



STATISTICAL ANALYSIS OF THE HYDROMETEOROLOGICAL, PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS INCIDENTING IN THE QUALITY OF THE MONTEADENTRO STREAM

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PARÁMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS, FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS INCIDENTES EN LA CALIDAD DE LA QUEBRADA MONTEADENTRO

GELVEZ S., D.. *, RIVERA, M. E. **, SOLANO O., FREDY ***

*** Ing. Daniela Gelvez Suarez, Ingeniera Ambiental. e-mail:**
daniela.gelvez@unipamplona.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-3815-8175>

**** PhD. Maria Esther Rivera, Profesor Titular, Programa de
Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura,
Universidad de Pamplona, Tel: 5685303 (ext. 140) e-mail:**
maes@unipamplona.edu.co, <http://orcid.org/0000-0002-1289-9776>

***** Esp. Fredy solano Ortega, Profesor Titular Programa de
Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona,
Tel: 5685303 (ext. 140) e-mail:** *fredysolano@unipamplona.edu.co*

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Km1 Via Bucaramanga, Departamento Ingeniería Civil,
Ambiental y Química, Colombia.
Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140
E-mail: *daniela.gelvez2@unipamplona.edu.co, maes@unipamplona.edu.co,*
fredysolano@unipamplona.edu.co

Resumen

Diferentes factores naturales como antrópicos influyen en la alteración de las características naturales de las fuentes de agua. Esta investigación tuvo como objetivo analizar estadísticamente los parámetros físico-químicos y microbiológicos, proporcionados por Empopamplona y variables hidrometeorológicas como evaporación, precipitación y temperatura obtenidas del portal del IDEAM. Para ello, se identificaron los riesgos naturales y antrópicos que afectan la calidad del agua de la quebrada Monteadentro y utilizando el software estadístico de Excel, Xlstat se realizó el análisis estadístico de los parámetros anteriormente mencionados. Se determinó que la actividad antrópica que tiene mayor incidencia en la calidad del agua de la quebrada Monteadentro, es el uso de agroquímicos en los cultivos de la vereda. Por otra parte, la ocurrencia de precipitación en la zona, propicia el arrastre de sustancias de distinto origen que también altera la calidad del agua de la fuente hídrica.

Palabras clave

Agroquímicos, análisis de componentes principales, calidad de agua, correlación, riesgo, precipitación, XLSTAT





Abstract

Different natural and anthropic factors influence the alteration of the natural characteristics of water sources. This research aimed to statistically analyze the physical-chemical and microbiological parameters, provided by Empopamplona and hydrometeorological variables such as evaporation, precipitation and temperature obtained from the IDEAM portal. For this, were identified the natural and anthropic risks that affect the water quality of the Monte dentro stream and, using the statistical software of Excel, Xlstat was carried the statistical analysis of the aforementioned parameters. It was determined that the anthropic activity that has the greatest impact on the quality of the water in the Monte dentro stream is the use of agrochemicals in the crops of the village. On the other hand, the occurrence of precipitation in the area, favors the dragging of substances of different origin that also alter the quality of the water in the water source.

Key words: Agrochemicals, Principal Component Analysis, Water Quality, Correlation, Risk, Precipitation, XLSTAT

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los problemas que más preocupa al mundo es el relacionado con la contaminación y disminución del recurso hídrico. El consumir agua contaminada, produce enfermedades en el ser humano como diarrea, disentería, cólera, paludismo, fiebre tifoidea, entre otras. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un constante monitoreo de las diferentes fuentes hídricas de las que se provee la población; es necesario identificar los factores de riesgo y las características físicas, químicas y microbiológicas de las fuentes abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano que puedan afectar directa o indirectamente la salud de la población.

La organización de las Naciones Unidas (2014), sostiene que, a nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes

provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas, de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales.

Históricamente, se han presentado varios eventos de sequía, con diferentes grados en la severidad de la disminución de lluvias, representando un importante riesgo en la disponibilidad de agua sobre grandes porciones del territorio nacional. Para el caso de la sequía de 2016 ha sido la más importante desde comienzo de siglo, afectando prácticamente a todo el territorio colombiano. En éste contexto, Norte de Santander presenta una afectación del 30% en cuanto a susceptibilidad a desabastecimiento de agua (ENA, 2018).

De acuerdo al decreto 1575 de 2007, la calidad del agua es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

Entre los índices que se aplican para determinar la calidad del agua, se





encuentra el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA, que de acuerdo al decreto 1575 de 2007 define se define como el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

Un método de análisis multivariante de gran utilidad para explicar las fuentes de variabilidad de un proceso y reducir dimensionalidad de los datos, es el Análisis de Componentes Principales (ACP). Este método transforma la información multidimensional en unas pocas variables que explican una gran parte de las fluctuaciones de las variables originales, así como sus interrelaciones (Abdi H y Williams LJ, 2010). El análisis multivariado de componentes principales es una técnica que permite clasificar la variación fenotípica en sistemas independientes de caracteres correlacionados (Di Masso *et al.*, 2010).

