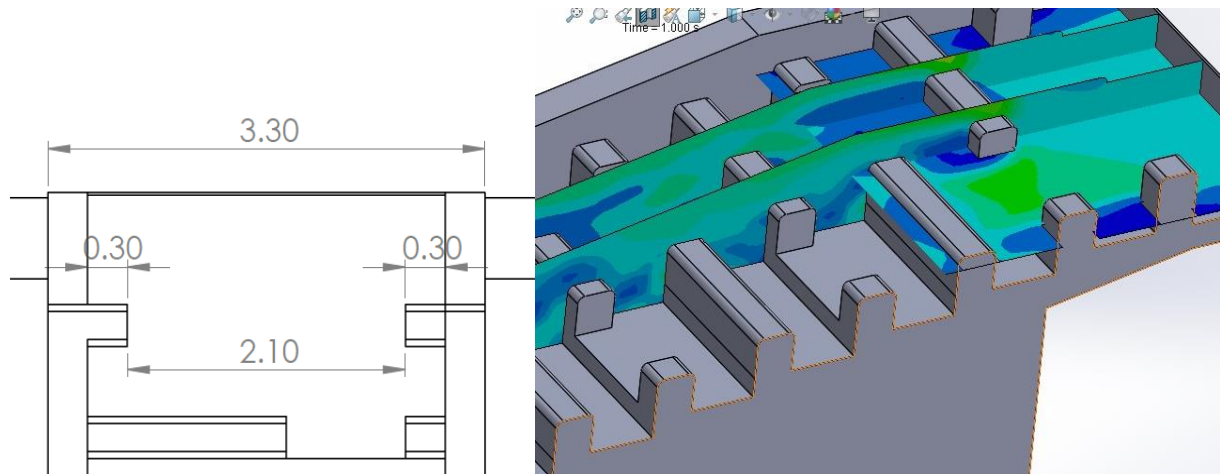


Figura 16 Alternativa 1

En el diseño original se obtiene una velocidad máxima de 19 m/s, sobre la segunda fila de pivotes. La alternativa 1 plantea un primer estrechamiento totalmente abierto, disminuyendo drásticamente la velocidad máxima hasta los 8 m/s.

La alternativa 2 también disminuye el estrechamiento, pero aumentando 60 cm con respecto al diseño original. Esta modificación le lleva a tener una velocidad máxima de 12 m/s.

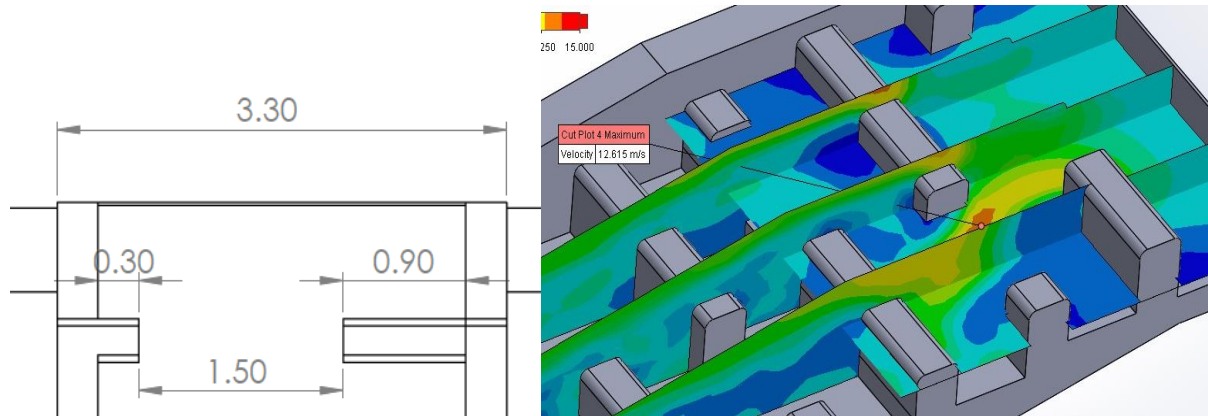


Figura 17 Alternativa 2

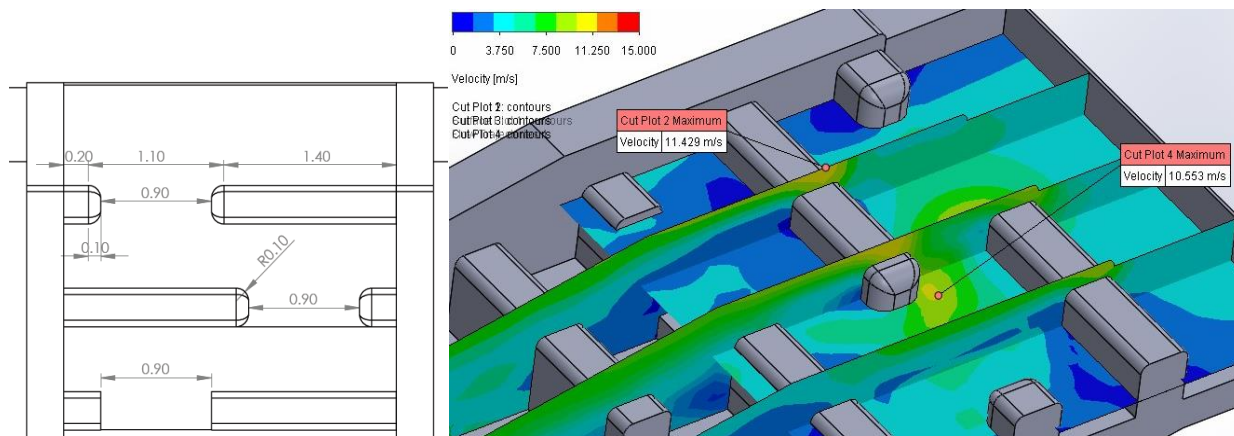


Figura 18 Alternativa 3

La alternativa 3 plantea mantener el estrechamiento y disminuir la altura de la primera fila de pivotes en 10 cm (quedando con 30 cm, con la misma altura que la siguiente fila). Además, también se realiza el redondeo de las aristas de las dos primeras filas, con radio de 10 cm).

6. Discusión

El objetivo de la optimización de la obra de toma se centró en neutralizar el punto crítico detectado en la escalera de peces, considerando la velocidad máxima, la presión máxima y el adecuado diseño para la circulación de los peces.

En cuanto a los parámetros de diseño para el adecuado paso de los peces se considera el tamaño del pez para la dimensión mínima de los pasos y la especie de pez para la velocidad máxima del agua. Ninguna de las alternativas disminuye las dimensiones de la escalera, por lo que los tamaños mínimos son salvados; y en todas las alternativas

se disminuye la velocidad máxima, asegurando así la velocidad máxima de la especie. Por otra parte, el orificio de entrada a la escalera de peces se encuentra por debajo del nivel de la bocatoma, de modo que el tirante de agua mantendrá el orificio sumergido.

En la Tabla 2 se resumen las velocidades máximas de cada diseño, donde se observa que la alternativa 1 es la que logra una mayor reducción.

Diseño	Tiempo de solución (min:seg)	Nº iteraciones
Original	9:54	285
Alternativa 1	3:40	108
Alternativa 2	6:46	196
Alternativa 3	4:50	135

Tabla 2 Velocidad máxima en alternativas propuestas

En cuanto a la presión, todas las alternativas neutralizan tanto la presión máxima como la mínima.

Diseño	Vel. Máx.	Ubicación
Original	19.7 m/s	Sobre segunda fila de pivotes
Alternativa 1	7.5 m/s	Abertura segunda fila de pivotes
Alternativa 2	12.6 m/s	Abertura segunda fila de pivotes
Alternativa 3	11.4 m/s	Sobre segunda fila de pivotes

Tabla 3. Presiones en alternativas propuestas

Finalmente, considerando el tiempo y recursos empleados en la solución de las simulaciones, se observa que el tiempo de cálculo requerido por el programa no supera los 30 minutos en una computadora estándar para el uso en ingeniería civil.

Diseño	Presión (Pa)		Presión (kg/cm2)	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Original	312433	-42849	3.19	-0.44
Alternativa 1	133543	77656	1.36	0.79
Alternativa 2	187179	55789	1.91	0.57
Alternativa 3	172320	58888	1.76	0.60

Tabla 4 Tiempo de solución e iteraciones empleadas.

7. Conclusiones

- ⊙ Se implementó la metodología CFD con el fin de analizar el comportamiento hidráulico de la obra de toma del proyecto de riego Guadalquivir-Cenavit-Calamuchita. La posibilidad de reproducir el comportamiento hidráulico de esta infraestructura hidráulica permitió un proceso de diseño más ágil y eficiente.
- ⊙ El análisis y predicción de afectación del patrón de escurrimiento ante el cambio de algunas variables geométricas permitió la optimización hidráulica del funcionamiento de cada parte constituyente de la estructura. Siendo el modelo numérico muy útil para realizar un análisis rápido de las diferentes alternativas analizadas.
- ⊙ Los resultados son consistentes con las observaciones realizadas del comportamiento de la estructura ante caudales extremos.
- ⊙ El análisis bajo una condición de caudal elevado muestra que el vertedero y la bocatoma no son afectados por el flujo de agua, en cambio, la escalera de peces alcanza velocidades que suponen un riesgo para su estado a posteriori. Por lo que el principal punto crítico detectado en la obra de toma es la entrada a la escalera de peces.
- ⊙ Las tres alternativas propuestas para el punto crítico de la escalera de peces logran disminuir la velocidad y la presión en la entrada, por lo que se puede decir que son efectivas. Entre ellas, la alternativa 1 es la que asegura una velocidad menor, pero el redondeo de aristas y la reducción de

la altura pueden conseguir un mejor funcionamiento sin grandes cambios en el diseño original, por lo que se escoge la alternativa 3.

- ⊙ La aplicación de la dinámica de fluidos computacional al diseño de la obra de toma del proyecto Guadalquivir- Cenavit- Calamuchita ha permitido detectar las zonas de la obra que son más afectadas por el flujo de agua, pudiendo elaborar propuestas de modificación y encontrando una alternativa que optimiza el diseño, reduciendo la velocidad máxima sin significar un incremento en el costo de la obra.
- ⊙ En futuras investigaciones, se recomienda trabajar con distintos materiales (cambiando la rugosidad del material en el modelo), dando un mayor detalle a los parámetros de cálculo.

8. Bibliografía

- ❑ Aponte-Reyes, A. (2014). Validación de modelos hidrodinámicos de tres modelos topológicos de lagunas facultativas secundarias. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 15(4), 637-654.
- ❑ Baker, C., Johnson, T., Flynn, D., Hemida, H., Quinn, A., Soper, D., & Sterling, M. (2019). Chapter 4—Computational techniques. En C. Baker, T. Johnson, D. Flynn, H. Hemida, A. Quinn, D. Soper, & M. Sterling (Eds.), *Train Aerodynamics* (pp. 53-71). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813310-1.00004-6>
- ❑ Barea Hernández, J. C. (2017). Estudio del comportamiento del fluido al paso por válvulas hidráulicas mediante ensayo experimental y modelación CFD [Grado de Ingeniería Mecánica, Universidad de Almería]. http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/6554/13091_TFG%20Juan%20Carlos%20Barea%20Hern%C3%A1ndez.pdf?sequence=1&i-sAllowed=y
- ❑ Moukalled, F., Mangani, L., & Darwish, M. (2016). *The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics: An Advanced Introduction with OpenFOAM® and Matlab* (Vol. 113). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16874-6>
- ❑ Numberphile. (2019). Navier-Stokes Equations—Numberphile. <https://www.youtube.com/watch?v=ERBVFcult3M>
- ❑ Osses, J. (2016). El método de volúmenes finitos y sus soluciones para problemas de ingeniería. ESSS. <https://www.esss.co/es/blog/el-metodo-de-volumenes-finitos/>
- ❑ SOLIDWORKS Flow Simulation. (2017, noviembre 28). SOLIDWORKS. <https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-flow-simulation>
- ❑ Vázquez, c. A. S. (2015). Análisis comparativo del efecto de una rápida en la modificación de la turbulencia y sus efectos en un tanque amortiguador trapecial. 94.
- ❑ Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method* (2nd ed). Pearson Education Ltd.

ARTÍCULO 4

Dinámica temporal de algunos parámetros físico químicos del agua del embalse San Jacinto, Tarija, Bolivia

Temporal dynamics of some physical chemical parameters of the water of the San Jacinto reservoir, Tarija, Bolivia

Fernández Deimar¹, Coronel Sandoval Esperanza Flor²

¹ *Ingeniero Forestal, Docente de la Carrera de Ingeniería Forestal, Estudiante de Doctorado de Ciencias-UAJMS, Tarija, Bolivia*

² *Encargada del Área Físicoquímico de Agua Residual del Laboratorio de Análisis de Agua COSAALT LTDA², Tarija, Bolivia*

* **Correspondencia del autor:** ferdei2000@yahoo.es¹, fecschaquita@yahoo.com², dirección.

Recibido: 29 de junio de 2021

Aprobado: 13 de septiembre de 2021

Resumen

Entender el funcionamiento ecológico de un ambiente acuático, implica definir las escalas temporales y parámetros que éstos abarcan. El objetivo de esta investigación es analizar las variaciones temporales y verticales de algunos parámetros elementales del agua en el embalse San Jacinto en dos temporadas del año periodo seco (julio 2018) y periodo lluvioso (febrero de 2019) mediante la utilización de parámetros limnológicos de base temperatura, pH, concentración en oxígeno disuelto, conductividad y Fósforo total, registrados en la estación de muestreo (E1) ubicada en la parte más profunda del embalse y a diferentes perfiles de la columna de agua. Los datos obtenidos in situ y en laboratorio, fueron procesados mediante un test estadístico de Excel (Microsoft), utilizando parámetros: media, máximos, mínimos, coeficiente de variación, desviación estándar, comparaciones múltiples. Los resultados indican que el embalse registró una estratificación entre el periodo seco y lluvioso, con una termoclina a los 4 - 6 m. en la columna de agua, clasificando preliminarmente al embalse como polimíctico caliente, este tipo de régimen es característico de los lagos de altitud ecuatoriales y sub-ecuatoriales, con área relativamente grande y profundidad moderada. Es necesario entender los factores elementales

que inciden en este ambiente acuático, aunque relacionados, operan independientemente como se manifiestan los resultados del presente estudio, siendo la Temperatura (°C), pH, Oxígeno disuelto (mg/l), Conductividad (µs/cm), Fósforo Total (mg/l), parámetros elementales para el funcionamiento ecológico del embalse San Jacinto.

Palabras Claves: Parámetros físicos y químicos, estratificación, termoclina, embalse San Jacinto.

Abstract

Understanding the ecological functioning of an aquatic environment implies defining the time scales and parameters that they cover. The objective of this research is to analyze the temporal and vertical variations of some elemental parameters of the water in the San Jacinto reservoir in two seasons of the year, dry period (July 2018) and rainy period (February 2019) by using base limnological parameters. temperature, pH, dissolved oxygen concentration, conductivity and total phosphorus, recorded at the sampling station (E1) located in the deepest part of the reservoir and at different profiles of the water column.

The data obtained in situ and in the laboratory were processed using an Excel statistical test (Microsoft), using parameters: mean, maximum, minimum, coefficient of variation, standard deviation, multiple comparisons.

The results indicate that the reservoir registered a stratification between the dry and rainy periods, with a thermocline at 4-6 m. in the water column, preliminarily classifying the reservoir as hot polymictic, this type of regime is characteristic of lakes of equatorial and sub-equatorial altitude, with a relatively large area and moderate depth. It is necessary to understand the elemental factors that affect this aquatic environment, although related, they operate independently as the results of this study are manifested, being Temperature (°C), pH, Dissolved oxygen (mg/l), Conductivity (µs/cm), Total Phosphorus (mg/l), elemental parameters for the ecological functioning of the San Jacinto reservoir.

Key Words: Physical and chemical parameters, stratification, thermocline, San Jacinto reservoir.

1. Introducción.

Los ecosistemas acuáticos, representan una fuente valiosa en recursos naturales, además permiten el desarrollo de diversas actividades económicas.

Los cuerpos de agua, en su mayoría son creados con objetivos de multipropósito como la generación hidroeléctrica, riego, agua potable, la pesca y recreación (Laviolette, 2005). En consecuencia, el desconocimiento de los procesos biológicos y la ausencia de proyectos orientados a un manejo adecuado están provocando la degradación de estos ecosistemas. Sin embargo, para comprender la función ecosistémica de los organismos acuáticos y su interacción con su medio, es importante entender los factores físicos y químicos elementales que inciden en estos ambientes.

Estos factores, aunque relacionados, operan independientemente. Esto complica su entendimiento

y hace necesario definir las escalas temporales y espaciales que éstos abarcan (Quiroz, H., Mondragón, O., Molina, I., García, J., & Díaz, M., 2008).

Según, Díaz, M., Elizalde, E., Quiróz, H., García, J. & Molina, I., (2005), indican que los parámetros físicos y químicos del agua, presentan cambios estacionales y temporales, afectados directamente por las condiciones ambientales, así como por las características del sistema acuático.

De acuerdo a Díaz, M., et al., (2005), señala que, para conocer la dinámica de los parámetros físicos y químicos en la columna de agua, se realizaron algunos estudios de análisis del comportamiento espacial, temporal y sus variaciones en los ecosistemas acuáticos. La zona que abarca la superficie de agua y su profundidad, se desarrollan reacciones de liberación de nutrientes influenciados por ciertos parámetros físicos; el comprender los procesos que se generan en esta zona, por medio del análisis de los parámetros, permite establecer algunas relaciones de productividad y aprovechamiento de los nutrientes suspendidos y sedimentados del sistema, que resultan esenciales para comprender el funcionamiento ecológico de un ambiente acuático. (Wetzel, 1975; Margalef, 1983; Coler & Rockwood, 1989; Levine & Schindler, 1989). Dentro de los indicadores a tomar en cuenta, la temperatura, el potencial redox (Eh), el oxígeno disuelto (OD) y el pH, resultan de gran interés porque se incluyen dentro de los factores que regulan el fenómeno altamente complejo de liberación de nutrientes, metales y materia orgánica desde los sedimentos (Aminot & Andrieux, 1996; Appan & Ting, 1996; Harris, 1999).

El oxígeno, se considera un parámetro importante en los lagos, es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan respiración de tipo aerobio (Díaz, et al., 2005). La temperatura, es un factor abiótico que controla los procesos vitales para los organismos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (Armengol & Garcia, 1997).

Según Laviolette, F., (2005), manifiesta que las actividades humanas contribuyen a incrementar la carga de nutrientes de los sistemas acuáticos provocando la alteración de sus propiedades físico-químico y biológico.

Los estudios de análisis de parámetros físico químico, realizados en el departamento de Tarija, son demasiados escasos, se destacan los estudios realizados por Laviolette (2005). Por otro lado, gracias a un pequeño financiamiento de la FUCID (Fondation Universitaire pour la Coopération Internationale au Développement), permitido la realización de estudios limnológicos relativamente cortos en el embalse San Jacinto (Descy & Sarmiento, 2006).

No obstante, se destaca el estudio encargado al “Laboratorio de Proyectos Ambientales de la Universidad Nacional Autónoma de México” en el embalse San Jacinto, denominado “Informe de la UNAM” en 2006, los resultados de parámetros físicos, químicos y biológicos fueron demasiados alarmantes, llegando a la decisión de suspender el uso de las aguas provenientes de este embalse

para el consumo humano; hubo bastante especulación y repercusiones. Al respecto, de acuerdo a Medina, I., Smolders, A., Lebrato, Coronel, F., Orozco, M., (2007), realizaron una interpretación del Informe técnico de la UNAM, encontrándose limitaciones al estudio de la UNAM.

Después del informe de la UNAM, se realizaron estudios esporádicos muy cortos. No obstante, se destaca el estudio realizado por Gutiérrez, Medrano & Universidad Católica Boliviana, (2015), donde concluyen que las aguas del Lago San Jacinto corresponden a la “Clase B”, por el contenido de los valores de Coliformes Fecales de DBO. Después de este año no se conocen de otros estudios sobre parámetros físicos químicos de base que se hayan realizado en este importante ecosistema acuático.

Tomando en cuenta estos aspectos, por lo que el presente estudio tiene como objetivo analizar las variaciones temporales y verticales de algunos parámetros elementales del agua en el embalse San Jacinto.

2. Material y Métodos.

Características	Detalle
Tipo de presa:	Presa de hormigón arma doble curvatura
Area de la cuenca:	437 km ² .
Altura de la presa:	46.5 m.
Longitud de cada vertedero:	10 m.
Longitud de coronamiento:	100 m.
Cota de vertedero con presa inflable:	1884 m.s.n.m.
Espejo de agua (1884 m.s.n.m.):	602 has
Cota vertedero de cemento:	1882.50 m.s.n.m.
Capacidad:	7.5 kw/hr
Altura de carga:	50 m.

Tabla 1.- Características del embalse y la represa San Jacinto.

La Figura 1., muestra la localización de la estación de muestreo estudiado y la Tabla 1., muestra algunas características del embalse y represa San Jacinto, área de estudio.

