

Título: Calidad de agua de algunas quebradas de la zona de Monteverde

Autor: Luisa Moreno

Introducción

El Programa de ciencia ciudadana Adopte una quebrada (AUQ) liderado por el Instituto Monteverde (IMV) busca monitorear a largo plazo la calidad de las aguas de las quebradas y ríos locales con la ayuda de estudiantes de colegio, como una experiencia educativa vivencial que contribuya a la protección y manejo de los recursos hídricos de la zona. Los estudiantes monitorean tanto en áreas prístinas como en áreas urbanizadas y al comparar entre sitios aprenden sobre los efectos que las actividades humanas tienen en la calidad de agua de las quebradas cercanas a sus centros educativos.

Los datos utilizados para este trabajo son datos recolectados con el programa AUQ desde el 2018 al 2023.

1.Objetivo del análisis

Determinar si hay diferencia en la calidad del agua de las diferentes quebradas monitoreadas, determinar si existe alguna tendencia (aumento o disminución) del BMWP a lo largo de los años y determinar si hay alguna relación entre la precipitación mensual y el índice BMWP de calidad de agua (si la precipitación o sequía afecta la calidad del agua)

2.Métodos

Las Quebradas monitoreadas en el programa AUQ son:

- Máquina zona prístina
- Cuecha zona prístina en Reserva Monteverde
- Saca en zona prístina en Reserva Santa Elena
- Río Negro zona prístina rodeada de fincas lecheras
- Sucia CA en centro urbano
- Colegio centro urbano

En general las quebradas y ríos de la zona alta de Monteverde tienen una profundidad menor de un metro y un ancho menor a 10 metros.

Para determinar la calidad del agua se utiliza el Índice BMWP-CR que se basa en la tolerancia a la contaminación de diferentes familias indicadoras de macroinvertebrados. A cada familia o grupo taxonómico se le asigna un valor de tolerancia y al final estos valores

se suman para calcular el índice BMWP, este valor se compara con la tabla de valores siguiente para determinar la calidad del agua de la quebrada monitoreada:

Valores del Índice BMWP-CR (Tomado del reglamento 39903-Minae).

BMWP-CR	
>120	calidad excelente
101-120	calidad buena
61-100	calidad regular
36-60	calidad mala
16-35	calidad mala
<15	calidad muy mala

Los datos de precipitación mensual son de la estación meteorológica del Instituto Monteverde.

Análisis realizados:

Primero realicé un análisis de normalidad de la variable BMWP con la prueba de normalidad de Shapiro, para determinar si usar pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas.

Después realicé un gráfico geom_smooth para ver tendencias del índice BMW a lo largo de los años, e hice una prueba de correlación para determinar si la tendencia observada podría deberse a la precipitación mensual (como medida de períodos secos por efecto del fenómeno del niño o eventos de mucha lluvia por años niña). Al final hice un gráfico de precipitación vs el índice de calidad de agua BMWP por quebrada para demostrar la no relación entre estas variables.

Realicé un gráfico boxplot para ver el comportamiento de la variable BMWP (calidad del agua por quebrada para ver si puede haber diferencia entre quebradas en la calidad del agua

Realicé una prueba de anova para ver si las diferencias observadas en la calidad de agua por quebrada son significativas.

3.Resultados y Discusión

La variable Índice BMWP de calidad de agua se ajusta a una distribución normal como lo indica la prueba de normalidad de Shapiro, así que apliqué pruebas estadísticas paramétricas.

Prueba de normalidad de Shapiro

Shapiro-Wilk normality test

```
data: MVI_AUQ$BMWP  
W = 0.98248, p-value = 0.07198
```

En la fig.1 se observa una tendencia a un aumento del BMWP con los años, observándose valores menores entre los años 2018 y 2019 y un aumento paulatino en los años siguientes hasta llegar a valores mayores entre 2022 y 2023. Una posible explicación a esta tendencia es la ocurrencia de eventos extremos en el año 2018 (después de la tormenta Nate en octubre 2017 y en el 2019 por la fuerte sequía, lo que pudo haber afectado la supervivencia de algunos grupos de macroinvertebrados, causando una reducción del BMWP en estos años y que en años recientes el aumento del índice se deba a la recuperación de la presencia de macroinvertebrados en las quebradas después de estos dos eventos extremos. Pero al realizar una prueba de correlación de Pearson no se encuentra ninguna relación significativa, lo cual se observa claramente en la fig.2.