El Análisis de Componentes Principales se utiliza con el objetivo de establecer patrones de comportamiento en los sistemas ecológicos. Cada componente principal explica una proporción de la variabilidad total y ésta se calcula mediante el cociente entre el valor propio y la traza de la matriz de covarianza. Se denomina proporción de la variabilidad total explicada por el k-ésimo componente. (Toriente y Torres, 2010).

Al decidir cuántos componentes se manifiestan en una situación particular, deber· examinarse cuantos componentes son necesarios incluir para que el porcentaje de variación explicada sea

satisfactorio. Kaiser (1960) propone un criterio para seleccionar el número de componentes principales, el cual consiste en incluir sólo aquellos componentes cuyos valores propios sean superiores al promedio; la desventaja es que tiende a incluir muy pocos componentes cuando el número de variables es inferior a veinte.

Una de las cuencas abastecedoras de la planta Cariongo del municipio de Pamplona, es la quebrada Monte dentro, la vereda que lleva el mismo nombre, tiene vocación agrícola y en menor medida ganadera. Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto tiene como objetivo analizar los parámetros hidrometeorológicos, físico-químicos y microbiológicos que inciden en la calidad del agua de ésta cuenca.

2. METODOLOGIA

La metodología usada para evaluar el riesgo de la cuenca Monte dentro, fue tomada de la OMS, del manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua.

Para la evaluación de riesgos, se realizó una estimación de la probabilidad de un evento, asignándole un valor entre 1 y 5, donde el 1 significa poca probabilidad de ocurrencia y el 5 es un evento que sucede frecuentemente. También se tuvo en cuenta la gravedad que ese evento ocasiona y también se le asignan valores entre 1 y 5, donde 1 es un efecto nulo o insignificante y 5 es un efecto catastrófico en la salud pública.

A partir de la información levantada a través de las visitas de campo, se definieron los ítems a evaluar, posteriormente se le asignó un valor de





frecuencia a cada uno de ellos y el efecto que tiene la ocurrencia de dichos eventos, para luego determinar el puntaje de riesgo de cada uno de ellos.

La clasificación de riesgo (Tabla 1) de cada fuente de peligro, se obtienen del producto entre la probabilidad de ocurrencia de dicho evento y la gravedad del mismo. Finalmente, con el valor de riesgo de cada uno de los eventos realizados, se obtiene el promedio de la puntuación de riesgo de la quebrada Monteadentro.

Tabla 1.
Clasificación del riesgo

| Puntuación del riesgo | <6 | 6-9 | 9-15 | >15 |
|--------------------------|------|-------|------|----------|
| Clasificación del riesgo | bajo | Medio | Alto | Muy alto |

Fuente: OMS (2009)

También se realizó la evaluación del Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano definido por la Resolución 2115 de 2007 usando el promedio de los datos fisicoquímicos proporcionados por Empopamplona. Para realizar el cálculo del IRCA se les asignó el puntaje de IRCA a aquellos valores que superaron los límites permisibles determinados por ésta norma y posteriormente se sumó cada uno de los puntajes que no cumplía con el valor estipulado, este valor se dividió entre 59.5 que es la sumatoria de los puntajes de riesgo de los parámetros analizados y finalmente se multiplicó por 100, obteniendo el nivel de riesgo.

De la plataforma del IDEAM, se descargaron datos de variables

meteorológicas evaporación, precipitación y temperatura. Posteriormente, se utilizó el programa estadístico informático SPSS para realizar la imputación de datos faltantes. El análisis de correlación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada Monteadentro y los parámetros hidrometeorológicos se realizó con el paquete de Excel y su complemento Xlstat, a un nivel de significancia de 0,05.

3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla 2, se muestra la clasificación de riesgo para cada evento evaluado y finalmente, el riesgo promedio al que está expuesta la quebrada Monteadentro.

Tabla 2.

Riesgo de la quebrada Monteadentro; Error! Vínculo no válido. Fuente: Gelvez (2020)

A partir de la Tabla 2, se obtiene que la cuenca está expuesta a un nivel de riesgo medio, es decir, que los diferentes factores antrópicos y naturales que inciden sobre ella, alteran la calidad del agua, poniendo en peligro a la población que se abastece de ella, por tanto, la autoridad ambiental municipal y Empopamplona, deben vigilar y monitorear constantemente las diferentes actividades con el fin de velar por la calidad del agua y la salud de las personas.