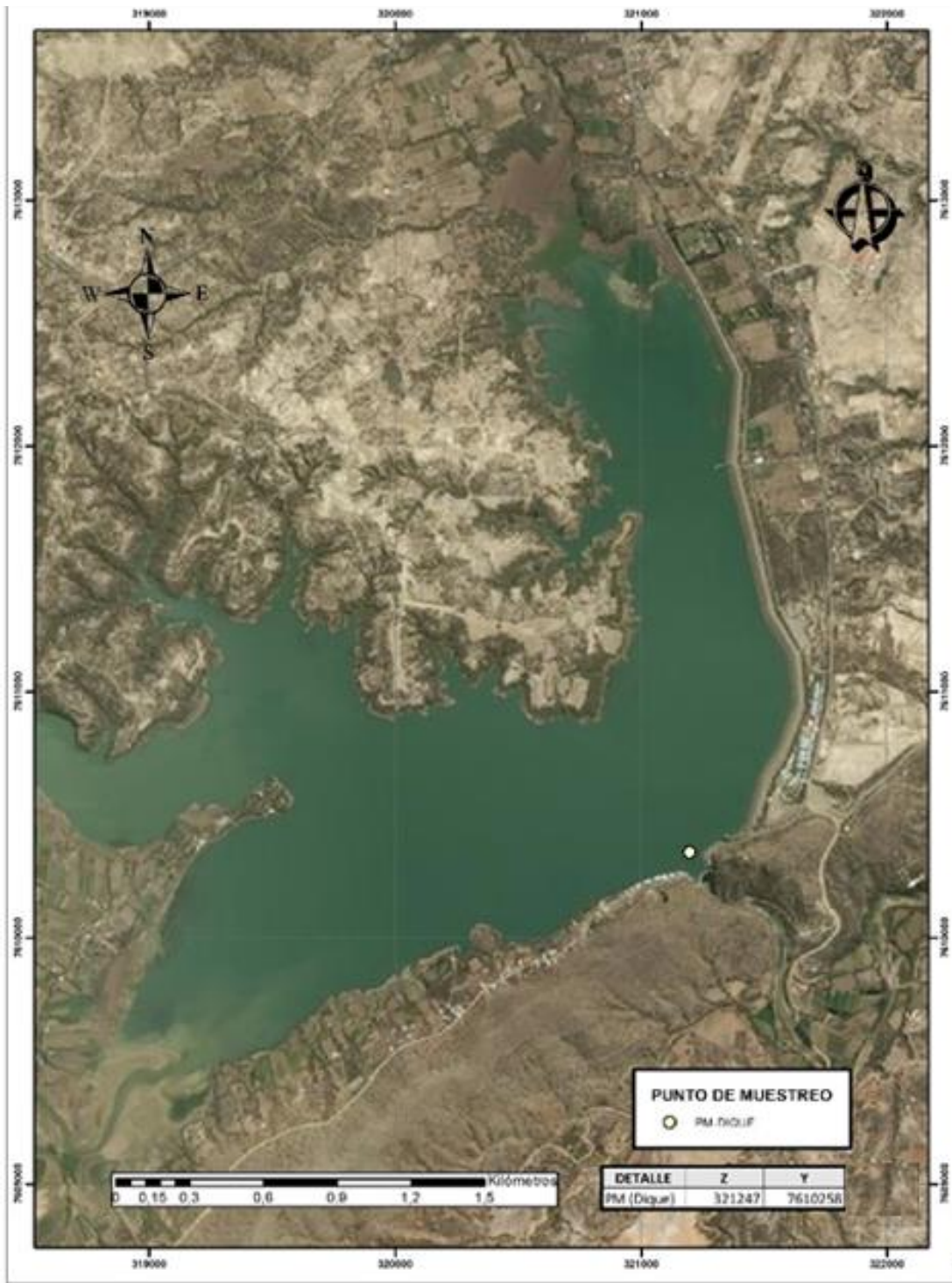


Figura 1. Localización de la estación de muestreo (E1)

Este trabajo comprendió dos (2) muestreos uno (1) durante el periodo seco (22/07/2018) y otro en el periodo lluvioso (27/02/2019) con toma de muestras a diferentes profundidades en la columna de agua (0m, 1m, 2m, 3m, 4m y parte profunda; 18m y 19m), estación (E1), localizada en la parte sur y más profunda del embalse a proximidad del dique de contención para contar con valores de mejores condiciones tróficas.

Para la toma de muestras del agua a diferentes profundidades del embalse, se utilizó una “botella de tipo Van Dorn” de una capacidad de 3 litros que es una clase de cilindro transparente abierto a las 2 extremidades, que se suspende a un cable con el fin de haber descendido a la profundidad deseada. Se libera a un mecanismo disparado mediante un “mensajero” que se desliza a lo largo de un cable, que encarga el cierre simultáneo de los dos tapones y que encarcela por lo tanto el volumen de agua. El contenido de la botella se transfiere a continuación en frascos identificados para luego ser medidos “in situ”.

3. Resultados y Discusión.

4. Resultados

En forma general los valores de los parámetros físicos y químicos del agua de los periodos de época seca y lluviosa, presentaron claras particularidades entre la zona litoral y fondo, sobre todo en la temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, conductividad y Fósforo total (tabla 1 y 2).

Las mediciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), el pH, concentración en oxígeno disuelto (mg.l^{-1}) y conductividad ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), se efectuaron con ayuda de equipos portátiles de medición (oxímetro, conductivímetro y pHchímetro).

Los valores de las mediciones de fósforo total (mg.l^{-1}), fueron obtenidos en el laboratorio de referencia de aguas COSAALT Ltda.

Los equipos que fueron utilizados en el presente estudio, consistieron en una (1) Lancha a motor; “botella de tipo Van Dorn”; GPS; Multiparámetro; Cámara Fotográfica; Frascos de 500 ml.; Botella de 1 lts.; Planilla de registro y equipo PC.

Los datos obtenidos in situ y en laboratorio, fueron procesados mediante un test estadístico de Excel (Microsoft), utilizando parámetros: media, máximos, mínimos, coeficiente de variación, desviación estándar, comparaciones múltiples.

La georreferenciación del punto de muestreo se realizó mediante ArcGIS (ESRI Maps versión 10.4).

Prof. (m)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Oxígeno disuelto (mg.l^{-1})	Conductividad ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Fósforo Total (mg.l^{-1})
0	23.75	7.64	5.47	38.85	0.31
1	23.10	7.59	5.41	39.00	0.32
2	22.45	7.62	6.11	38.95	0.27
3	22.00	7.58	6.12	39.05	0.13
4	21.85	7.58	5.39	39.20	0.70
18	21.00	7.53	3.41	40.00	0.34

Tabla 2.- Valores de perfiles de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, Oxígeno disuelto (mg/l), Conductividad ($\mu\text{S/cm}$), Fósforo Total (mg/l) en el periodo de época Seca.

*Cota a nivel de embalse=1882,98 m.s.n.m. (Profundidad máx.=18 m.)

Prof. (m)	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg.l ⁻¹)	Conductividad (μs.cm ⁻¹)	Fósforo Total (mg.l ⁻¹)
0	23.85	7.89	6.02	35.44	0.10
1	23.95	7.35	6.29	35.31	0.14
2	22.80	7.20	4.97	32.57	0.14
3	22.45	6.78	4.71	32.94	0.15
4	21.00	7.01	3.28	32.00	0.22
19	21.75	6.74	4.80	31.77	0.65

Tabla 3.- Valores de perfiles de Temperatura (°C), pH, Oxígeno disuelto (mg/l), Conductividad (μs/cm), Fósforo Total (mg/l) en el periodo de época Lluviosa

*Cota a nivel de embalse=1.883,03 m.s.n.m. (Profundidad máx.=19 m.)

Los valores de la temperatura superficial observados en el periodo de época seca de 23.75°C y lluviosa de 23.85°C no presentan diferencias significativas. A la máxima profundidad la temperatura más baja se registró en el periodo seco con un valor de 21.00°C y más alta en el periodo lluvioso con un valor de 21.75°C (figura 2).

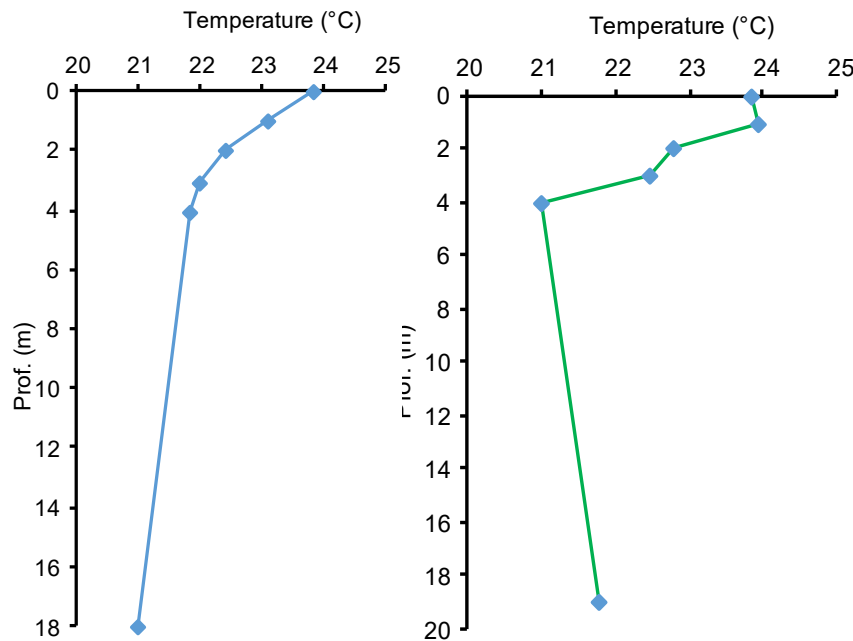


Figura 2.- Perfiles de temperatura en época seca (figura margen izquierda) y época Lluviosa (figura margen derecha).

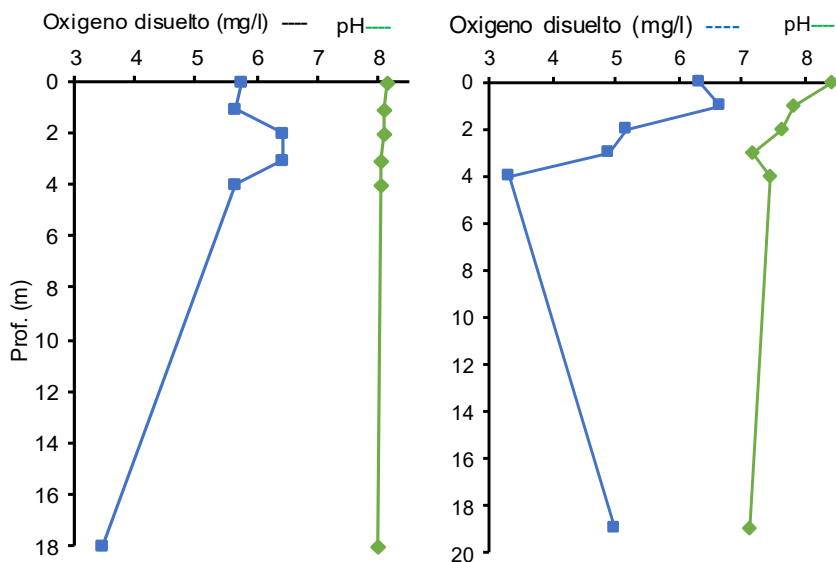


Figura 3.- Perfiles de oxígeno y pH en época seca (figura margen izquierda) y época lluviosa (figura margen derecha).

La fluctuación del oxígeno disuelto presentó una variación marcada, distinguiendo notoriamente las dos épocas del año, seca y lluviosa, la segunda con concentraciones elevadas en la superficie de 6.02 mg.l-1 y 6.29 mg.l-1, presentando un descenso a los 4 m. con un valor de 3.28 mg.l-1 y la parte más profunda de 4.80 mg.l-1. Mientras que la primera (periodo seco) registró valores en la parte superficial de 5.47 mg.l-1 y más profunda de 3.41 mg.l-1.

Los valores de pH superficial y de la parte más profunda observados en el periodo de época seca y lluviosa no presentan diferencias significativas.

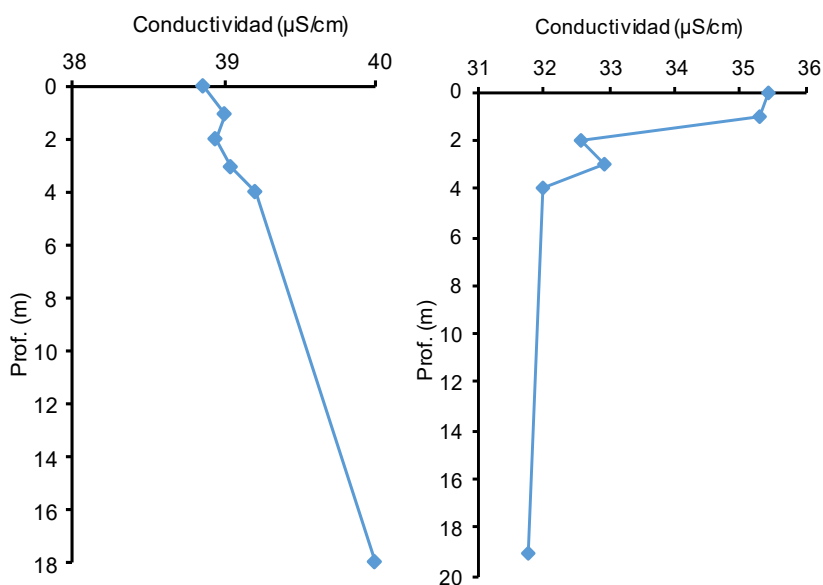


Figura 4.- Perfiles de conductividad en época seca (figura margen izquierda) y época lluviosa (figura margen derecha).

Respecto a la conductividad, ésta presentó valores máximos en la parte superficial en la época seca de 38.85 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ y la parte más profunda de 40.00 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ y durante la época de mayor precipitación, se registraron valores de 35.44 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ en la superficie del embalse y 31.77 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ en la máxima profundidad.

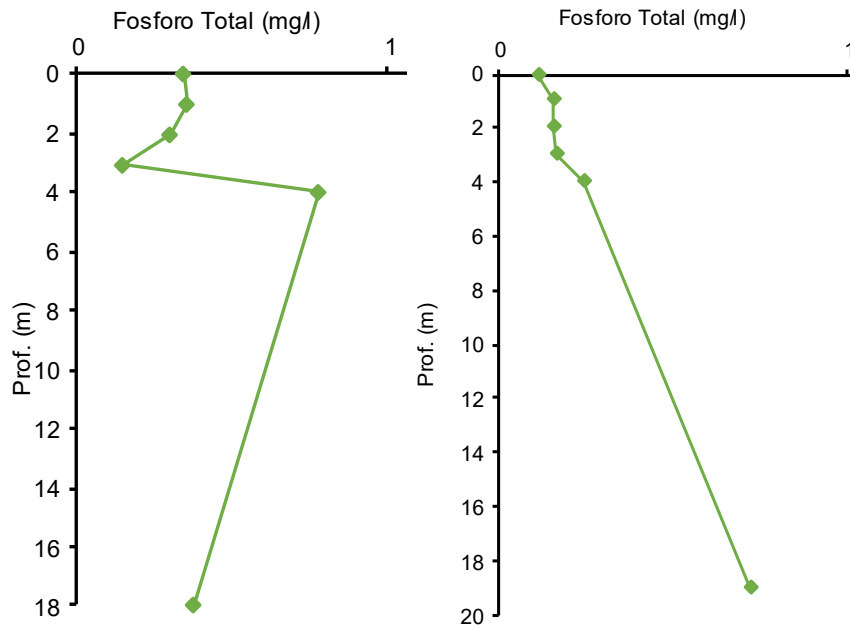


Figura 5.- Perfiles de Fósforo total en época seca (figura margen izquierda) y época lluviosa (figura margen derecha).

La cantidad de fósforo total es variable, su distribución estacional osciló entre valores de 0.31 mg.l-1, 0.70 mg.l-1 0.34 mg.l-1 durante la época seca y valores de 0.10 mg.l-1, 0.22 mg.l-1 y 0.65 mg.l-1 en el periodo lluvioso.

5. Discusión.

5.1. Temperatura del agua

La temperatura es el factor físico que determina la estructura de la columna de agua. Por lo tanto, es esencial conocer los perfiles de temperatura en la columna de agua y observar su variación a lo largo del tiempo para comprender los diversos mecanismos físicos, químicos y biológicos del embalse (San Martín, 2007).

El embalse San Jacinto, presenta una estratificación durante la temporada de lluvias, registrando temperaturas de la superficie de 23.85 °C y las temperaturas de profundidad con un valor de 21.75°C. Durante la estación seca, la columna de agua se homogeneizó gradualmente, la temperatura de la superficie varió entre 23.75 °C y en profundidad de 21.00 °C.

Los valores de temperatura, muestran una estratificación con una termoclina a los 4 - 6 m., esto concuerda con los trabajos de investigación por San Martín (2007); Laviolette (2005); Descy (2006). El

embalse podría ser clasificado preliminarmente como polimíctico caliente, este tipo de régimen es característico de los lagos de altitud ecuatoriales y sub-ecuatoriales, con área relativamente grande y profundidad moderada (San Martín, 2007). Es decir que nunca se congela y que gran parte del año permanece estratificado (Torres & García, 1995).

5.2. Oxígeno del agua

Después de la temperatura, el oxígeno es uno de los factores importantes a medir en el agua, ya que sin un nivel apreciable de oxígeno disuelto no podrían existir muchas clases de organismos acuáticos (Margalef, 1983). Es importante conocer el comportamiento de la concentración de oxígeno en la columna de agua, ya que son una importante herramienta para recomendar el uso sustentable de este tipo de ambientes acuáticos (Santiago & Vignatti, 2009).

La principal fuente de oxígeno de un lago, es la producción primaria (Laviolette, 2006) y la captación por el intercambio atmosférico (Díaz, M., et al., 2005), su distribución en la columna de agua está fuertemente relacionada con la temperatura.

La concentración media de oxígeno disuelto en la temporada de lluvias registraron un contenido de oxígeno más alto que en profundidad, con variaciones de 6.02 a 4.80 mg.l-1. Durante la estación seca, debido a la mezcla del agua, las diferencias entre la superficie y el fondo alcanzan valores de 5.47 a 3.41 mg.l-1. La estratificación encontrada durante la temporada de lluvias corresponde a una estratificación clinograde.

Según Fernández, (2008), manifiesta que existe una correspondencia, cuando se observa una estratificación de la temperatura en la columna de agua, también se muestra una estratificación de oxígeno. En este caso, el efecto de re-aireación y producción primaria supera el efecto de las diferencias de solubilidad debido a las diferencias de temperatura (Laviolette, 2006).

Las aguas del embalse, en lo general se consideran con buena oxigenación durante todo el año, como resultado de los movimientos continuos de agua y a una producción primaria. Esta buena oxigenación de toda la columna de agua favorece las condiciones de vida de los diversos organismos acuáticos (Quiroz, H., et al., 2008).

5.3. Conductividad y pH del agua

La conductividad es un indicador de la cantidad de iones o sales que existen en el agua (Medina, I., et al, 2007). Estos iones, como el Mg^{2+} y el Ca^{2+} , son micronutrientes esenciales para el metabolismo de las algas y el fitoplancton y otros organismos y se observa en la columna de agua un aumento de la conductividad con la profundidad. El proceso inverso se produce en el fondo donde se produce la liberación de iones. La principal fuente de estos iones, es la disolución de las rocas de la cuenca. Según, San Martín (2007), las cuencas hidrográficas que contengan piedras calizas muestran una mayor conductividad como resultado de las altas entradas de iones.

El embalse San Jacinto registró valores bajos de conductividad en la parte superficial en la época seca de 38.85 $\mu s.cm^{-1}$ y la parte más profunda de 40.00 $\mu s.cm^{-1}$ y durante la época de mayor precipitación, con valores de 35.44 $\mu s.cm^{-1}$ en la superficie y 31.77 $\mu s.cm^{-1}$ en la parte más profundidad, lo que implica una baja dureza (baja concentración de calcio y magnesio) y una baja alcalinidad (baja concentración de bicarbonato).

De acuerdo a Laviolette (2005), los valores bajos de conductividad están ciertamente relacionados con el tipo de suelo de una cuenca (naturaleza sedimentaria con rocas arcillosas, que no están muy cargadas de iones y son muy poco solubles).

Como resultado de los valores bajos de conductividad, las aguas del embalse San Jacinto, están pobremente amortiguadas y los valores de pH están alrededor de la neutralidad (valores entre 6.74 a 7.89); podría ser mayor si la actividad fotosintética fuera más fuerte, debido a una mejor transparencia.

5.4. Fósforo total del agua

La distribución vertical del Fósforo total generalmente es uniforme (Laviolette, 2005), sin embargo en el embalse, están presentes en bajas concentraciones de 0.10 a 0.70 mg.l-1.

La concentración de fósforo total aumenta en la estación seca con valores de 0.70 mg.l-1.

Una buena parte del fósforo total corresponde al fósforo contenido en los microorganismos (San Martín, 2006). El aumento en los valores de fósforo total durante la estación seca, se debe probablemente a la disminución del flujo que ingresa al embalse (Descy, 2006). El incremento relativo de valores de Fósforo total en la zona más profunda del embalse, se debería al aumento de nutrientes en los sedimentos.

6. Conclusiones.

La relación temperatura y oxígeno, muestran una estratificación visible, con una termoclina a los 4 - 6 m. del perfil de agua, clasificando preliminarmente al embalse San Jacinto como polimíctico caliente.

Los valores bajos de conductividad están ciertamente relacionados con el tipo de suelo de la cuenca Tolomosa, ejerciendo cierta influencia a los valores del pH que están alrededor de la neutralidad.