Correlación de Pearson

```
A tibble: 1 × 8  
  var1          var2    cor statistic    p conf.low conf.high  
method  
  <chr>          <chr> <dbl>    <dbl> <dbl>    <dbl>    <dbl>  
<chr>  
1 precip_prom_mensual BMWP -0.023    -0.274 0.785    -0.189    0.144  
Pearson
```

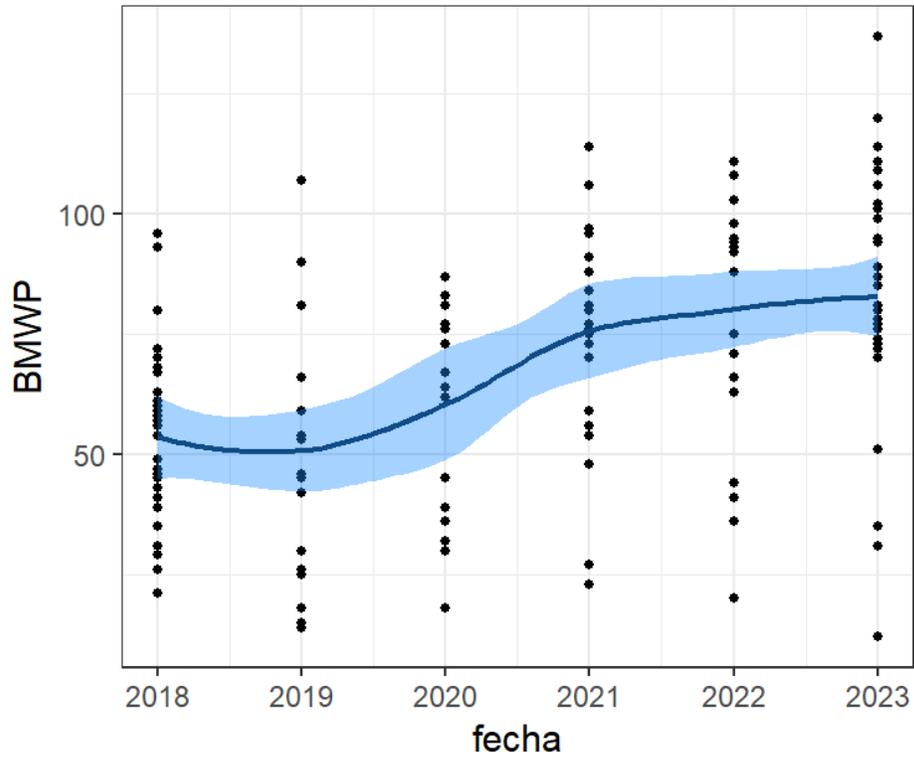


Figura 1. Índice de calidad de agua BMWP en quebradas de la zona de Monteverde por año