En la Tabla 3, se evalúo el IRCA con los parámetros disponibles de la calidad del agua. Los parámetros que superan el valor admisible son turbiedad, Coliformes totales y E-coli debido a la acción antrópica a la que está expuesta la fuente hídrica de estudio





Tabla 3
Sumatoria del puntaje de riesgo de las muestras

| Parámetro | Valor admisible | Resultado obtenido | Puntaje IRCA |
|--------------------|-----------------|--------------------|--------------|
| pH | 6-9 | 7.65 | 0 |
| Turbiedad | 2 | 22.40 | 15 |
| Coliformes totales | 0 UFC/100 cm3 | 2299.84 | 15 |
| E-coli | 1 UFC/100 cm3 | 927.77 | 25 |
| Cloruros | 250 | 12.80 | 0 |
| Dureza | 300 | 24.44 | 0 |
| Alcalinidad | 200 | 27.97 | 0 |
| Total puntaje IRCA | | | 55 |

Fuente: Gelvez (2020)

Se obtuvo un nivel de riesgo alto (ver Tabla 4), esto indica que el agua de la quebrada Monte dentro sin un tratamiento previo no es apta para el consumo humano.

Tabla 4
Nivel de riesgo

| Puntaje total IRCA | IRCA | Nivel de riesgo |
|--------------------|--------|-----------------|
| 55 | 92.44% | ALTO |

Fuente: Gelvez (2020)

De acuerdo a la Resolución 549 de 2017, se determinó que la quebrada Monte dentro, posee una amenaza alta, debido a que presentan valores por encima de lo aceptable, que correspondiente a turbiedad, Coliformes totales y Coliformes totales.

A partir de los datos desde 2015 hasta abril de 2020 de las variables fisicoquímicas, microbiológicas del agua de la quebrada Monte dentro e hidrometeorológicas de la zona de estudio

se realizaron el análisis de componentes principales y el análisis de correlación (Tabla 5).

Tabla 5.
Análisis de componentes principales

| Variables | Componente | | | | |
|---------------------|------------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Temperatura | -0.13 | .09 | .55 | .06 | .04 |
| pH | .07 | .09 | .05 | .52 | -.20 |
| Turbiedad | -.04 | .23 | .102 | -.59 | -.09 |
| Coliformes totales | .036 | .47 | .15 | -.12 | .06 |
| E coli | -.07 | .54 | -.18 | .07 | -.06 |
| Cloruros | .45 | .01 | -.01 | .05 | -.01 |
| Dureza | .41 | .02 | -.02 | .16 | .06 |
| Alcalinidad | -.06 | .09 | -.44 | .07 | .06 |
| Precipitación | .08 | -.04 | .22 | .02 | -.63 |
| Evaporación | -.43 | .24 | .09 | .42 | .21 |
| T _{máxima} | .05 | -.06 | .21 | -.03 | .59 |

Fuente: Elaborado en Excel XLSTAT por Gelvez (2020)

De la Tabla 5, se infiere que las variables se agrupan en cinco grandes grupos:

Componente 1: La asociación de variables Cloruros y dureza ya que de acuerdo a Soto (2010), la dureza del agua es producida por sales fijas como los cloruros (Cl⁻), y éstos son producto de los agroquímicos utilizados en los diferentes cultivos de la quebrada

Componente 2: Asociación entre turbiedad, coliformes totales y E.coli. De acuerdo a Guzmán, et al., (2015), estos parámetros están relacionados con la carga de materia orgánica del agua, esto es debido a que las diferentes actividades que se llevan a cabo alrededor de la cuenca. Por ejemplo, algunas heces del





ganado pueden llegar al cauce, lo que afecta la claridad del agua.

Componente 3: Asociación entre temperatura y precipitación, ya que cuando ocurre la precipitación, disminuye la temperatura.

Componente 4: Asociación entre pH y precipitación, se debe a que la precipitación arrastra diferentes sustancias de origen antrópico y natural que alteran el pH de la fuente hídrica

Componente 5: Asociación entre evaporación y temperatura máxima, esto es porque al aumentar la temperatura de la zona, también se incrementa la tasa de evaporación de la quebrada Monte dentro Precipitación vs. Turbiedad

El valor mínimo de turbiedad es de 1.8 UNT y el máximo fue de 78.3 UNT, con una media de 22.4 UNT. Por otro lado, el valor mínimo de precipitación del conjunto de datos es de 9.5 mm y el máximo 228.071 mm con una media de 68.84 mm.

El pH tiene relaciones débiles con la temperatura, los Coliformes totales, E.coli, dureza y alcalinidad, esto se debe principalmente a la acción antrópica, actividades como la agricultura, en la que se utilizan gran variedad de agroquímicos contribuyen a la alteración del pH de la fuente hídrica. La turbiedad presenta relación débil con la precipitación, Coliformes totales, E.coli, cloruros, dureza, alcalinidad y evaporación, esto se debe a que la precipitación genera el arrastre de materiales de diferente origen, lo que genera que el agua disminuya su transparencia.