Los valores de fósforo total durante la estación seca, tienden a incrementarse, debido a la disminución del flujo que ingresa al embalse. Mientras que el aumento de los valores en la parte profunda del embalse, corresponda a la presencia de nutrientes en los sedimentos.

La utilidad de generar un análisis de la dinámica temporal de los parámetros físicos y químicos del agua del embalse San Jacinto pasa por entender la función de los organismos acuáticos y su interacción, entre ellos mismos y con su medio, es necesario entender los factores elementales que inciden en este ambiente acuático. Estos factores,

aunque relacionados, operan independientemente como se manifiestan en los resultados del presente estudio, siendo la Temperatura (°C), pH, Oxígeno disuelto (mg/l), Conductividad (µs/cm), Fósforo Total (mg/l), parámetros elementales para el funcionamiento ecológico del embalse San Jacinto.

7. Bibliografía.

- ❑ Carlson, R. (1977). A trophic index for lakes. *Limnology and Oceanography*, Vol. 3, N° 22, pp 361-369.
- ❑ Coler, R. A. y Rockwood, J. P. (1989). *Water Pollution Biology, a laboratory/field handbook*. Ed. Technomic. U.S.A. pp 106-107.
- ❑ Descy & Sarmento, (2006). Synthèse des connaissances actuelles sur le lac San Jacinto et son bassin et perspectives de mise sur pied d'un projet. Mission financée par la FUCID – Belgium. Pp 4-12.
- ❑ Descy, J.-P., Leporcq, B., Viroux, L., François, C. & Servais, P. (2002). Phytoplankton production, exudation and bacterial reassimilation in the river Meuse (Belgium). *J. Plankton Res.*, Vol. 2, N° 24, pp 161-166.
- ❑ Díaz, M., Elizalde, E., Quiróz, H., García, J. & Molina, I., (2005), Caracterización de Algunos Parámetros Físico Químicos del Agua y Sedimento del Lago Zempoala, Morelos, México. Vol. 15, N° 2, pp 57-63.
- ❑ Fernández D. (2008). Suivi du zooplankton dans le lac eutrophe de pré-barrage de Falemprise et mise en relation avec les blooms de cyanobactéries. (Tesis de Master). Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (Namur) et Liège - Belgique.

- ◻ 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, N° 13. Mayo, pp 13 – 19.
- ◻ Lavolette F. (2005). Rapport annuel: Investigaciones limnológicas y pesqueras en el embalse San Jacinto Tarija-Bolivia.
- ◻ Levine, S.N. y Schindler, D.W. (1989). Phosphorus, nitrogen and carbon dynamics of experimental Lake 303 during recovery from eutrophication. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 46, pp 2-10.
- ◻ Margalef R. (1983). *Limnología*, Editorial Omega. Barcelona, España.
- ◻ Medina, I., Smolders, A., Lebrato, Coronel, F., Orozco, M., (2007). Contaminación de la represa de San Jacinto (Tarija, Bolivia), Interpretación del informe técnico de la UNAM. Grupo TAR I+D. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho – Universidad de Sevilla. pp 2-12.
- ◻ Quiroz, H., Mondragón, O., Molina, I., García, J., & Díaz, M., (2008). Dinámica espacio-temporal de oxígeno temperatura en los lagos Zempoala y Tonatiahua. *Acta Universitaria*. Vol. 18, N°1, 57-63.
- ◻ San Martín, I. (2007). *Limnologie, Phytoplankton et Production Primaire du Lac San Jacinto, Bolivie*. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de licencié en Sciences biologiques. Facultés Universitaires Notre-Dame de La Paix – Belgique. NAMUR
- ◻ Santiago, E. & A. Vignatti. (2009). Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga del embalse Casa de Piedra. *BioScribia*. Vol. 2, N°1, pp 41-51.
- ◻ Torres, O. R. y García, C. J. L. (1995). Introducción al manejo de datos limnológicos. Universidad Autónoma Metropolitana. México, pp 128-130.
- ◻ Wetzel, R.G. (1975). *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona, España.

ARTÍCULO 5

Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo y vegetación natural en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía

Multi-temporal analysis of the change in land use and natural vegetation in the National Reserve of Flora and Fauna Tariquía

Leaño Sanabria Juan Jacobo^{a*}

^a *Docente Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente Sub Sede Entre Ríos. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia*

* **Correspondencia del autor:** jleanosanabria@gmail.com

Recibido: 27 de julio de 2021
Aprobado: 01 de septiembre de 2021

Resumen

El presente estudio es sobre el análisis multitemporal de los cambios de uso de suelo y la vegetación natural mediante un monitoreo utilizando imágenes satelitales Landsat para conocer el estado en que se encuentra la cobertura vegetal en el periodo 1989 – 2020 de la Reserva Natural de Flora y Fauna Tariquía los cuales han experimentado importantes transformaciones antes de su creación por la excesiva extracción de madera y sus consecuencias. La metodología partió de la utilización y digitalización de imágenes satelitales Landsat debidamente georreferenciadas, se trabajó con una escala 1:400000; así mismo, se utilizó el programa ArcGIS para el procesamiento de la información. En el análisis se estableció como han sido las variaciones en las coberturas vegetales en el tiempo, la deforestación sobre las áreas boscosas, la tasa de deforestación es bastante baja, la caracterización de la cobertura vegetal boscosa mediante el índice de vegetación de diferencia normalizada vegetal, la vegetación alta para el año 1989 con 69.2% indica plantas medianamente sanas a muy sanas, cambia el año 2020 a vegetación media con 90.8% con

plantas enfermas. En el caso de la evaluación de la biodiversidad vegetal, el índice de Margalef indica cantidad significativa de especies con alta biodiversidad, Menhinick indica alta diversidad del ecosistema, Simpson indica que no hay especies dominantes, Shannon-Wiener indica una comunidad equitativa, y Pielou indica que todas las especies son abundantes. Los que tienen mayor índice de valor de importancia son las especies Barroso (*Blepharocalyx salicifolius*), Arrayan (*Eugenia multiflora*), Tipa (*Tipuana tipu*), Laurel (*Ocotea* sp.) y cebil (*Anadenanthera colubrina*). Las clases diamétricas no presentan la J invertida, la cual indica que no existe buena regeneración natural, esto principalmente es porque se encuentran en un hábitat que presenta una alta fragilidad a la intervención, ya sea por deforestación, trashumancia de ganado o por actividades agrícolas. En general de toda la superficie considerada se estima que el 50% del área tiene muy buen estado de conservación.

Palabras clave: Análisis multitemporal, Análisis de coberturas, Imágenes satelitales, Deforestación.

Keywords: Multitemporal analysis, Coverage analysis, Satellite images, Deforestation.

Abstract

This study is about the multitemporal analysis of changes in land use and natural vegetation through monitoring using Landsat satellite images to know the state of the vegetation cover in the period 1989-2020 of the Natural Reserve of Flora and Fauna

Tariquia which have undergone important transformations before their creation due to the excessive extraction of wood and its consequences. The methodology started from the use and digitization of properly georeferenced Landsat satellite images, working with a scale of 1: 400000; likewise, the ArcGIS program was used for information processing.

In the analysis, it was established how the variations in vegetation cover have been over time, deforestation on forested areas, the deforestation rate is quite low, the characterization of the forest vegetation cover by means of the vegetation index of normalized vegetal difference, the tall vegetation for the year 1989 with 69.2% indicates moderately healthy plants to very healthy, changes the year 2020 to medium vegetation with 90.8% with diseased plants. In the case of the evaluation of plant biodiversity, the Margalef index indicates a significant number of species with high biodiversity, Menhinick indicates high ecosystem diversity, Simpsons indicates that there are no dominant species, Shannon-Wiener indicates an equitable community, and Pielou indicates that all species are abundant. Those with the highest index of importance value are the Barroso (*Blepharocalyx salicifolius*), Arrayan (*Eugenia multiflora*), Tipa (*Tipuana tipu*), Laurel (*Ocotea sp.*) And cebil (*Anadenanthera colubrina*) species. The diameter classes do not present the inverted J, which indicates that there is no good natural regeneration, this is mainly because they are in a habitat that presents a high fragility to the intervention, either due to deforestation, cattle transhumance or agricultural activities. In general, of the entire area considered, it is estimated that 50% of the area has a very good state of conservation.

1. Introducción

La deforestación es la mayor amenaza para la subsistencia de los bosques en Bolivia. En las últimas tres décadas, las tasas de deforestación se han incrementado notoriamente en el país incluyendo las áreas protegidas, como resultado de distintas fuerzas económicas y sociales propias de las regiones del mundo en desarrollo. Las mayores causas para la destrucción de los bosques son la migración de campesinos que practican la agricultura de subsistencia, la agricultura mecanizada y el establecimiento de pasturas para la ganadería (Resnikowski, 2010).

Durante el siglo XX, Bolivia convirtió entre 3 y 4 millones de hectáreas de bosque para expandir la frontera agrícola en las tierras bajas. Otros 3 millones de hectáreas se perdieron durante la primera década del siglo XXI. Si no se cambian estas tendencias de deforestación acelerada, Bolivia estaría totalmente deforestada antes de llegar al final de este siglo. (Andersen, 2014).

De acuerdo al último reporte realizado por Global Forest Watch el 31 de marzo del 2021, Bolivia perdió más de 430 mil hectáreas de cobertura arbórea, de las cuales 277 mil hectáreas corresponden a bosque primario, es decir bosques que mantenían su estado original, sin haber sido afectados por la acción humana. Bolivia perdió 6.11 millones de hectáreas de bosques, lo que equivale a una disminución del 9.5% de la cobertura arbórea desde el 2000. Esta cifra es realmente alarmante ya que son muy pocos los países que han visto disminuir sus bosques en un periodo de tiempo tan corto. Cabe resaltar que, Santa Cruz es responsable del 68% de la pérdida de bosques en el país.

Esta situación aparentemente ineludible de pérdida de la biodiversidad genera la siguiente pregunta: ¿para qué esforzarse para reducir la deforestación, si la selva desaparecerá de todos modos? Sin embargo, resulta que existen fuertes interacciones entre la deforestación y el cambio climático que

indicarían que la deforestación podría aumentar aún más los impactos adversos del cambio climático (Suarez, 2006). La deforestación, por ejemplo, aumenta la probabilidad de inundaciones y erosión de suelos, así como también afecta el microclima además del clima regional y global.

La mayoría de estos bosques se encuentran bajo influencia humana por diferentes motivos y factores. El presente trabajo, se enmarca en una aplicación de tecnologías espaciales para el estudio de la tierra, recursos naturales y medio ambiente, a través de un análisis espacial en entorno SIG Ráster (álgebra de mapas), complementado con un SIG vectorial. En este sentido, el presente documento abarca la definición de áreas propensas a ser deforestadas por orden de grado (mayor o menor susceptibilidad); y a la susceptibilidad de los ecosistemas de entrar en procesos de desertificación, por efecto de los cambios climáticos globales.

El área, actualmente con intervención agrícola y ganadera, presenta una gama variada de factores que influyen en el uso del territorio. La mayor actividad agrícola es la producción del cultivo de maíz.

2. Materiales y métodos

Las características generales de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia se indican a continuación:

Creación	2 de agosto de 1.989
Base Legal	D.S. N°22277 en 1.989 y bajo Ley N° 1328 del 23 de abril de 1.992.
Objetivos de Creación	Conservar la biodiversidad del ecosistema de Yungas Andinos (Bosque Nublado) y de sus funciones ecológicas como la producción y purificación de agua de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, además de sus funciones económicas.
Estratos de Manejo	Reserva Nacional de Flora y Fauna, equivalente a Reserva de Vida Silvestre de acuerdo al Reglamento General de Áreas Protegidas (RGAP).
Ubicación	Situada al suroeste del departamento de Tarija en las provincias Arce, Cercado, Burnet O'Connor y Gran Chaco, involucra a los municipios de Padcaya, Tarija, Entre Ríos y Caraparí.
Coordenadas Geográficas	Coordenadas geográficas del cuadrante de referencia 21° 45' 17,2" latitud Sur; 64° 36' 10,6" longitud Oeste a 22° 20' 11,3" latitud Sur; 64° 05' 13,1 "longitud Oeste.
Superficie	Según Decreto de Creación: 246.870 ha
Accesibilidad	El ingreso al área es muy complicado debido a sus características topográficas. Se puede ingresar desde Tarija hasta Emborozú e ingresar por Sidras o por Bermejo por la región del Cajón. El ingreso al interior de la reserva se realiza por sendas o caminos de herradura, no existen caminos para transporte vehicular.

Cuadro N° 1: Datos generales de la RNFFT

Fuente: (SERNAP, 2019)

Para la obtención de imágenes de satélite, primero se ubicó el área de estudio para luego extraer las imágenes de diferentes años o temporadas de la página Web Earthexplorer.usgs.gov Además, se seleccionaron los sensores Landsat con nubosidad 10%, de los cuales se obtuvieron resultados de imágenes en diferentes fechas. De acuerdo a esta adquisición se obtuvieron y se utilizaron seis imágenes, cuatro del sensor Landsat 5 TM y dos de Landsat 8 OLI/TIRS, con diferencia de cuatro y cinco años en cada imagen satelital.

Para el procesamiento de las imágenes satelitales se usaron el programa ArcGis 10.5. La secuencia de trabajo se inicia con la importación y combinación de banda 7 (infrarrojo medio) en rojo, banda 4 (infrarrojo cercano) en verde y banda 3 (rojo), obteniendo un único archivo por imagen.

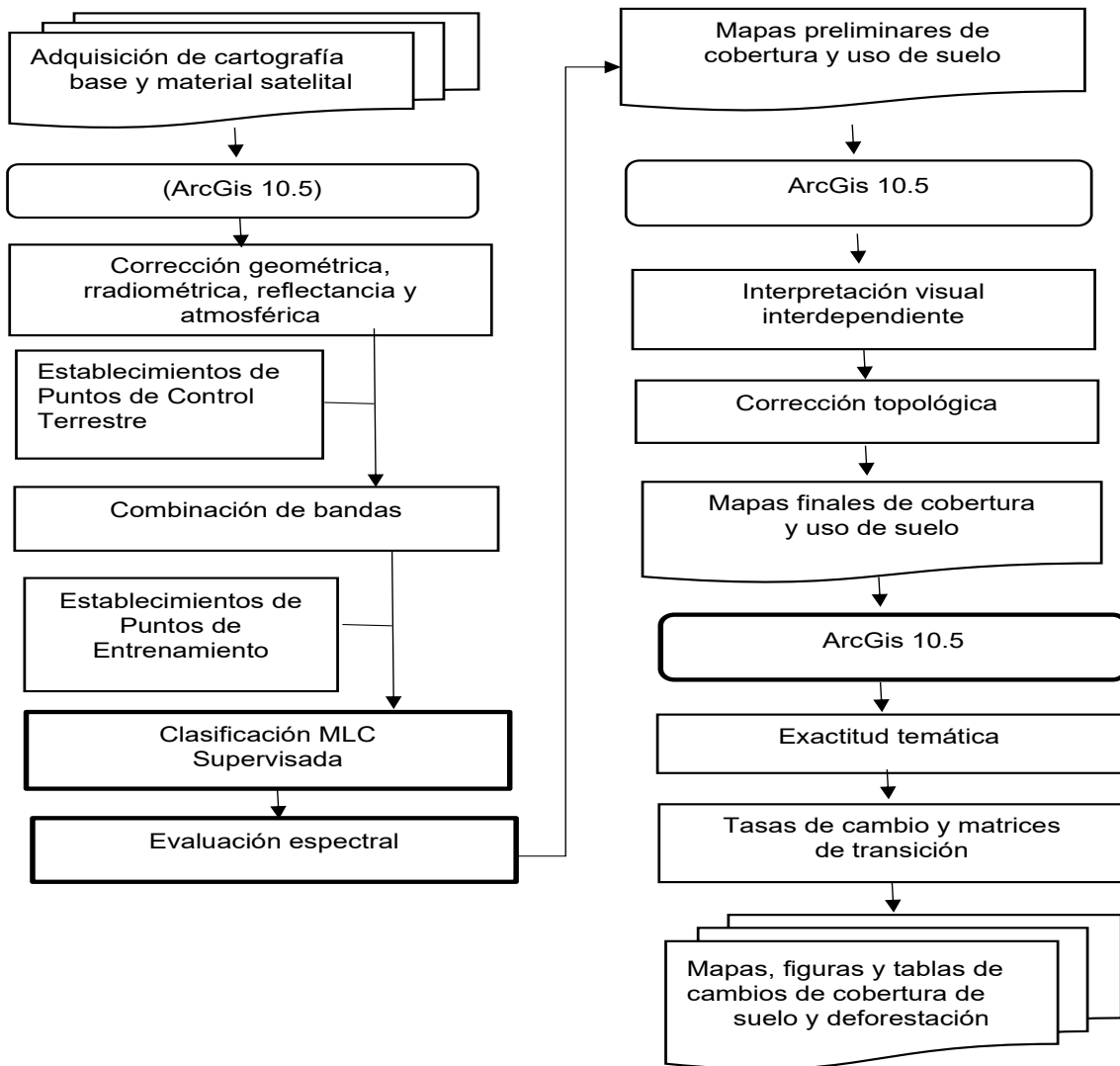


Figura N°1: Diseño metodológico para para el procesamiento de las imágenes satelitales

Fuente: Elaboración Propia

El pre procesamiento de las imágenes satelitales fue procesado de manera automática en el software ArcGis, con los siguientes pasos:

a. Corrección geométrica

Las imágenes Landsat descargadas del Departamento Geológico de los Estados Unidos de Norte América, U.S. Geological Survey USGS, ya están georreferenciados, pero están en una proyección WGS_1984_UTM zona _20S, al encontrarse proyectado en la zona 20 Norte debemos reproyectar la imagen a 20 Sur que es la zona a la que pertenece el área de estudio.

b. Corrección radiométrica

Se usó el método de ganancia y sesgo, los valores o niveles digitales ND se convierten en valores de radiancia espectral en el sensor. El primer paso para la corrección es la conversión a radiancia. Para esto en ENVI 5.3 se debe ir a la opción de Toolbox/Radiometric Correction/ Radiometric Calibration/ Tipo de calibración: radiance; la imagen inicialmente se despliega dividida en 5 segmentos: multiespectral (que posee los infrarrojos), la banda cirrus, térmica, pancromática y calidad. De todas las opciones que se muestran se debe seleccionar la que termina con MultiSpectral y asignar los diferentes valores de calibración radiométrica.

c. Corrección reflectancia

Una vez obtenida la radiancia espectral se procedió a realizar la corrección de la reflectancia aparente para lo cual se usó la herramienta ENVI 5.3 opción de Toolbox/Radiometric Correction/ Radiometric Calibration/ Tipo de calibración: reflectance.

d. Corrección atmosférica

La corrección atmosférica se realizó con software ArcGis 10.5, herramienta atmospheric correction mediante un proceso automático por sus algoritmos propios del software, se realizó la remoción atmosférica de partículas en suspensión.

Para Landsat 8 además de ayudarnos a corregir

atmosféricamente nuestras imágenes, también nos permite trabajar a través del refinado o técnica pansharpening aumentando la resolución espacial de las bandas, realizar recortes mediante AOI o desempeñar funciones de reclasificación de usos del suelo. La gran mayoría de aplicaciones de corrección, requerirá de los metadatos anexos a las bandas Landsat a corregir y desde el que disponer de los parámetros de radiancia y reflectancia. Por tanto, junto a las bandas de trabajo a corregir atmosféricamente, requeriremos del archivo TXT de metadatos asociado. Los resultados de GEOBIA nos devolverán un repertorio de bandas generadas en cascada que serán corregidas a nivel de radiancia y reflectancia (junto al refinado pansharpening inicial).

3. Identificación de las clases de Cobertura y Uso del Suelo (CUS)

Para el cambio de cobertura y uso del suelo se identificaron seis clases de CUS de acuerdo a la clasificación de la vegetación de Bolivia de Navarro 2011, para los años 1989, 1996, 2001, 2005, 2010, 2014, 2018 y 2020 las clases son: Bosque Subhúmedo Subandino, Bosque Subhúmedo, Pajonal Altoandino, Bosque Seco, Bosque Freatófilo y Áreas antrópicas.

4. Clasificación de máxima verosimilitud o probabilidad máxima

El algoritmo que utiliza la herramienta Clasificación de máxima verosimilitud se basa en dos principios:

- ⊙ Las celdas en cada muestra de clases del espacio multidimensional que se distribuyen normalmente
- ⊙ El teorema de Bayes de toma de decisiones

La herramienta tiene en cuenta las varianzas y covarianzas de las firmas de clases cuando asigna cada celda a una de las clases representadas en el archivo de firma.

Si se asume que la distribución de una muestra de clases es normal, una clase puede estar caracterizada por el vector del valor medio y la matriz de covarianza. Dadas estas dos características para cada valor de celda, se calcula la probabilidad estadística para cada clase a fin de determinar la pertenencia de las celdas a la clase. Cuando se especifica de forma predeterminada la opción Ponderación de la probabilidad a priori Igual, cada celda se asigna a la clase a la que tiene mayor probabilidad de pertenecer. Si la probabilidad de ocurrencia de algunas clases es mayor (o menor) que el promedio, se debe usar la opción Archivo a priori con un Archivo de probabilidades a priori de entrada. Los pesos de las clases con probabilidades especiales se especifican en el archivo a priori. En este caso, un archivo a priori ayuda a asignar las celdas que se superponen estadísticamente entre dos clases. Estas celdas se asignan con mayor exactitud a la clase adecuada, dando como resultado una mejor clasificación. Este enfoque de ponderación para la clasificación se conoce como el clasificador bayesiano.