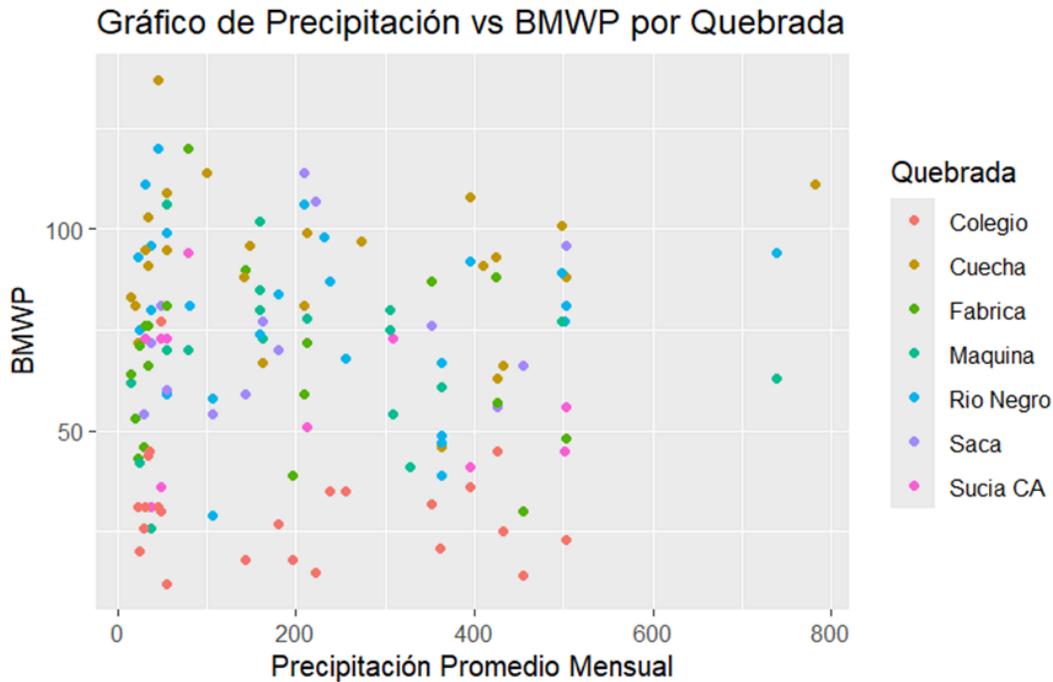
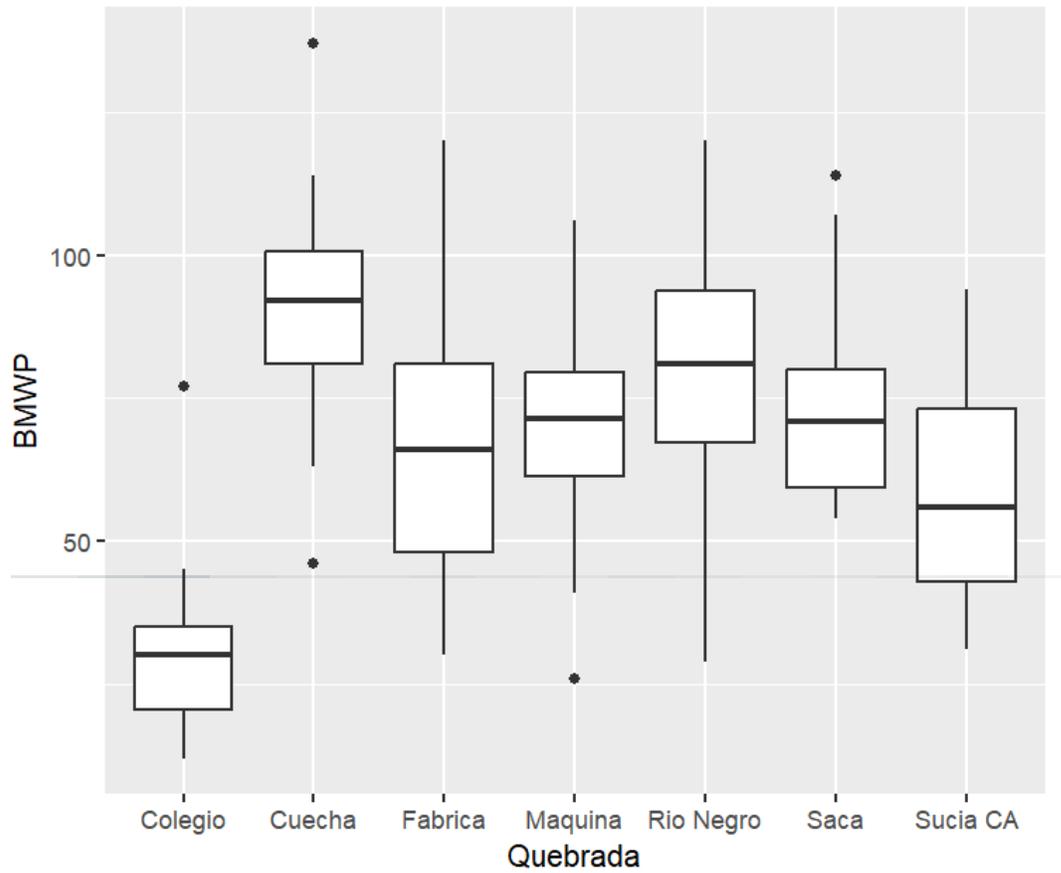