Los Coliformes totales presentan relación débil con todas las variables meteorológicas, excepto con la evaporación, esto indica la presencia de diferentes tipos de bacterias que disminuyen la calidad del agua y cuyo origen es mayormente de actividades antrópicas.

El E.coli presenta relación débil con precipitación, pH, turbiedad, coliformes totales y alcalinidad, esto se debe a que la precipitación contribuye al arrastre de materia fecal depositada por animales aledaños a la quebrada, lo que aumenta la turbiedad del cauce.

Como se muestra en la Tabla 6, se halló una relación débil entre la precipitación y la turbiedad del 27.7%, esto se explica ya que cuando ocurren eventos de lluvia, el impacto de las gotas en el suelo hace que poco a poco se vaya desprendiendo parte de él y posteriormente se une al cauce aumentando la turbiedad del mismo.

Tabla 6
Matriz de correlación Precipitación vs. Turbiedad

| | P(mm) | Turbiedad |
|-----------|-------|-----------|
| P(mm) | 1 | 0.277 |
| Turbiedad | 0.277 | 1 |

Fuente: Elaborado en Excel XLSTAT por Gelvez (2020)

4. CONCLUSIONES

La calidad de la quebrada Monte dentro está expuesta a diferentes factores de riesgo naturales como las lluvias torrenciales y sismicidad y factores antrópicos, especialmente lo que





concierna a la agricultura, debido al uso de agroquímicos en los cultivos aledaños a la quebrada de estudio, a los cuales se les debe hacer constante seguimiento para evitar afectaciones sobre la salud de la población que se abastece de esta fuente hídrica.

La precipitación es una de las variables que tiene una mayor incidencia en la calidad del agua de la quebrada Monteadentro, debido a que cuando ocurre éste fenómeno natural, propicia el escurrimiento de diferentes sustancias producto de las diferentes actividades que se desarrollan en la cuenca.

La precipitación tiene relación con turbiedad, cloruros, coliformes totales y E.coli, estos dos últimas se explican debido a que junto al cauce transita ganado cuyas heces se transportan hacia el cauce. Además, la ocurrencia de lluvia, facilita el arrastre de varios materiales y sustancias que posteriormente se incorporan al agua de la quebrada Monteadentro.

5. AGRADECIMIENTOS

A Empopamplona y a la Ingeniera Lizeth López por suministrar los datos de la calidad del agua de la quebrada Monteadentro.

A don Gerardo, el guardabosque de Empopamplona, quien acompañó a reconocer la zona de estudio con gran amabilidad.

A los profesores de la Universidad de Pamplona, que a lo largo de la carrera universitaria me dieron sus enseñanzas de forma eficaz, y permitieron la formación

como profesional; especialmente a María Esther, quien me ha guiado por el camino del conocimiento con gran dedicación, perseverancia y amor por la enseñanza.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdi H, Williams LJ (2010). Principal component analysis. WIREs Comp Stats.

Bacheloth (2017). Modelación del transporte de plaguicidas e insecticidas en suelos de cultivo de fresa mediante el software Hydrus- 1D en la vereda de Monteadentro Pamplona Norte de Santander

Chaparro y Ovalles (2017). Análisis del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA y su relación con el clima y ubicación geográfica para el departamento del Meta en los años 2012 – 2013.

Colombia. Ministerio De La Protección Social. Decreto 1575 (9, mayo, 2007). Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá D.C., 2007

Di Masso RJ, Pippa C, Silva OS, Font MT. Componentes principales como fenotipos de sistemas biológicos complejos. Relación músculo-hueso en el ratón.

Earth justice. Clorpirifós, el pesticida tóxico que daña a nuestras familias y al medio ambiente. Fatma, Verma, Kamal y Srivastava (2018). Monitoreo del potencial morotóxico, citotóxico y genotóxico del ensayo de mancozeb usando ajo.





Kaiser HF. The application of electronic computers to factor analysis. Educational and Psychological Measurement 1960

López y Cufiño (2016). Análisis del índice de riesgo de calidad del agua –IRCAy su relación con variables meteorológicas y ubicación geográfica para el departamento de Norte de Santander en los años 2012 – 2013. Bogotá D.C, 2016.

Mesa Liber *et al.*, (2018).Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el proceso de fermentación de un anticuerpo monoclonal. Cuba.

Organización mundial de la salud (2009). Manual para el desarrollo de planes de

seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo.Ginebra.

Torriente D, Torres V. El análisis de componentes principales en la interpretación de sistemas agroecológicos para el manejo de rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal para el cultivo de la caña de azúcar. IDESIA 2010; 28:23-32.