Al elegir la opción Muestra a priori, las probabilidades a priori asignadas a todas las muestras de clases en el archivo de firma de entrada son proporcionales a la cantidad de celdas capturadas en cada firma. Por consiguiente, las clases que tienen menos celdas que el promedio en la muestra reciben pesos menores que el promedio, y las que tienen más celdas reciben pesos mayores que el promedio. Como resultado, las clases respectivas tienen más o menos celdas asignadas.

Cuando se realiza una clasificación de máxima verosimilitud, también se puede producir un ráster de confianza de salida opcional. Este ráster muestra los niveles de confianza de la clasificación. La cantidad de niveles de confianza es 14, que se relaciona directamente con la cantidad de

valores de fracción de rechazo válidos. El primer nivel de confianza, codificado en el ráster de confianza como 1, comprende celdas con la menor distancia hasta cualquier vector de valor medio almacenado en el archivo de firma de entrada; por lo tanto, la clasificación de estas celdas tiene una mayor certeza. Las celdas que constituyen el segundo nivel de confianza (valor de celda 2 en el ráster de confianza) se clasificarán solo si la fracción de rechazo es 0,99 o menor. El nivel de confianza más bajo tiene un valor de 14 en el ráster de confianza y muestra las celdas que posiblemente estén mal clasificadas. Las celdas de este nivel no se clasificarán cuando la fracción de rechazo sea 0,005 o mayor. Si no hay celdas clasificadas en un nivel de confianza determinado, ese nivel de confianza no estará presente en el ráster de confianza de salida.

5. Deforestación para el periodo 1989 – 2020

Para comprobar la deforestación se utilizó la clasificación supervisada la cual permite explorar diferentes tipos de atributos o clases por medio del análisis estadístico multivariado, este proceso identifica los valores de cada píxel de una o varias bandas de una imagen ráster, crea y evalúa las clases o clúster (firmas), finalmente reclasifica de acuerdo a las probabilidades de cada clase. Este procedimiento es muy práctico para crear de forma automática un mapa de uso del suelo o de cobertura vegetal.

La clasificación supervisada en ArcGIS permite clasificar el ráster por medio de cada píxel de una celda, es necesario tener conocimiento previo de las clases del área de estudio de acuerdo a los sistemas ecológicos de Navarro. Se debe marcar puntos y asignar un valor numérico para cada clase.

Posteriormente se genera y guarda una firma espectral con la herramienta Create Signatures.

Con la herramienta Maximum Likelihood Classification usar la imagen ráster y el shapefile con el campo de los valores numéricos de cada clase.

Para convertir la imagen ráster a vector formato shapefile (sea a partir de la clasificación supervisada o no supervisada) se usa la herramienta Raster to Polygon.

El problema de los archivos *.shp tipo poligonal obtenidos a partir de un ráster, es la gran cantidad de polígonos sin importancia significativa (micropolígonos), pero a su vez generan errores en cálculos y visualmente muestran las imperfecciones, para corregir este error con la herramienta de generalización Eliminate, se selecciona todos los registros en la tabla de atributos de acuerdo a un valor mínimo previamente establecido (ejemplo: marcar todos los valores menores a 100 metros cuadrados), para generalizar el shapefile, se puede aplicar cuantas veces sea necesario hasta conseguir el resultado deseado.

Todo esto se realizó para cada uno de las imágenes satelitales Landsat 5 de 1989, 1996, 2001, 2005 y 2010, Landsat 8 de 2014, 2018 y 2020.

6. Deforestación y su incremento para el periodo 1989 – 2020

Para el incremento de la deforestación fueron seleccionadas y preparadas, dos imágenes de satélite de muy alta resolución espacial, correspondientes al satélite Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI/TIRS.

En el análisis de detección de cambios, existió un lapso de 31 años que es significativo entre la toma de las imágenes que fueron comparadas, los cuales se apreciaron y cuantificaron los cambios ocurridos. Teniendo en cuenta la disponibilidad de imágenes y los cambios ocurridos en el territorio, la diferencia entre una imagen y otra es de tres años, pues fueron tomadas en los años 1989 y 2020.

Para el procesamiento digital de las imágenes se utilizó ArcGIS (versión 10.5).

Ambas imágenes fueron recortadas de las imágenes originales, siguiendo el criterio de obtener un área de estudio lo suficientemente variada en cuanto a variedades de uso de la tierra y que cubriera un territorio de dimensiones adecuadas, de unos 2469 km², para su manejo automatizado y que además, permitiera el cumplimiento de los objetivos trazados para la investigación.

Una vez recortadas las imágenes que se emplearían en el trabajo, se pasó a la corrección geométrica de las bandas con las que se trabajaría (verde, roja e IR), Se escogió el procedimiento de corrección de imagen-mapa, mediante puntos de control, utilizando como base el mapa topográfico digital del área de estudio.

El ajuste geométrico se basó en la localización de una serie de puntos de control imagen a mapa. En consecuencia, resulta más sencilla la selección de puntos comunes al mapa y a las dos imágenes, destacando la ventaja de poder encontrar rasgos característicos de la vegetación.

Los puntos de control considerados fueron fundamentalmente cruces de caminos, que no varían con el tiempo. Se escogieron numerosos puntos de control (85), en correspondencia con el grado de complejidad de la imagen, con un nivel de error poco significativo, eliminándose todos aquellos que tuvieran un error marcado y considerando una distribución uniforme de estos sobre todo el territorio de la imagen.

Este proceso se dividió en cuatro etapas:

1. Selección de la proyección y el sistema de coordenadas: se utilizó la proyección Universal Transversal de Mercator (WGS 84, zona 20 Sur).
2. Selección de los puntos de control: en total se seleccionaron 85 puntos para ambas imágenes.
3. Selección del método de interpolación: vecino más cercano.
4. Análisis del error medio cuadrático obtenido: error medio 2.00 (en píxeles).

Cada imagen fue clasificada por separado, aplicando el método de clasificación supervisada,

disponible en las herramientas de procesamiento digital de imágenes, presentes en este SIG.

7. Tasas de cambio

Una vez generados los mapas de coberturas / usos del suelo de las distintas fechas se llevó a cabo la sobre posición cartográfica. Con esta información se determinaron las áreas correspondientes a los diferentes tipos de coberturas / usos del suelo. de esta manera se pudieron obtener las tasas anuales de cambio para los periodos 1989 – 2020.

Para obtener las tasas anuales de cambio, se utilizó la ecuación propuesta por FAO (1996):

$$\rho = \left(\frac{S2}{S1}\right)^{1/n} - 1 \quad \text{Ecuación N° (1)}$$

Donde:

ρ = tasa anual de cambio

S1 = Superficie en la fecha 1

S2 = Superficie en la fecha 2

n = número de años entre las dos fechas

y también se utilizó la ecuación propuesta por Puyravaud (2003)

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \frac{S2}{S1} \quad \text{Ecuación N° (2)}$$

Donde;

r = tasa anual de cambio

t2 y t1 = año final y inicio del estudio

S1 = Superficie en la fecha 1

S2 = Superficie en la fecha 2

8. Índice de vegetación de diferencia normalizada

Para calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada se puede determinar a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal, proporcionando una medida sobre la cantidad, calidad y desarrollo de la cobertura vegetal y vigorosidad en áreas extensas.

Es el índice de vegetación más utilizado para todo tipo de aplicaciones. La razón fundamental es su sencillez de cálculo, y disponer de un rango de variación fijo (entre -1 y +1), lo que permite establecer umbrales y comparar imágenes, etc.

$$NDVI = \frac{(\rho_{SNIR} - \rho_{SRED})}{(\rho_{SNIR} + \rho_{SRED})} \quad \text{Ecuación N° (3)}$$

Donde:

NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

ρ_{SNIR} : Reflectancia de la banda Infrarrojo cercano – NIR.

ρ_{SRED} : Reflectancia de la banda roja - RED

Ecuaciones para Landsat 5 y Landsat 8:

$$NDVI_{L5} = \frac{(\rho_{SB4} - \rho_{SB3})}{(\rho_{SB4} + \rho_{SB3})} \quad \text{Ecuación N° (4)}$$

$$NDVI_{L8} = \frac{(\rho_{SB5} - \rho_{SB4})}{(\rho_{SB5} + \rho_{SB4})} \quad \text{Ecuación N° (5)}$$

Calcular NDVI en ArcGIS

Para calcular el NDVI simplemente se aplica su respectiva ecuación, cabe mencionar que dicho proceso se lo puede realizar en diferentes aplicaciones que cuenten con una calculadora de imágenes ráster (ArcGIS).

El primer paso luego de abrir la aplicación ArcMap 10.4 es cargar las bandas 3 y 4 para Landsat 5, 4 y 5 para Landsat 8 con la herramienta Add Data desde el directorio donde se encuentren almacenadas, seguidamente se muestra una ventana solicitando la creación de pirámides, en este caso dejar los valores por defecto y aceptar, cabe señalar que se requiere una licencia activa de la extensión Spatial Analyst, para ejecutar el Raster Calculator.

Una vez cargadas las bandas, desde la caja ArcToolbox, abrir la siguiente herramienta:

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator

Para obtener los valores NDVI en imágenes Landsat 5 usando ArcGIS se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = \text{Float}(\text{banda 4} - \text{banda 3}) / \text{Float}(\text{banda 4} + \text{banda 3})$$

Y para obtener NDVI en imágenes Landsat 8 usando ArcGIS se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = \text{Float}(\text{banda 5} - \text{banda 4}) / \text{Float}(\text{banda 5} + \text{banda 4})$$

El resultado es una imagen ráster que contiene valores que van desde -1 a 1 (siendo los valores más cercanos a 1 la vegetación más vigorosa). Generalmente la imagen del NDVI se muestra en una escala de grises, para dar un aspecto más agradable y de fácil interpretación, dirigirse a las propiedades del ráster y seleccionar una paleta de colores en la pestaña de simbología (clic derecho > Properties > Symbology).

Los resultados del cálculo del NDVI varían de -1 a 1. Los valores negativos corresponden a áreas con superficies de agua, estructuras artificiales,

rocas, nubes, nieve; el suelo desnudo generalmente cae dentro del rango de 0.1 a 0.2; y las plantas siempre tendrán valores positivos entre 0.2 y 1. El dosel de vegetación sano y denso debería estar por encima de 0.5, y la vegetación dispersa probablemente caerá dentro de 0.2 a 0.5. Sin embargo, es solo una regla general y siempre debe tener en cuenta la temporada, el tipo de planta y las peculiaridades regionales para saber exactamente qué significan los valores de NDVI.

Los valores de NDVI se agruparon utilizando como valores de referencia propuestos por Merg et al (2011).

Clasificación	Valor
Nubes y Agua	<0,01
Suelo desnudo	0,01-0,1
Vegetación escasa	0,1-0,2
Vegetación media	0,2-0,4
Vegetación alta	>0,4

Tabla N° 1: Clasificación de valores de NDVI

Fuente: Merg et al (2011)

9. Diversidad y el valor de importancia de la vegetación natural

En cada una de las parcelas se registró el número de especies, el número de individuos y la cobertura. Luego se calcularon la densidad, la dominancia y la frecuencia, tanto absoluta como relativa. Se obtuvo el índice de riqueza específica de Margalef; índice de diversidad de Menhinick, el índice de dominancia y diversidad de Simpson, el índice de equidad de Shannon-Wiener y Pielou y el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie.

La diversidad es el número de especies en una unidad de área que se mide a través de dos métodos: la riqueza específica basada en la cantidad de especies presentes y la estructura que mide la distribución proporcional del valor de importan-

cia. Este último se clasifica en la dominancia y en equidad de la comunidad (Moreno, 2001). Existen distintos tipos de diversidad: la local o diversidad α (alfa), la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad β (beta) y la diversidad (gamma) que reúne a las dos anteriores. En este estudio se utiliza la diversidad alfa que es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea (Smith, 2001).

10. Riqueza específica

El índice de Margalef (DMg) es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969). el cual menciona que un índice con valores menores a 2,00 denotan una baja riqueza de especies y por el contrario valores cercanos a 5,00 o superiores reflejan una riqueza de especies alta. Su fórmula es:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N} \quad \text{Ecuación N° (6)}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

El índice de diversidad de Menhinick (DMn) al igual que el índice de Margalef se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra.

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad \text{Ecuación N° (7)}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

11. Estructura – índice de abundancia proporcional - Diversidad

El índice de dominancia de Simpson (DSi) considera la probabilidad que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie los resultados entre 0 a 1 en el cual los valores cercanos a 1 explican la dominancia de una especie por sobre las demás Su expresión es:

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad \text{Ecuación N° (8)}$$

Donde:

p_i = igual a la proporción entre n_i y N

n_i = número de individuos de la especie i

El índice de Shannon- Wiener (H') tiene en cuenta la riqueza de especies y su abundancia. Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en la muestra. Además, mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies. Su fórmula es:

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i \quad \text{Ecuación N° (9)}$$

Donde:

p_i = igual a la proporción entre n_i y N

12. Índice de equidad

El índice de Pielou (J') se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies (Mo-

reno, 2001), posee valores que pueden variar de 0 a 1 siendo cercanos a 1 los que corresponden a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. La fórmula es:

$$J' = \frac{H'}{H'max} \quad \text{Ecuación N° (10)}$$

Donde:

H'max = es el logaritmo natural de S

13. Índice de Valor de Importancia

Para el cálculo de los parámetros como densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa se empleó las siguientes fórmulas que se muestran a continuación: Desarrollado por Lamprecht 1990.

Cálculo del diámetro:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad \text{Ecuación N° (11)}$$

Donde:

DAP = Diámetro Altura de pecho

CAP = Circunferencia altura pecho

$\Pi = 3,1416$

$$Db = \frac{n}{nt} \quad \text{Ecuación N° (12)}$$

Densidad absoluta:

Donde:

Db= abundancia absoluta

n= número de individuos por especie

nt= número total de individuos encontrados en el área de estudio

Densidad relativa:

$$Ar = \frac{ni}{nit} * 100 \quad \text{Ecuación N° (13)}$$

Donde:

Dr= abundancia relativa

ni= número de individuos de una enésima especie

nit= número de individuos totales en la muestra

Frecuencia absoluta:

$$Fra = \frac{np}{tp} \quad \text{Ecuación N° (14)}$$

Donde:

Fra= frecuencia absoluta

np= número de parcelas en que aparece una determinada especie

tp= total de parcelas inventariadas

Frecuencia relativa:

$$fr = \frac{fra \text{ esp}}{tfm} * 100 \quad \text{Ecuación N° (15)}$$

Donde:

Fr = frecuencia relativa

fra esp= frecuencia absoluta de la enésima especie

tfm = total de las frecuencias en el muestreo

Dominancia absoluta:

$$Dom \text{ ab} = \frac{ab \text{ esp}}{abt \text{ esp}} \quad \text{Ecuación N° (16)}$$

Donde:

Dom ab = dominancia absoluta

ab esp = área basal de la enésima especie

abt esp = área basal de todas las especies

Dominancia relativa:

Donde:

$$Dom\ rel = \frac{daesp}{dat} * 100 \quad \text{Ecuación N° (17)}$$

Dom rel = dominancia relativa

daesp = dominancia absoluta de una especie

dat = dominancia absoluta de todas las especies

Área basal:

Donde:

$$AB = \frac{\pi}{4} * DAP^2 \quad \text{Ecuación N° (18)}$$

AB= área basal

π = 3,1416

DAP = diámetro altura pecho (1,30)

Para el cálculo del índice de valor de importancia se aplicó la siguiente fórmula propuesta por Curtis & Mc Intosh (1951).

14. Índice de valor de importancia

$$IVI = Den\ rel + Fre\ rel + Dom\ rel \quad \text{Ecuación N° (19)}$$

Donde:

IVI= índice de valor de importancia

Den rel = densidad relativa

Fre rel = frecuencia relativa

Dom rel = dominancia relativa

15. Resultados

De acuerdo al análisis realizado, en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia para el año 1989 la cobertura boscosa fue de 240150 has con el 97%, el que tiene mayor superficie es el Bosque húmedo. Para el año 2020 la cobertura boscosa fue de 235997 has con el 96% durante estos 31 años se perdió 4153 has representando el 1,7% de la superficie total, con una deforestación por año de 134 has, con lo cual se puede decir que hay una disminución continua, debida a la presión de la comunidad que habita en la reserva.

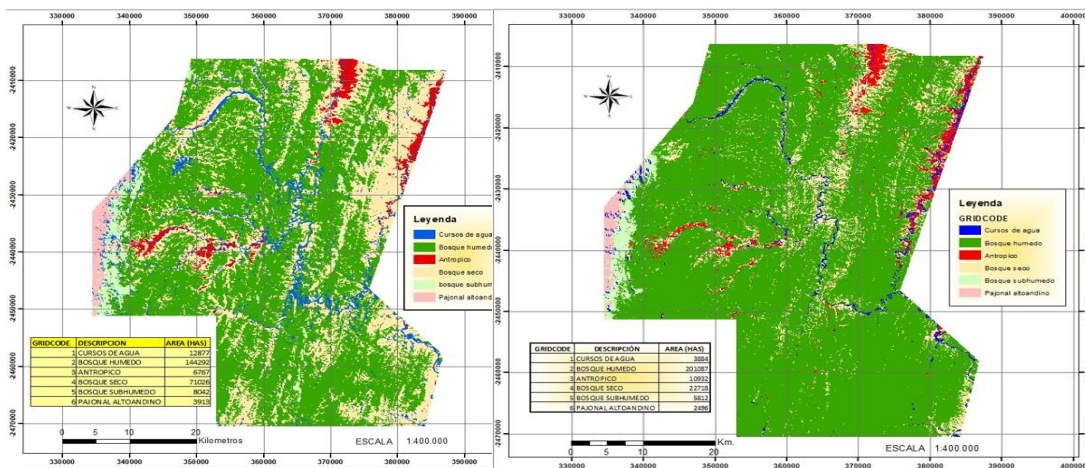


Figura N° 2: Cambio de cobertura y uso de suelo 1989–2020

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular la tasa anual de deforestación se utilizó las tasas anuales de cambio propuesta por la FAO (1996) y por Puyravaud (2003):

Método	Tasa anual de cambio (ha/año)	Tasa anual de cambio (%)
FAO	0,016	1,6
Puyravaud	0,015	1,5

Tabla N° 2: Tasa de deforestación

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla N° 2 la tasa anual de cambio ambos son similares y bastante bajos.

De acuerdo a la tabla N° 3 y 4, el NDVI para el año 1989 es de 0.3 - 0.93 que corresponde a la vegetación alta con un 69.2% de la superficie total esto significa que las plantas se encuentran medianamente sanas a muy sanas, seguido de vegetación media con un NDVI de 0.2 - 0.3 con un 27.6% de la superficie total se encuentran con plantas enfermas.

En cambio, en la tabla N° 3 y 5, el NDVI para el año 2020 es de 0.2 - 0.3 que corresponde a la vegetación media con 90.8% de la superficie total con plantas enfermas, seguido de la vegetación escasa con un NDVI de 0.1 - 0.2 con un 6.6% de la superficie total con plantas enfermas.

COBERTURA	NDVI_1989		NDVI_2020	
Suelo desnudo	-0,86	0,1	-0,15	0,1
Vegetación escasa	0,1	0,2	0,1	0,2
Vegetación media	0,2	0,3	0,2	0,3
Vegetación alta	0,3	0,93	0,3	0,53

Tabla N° 3: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada 1989 - 2020

Fuente: Elaboración Propia

N°	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HAS)	%
1	Suelo desnudo	2785,00	1,1
2	Vegetación escasa	5166,14	2,1
3	Vegetación media	68058,80	27,6
4	Vegetación alta	170908,40	69,2
TOTAL		246918,35	100,0

Tabla N° 4: Superficie y porcentaje NDVI 1989

Fuente: Elaboración Propia

N°	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HAS)	%
1	Suelo desnudo	1654,07	
2	Vegetación escasa	16381,79	
3	Vegetación media	224209,15	
4	Vegetación alta	4671,53	

Tabla N° 5: Superficie y porcentaje NDVI 2020

Fuente: Elaboración Propia

La riqueza, diversidad y equidad de la vegetación natural mediante el índice de Margalef se obtuvo un resultado de 5,98 lo cual demuestra que la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia es una zona que tiene una significativa cantidad de especies vegetales, ya que valores inferiores a 2 son zonas de baja biodiversidad y valores superiores a 5 son zonas de alta biodiversidad. El índice de diversidad de Menhinick es de 1,45 por lo que verifica que la riqueza dentro de la muestra analizada es alta la diversidad del ecosistema en relación con la vegetación. El índice de dominancia de Simpson muestra resultados entre 0 a 1 en el cual los valores cercanos a 1 explican la dominancia de una especie por sobre las demás; son ecosistemas más homogéneos. La aplicación de la fórmula dio como resultado 0,063 por lo tanto no muestra especies dominantes medias. Si bien el Arrayan (*Eugenia uniflora*) es la especie que cuenta con mayor cantidad de individuos hay otras como Palo barroso (*Blepharocalix giganteus*), Laurel (*Phoebe purphyria*), Cebil (*Anadenanthera colubrina*) y Tipa (*Tipuana tipu*) que también están representadas de la misma forma.

El índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre 0 y 4.5. El resultado de la aplicación de dicho índice es de 3,052 por lo tanto demuestra que esta comunidad es equitativa y esta entre diversidad media a alta. El índice de equidad de Pielou posee valores que pueden variar de 0 a 1 siendo cercanos a 1 los que corresponden a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. El resultado de la aplicación de este índice en las parcelas de vegetación es igual a 0,822. Para la fórmula se utilizó H' previamente obtenida en el índice de Shannon-Wiener.

En la figura N° 3 se puede verificar que, dentro de las parcelas muestreadas en la RNFFT, de las 805 especies existen 22 familias, la especie con mayor presencia está el Arrayan (*Eugenia multiflora*) con 94 individuos, Barroso (*Blepharocalyx salicifolius*) 72 individuos, Laurel (*Ocotea sp.*) con 68 individuos, cebil (*Anadenanthera colubrina*) 68 individuos, Tipa (*Tipuana tipu*) 67 individuos y así sucesivamente continuando con las demás especies, las primeras cinco especies han sido las más encontradas dentro del área de estudio.

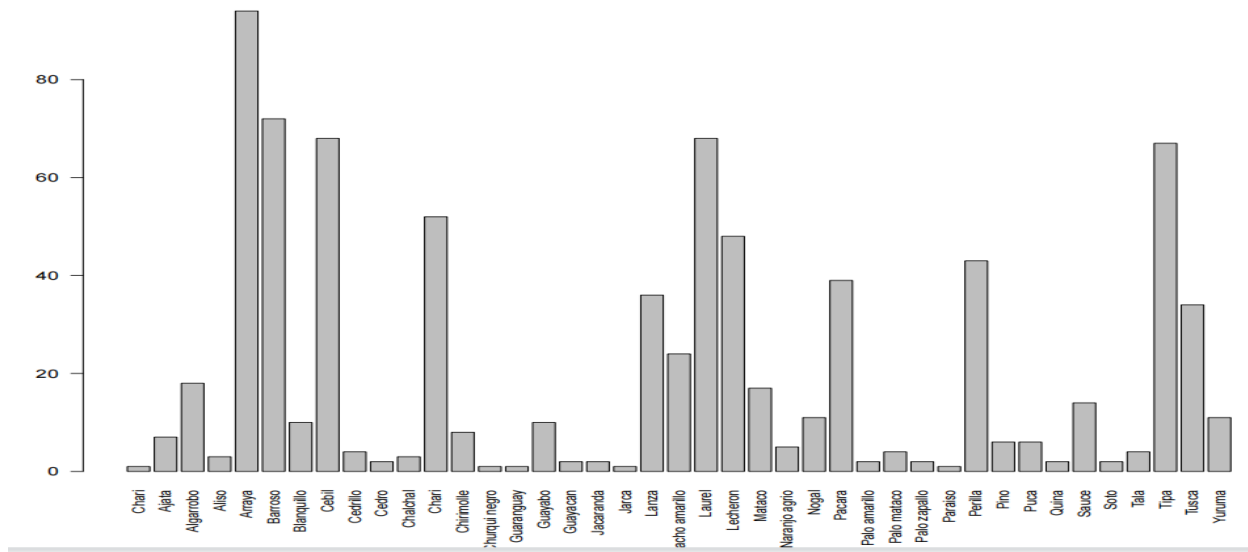


Figura N° 3: Especies registradas en el trabajo de investigación

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 4, se puede verificar que las especies con mayor índice de valor de importancia están las especies Barroso (*Blepharocalyx salicifolius*), Arrayan (*Eugenia multiflora*), Tipa (*Tipuana tipu*), laurel (*Ocotea* sp.), Cebil (*Anadenanthera colubrina*) y Pacara (*Enterolobium cortortisiliquum*). La media es de 2.5, la desviación estándar es de 2.706 y la varianza es de 7.32 nos indica que las especies están más dispersadas, y el coeficiente con 1.27 es asimétrico hacia la derecha.

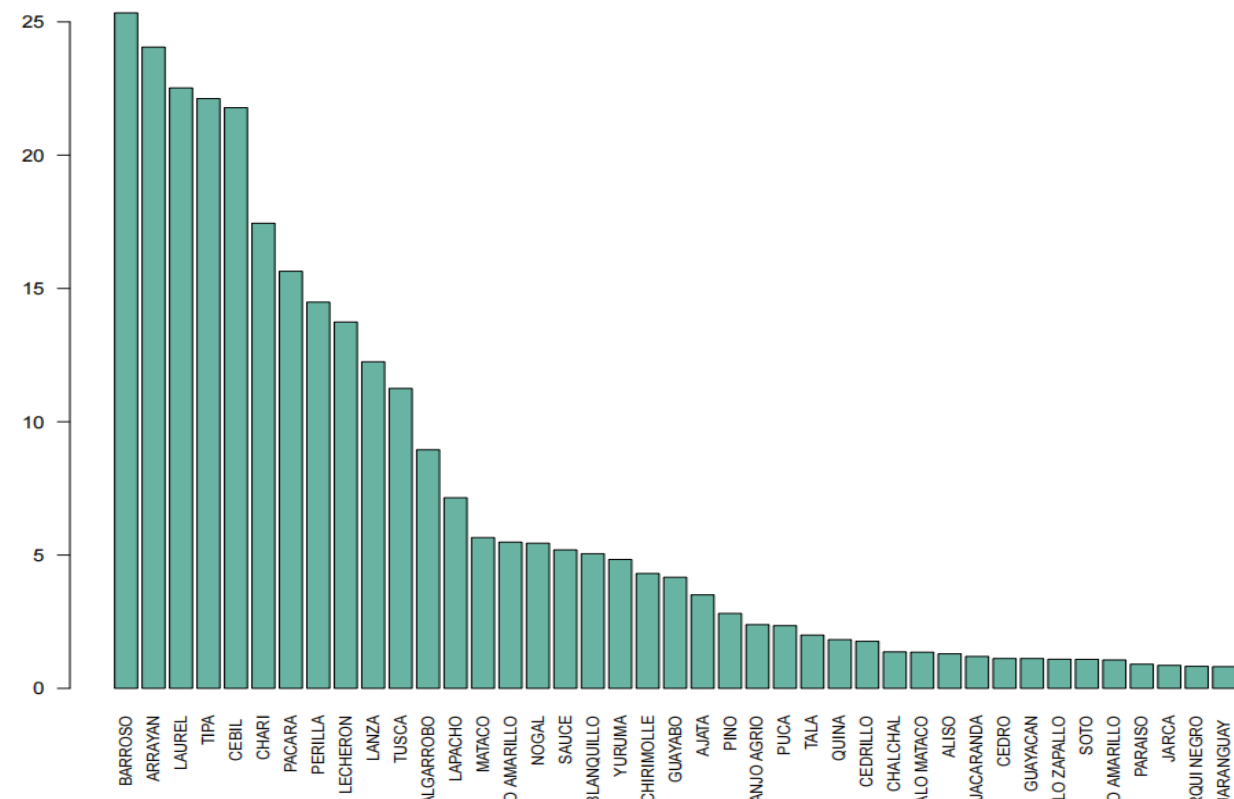


Figura N° 4: Índice de Valor de Importancia

Fuente: Elaboración propia

16. Discusión

De acuerdo al análisis realizado, en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia, el cambio de cobertura y uso de suelo se realizó mediante la clasificación de la vegetación de Bolivia de Navarro 2011, para el año 1989 el 58% corresponde a bosque húmedo, bosque seco 29% y antrópico (Agricultura múltiple) con 3% y para el año 2020 bosque húmedo 81%, bosque seco 9% y antrópico 4%.

La deforestación para el año 1989 es de 6767 has, el año 1996 se observa un aumento a 8526 ha., el año 2001 hay un descenso a 6460 ha., esto se debe a que ya es declarada área protegida y cuenta ya con un plan de manejo, a partir de ese año el aumento es mínimo con 6707 has para el año 2005, 9421 has para el año 2010, luego el año 2014 a 9834 has y asciende el año 2020 llegando a 10932 has.

En lo que respecta a la caracterización de la cobertura vegetal boscosa el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para el año 1989 la vegetación alta esta entre 0.3 a 0.93 con una superficie de 170908.40 has representando el 69.2% con plantas medianamente sanas a muy sanas. Para el año 2020 la vegetación media está entre 0.2 a 0.3 con una superficie de 224209.15 has representando el 90.8% con plantas enfermas. Aquí se puede observar que cambia la cobertura vegetal boscosa de vegetación alta del año 1989 a vegetación media el año 2020.

El índice de riqueza en base al índice de Margalef obtuvo 5,98 el cual indica una zona que cuenta con una significativa cantidad de especies con alta biodiversidad, como el índice de Menhinick indica que cuenta con una alta diversidad del ecosistema. De acuerdo al índice de dominancia de Simpson el resultado es de 0.063 lo cual nos indica que no hay especies dominantes ya que la interpretación es de 0 a 1, valores cercanos a uno nos indica dominancia de especies. De acuerdo al índice de Shannon-Wiener arroja un valor de 3.052 lo cual demuestra que la comunidad es equitativa. El índice de equidad de Pielou tiene un valor de 0,822 que es un valor cercano a 1, por lo tanto todas las especies son abundantes.

En lo que respecta al índice de valor de importancia (IVI), las especies con mayor presencia está el Arrayan (*Eugenia multiflora*) con 94 individuos, Barroso (*Blepharocalyx salicifolius*) 72 individuos, Laurel (*Ocotea* sp.) con 68 individuos, cebil (*Anadenanthera colubrina*) 68 individuos, Tipa (*Tipuana tipu*) 67 individuos, las especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) está el Barroso (*Blepharocalyx salicifolius*) con 18.58, Arrayan (*Eugenia multiflora*) con 18.51, Tipa (*Tipuana tipu*) con 18.09, Laurel (*Ocotea* sp.) con 16.83 y cebil (*Anadenanthera colubrina*) con 16.24.

Las clases diamétricas no presentan la J invertida, la cual indica que no existe buena regeneración natural, esto principalmente es porque se encuentran en un hábitat que presenta una alta fragilidad a la intervención, ya sea por deforestación, trashumancia de ganado o por actividades agrícolas.

En general de toda la superficie considerada (RNFFT y ZEA) se estima que el 50% del área tiene muy buen estado de conservación (muy poca o ninguna intervención o conversión) y entre 20 – 30% tiene buen estado de conservación (es decir poca alteración). En síntesis, la RNFFT y su ZEA poseen un estado de conservación que justifica su protección para la biodiversidad.

17. Bibliografía

- ❑ Andersen. (2014). La economía del cambio climático en Bolivia, Impactos en el sector agropecuario. Washington.
- ❑ Bluske, R. A. (2004). Áreas protegidas del departamento de Tarija. Creativa.
- ❑ BOLFOR. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz de la Sierra.
- ❑ Castillo. (2009). Análisis con imágenes satelitales de los recursos forestales en el trópico húmedo de Chiapas: un estudio de caso en Marqués de Comillas.
- ❑ Chuvieco. (2016). Fundamentals of satellite remote sensing: An environmental approach.
- ❑ Congedo. (2016). Documentation of Semiautomatic Classification Plugin.

- 🔖 FAO. (2013). Los Bosques y el Cambio Climático. Trabajando con los Países para hacer frente al Cambio Climático por medio de la Gestión Forestal Sostenible. Roma, Italia.
- 🔖 FAO. (2014). El Estado de los Bosques en el Mundo. Potenciar los beneficios socioeconómicos de los Bosques. Roma, Italia.
- 🔖 FAO. (2018). El estado de los bosques del mundo - Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. . Roma.
- 🔖 Galindo. (2014). Monitoreo del Cambio en la Superficie Cubierta por Bosque Natural. Bogotá.
- 🔖 ICRAF. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima - Perú.
- 🔖 Macedo. (2010). Clasificación no supervisada con imágenes a color de cobertura terrestre.
- 🔖 Miranda. (2013). Monitoreo de la deforestación mediante técnicas geomáticas en una porción de la región centro norte de México.
- 🔖 Moreno. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza: La Sociedad Entomológica Aragonesa.
- 🔖 NASA. (2013). Landsat 7 Science Data Users Handbook.
- 🔖 Okdiario. (20 de Julio de 2019). Que es el método descriptivo. Obtenido de <https://okdiario.com/curiosidades/que-metodo-descriptivo-2457888>
- 🔖 Olaya. (2012). Sistemas de Información Geográfica. Cancillería de Infraestructuras de la General Valenciana. Valencia.
- 🔖 Ordoñez. (1998 y 1999). Captura de carbono ante el cambio climático.
- 🔖 Pacheco. (2010). The evolution of the timber sector in lowland Bolivia: Examining the influence of three disparate policy approaches.
- 🔖 Pece, C. G.-M. (2011). Muestreo y técnicas de evaluación de vegetación y fauna. Santiago del Estero - Argentina.
- 🔖 Ramos, G. M. (2013). Técnicas de Investigación de Campo. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/griseldamedinaramos/tcnicas-de-investigacin-de-campo>
- 🔖 Ramos, I. a. (2018). Valoracion economica del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetacion existente en el centro ecoturistico de Seccsachaca. Huancayo.
- 🔖 Ramos, I. A. (2018). Valoracion economica del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetacion existente en el centro ecoturistico de Seccsachaca, Huancavelica, Peru - 2017. Huancayo - Peru.
- 🔖 Resnikowski. (2010). Monitoreo de las Principales amenazas de la biodiversidad en el oeste de Pando. Manejo Integral de la Cuenca Arroyo Baia. La Paz.
- 🔖 Richards. (2006). Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction.
- 🔖 Rudel. (1997). The paths to rain forest destruction: crossnational patterns of tropical deforestation, 1975–1990.
- 🔖 Saldaña. (2010). Determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal “Bosques de Huamantanga”.

- ❑ Schlegel, B. (2002). Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Universidad Austral de Chile.
- ❑ Segovia, M. A. (2017). Estimación de Biomasa y Carbono, Bajo un Sistema Silvopastoril, en la Comunidad de Yaguacua de la Provincia Gran Chaco, Tarija. *Agrociencias*, 23.
- ❑ SERNAP. (2015). Plan de Manejo de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia - Tarija - Bolivia 2015 - 2025. Tarija.
- ❑ SERNAP. (16 de Julio de 2019). Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia. Obtenido de <http://sernap.gob.bo/tariquia>
- ❑ Silva, G. &. (2006). Análisis y tendencia de la deforestación de la provincia de Zamora en base a interpretación de imágenes satelitales. Loja, Ecuador.
- ❑ Silvina Manrique, J. F. (2009). Estimación de densidad de biomasa aérea en ecosistemas naturales de la Provincia de Salta. Salta - Argentina: Instituto de Investigación en Energías No Convencionales.

ARTÍCULO 6

Los algoritmos y los valores

Algorithms and values

Yana Cerezo Omar Elias ¹

¹ *Docente del Departamento de Informática y Sistemas de la UAJMS - DIS. Tarija - Bolivia*

* **Correspondencia del autor:** omar182_ya@hotmail.com, dirección.

Recibido: 2 de julio de 2021
Aprobado: 30 de Agosto de 2021

Resumen

A medida que continúa avanzando la tecnología y su uso en la sociedad, surgen cuestiones axiológicas, éticas y morales acerca de los algoritmos, debido al creciente desarrollo y aplicación en diferentes campos de la robótica, inteligencia artificial y otros. Es claro que una cuestión, es la consideración de la actividad valorativa del programador en relación con los algoritmos utilizados.

En este sentido se partió del siguiente problema: ¿Cuándo un algoritmo es bueno o malo?

El objetivo del presente trabajo, es contribuir al debate sobre el valor y la valoración de los algoritmos.

La metodología utilizada fue la revisión de materiales bibliográficos más relevantes para su aplicabilidad en la actividad de valoración. En la recolección de datos se empleó fuentes primarias: ideas de Risieri Frondizi y Robert S. Hartman y secundarias: los autores que comentan, analizan, critican y evalúan las ideas de los autores mencionados.

Robert S. Hartman proporciona la herramienta de valoración de los valores transparencia-opacidad, equidad-discriminación, imparcialidad-parcialidad entre otros vinculadas a los algoritmos, así como determinar cuándo un algoritmo es bueno, regular o malo, producto de la relación entre sujeto, objeto y contexto donde surge el valor, este se relaciona con el concepto del objeto o hecho (sistema).

Palabras clave: Algoritmos, Axiología, Valor, Valoración.

Abstract

As technology and its use in society continue to advance, axiological, ethical and moral questions arise about algorithms, due to the increasing development and application in different fields of robotics, artificial intelligence and others. It is clear that one issue is the consideration of the evaluative activity of the programmer in relation to the algorithms used.

In this sense, the following problem was started: When is an algorithm good or bad?

The objective of this work is to contribute to the debate on the value and valuation of algorithms.

The methodology used was the review of the most relevant bibliographic materials for their applicability in the assessment activity. In the data collection, primary sources were used: ideas by Risieri Frondizi and Robert S. Hartman and secondary sources: the authors who comment, analyze, criticize and evaluate the ideas of the mentioned authors.

Robert S. Hartman provides the tool for evaluating the values transparency-opacity, fairness-discrimination, impartiality-bias among others linked to algorithms, as well as determining when an algorithm is good, fair or bad, product of the relationship between subject, object and context where the value arises, this is related to the concept of the object or fact (system).

Keywords: Algorithms, Axiology, Value, Valuation.

1. Introducción

En estos últimos años, se ha acrecentado el interés en los algoritmos por su desarrollo exponencial en el campo de las matemáticas, inteligencia artificial, la robótica, el gran volumen de datos, la internet de las cosas, las redes sociales y simulaciones. Y se le ha otorgado el valor de si son justos o buenos en un sentido simplista. Los algoritmos desde sus orígenes han sido utilizados para la resolución de problemas, mediante un conjunto de operaciones matemáticas, pero desde hace unos años atrás, se han convertido en un elemento clave de nuestra sociedad. Las personas interactúan con algoritmos al utilizar los dispositivos móviles a diario, esto sea para elegir un juego, una canción, una película, solicitar un radio móvil para trasladarse, seleccionar un camino óptimo para desplazarse en la ciudad por medio de un vehículo, bicicleta o a pie, realizar transacciones bancarias, pasar clases, buscar información y etc.

El presente trabajo plantea el siguiente problema: ¿Cuándo un algoritmo es bueno o malo?.

Entre las muchas respuestas que se proponen se encuentran las siguientes:

- ⊙ Los algoritmos no son ni buenos ni malos
- ⊙ Los algoritmos son iguales
- ⊙ Los algoritmos no son neutros en sí mismos, aunque tampoco no son buenos o malos.

Ahora se propone la siguiente hipótesis:

- ⊙ El algoritmo es bueno, regular o malo cuando surge la relación con el programador que lo desarrolla o persona, organización, empresa que lo aplica y este valor se relaciona con el concepto del hecho.

2. Materiales y métodos

Para desarrollar este trabajo se encuentra articulado en materiales bibliográficos, en torno al filósofo Risieri Frondizi en base a su Teoría de los Valores y al filósofo Robert S. Hartman en base a su Ciencia del Valor; este último requiere además de conocimientos básicos en lógica simbólica y de matemáticas, por ejemplo, en la teoría de conjuntos. Además, que se puede aplicar una ética axiomática a cosas individuales en tecnología o cosas grupales en ingeniería (Álvarez, J. 1960).

Los objetos de estudio son abstractos: los algoritmos y los valores.

Y los métodos lógicos utilizados son: el método deductivo está basado en el razonamiento partiendo de argumentos generales para demostrar, comprender o explicar los aspectos particulares para llegar a conclusiones (Prieto, B. J. 2017) (Alan, D. y Cortez, L. 2018); el método analítico es la descomposición de una idea en sus partes, para estudiar cada parte (Rodríguez, A. y Pérez, A. O. 2017); y el método sintético es la articulación de todas las partes que componen la idea para descubrir relaciones (Canale, F. L. 2000). Estos dos últimos son útiles para la búsqueda y procesamiento de información recolectada.

En la recolección de datos se empleó: fuentes primarias son las ideas de los autores que se están analizando y fuentes secundarias son los autores que comentan, analizan, critican y evalúan las ideas de los autores de la fuente primaria.

3. Desarrollo

La Real Academia Española (RAE) en el Diccionario de la Lengua Española (DEL) define algoritmo como: el conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema, que quizá proviene del latín tardío *algorismus y este abreviado del árabe clásico hisābu lḡubār ‘cálculo mediante cifras arábigas’.

Y el Diccionario Crítico Etimológico Castellano e Hispánico (DCECH) remite al termino guarismo y lo define como “cifra que expresa una cantidad” que proviene del antiguo algarismo “arte de contar, aritmética” y éste de Al-huwārizmī sobrenombre del matemático árabe Abu Yafar Mohámmed Abenmusa, cuyas traducciones introdujeron la aritmética en la Europa Medieval.