Figura 2. Relación entre Precipitación mensual y el Índice de calidad de agua BMWP por Quebrada del 2018 al 2023 en la zona de Monteverde

Al comparar la calidad de agua de las quebradas en la zona de Monteverde se observa que la Quebrada Cuecha en la Reserva de Monteverde en zona prístina tiene mejor calidad de agua que en los otros sitios monitoreados (Fig. 3), mientras que la quebrada con menor calidad de agua es Colegio, la cual está en el centro del pueblo de Santa Elena (centro urbano más grande de la zona, con gran cantidad de restaurantes, comercios y hoteles), muy posiblemente esta menor calidad se deba a las aguas residuales que son desechadas sin ningún tipo de tratamiento previo en los alrededores, llegando muy fácilmente a este cuerpo de agua. El segundo sitio con menor calidad de agua fue la quebrada Sucia, la cual se encuentra en otro centro urbano, pero la diferencia no es tan evidente porque en el año 2023 el uso del suelo cerca del sitio de monitoreo cambió, donde tenían una caballeriza y un gallinero ahora no hay nada, y están construyendo un proyecto turístico con senderos. Al aplicar la prueba de anova se encuentra que esta diferencia en calidad de agua de las quebradas es significativa, que también se observan diferencias significativas en la calidad del agua por año (esta diferencia todavía no la puedo explicar).



```
anova_test(MVI_AUQ, BMWP ~ Quebrada + año)
```

ANOVA Table (type II tests)

	Effect	DFn	DFd	F	p < .05	ges
1	Quebrada	6	131	33.322	3.63e-24	* 0.604
2	año	1	131	77.555	6.67e-15	* 0.372

4. Anexo COPIA SCRIPT

```
#Trabajo Final
#leer los datos de un archivo excel
library(readxl)
library(tidyverse)
library(skimr)
MVI_AUQ <- read_excel("CURSO R/MVI_AUQ.xlsx")
view(MVI_AUQ)
head(MVI_AUQ)
# cambiar las variables tipo chr a factor
MVI_AUQ$fecha <- as.Date(MVI_AUQ$fecha)
MVI_AUQ$Quebrada <- as.factor(MVI_AUQ$Quebrada)
summary(MVI_AUQ)
MVI_AUQ$precip_prom_mensual <-
as.numeric(MVI_AUQ$precip_prom_mensual)
summary(MVI_AUQ)
summary(MVI_AUQ$Quebrada)
# instalar libreria estadística y gráficos
library(rstatix)
library(ggplot2)
# prueba de normalidad de los datos del índice BMWP se ajustan a la
normalidad
shapiro.test(MVI_AUQ$BMWP)
# gráfico entre BMWP y fecha
ggplot(MVI_AUQ, aes(x=año, y=BMWP)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method= "loess", se= TRUE,
             color= "dodgerblue4", fill= "dodgerblue1")+
  xlab("fecha") +
  ylab("BMWP") +
```

```

theme_bw(base_size = 15)

#boxplot de BMWP por quebrada diferencias entre quebradas en calidad de
agua
ggplot(MVI_AUQ, aes(x = Quebrada,
                    y = BMWP)) +
geom_boxplot()

#prueba de anova para ver si diferencias son significativas

anova_test(MVI_AUQ, BMWP ~ Quebrada + año)

# correlación paramétrica de Person para ver si hay relación entre BMWP y
precipitación

cor_test(MVI_AUQ, vars = precip_prom_mensual,
         vars2 = BMWP,
         method = "pearson")

#ver los valores de precipitación
summary(MVI_AUQ$precip_prom_mensual)

#Gráfico para ver relación entre precipitación y BMWP con ggplot

ggplot(MVI_AUQ, aes(x = precip_prom_mensual, y = BMWP, color =
factor(Quebrada))) +
geom_point() +
labs(x = "Precipitación Promedio Mensual",
     y = "BMWP",
     title = "Gráfico de Precipitación vs BMWP por Quebrada") +
scale_color_discrete(name = "Quebrada") # Asigna un nombre a la leyenda

```