Al-Khwārizmī (d.C. 780) en el Libro “Compendio de cálculo por reintegración y comparación” desarrolla problemas de álgebra y aparece la ecuación , con su respectiva demostración y el algoritmo de resolución de la ecuación (Molina, I. 2016), mediante las siguientes expresiones matemáticas:

$$(1) \quad b/2$$

$$(2) \quad (b/2)^2$$

$$(3) \quad (b/2)^2 + c$$

$$(4) \quad \sqrt{(b/2)^2 + c}$$

$$(5) \quad \sqrt{(b/2)^2 + c} - (b/2)$$

Parece ser que muchos algoritmos se encontraban en uso por los matemáticos persas, babilónicos, sumerios, egipcios y griegos (Infante, F. y Puig, L. R. 2013). Pero el termino ha ido evolucionando a “procedimiento efectivo” secuencia finita de pasos repetible proporcionando una respuesta correcta (Rapaport, W. 2016), no obstante, según Knuth, D. E. (1973, como se citó en Rapaport, W., 2016) un algoritmo es “un conjunto finito de reglas que da una secuencia de operaciones para resolver un tipo específico de problema”, que presenta cinco características:

- ⊙ Finitud: un algoritmo siempre debe terminar después de un número finito de pasos;
- ⊙ Precisión: un algoritmo debe definirse paso a paso y las acciones a realizar deben especificarse de manera rigurosa y sin ambigüedades;
- ⊙ Entrada: un algoritmo tiene cero o más entradas;
- ⊙ Salida: un algoritmo tiene una o más salidas; Y
- ⊙ Efectividad: un algoritmo debe ser lo suficientemente básico en todas las operaciones a realizar, para ser replicada por un humano utilizando lápiz y papel con exactitud y en un periodo de tiempo finito.

Un criterio aludido es el hecho de que un humano ejecuta el algoritmo con lápiz y papel, actualmente los algoritmos son ejecutados por un ordenador a una gran velocidad, además se debe poner sobre la mesa los algoritmos de aprendizaje automático, algoritmos de aprendizaje profundo o algoritmos genéticos; que presentan soluciones más eficientes, complejas y en algunos casos elegantes, que pone fin al algoritmo de lápiz y papel.

Ahora bien, para Hill, R. K. (2016, como se citó en Tsamados, A. et al., 2021) algoritmo es “una estructura de control compuesta finita, abstracta, efectiva, imperativamente dada, logrando un propósito dado bajo disposiciones dadas” centrado en términos de la filosofía, no como el caso de Donald Ervin Knuth centrado en la informática o la computación y Al-Khwārizmī centrado en la matemática. No obstante, se puede expresar de diferentes formas: lenguaje natural, lenguaje de programación, pseudocódigo, diagramas de flujo y lenguaje binario (para las computadoras).

La afirmación por un lado de que los algoritmos no son neutrales éticamente (Tsamados, A. et al. 2021) y por otro, los algoritmos son neutrales. Hace surgir la cuestión de quien está en la correcta afirmación, cuando un algoritmo es bueno o malo apoyado en la idea de bien o mal. Esta cuestión en consecuencia en base a las dos afirma-

ciones mencionadas anteriormente, lleva por dos caminos absolutos:

- ⊙ (1) el subjetivismo: el valor bueno-malo no tiene como recipiente al algoritmo, sino al creador del algoritmo, es decir, el sujeto crea o asigna el valor a un determinado objeto o hecho al realizar la valoración. Por ejemplo, comprensión-incomprensión de un algoritmo expresado en un diagrama de flujo. Y
- ⊙ (2) el objetivismo: el valor bueno-malo tiene como recipiente al algoritmo independientemente del creador del algoritmo, es decir, el sujeto descubre el valor del objeto o hecho independiente de la valoración. Por ejemplo, un algoritmo es más valioso a otros algoritmos por sus propiedades objetivas de precisión-imprecisión y eficiencia-ineficiencia.

Todavía continua sin resolverse la disputa entre subjetivismo y objetivismo; cabe añadir que la RAE define valor o valores como la cualidad que poseen algunas realidades, consideradas bienes, por lo cual son estimables. Y a juicio de Frondizi, R. (1972) los “dos tipos de respuesta... Para el primer tipo, el hombre crea el valor con su agrado, deseo o interés; para el segundo lo descubre: el valor reside en el objeto valioso”. Y Según Hartman, R. S. (1959) los valores que a juzgar por Frondizi, R. (1972) no es real, ni material, ni ideal, sino que surge de una experiencia real, pero el valor es irreal.

Para esta situación un caso típico es el siguiente: lo bueno que es el algoritmo al ser ejecutado en el proceso de selección de personal; para un subjetivista el valor de bueno depende de la percepción que se experimenta al no identificar algún sesgo en correspondencia al género, o el bueno es el humano que lo crea, o es bueno al surgir el interés por el humano que lo aplica y si no percibo

lo bueno, el algoritmo no tiene valor; para un objetivista, lo bueno se encuentra en el algoritmo y, en el caso que no estuviera lo bueno, las cualidades fácticas no serían percibidas.

Luego, el propio Frondizi, R. (1972) propone contemplar la relación sujeto-objeto al presentarse como un fenómeno complejo y difícil de separar las interacciones, de un todo compuesto por partes: el sujeto y el objeto. Y como se relacionan para generar la propiedad de valor. Si se mira con una visión de sistema propuesto por Ludwig von Bertalanffy (1976, como se citó en Arnold, M. y Francisco, O., 1998) se presenta como un conjunto de elementos interactuando objetivamente entre sí, esta se presenta como el estudio de una estructura en un momento determinado de cómo se relacionan los componentes y no de sus componentes independientemente. Es decir, la estructura presenta propiedades del sistema producto de las interacciones de sus elementos generando información nueva. En este caso, los elementos influyen en las propiedades de la estructura; sin embargo, las propiedades separadas de sus elementos no tienen intervención.

Es muy claro la frontera identificada por Frondizi, R. (1972) que delimita el sistema y propone la noción de cualidad estructural, en la que el valor “bueno” por ejemplo, “surge de la reacción de un sujeto frente a propiedades que se hallan en el objeto”. Esta cualidad, se encuentra determinada por una situación física y humana, donde afecta a los elementos del sistema que presenta dinamismo a lo largo del tiempo promoviendo el cambio o la estabilidad. Se debe comprender el termino situación “como el conjunto de elementos contextuales que rodean y afectan a la relación entre sujeto y objeto: el ambiente físico, el ambiente cultural (incluye el medio social), el conjunto de necesidades, expectativas, aspiraciones y posibilidades de cumplirlas” (López, J. A. 2019); en términos de Frondizi, R. (1972) “los valores tienen existencia y sentido solo dentro de una situación concreta y determinada”.

Ahora bien, si los elementos interactúan objetivamente al constituirse la estructura como una unidad concreta y no abstracta, es hora remitirse a Ortega y Gasset, J. (1964) para observar a que clase pertenece el valor bueno-malo, en primer lugar se encuentra la gran clase Espirituales; en segundo lugar la sub clase Morales; donde se detectan los valores bueno-malo, justo-injusto, bondadoso-malvado, en este orden de importancia de valores vinculado a los algoritmos, no se encuentran incluidos: transparencia-opacidad, equidad-discriminación, imparcialidad-parcialidad y otros. Empero, los valores positivos están asociados a la idea de bueno y los valores negativos están asociados a la idea de malo. Es así que todavía queda una muy difícil tarea “de reconocer un valor residente en el objeto” en palabras de Ortega y Gasset, J. (1964) y no solo eso, sino de construir una escala de valores, aunque se debe considerar que se habla en término objetivo de la estructura, en el que se debe reconocer un valor de la “tensión entre el sujeto y objeto” en palabras de Frondizi, R. (1972) tenemos que ser cuidadosos, responsables considerando los factores de sujeto, objeto y situación para ir construyendo una jerarquía de valores.

Y no obstante ¿Cuándo un algoritmo es bueno o malo?, el valor “bueno” es una propiedad del sistema de la interacción entre el sujeto y el objeto que produce el valor. Aun así, toca cambiar de camino y remitirse al filósofo Hartman, R. S. (1967) el cual define valor como una propiedad de los conceptos y “Una cosa es buena si, y únicamente si, cumple con el conjunto de propiedades de la comprensión de su concepto”. Además, plantea una diferencia entre la filosofía que hace uso de conceptos analíticos y la ciencia que hace uso de conceptos sintéticos, relacionados ambos con la ética; así como define “Un concepto es un contenido mental que tiene, como se ha dicho, una doble vertiente, por una parte, un significado o comprensión y por otra una aplicabilidad o extensión”.

Los conceptos analíticos son conceptos cuyas comprensiones consisten en predicados. Los conceptos sintéticos son conceptos cuyas comprensiones consisten en relaciones formales, utilizando relaciones matemáticas a partir de los analíticos (Instituto Ananda 2018) fortaleciendo el significado de los conceptos (Águila Cázarez, C. 2011). y los conceptos singulares son conceptos cuyas comprensiones consisten en el individuo diferente de cualquier otro individuo.

En el caso del concepto sintético surge a partir de los conceptos analíticos, que implica la relación axiológica, es decir, observación en el mundo para su confirmación debido a que la ciencia trabaja con hechos; esto implica una relación entre el concepto y la cosa.

Según Hartman, R. S. (1967) “Los conceptos analíticos de la filosofía, la comprensión y extensión varían en proporción inversa, mientras que en los conceptos sintéticos de la ciencia varían en proporción directa”, en cambio, los conceptos singulares solo presentan una extensión que es el individuo. Un ejemplo de concepto sintético se presenta en la matemática, específicamente en la teoría de conjuntos, la comprensión viene dada por $A = \{x / x \text{ es un número obtenido al lanzar un dado corriente}\}$ expresando “A es el conjunto formado por todos aquellos números que se obtengan al lanzar un dado” y la extensión dada por $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. También considera “Que una ciencia tiene una estructura compleja que consiste en teoría y práctica, en relaciones formales y observaciones materiales. La coordinación de ambas es, hablando estrictamente la ciencia”; mas da entender la relación entre los hechos y los valores, donde los valores no se encuentran en el objeto mismo, pero los valores se encuentran en el concepto del objeto (utiliza el lenguaje). Esta capacidad de intensión del concepto se define como el conjunto de cualidades que el concepto prescribe a cualquier objeto para pertenecer al concepto.

Pero, la axiología considerada como ciencia es el aporte de Hartman, R. S. (1967) al presentarse tres grupos de cualidades, tres grupos de conceptos y estos dan origen a tres tipos de valor:

- ⊙ Cualidad (en tres niveles de valor):
 - (1) genérico solo tiene propiedades contenidas en la definición del concepto “valor”;
 - (2) particular solo tiene propiedades a la clase a la que pertenece y
 - (3) singular tiene la totalidad concreta de todas sus propiedades.

- ⊙ Concepto (en tres dimensiones lógicas):
 - (1) analítico la comprensión consiste en predicados;
 - (2) sintético la comprensión consiste en relaciones formales y
 - (3) singular la comprensión difiere de cualquier otro objeto. Tal como, en el primer caso: Todos los algoritmos finitos son finitos, el predicado presenta el mismo significado que el sujeto, no dice nada de la realidad; en el segundo caso: No todos los algoritmos son finitos, el predicado no presenta el mismo significado que el sujeto, agrega una cualidad al sujeto y se verifica en la realidad si es cierto (basado en hechos fácticos) y en el último caso: Mi algoritmo finito, la cosa y el valor se vuelve uno, es la experiencia de una cosa en concreto. Y

- ⊙ Valor (en tres dimensiones axiológicas del valor):
 - (1) valor sistémico cumple con las propiedades finitas numerables del concepto sintético;
 - (2) valor extrínseco cumple con las propiedades infinitas denumerables (correspondencia uno a uno) del concepto analítico;
 - (3) valor intrínseco cumple con las propiedades concretas infinitas no numerables del concepto singular.

Para fines prácticos, se procede a una demostración de la valoración del concepto “transparencia”, según un experto significa (Contreras, D. y Pefaur, D. 2020): que el algoritmo sea súper entendible, que no tenga reglas que no puedan explicar.... No puede ser una caja negra que no entregue respuestas a la ciudadanía. En el caso del valor sistémico (la transparencia) la valoración es si un algoritmo es transparente o no lo es; en el caso del valor extrínseco (esta transparencia) la valoración es comparar un algoritmo transparente con otro algoritmo y concluir si presenta mejor o peor propiedad como comprensible, explicable, etc.; y en el caso del valor intrínseco (mi transparencia) la valoración es concreta de un algoritmo transparente, presenta propiedades únicas como nombre, complejidad, si lo utilizo, si es una caja negra, etc.

Se observa que los conceptos sintéticos implican una relación formal, esto es la relación entre el concepto y el objeto, esta relación que existe entre hecho-valor (Hierro, G. 1974). Consiste en que los valores se encuentran en el concepto del objeto, y no en el objeto mismo; eso quiere decir, que se debe concebir al objeto como sistema que surge de la relación sujeto-objeto y en este sentido el valor no se encuentra en el sistema mismo, por el contrario, los valores se encuentran en el concepto del sistema. Esta pertenencia determinara en la medida que se aproxime cuando un algoritmo es bueno o malo, esto indica que en base a la correspondencia de si cumple un conjunto de propiedades de predicados es bueno, cumple un conjunto de predicados que no exceda ni supere es regular, o caso contrario si cumple menos de predicados es malo.

4. Conclusiones

Por tanto, en base al aporte de Risieri Frondizi por la relación entre sujeto, objeto y contexto donde surge el valor y este es la cualidad del sistema. Y de Robert S. Hartman por la relación entre valor y concepto del objeto, en el que el

objeto es el sistema. La evaluación de los valores es realizable, sin embargo, es una tarea compleja abierta a la mejora y corrección al presentarse una explosión combinatoria de posibilidades al utilizar las tres dimensiones propuestas: sistémica, extrínseca e intrínseca. Porque para determinar cuándo un algoritmo es bueno o malo, es un trabajo de valorar que requiere conciencia por parte de los programadores, instituciones, empresas u organizaciones involucradas en su creación y uso. Por otra parte, Robert S. Hartman proporciona la herramienta de valoración de los valores transparencia-opacidad, equidad-discriminación, imparcialidad-parcialidad y otros vinculadas a los algoritmos, que es un área que ha tomado gran relevancia en estos últimos años.

5. Bibliografía

- ▣ Águila Cázarez, C. (2011). Ética Filosófica y Ética Científica, Robert S. Hartman. Fecha de consulta, 19 de mayo de 2021, de <http://textosfil.blogspot.com/2011/12/etica-filosofica-y-etica-cientifica.html>.
- ▣ Alan, D. y Cortez, L. (2018). Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica. Ediciones UTMACH. Machala - Ecuador.
- ▣ Álvarez, J. (1960). Robert S. Hartman, La Estructura del Valor. Fundamentos de la Axiología Científica. En *Diánoia. Revista de Filosofía*. [En Línea]. N° 6. Volumen 6. pp 242–247. -. Fecha de consulta: 31 marzo 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iifs.18704913e.1960.6.1310>.
- ▣ Arnold, M. y Francisco, O. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. En *Cinta de Moebio: Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*. [En Línea]. N° 3. Volumen-. pp 40–49. -. Fecha de consulta: 22 mayo 2021. Disponible en: <https://www.moebio.uchile.cl/03/frprinci.html>.
- ▣ Canale, F. L. (2000). Interpretación de las Ideas Expresadas en Textos: El Método Filosófico de Investigación en las Ciencias Humanas. En *Enfoques: Revista de la Universidad Adventista del Plata*. [En Línea]. N° 2. Volumen 12. pp 83–114. -. Fecha de consulta: 27 agosto 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7358959>.
- ▣ Contreras, D. y Pefaur, D. (2020). Transparencia Algorítmica Buenas Prácticas y Estándares de Transparencia en el Proceso de Toma de Decisiones Automatizadas. Ediciones Consejo para la Transparencia. Santiago - Chile.
- ▣ Frondizi, R. (1972). ¿Qué son los Valores? Introducción a la Axiología. Ediciones Fondo de Cultura Económica. Vigésimosexta reimpresión, 2015. D. F. - México.
- ▣ Hartman, R. S. (1959). ¿Qué son los Valores? Introducción a la Axiología, por Risieri Frondizi. En *Diánoia. Revista de Filosofía*. [En Línea]. N° 5. Volumen 5. pp 241–249. -. Fecha de consulta: 19 mayo 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iifs.18704913e.1959.5.1329>.
- ▣ Hartman, R. S. (1967). *The Structure of Value: Foundations of Scientific Axiology*. Ediciones Southern Illinois University Press. United States of America.
- ▣ Hierro, G. (1974). Robert S. Hartman (1910–1973). En *Diánoia. Re-*

- vista de Filosofía. [En Línea]. N° 20. Volumen 20. pp 191–201. -. Fecha de consulta: 31 marzo 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iifs.18704913e.1974.20.1000>.
- ❑ Infante, F. y Puig, L. R. (2013). Una Comparación entre las Demostraciones de Pedro Nunes y al-Khwārizmī de los Algoritmos de las Formas Canónicas de la Ecuación de Segundo Grado. En Epsilon. Revista de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática, N° 85. Volumen 30. pp 37–54. -, -.
 - ❑ Instituto Ananda (2018). La axiología de Robert S. Hartman: Conceptos Analíticos y Conceptos Sintéticos. Número y Valor. Fecha de consulta, 19 de mayo de 2021, de <http://institutoananda.es/axiologia-y-valores-conceptos-analiticos-y-conceptos-sinteticos/>.
 - ❑ López, J. A. (2019). Síntesis y Comentario de: FRONDIZI, Risieri: ¿Qué son los Valores?. Fecha de consulta, 04 de junio de 2021, de https://www.academia.edu/38274666/Rese%C3%B1a_de_Frondizi_R_Qu%C3%A9_son_los_valores.
 - ❑ Molina, I. (2016). El Legado de al-Khwārizmī: Análisis de la Traducción e Introducción de Algunos Arabismos en el Campo del Álgebra Hispánica Renacentista. En Quaderns: revista de traducció, N° 23. Volumen-. pp 79–95. -, -.
 - ❑ Ortega y Gasset, J. (1964). Introducción a una Estimativa. en OBRAS COMPLETAS TOMO VI (1941 - 1946) Y BRINDIS Y PRÓLOGOS. Revista de Occidente. Madrid - España.
 - ❑ Prieto, B. J. (2017). El Uso de los Métodos Deductivo e Inductivo para Aumentar la Eficiencia del Procesamiento de Adquisición de Evidencias Digitales. En Cuadernos de Contabilidad. [En Línea]. N° 46. Volumen 18. pp 1–27. -. Fecha de consulta: 26 agosto 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc18-46.umdi>.
 - ❑ Rapaport, W. (2016). Philosophy of Computer Science. [Libro en línea]. DRAFT. -. Fecha de consulta: 5 junio 2021. Disponible en: <http://www.cse.buffalo.edu/~rapaport/>.
 - ❑ Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Métodos Científicos de Indagación y de Construcción del Conocimiento. En Revista EAN. [En Línea]. N° 82. Volumen-. pp 179–200. Enero - Junio. Fecha de consulta: 27 agosto 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>.
 - ❑ Tsamados, A., Aggarwal, N., Cows, J., Morley, J., Roberts, H., Taddeo, M., y Floridi, L. (2021). The Ethics of Algorithms: Key Problems and Solutions. En AI SOCIETY. [En Línea]. N -. Volumen -. pp 1–16. Springer. Fecha de consulta: 20 enero 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01154-8>.

ARTÍCULO 7

Evaluación de tres diferentes sustratos para la producción de mudas de menta (*mentha x piperita*)

Evaluation of three different substrates for the production of mint seedlings (*mentha x piperita*)

Armadans Andrés, Diaz Doldan Dario Ruiz, Britos Ubaldo, Martínez Gustavo

Universidad San Carlos (USC). Asunción-Paraguay.

* **Correspondencia del autor:** andresarm@hotmail.com

Recibido: 28 de junio de 2021
Aprobado: 21 de septiembre de 2021

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de tres tipos de sustratos sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas apicales de menta de 10 y 20 cm. Los datos se extrajeron a los 35 días después de la instalación del experimento, la especie es *Mentha x piperita*. Se utilizaron 3 tratamientos, T1 humus 100%, T2 sustrato comercial 100% y T3 mezcla (estiércol vacuno 50% y arena gorda 50%) y 6 repeticiones. Se trabajó con bandejas de 200 celdas, dividiendo cada una en 3 secciones. Se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3 (tipos de sustrato) x 2 (tamaño de estaca). Las variables medidas fueron: número total, peso y longitud de raíces. Se tomó 21 celdas de la parte central de cada unidad experimental. Según los análisis y resultados se puede concluir: Se observó una influencia del tamaño de estaca, 20 cm, en las variables estudiadas, también el sustrato comercial fue el que presentó mejores resultados. Solo en el porcentaje de enraizamiento no se observó diferencia estadística entre los factores utilizados, ni hubo interacción.

Palabras clave: Estaca. Tamaño. Sustrato. Humus. Longitud

Abstract

The objective was to evaluate the effect of 3 types of substrates on the rooting percentage of apical mint cuttings of 10 and 20 cm. The data were extracted 35 days after the installation of the experiment, the species is *Mentha x piperita*. 3 treatments were used, T1 humus 100%, T2 commercial substrate 100% and T3 organic fertilizer (cattle manure 50% and fat sand 50%) and 6 repetitions. We worked with trays of 200 cells, dividing each one into 3 sections. The completely randomized design was used with a factorial arrangement of 3 (substrate types) x 2 (stake size). The variables measured were: total number, weight and length of roots. 21 cells were taken from the central part of each experimental unit. According to the analysis and results, it can be concluded: An influence of the stake size, 20 cm, was observed in the variables studied, also the commercial substrate was the one that presented the best results. Only in the percentage of rooting was there no statistical difference between the factors used, nor was there interaction

Keywords: Stake. Size. Substratum. Humus. Length.

1. Introducción

La *Mentha x piperita*, cuyo nombre común en el país es menta¹ es conocida por su alto contenido de piperita y por su aroma, la cual la hace muy importante económicamente y es utilizada para consumo en fresco y como saborizante de la yerba mate, y la comercialización va para el consumo en fresco, para el tereré.

La *Mentha piperita* y la *Mentha arvensis* son las más utilizadas en aromaterapia por el contenido de pierina la primera, y de mentol la segunda. Ambas poseen valor comercial. En nuestro país se explotan a nivel comercial. La piperita como material verde para el mercado local o seco para las industrias, y la *arvensis* la utilizan las yerbateras en la elaboración de yerba compuesta, (Resquin, 2009).

Los procedimientos de propagación vegetativa ofrecen ventajas como la homogeneidad de las descendencias desde el punto de vista genético e idénticas a la planta. Por el contrario, y como desventaja, a estas descendencias agámicas se les transmite las eventuales enfermedades virales de las cuales las plantas madres pueden estar afectadas (Baldini, 1992).

La formación de raíces adventicias es un paso clave en la propagación vegetativa y está controlado por una serie de factores genéticos, fisiológicos, físicos y químicos que es necesario para conocer y controlar este proceso. La habilidad para inducir la formación de raíces adventicias y la calidad de la misma son factores importantes para la posterior aclimatación de las plantas (De Kler et. al. 1999; Gutiérrez, 1995).

La organogénesis puede ser afectada por distintos factores abióticos como lo son la luz, temperatura, la consistencia y pH del medio de cultivos, la polaridad del ex plante, la humedad relativa y la fase gaseosa del medio de cultivo. La temperatura de incubación para la mayoría de las especies propagadas fluctúa entre los 24 y 28°C. La luz, que también cumple un rol determinante

en el crecimiento y desarrollo del ex plante, está involucrada en la diferenciación de órganos. Los componentes que afectan al ex plante en cuestión son la intensidad, el fotoperiodo y su calidad (Hartmann y Kester, 1994).

Según Peñuelas, et al., (1994), el sustrato ejerce influencia sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo. Las plantas cultivadas en bandejas tienen ciertos requerimientos que deben ser proporcionados por el sustrato: agua, aire, nutrientes y soporte físico. El sustrato es la base fundamental en el desarrollo de las plantas en los viveros, porque afecta el estado nutritivo y el desarrollo del sistema radicular. Se lo puede definir como la materia prima o mezcla de materias primas (hojas, ramas, cascarillas, corteza, estiércol de animal, etc.), empleadas para el enraizamiento y cultivo de plantas, cumpliendo así la función del suelo (Tedesco, et al., 1999). Según Shaw (1999), en la propagación de menta pueden usarse estacas de tallo aéreo o rizomas, pero las estacas de tallos aéreos son más rápidas y fáciles de manejar. Estacas de 6 a 10 cm de largo son tomadas del conjunto de plantas, remojando suavemente las estacas en agua, de manera a mantenerlas turgentes hasta que estén listas para ser plantadas. En forma comercial la multiplicación por estacas es el método más favorable, a través de las mismas se obtienen mudas para la venta en cuatro o seis semanas o en menos tiempo.

Torales y Salas 2003. Las estacas herbáceas de menta hortelana (*Mentha sp.*) enraízan después de 15 días de haberse implantado en las bandejas y con porcentajes de enraizamiento entre 97% a 100 %. El tipo de estaca no afecta el porcentaje de enraizamiento tampoco la longitud, pero si el número de raíces. Las estacas terminales producen mayor número de raíces que las basales

Armadans y Montiel (2011) trabajando con multiplicación de menta (*Mentha x piperita*) utilizando distintos números de nudos de rizomas y diferentes sustratos, concluyeron que el tratamiento con sustrato comercial 100%, fue el que presentó

mayor número de raíces que los otros tratamientos. Sobre la longitud de raíces no se encontró influencia de los sustratos, siendo la media de 3,28 cm. El mayor porcentaje de enraizamiento le correspondió al sustrato comercial 100%.

Ya Montiel, M y Armadans, A (2011) estudiando el efecto del tamaño de estolones en diferentes sustratos sobre la multiplicación de *Mentha arvensis*, concluyeron que el sustrato comercial 100%, mezcla de humus 50% más 50% arena, fueron los que presentaron mayor desarrollo radicular. Mientras que la mayor longitud de raíz se observó en el sustrato comercial. También el porcentaje de enraizamiento alcanzó en media entre 68,75% a 87,5%.

Objetivo general: Evaluar el efecto de tres diferentes tipos de sustratos sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas de menta de 10 y 20 cm (*Mentha x piperita*).

2. Materiales y métodos

El experimento se realizó en la ciudad de San Lorenzo. Departamento Central, República del Paraguay cuyas coordenadas geográficas son 25° 21' 25" S, 57° 32' 45" W, se llevó a cabo durante los meses de septiembre a octubre de 2020.

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con un arreglo factorial de 2 x 3 (2 tamaño de estaca de 10 y 20 cm de longitud, y tres sustratos diferentes T1 100% humus lombriz,

T2: sustrato comercial Carolina 100% y T3: Abo-no orgánico (estiércol bovino 50% mezcla suelo 50%), con 6 repeticiones.

Las variables de medición fueron cantidad total de raíces en estacas de 10 y 20 cm con 3 diferentes sustratos, comparación de peso de raíces y longitud de raíces de los tratamientos.

Se trabajó con un total de 6 bandejas propagadoras de 200 celdas cada bandeja, dividiendo cada bandeja en 3 partes iguales debidamente identificadas, las cuales fueron cargadas con los tres sustratos, de acuerdo a los tratamientos y 66 celdas por tratamiento por repetición, se utilizó como material la (*Mentha x piperita*).

Las estacas fueron retiradas de las plantas madres seleccionadas, se procedió a la preparación de estacas de acuerdo al tamaño. Una vez instaladas se le aplico riego una vez al día. A los 35 días se tomaron las muestras retirando las mudas de 21 celdas centrales de cada unidad experimental, las cuales fueron lavadas con agua hasta eliminar por completo el sustrato, luego fueron medidas las raíces con una regla utilizando como dato la longitud de la raíz más larga, seguido se contabilizo las raíces para obtener el número total, se cortó las raíces desde la base para proceder a pesar con una balanza de precisión para obtener los datos. Al término de todo este proceso se anotaron los datos obtenidos en una planilla Excel y se realizó el cálculo correspondiente para tener las comparaciones correspondientes entre los tratamientos.

3. Resultados y discusión.

3.1. Longitud (cm) de raíz de menta.

	T1 Humus de lombriz	T2 Sustrato comercial "Carolina"	T3 50 estiércol vacuno + 50% suelo	Promedio tamaño de estaca (cm)
10 (cm)	2,92 C	3,26 BC	3,50 ABC	3,23 B
20(20 cm)	3,76 AB	4,03 A	4,01 A	3,94 A
Promedio sustratos	3,34 B	3,65,AB	3,76 A	

*Letras diferentes difieren entre sí según la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 1: Longitud de raíces de menta con diferentes tamaños de estaca y sustratos.

Como se puede observar en la Tabla 1, existe diferencias estadísticas significativas para los dos factores, e interacción entre dichos factores, en lo referente al sustrato, los T2: Sustrato comercial “Carolina” con 3,65 cm. y T3: 50 estiércol vacuno + 50% suelo con 3,76 cm, fueron los que presentaron mayor longitud

En cuanto al tamaño también se observa diferencia estadística, siendo el mayor tamaño de 20 cm con 3,94 cm. Esto se debería a que las estacas de mayor tamaño poseen mayor concentración de elementos nutritivos y hormonas.

3.2. Número de raíces de menta.

En la Tabla 2, podemos observar existe diferencia estadística significativa en el factor sustratos, donde se observó que el T2 sustrato comercial con 3,18 raíces/muda. Esto se debería a la mejor composición de dicho sustrato.

	T1 Humus de lombriz	T2 Sustrato comercial “Carolina”	T3 50 estiércol vacuno + 50% suelo	Promedio tamaño de estaca (cm)
10 (cm)	2,50 BC	2,97 AB	2,30 C	2,59 B
20 (cm)	3 AB	3,39 A	2,29 C	2,89 A
Promedio sustratos	2,75 B	3,18 A	2,30 C	

*Letras diferentes difieren entre sí según la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 2: Media del número de raíces de menta con diferentes tamaños de estaca y sustratos.

También se observa diferencia estadística significativa en el factor tamaño de estaca donde las estacas de 20 cm con 2,89 raíces/muda fue la mayor, esto debe a la mayor concentración de sustancias de reservas. Se observó interacción entre los factores, siendo los mejores el T1 Humus de lombriz con 20 cm de estaca; y el T2 Sustrato comercial “Carolina” con estacas de 10 y 20 cm de tamaño de estaca. Este resultado es similar a lo obtenido por Armadans & Montiel (2011)

3.3. Peso (gr) de raíz de menta.

	T1 Humus de lombriz	T2 Sustrato comercial “Carolina”	T3 50 estiércol vacuno + 50% suelo	Promedio tamaño (cm)
10 (cm)	0.30 B	0.44 B	0.34 B	0.36 B
20 (cm)	0.65 A	0.69 A	0.45 B	0.60 A
Promedio sustratos	0.48 BC	0.56 A	0.40 C	

*Letras diferentes difieren entre sí según la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 3: Peso (gr) de raíces de menta con diferentes tamaños de estaca y sustratos.

Como se puede observar la Tabla 3, existe diferencia estadística significativa en el factor tamaño de estacas, donde se observó que el tamaño de 20 cm de estaca fue el que presentó mayor peso de raíz con 0,60 gr. Esto se debe a la mayor concentración de composición de la muda, a la mayor superficie de contacto donde hay presencia de mayor número de yemas adventicias.

En el factor sustrato, donde se observa diferencias estadísticas significativas, el tratamiento T2 Sustrato comercial presento el mayor valor con 0,56 gramos de raíz. Esto se debe a la composición más completa del sustrato.

También se observó interacción entre los factores, siendo la estaca de 20 cm con sustrato Humus (T1) y sustrato comercial (T2) con 0,65 y 0,69 gramos respectivamente se presentaron como los mejores.

3.4. Porcentaje de enraizamiento.

	Humus de lombriz	Sustrato comercial "Carolina"	50 estiércol vacuno + 50% suelo	Promedio tamaño (cm)
10 (cm)	76,19 A	61,91 A	68,25 A	68,78 A
20 (cm)	63,49 A	69,84 A	53,97 A	62,43 A
Promedio sustratos	69,84 A	65,87 A	61,11 A	

*Letras diferentes difieren entre sí según la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 4: Porcentaje de enraizamiento de menta con diferentes tamaños de estaca y sustratos.

En la tabla 4, se observa que no se presentó diferencia estadística significativa entre los factores, ni en la interacción, donde el porcentaje de enraizamiento fue entre 53,9% a 76,19%, este resultado es similar a los observado por Montiel, M y Armadans, A (2011) con una media entre 68,7% a 87,5%, pero inferior al estudiado por Armadans, A y Montiel, M (2011) donde llegaron al 100% de enraizamiento.

4. Conclusiones

Se observó una influencia del tamaño de estaca, 20 cm, y sustrato comercial, en las variables estudiadas como ser longitud, número y peso de raíces. Solo en el porcentaje de enraizamiento no se observó diferencia estadística entre los factores utilizados, ni hubo interacción.

5. Bibliografía

- Armadans, A y Montiel, M. (2011) / Multiplicación de Menta (*Mentha x piperita*) utilizando distintos números de nudos de rizomas y diferentes sustratos. *Rojasiana* Vol. 10 (2): 9-14
- Baldini, E., (1992). *Arboricultura general*. Cap. 1. Propagación. 1.2.2 Multiplicación por estaca p 30-44. Editorial Mundi-Prensa, Madrid. P.379.
- De Klerk, GJ, vd Krieken W y de Jong JC (1999) The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 35:189-199
- Gutiérrez B (1995) Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. *Ciencia e Investigación Forestal* 9 (2): 261-277

- ❑ Hartmann, H; Kester, D. (1994). Propagación de plantas: principios y prácticas. México: Continental 760 p.
- ❑ Montiel, M & Armadans, A (2011). Efecto del tamaño de estolones en diferentes sustratos sobre la multiplicación de *Mentha arvensis*. IN: Producción sostenible de la menta (*Mentha arvensis* y *Mentha x piperita*) en sistemas de agricultura familiar campesina de la Región Oriental. San Lorenzo, PY: CONACYT – FCA.UNA 106 – 110 p
- ❑ Peñuelas, R., y Ocaña, B. (1994). Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2da. Edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 190 pp.
- ❑ Resquin, G. (2009). Producción sostenible de la menta (*Mentha arvensis* y *Mentha x piperita*) en sistemas de agricultura familiar campesina de la Región Oriental. San Lorenzo, PY: CONACYT – FCA.UNA. 72-80 p.
- ❑ Shaw, J. (1999). Success with Mints. Grower Talks (U.S) 63 (1): 105-110.
- ❑ Tedesco, N.; Winckjer, M.; Schumacher, M. 1999. Influencia do vermicospo na produccion da mudas da caroba (*Jacaranda micrantha* Chamizo). Revista Arvore (BR. 23(1): 1-8.
- ❑ Torales, J & Salas ,P (2003). Multiplicación de menta hortelana (*Mentha* sp.) por medio de estacas herbáceas. Investigación Agraria. PY: FCA.UNA Vol. 5 n°1 10-14 p. 3

ARTÍCULO 8

Análisis cluster de percepciones ciudadanas en el Departamento de Tarija

Cluster analysis of citizen perceptions in the Department of Tarija

Alemán Castillo Roxana ¹

¹ *Departamento de Estadística*
Docente: Facultad de Ciencias Económicas y Financieras

* **Correspondencia del autor:** roxana_aleman@hotmail.com

Recibido: 30 de julio de 2021
Aprobado: 22 de septiembre de 2021

Resumen

Este trabajo describe desde el punto de vista multidimensional las características similares agrupadas a través de la técnica clúster y el método de dendrograma de las percepciones ciudadanas en el departamento de Tarija sobre mejoras en la era del gas, en base a encuestas aplicadas en el mes de abril (CIEPLANE, 2021), que tenían como finalidad contar con información base para el diálogo departamental hacia la Tarija Post Gas. Se utiliza el programa SPSS para el procesamiento de los datos y la emisión de reportes. Los principales resultados muestran que las opiniones ciudadanas sobre las mejoras durante la era del gas se dividen en dos grupos diferenciados por las puntuaciones, donde prevalece la percepción de “muy poco” y “moderadamente”, por otra parte dos municipios (Villamontes y Yacuiba) presentan valores atípicos con puntuaciones positivas, debido probablemente a que estos municipios recibieron recursos en mayor proporción que el resto del departamento por tanto mayor inversión en diferentes áreas favoreciendo la percepción positiva de mejoras, por último, las opiniones tomando en cuenta los casos (individuos), están diferenciadas y se agrupan por variables de necesidades básicas y por variables de participación ciudadana.

Palabras clave: Percepciones ciudadanas, análisis multivariante, análisis cluster, dendrograma.

Abstract

This work describes from the multidimensional point of view the similar characteristics grouped through the cluster technique and the dendrogram method of citizen perceptions in the department of Tarija on improvements in the gas era, based on surveys applied in the month of April (CIEPLANE, 2021), which were intended to have basic information for the departmental dialogue with the Tarija Post Gas. The SPSS program is used for data processing and reporting. The main results show that citizen opinions on the improvements during the gas era are divided into two groups differentiated by scores, where the perception of "very little" and "moderately" prevails, on the other hand two municipalities (Villamontes and Yacuiba) present atypical values with positive scores, probably due to the fact that municipalities received in a greater proportion than the rest of the department, therefore greater investment in different areas favoring the positive perception of improvements, finally, the opinions taking into account the cases (individuals), are differentiated and grouped by variables of basic needs and by variables of citizen participation.

Keywords: Citizen perceptions, multivariate analysis, cluster analysis, dendrogram.

1. Introducción

Desde el año 2011 hasta el 2015 inclusive, se registró un “boom” en los ingresos de Tarija, debido al extraordinario periodo de ingresos fiscales, al que contribuyeron los contratos de explotación de gas a Brasil y Argentina, la tercera nacionalización de los hidrocarburos que sucedió en mayo de 2006, además del inédito incremento internacional del precio del petróleo durante el período 2005-2014 y el aumento de la producción hidrocarbúfera en el país (UNIR, 2020).

Delamanza y Thayer (2016), afirman que la planificación y políticas públicas pueden ser proyectadas adecuadamente tomando en cuenta diferentes variables, como el territorio, la participación ciudadana y las percepciones sobre instituciones políticas. En las percepciones ciudadanas las variables subjetivas son relevantes si en materia de desarrollo y políticas públicas se adopta un enfoque del desarrollo humano y de gobernanza democrática, que requiere la consideración de los elementos de subjetividad y dinámica social (Mayntz, 2005; Sen y Nussbaum, 1993).

Las percepciones del ciudadano, están determinadas por la realidad, constituyéndose en un reflejo de la situación en la que vive la gente, los expertos en ciencias sociales afirman que lo que se obtiene, es la subjetividad de las personas (González, 2016). Existen diferentes técnicas multivariantes para analizar las percepciones entre los que destacan el Análisis clúster y el uso de dendrogramas (Avila,2019; Osorio,2019 y Zeballos 2019).

El Análisis Cluster, conocido también como análisis de conglomerados, es una técnica estadística multivariante, que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. Dado un conjunto de “m” objetos, cada uno de los cuales viene descrito por un conjunto de “p” características o variables, deducir una división útil en un número de clases como las propiedades de esas clases. Sea X una muestra de m individuos sobre los que se miden p variables.

X es un conjunto de valores numéricos que se pueden ordenar en una matriz (Luque,2014):

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mp} \end{pmatrix}$$

Donde:

x_{11} =Valor que presente el primer individuo en la primera variable

x_{12} =Valor que presente el primero individuo en la segunda variable

x_{ij} = Valor que presente el individuo i-ésimo en la variable j-ésima

Cada columna contiene los valores que toman todos los individuos para cada variable que se estudia, donde el objetivo es encontrar una partición de los “m” individuos en “c” grupos, de forma que cada individuo pertenezca a un grupo y solamente a uno.

Para el presente trabajo, se utilizará dentro de la técnica clúster, el método jerárquico que permite construir un árbol de clasificación o dendrograma para encontrar segmentos de agrupación.

2. Materiales y Métodos

Este estudio, utiliza como insumo, la base de datos que corresponde a la encuesta aplicada en todo el departamento en el mes de abril de 2021 dentro del “Estudio de Percepciones Ciudadanas para el diálogo departamental hacia la Tarija Post Gas” (CIEPLANE,2021).

Las características más importantes de los entrevistados se observan en la Tabla 1, en relación a diferentes variables demográficas en una muestra de 1410 encuestas aplicadas en el departamento de Tarija.

Variable	Valor de la variable	Cantidad	Total encuestas
Sexo	Femenino	730	1410
	Masculino	680	
Edad	66 o más	25	1410
	entre 18 y 25	773	
	entre 26 y 35	198	
	entre 36 y 45	164	
	entre 46 y 55	166	
	entre 56 y 65	84	
Estado Civil	Casado	313	1410
	Otro (viudo, divorciado, concubino)	141	
	Soltero	956	

Tabla 1.

Variables sexo, edad y estado civil de los entrevistados

Fuente: CIEPLANE

El análisis multivariante, se procesa a través del programa SPSS 25, generándose reportes que consideran la percepción de mejoras durante la era del gas en base a las siguientes variables: Inclusión social, Discriminación, Participación en decisiones de asuntos públicos durante la era del gas, Derechos humanos, Medio ambiente, Ingresos y Empleo, Servicios básicos, Vivienda, Salud y Educación.

Las fases del procesamiento y análisis multivariante de la percepción de mejoras se muestra en la Figura 1.

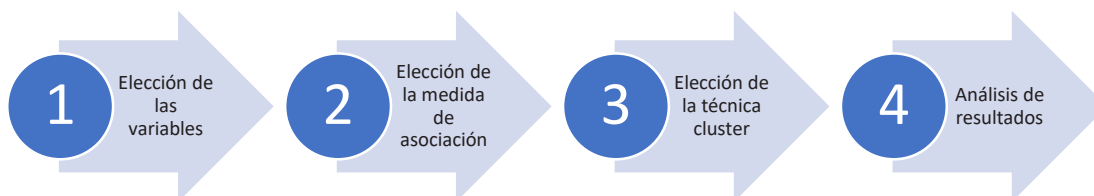


Figura 1.

Diagrama del proceso para el análisis multivariante

Fuente: Elaboración propia en base a Técnicas Estadísticas Multivariantes con SPSS(Perez,2009)

3. Resultados y Discusión

Seleccionadas las variables, se inicia el análisis exploratorio utilizando diagramas de cajas, que permitirán observar el comportamiento de las percepciones de los ciudadanos del departamento de Tarija, considerando además de las valoraciones los municipios a los que pertenecen los ciudadanos entrevistados.

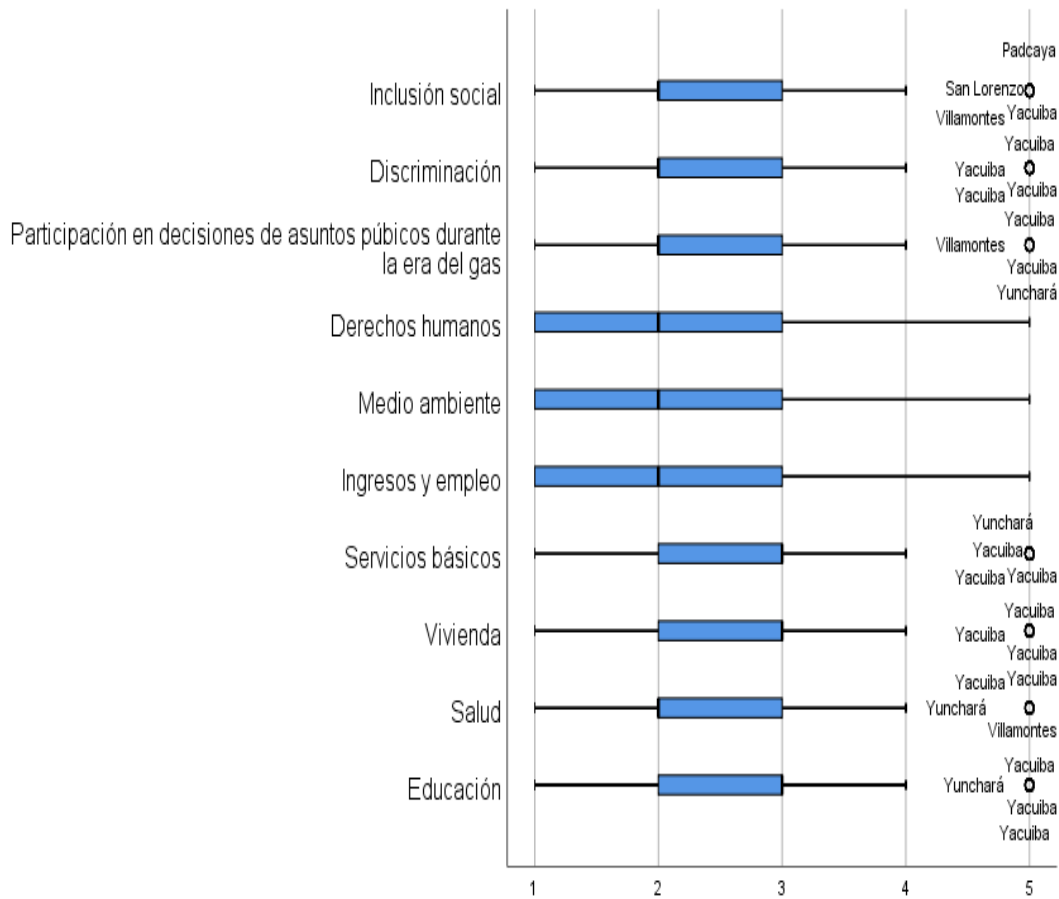


Figura 1.

Análisis exploratorio de las variables utilizadas en la percepción ciudadana

Nota. Los diferentes diagramas de caja, muestran la existencia de valores atípicos, especialmente en Yacuiba y Villamontes, entendiéndose esto como valoraciones alejadas y diferentes del comportamiento de los ciudadanos del resto del departamento, estos valores atípicos indican una percepción positiva sobre las mejoras en la era del gas. La valoración para las variables en una escala de Likert de 1 a 5 son: 1=Nada en absoluto 2=Un poco 3=Moderadamente 4=Mucho 5=Muchísimo. Fuente: Elaboración propia en base a datos CIEPLANE (2021).

A. Dendrograma de variables

Se confecciona el dendrograma para analizar las agrupaciones tomando en cuenta las variables y los municipios al que pertenece el entrevistado.

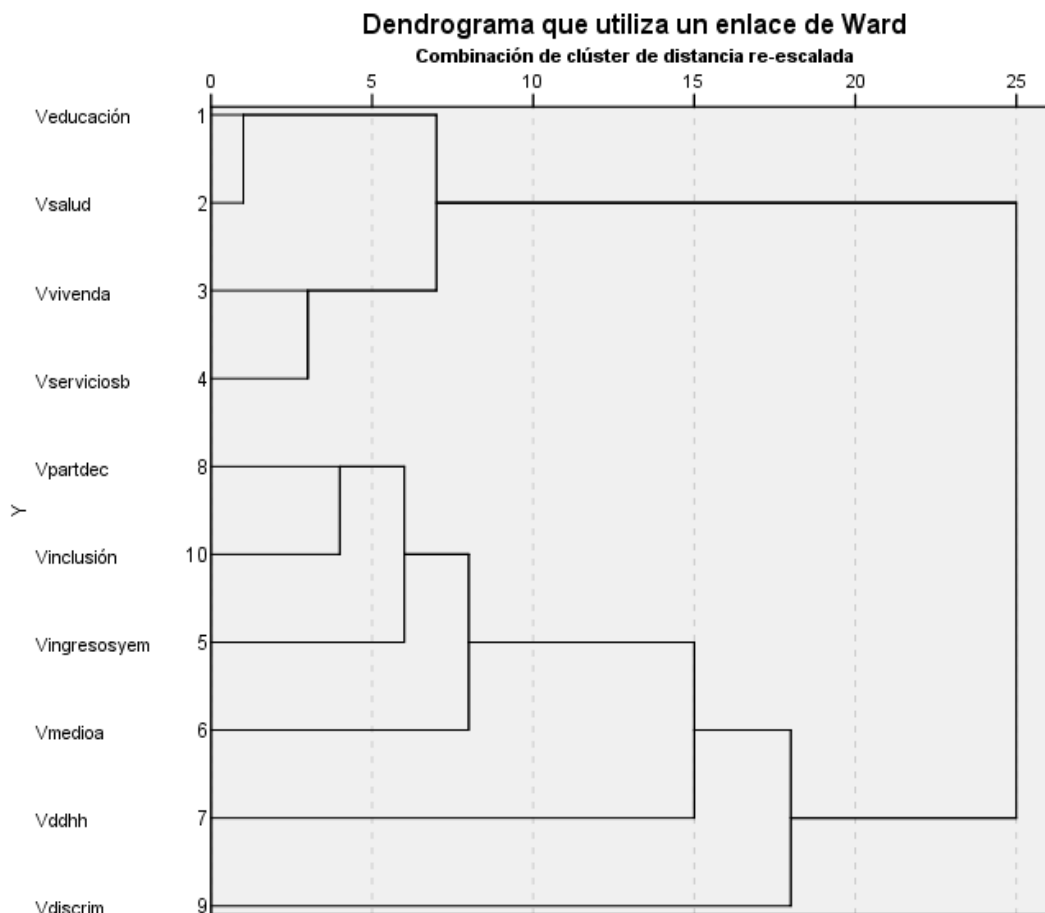


Figura 2.

Dendrograma de las variables utilizadas en la percepción ciudadana

Nota. El dendrograma de las variables, describe el agrupamiento de las mismas en base a la similitud de respuestas en los diferentes municipios y la distancia de cada agrupamiento, así podemos mencionar que tenemos dos grupos, clústeres o conglomerados bien diferenciados, el primero incluye las variables Educación, Salud, Vivienda y Servicios Básicos, mientras que la segunda agrupación concentra la Participación en decisiones, Inclusión, Ingresos y Empleo, Medio ambiente, Derechos Humanos y Discriminación.

B. Conglomerados mediante el algoritmo de k medias

Dentro del análisis clúster se puede seleccionar el algoritmo de clasificación no supervisada (clusterización) que agrupa objetos en k grupos basándose en sus características. El agrupamiento se realiza minimizando la suma de distancias entre cada objeto y el centroide de su grupo o cluster (Vilà Baños y otros, 2014).

Variables	Clústeres	
	1	2
Educación	2	3
Salud	2	3
Vivienda	2	4
Servicios básicos	2	4
Ingresos y empleo	2	3
Medio ambiente	2	3
Derechos humanos	2	2
Participación en decisiones de asuntos públicos durante la era del gas	2	3
Discriminación	2	3
Inclusión social	2	3

Tabla 1.
Centros de clústeres finales

Nota. El agrupamiento mediante el algoritmo k medias, permite observar las características de los clústeres o conglomerados tomando en cuenta la escala utilizada en la valoración de cada una de las variables. En el clúster 1 se puede observar el valor 2, esto significa que este grupo de ciudadanos ha valorado por debajo de la media, lo que indicaría que perciben que las mejoras durante la era del gas han sido solo “un poco”, mientras que el grupo o clúster 2 tiene valoraciones sobre mejorar que alcanza incluso la percepción de que se ha mejorado “moderadamente”. Fuente: Elaboración propia en base a datos CIEPLANE (2021).

C. Visualización de los clústeres

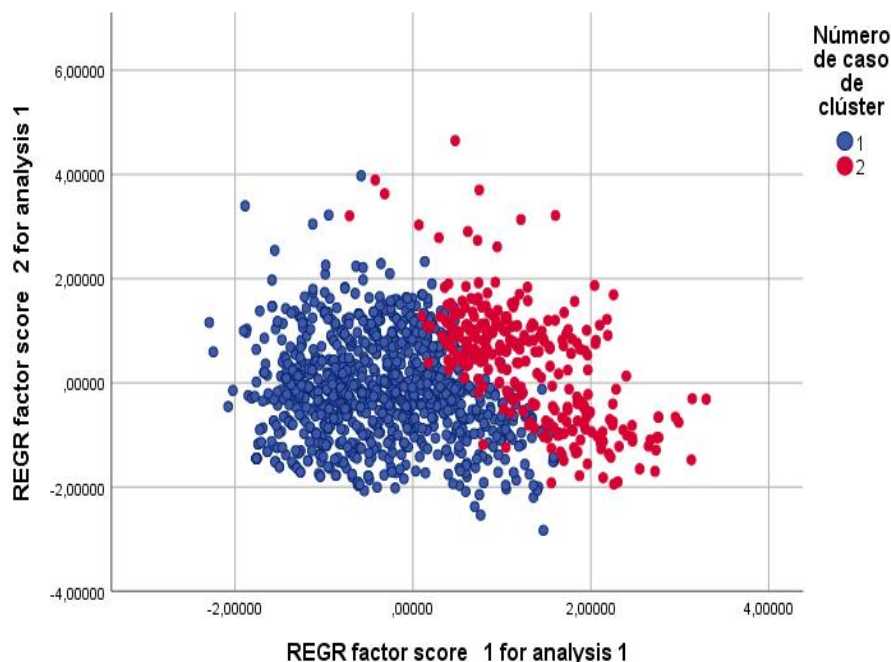


Figura 3.

Clústeres por casos

Nota. Para el gráfico de los dos clústeres generados, se utiliza el análisis factorial que permite observar claramente los casos (individuos) analizados por pertenencia a cada cluster, la importancia de esta visualización es apreciar la separación de las agrupaciones tomando en cuenta el centroide determinado por el algoritmo k medias.

4. Conclusiones

Cuando se realiza un análisis descriptivo por lo general es univariante o bivariante, por lo que esta investigación con la técnica multivariante de Análisis Clúster, permite entender características desde el análisis del conjunto de 10 variables utilizadas para medir la percepción de los ciudadanos con respecto a las mejoras durante la era del gas en el departamento de Tarija.

El análisis multivariante demuestra que la población en departamento de Tarija tiene opiniones divididas, resaltando así el Municipio de Yacuiba y de Villamontes, donde se tiene una calificación

positiva con respecto a las mejoras percibidas en esos municipios en la era del gas, esta situación se presenta probablemente porque estos municipios recibieron mayores regalías que el resto en el departamento y por tanto mayores inversiones y políticas públicas en esos municipios.

Se ha logrado entender también, que las opiniones en el departamento, se agrupan en relación a variables que tienen relación directa con necesidades básicas del ciudadano: Educación, Salud, Vivienda y Servicios básicos y por otra parte con variables de participación ciudadana como son:

Participación en decisiones, Inclusión social, Discriminación, Derechos humanos, Medio ambiente, Ingresos y Empleo.

Es posible con el análisis clúster, identificar fácilmente indicadores de valoración predominante en cada clúster y sobre todo la visualización gráfica de los clústeres en base a los casos analizados.

A partir de este aporte se pueden realizar aplicaciones del análisis cluster y dendrogramas en casos de percepción ciudadana, al haberse comprobado la utilidad especialmente en la generación de información para propiciar diálogos de construcción de políticas públicas que consideren la opinión que refleja vivencias desde la ubicación geográfica del ciudadano.

5. Bibliografía

- ❑ Avila Buendía, F. M. (2019). Caracterización de las personas frente a la percepción de seguridad y convivencia ciudadana, a través de un análisis multivariado.
- ❑ CIEPLANE (2021). Estudio de percepciones ciudadanas para el diálogo departamental hacia la tarija post gas. Tarija Dialoga-UNIR. Universidad Juan Misael Saracho. <http://cieplane.uaajms.edu.bo>
- ❑ Delamaza, G., & Thayer, L. E. (2016). Percepciones políticas y prácticas de participación como instrumento para la gobernanza de los territorios. EURE (Santiago), 42(127), 137-158.
- ❑ Mallery, P. (2018). IBM SPSS Statistics 25 Paso a paso: una guía y una referencia sencillas . Routledge.
- ❑ Martínez, T. L. (2014). Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados. Ediciones Pirámide.
- ❑ Mayntz, R. (2005). Nuevos desafíos de la teoría de la gobernanza. En A. Cerrillo, *La gobernanza hoy. 10 textos de referencia* (pp. 83-98). Madrid: Instituto Nacional de Administración Pública (INAP).
- ❑ Sen, A. & Nussbaum, M. (1993). *The quality of life*. Oxford: Clarendon Press
- ❑ Osorio Muñoz, F. A. Populismo punitivo en Twitter: un análisis al comportamiento de los congresistas en Twitter durante las elecciones locales de 2019 en Colombia.
- ❑ UNIR. (2020). Tarija Dialoga. Memoria de un proceso de diálogos ciudadanos y de visiones compartidas en el departamento de Tarija 2017-2019. Fundación UNIR Bolivia.
- ❑ Vilà Baños, R., Rubio Hurtado, M. J., Berlanga, V., & Torrado Fonseca, M. (2014). Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS. REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 2014, vol. 7, num. 1, p. 113-127.
- ❑ Zevallos Murillo, B. A. (2019). Mejora en la percepción de seguridad ciudadana en los habitantes de un distrito de Lima Metropolitana, mediante la optimización en la asignación de serenos.

Normas de publicación de la revista Ventana Científica

1. Misión y política editorial

La Revista VENTANA CIENTÍFICA, es una publicación semestral que realiza la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho que tiene como misión, difundir la producción de conocimientos de la comunidad universitaria, académica y científica del ámbito local, nacional e internacional, provenientes de investigaciones que se realiza en las distintas áreas del conocimiento, para contribuir a lograr una apropiación social del conocimiento por parte de la sociedad.

VENTANA CIENTÍFICA es una publicación arbitrada que utiliza el sistema de revisión por al menos de dos pares expertos (académicos internos y externos) 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. Asimismo, la revista se rige por principios de ética y pluralidad, para garantizar la mayor difusión de los trabajos publicados.

La revista VENTANA CIENTÍFICA publica artículos en castellano, buscando fomentar la apropiación social del conocimiento por parte de la población en general. 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.

2. Tipos de artículos y publicación

La Revista Ventana Científica, realiza la publicación de distintos artículos de acuerdo a las siguientes características:

2.1. Artículos de investigación científica y tecnológica:

Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones concluidas. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartados importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

2.2. Artículo de reflexión

Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

2.3. Artículo de revisión

Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematiza e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo sobre un campo en ciencia o tecnología. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica.

2.4. Revisión de temas académicos

Documentos que muestren los resultados de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, o también versan sobre la parte académica de la actividad docente. Son comunicaciones concretas sobre el asunto a tratar por lo cual su extensión mínima es de 5 páginas.

2.5. Cartas al editor

Son 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 de referencia.

3. Normas de envío y presentación

a) La Revista VENTANA CIENTÍFICA, 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 elaborados en formato de hoja tamaño carta (ancho 21,59 cm.; alto 27,94 cm.). El tipo de letra debe ser Arial, 10 dpi interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser, para el superior, inferior y el derecho de 2,5 cm. y para el izquierdo, 3 cm.

c) Los artículos deben redactarse con un alto nivel de corrección sintáctica, evidenciando precisión y claridad en las ideas

d) En cuanto a la extensión: Los artículos de investigación, ciencia, tecnología tendrán una extensión máxima de 15 páginas, incluyendo la bibliografía. Los artículos de reflexión y revisión una extensión de 10 páginas.

e) Los trabajos deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, con un máximo de 200 palabras.

f) En cuanto a los autores, deben figurar en el trabajo las personas que han contribuido sustancialmente en la investigación. 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.

g) La Revista VENTANA CIENTÍFICA, solo recibe trabajos originales e inéditos, ello implica que no hayan sido publicados en ningún formato 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 lo anteriormente mencionado.

h) Cada artículo se someterá en su proceso de evaluación a una revisión exhaustiva para evitar plagios, que en caso de ser detectada en un investigador, este será sujeto a un proceso interno administrativo, y no podrá volver a presentar ningún artículo para su publicación en esta revista.

4. Dirección de envío de artículos

Los artículos para su publicación deberán ser presentados en las oficinas del Departamento de Investigación Ciencia y Tecnología, ubicado en el Campus Universitario El Tejar, Edificio DICYT, Bloque N° 15, Telf.: +591-4-6650787. Alternativamente, los artículos podrán ser enviados a la siguiente dirección electrónica: dicyt.uajms.edu@gmail.com.

5. Formato de presentación

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

5.1. Título del Artículo

El título del proyecto debe ser claro, preciso y sintético, con un texto de 20 palabras como máximo.

5.2. 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 Ventana Científica, adoptarán el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del

autor principal, investigadores, e investigadores junior, 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 indicarse la dirección electrónica (correo electrónico).

5.3. Resumen y Palabras Clave

El resumen debe dar una idea clara y precisa de la totalidad del trabajo, podrá incluir una breve justificación, objetivo, metodología seguida, 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 200 palabras, el mismo que debe expresar de manera clara los objetivos y el alcance del estudio, justificación, metodología y los principales resultados obtenidos.

Las palabras clave son términos o frases cortas (lexemas) que permiten clasificar y direccionar las entradas en los sistemas de indexación y de recuperación de la información en las bases de datos de un manuscrito o área temática en particular. Las palabras clave se convierten entonces en una herramienta esencial de doble vía, es decir, de quienes escriben y de quienes buscan la información de manuscritos o áreas temáticas relacionadas.

5.4. 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. No hay que incluir datos ni conclusiones del trabajo que se está dando a conocer.

5.5. 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 (preguntas con hipótesis fundamentadas correspondientes, diseños muestrales o experimentales, etc.), hasta la forma como se analizaron, interpretaron y se presentan 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.

5.6. Resultados y Discusión

5.6.1. Resultados

Los resultados son la expresión precisa y concreta de lo que se ha obtenido efectivamente al finalizar el proyecto, y son coherentes con la metodología empleada. Debe mostrarse claramente los resultados alcanzados, pudiendo emplear para ello cuadros, 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 gráficos, resumir o recalcar sólo las observaciones más importantes.

5.6.2. Discusión

El autor intentará ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se insistirá en los aspectos novedosos e importantes del estudio y en las conclusiones que pueden extraerse del mismo. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados. 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 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.

Es importante resaltar y se recomienda, que para una redacción que interactúe mejor con el lector, en la medida que se van exponiendo los datos o resultados, inmediatamente se vaya realizando la discusión de los mismos.

5.7. Bibliografía Utilizada

La bibliografía utilizada, es aquella a la que se hace referencia en el texto, debe ordenarse en orden alfabético y de acuerdo a las normas establecidas para las normas de publicación (Punto 5).

5.8. 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.

5.9. Referencias Bibliográficas

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

5.10. 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 O. José (eds.). *Delirium: Un gigante de la geriatría* (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas

5.11. Referencia de Revista

Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, en: Nombre de la revista, número, volumen, páginas, fecha y editorial.

López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. en Ventana

Científica, N^o 2. Volumen 1. pp 26 – 35. Abril de 2002, Editorial Universitaria.

5.12. 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.

Salinas, C. (2003). Revalorización Técnica Parcial de Activos Fijos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tesis (Licenciado en Auditoría). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. Tarija – Bolivia.

5.13. 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 (URL – dirección).

Puente, W. (2001, marzo 3). Técnicas de Investigación. Fecha de consulta, 15 de febrero de 2005, de <http://www.rrppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.html>

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

5.14. 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.

Ortiz, V. (2001). La Evaluación de la Investigación como Función Sustantiva. [Libro en línea]. Serie Investigaciones (ANUIES). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html>

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (1998). Manual Práctico sobre la Vinculación Universidad – Empresa. [Libro en línea]. ANUIES 1998. Agencia Española de Cooperación (AECI). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html>

5.15. Revistas Electrónicas

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

Montobbio, M. La cultura y los Nuevos Espacios Multilaterales. Pensar Iberoamericano. [En línea]. N^o

7. Septiembre – diciembre 2004. Fecha de consulta: 12 enero 2005. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/pensariberoamerica/index.html>

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:

- a) De acuerdo a Martínez, C. (2004), la capacitación de docentes en investigación es fundamental para.....
- b) En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe una actitud positiva de los docentes hacia la investigación..... (Martínez, C. 2004).
- c) En el año 2004, Martínez, C. Realizó el curso de capacitación en investigación para docentes universitarios.....

6. Derechos de Autor

Los conceptos y opiniones de 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 Derechos de autor significa la autorización para que la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho a través de la Revista VENTANA CIENTIFICA, pueda hacer uso del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica y tecnológica.

En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as).



DICYT

*Juntos por la Investigación,
acompañamos el desarrollo departamental*



Tarija - Bolivia