

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

“ CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS HISTÓRICOS GENERADOS EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS DIQUES INSTALADOS EN LA QUEBRADA URKU WAYKU DEL VOLCÁN ILALÓ COMO UNA SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA”

**Autores:**

Brito Nazareno, María José

Criollo Sandoval, Andrés David

Director: Ing. Carrera Villacrés, David Vinicio PhD.

Sangolquí, 25 de Agosto de 2023



# Tabla de contenido

01 Generalidades

02 Objetivos

03 Metodología

04 Resultados

05 Conclusiones

06 Recomendaciones



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



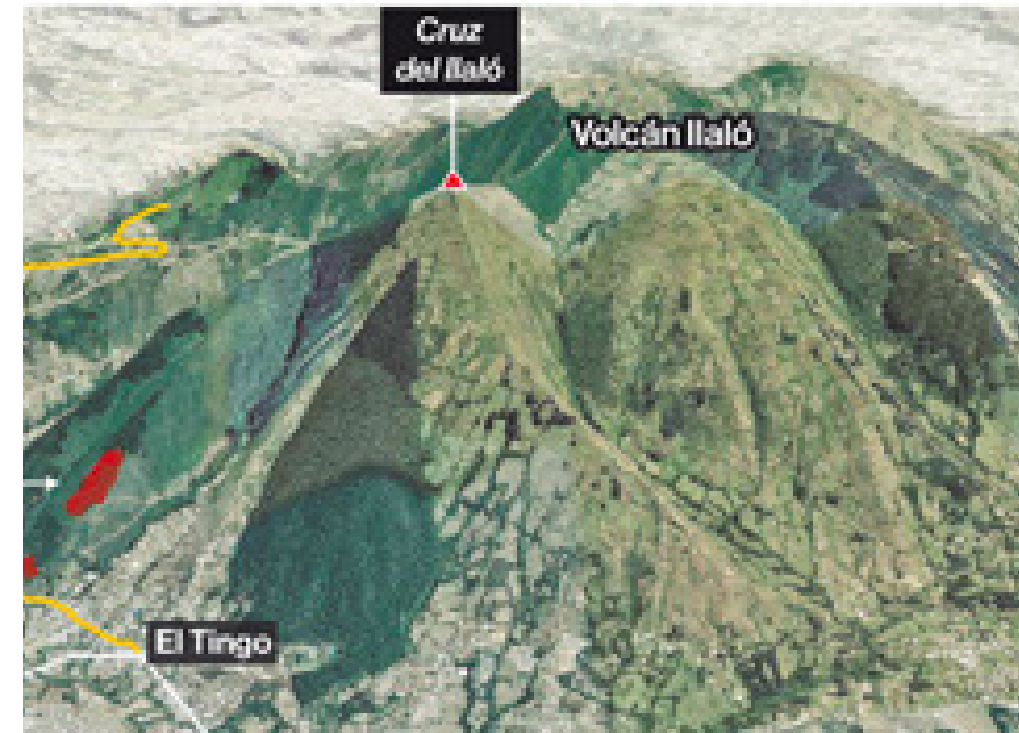


# GENERALIDADES

Ilaló = estratovolcán extinto

Cangahua

12 comunidades



INTRODUCCIÓN



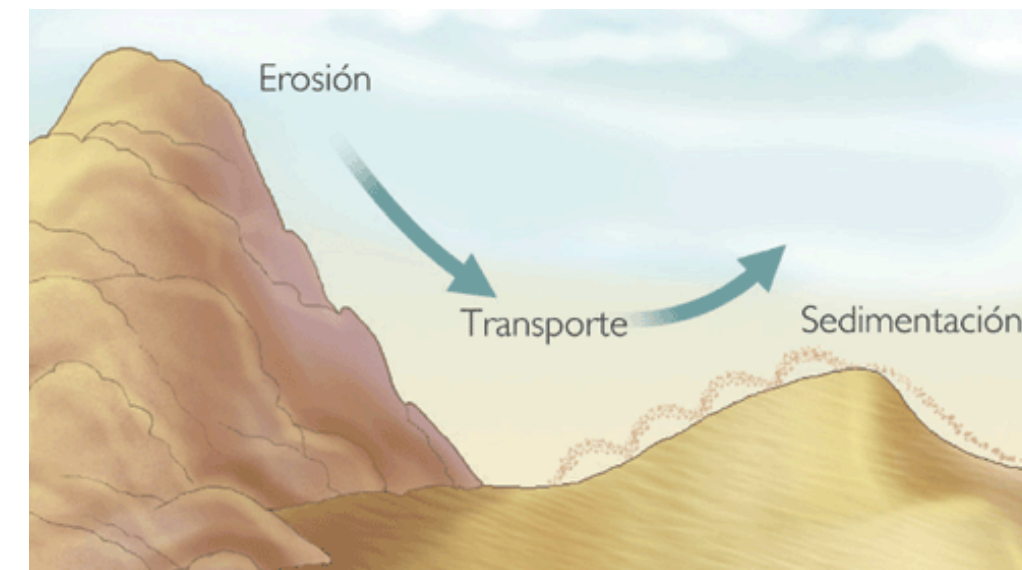
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actividades: ganadería y agricultura.

Erosión

Diques de retención

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



OBJETIVOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# GENERALIDADES

## Degradación del suelo y zonas hídricas



- Rápida urbanización
- Tala de árboles
- Técnicas agrícolas
- Incendios forestales
- Topografía accidentada



INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



Erosión



Afecta los cultivos y altera ciclos hidrológicos.



Afloramiento de cangahua.



OBJETIVOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# GENERALIDADES

Volcán Ilaló= inicio de vertientes de agua

**Medidas de control y mitigación de la erosión**

Cangahua y capa de suelo fértil

Diques de retención

Erosión



INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



OBJETIVOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# GENERALIDADES

## Objetivo general

Generar una serie temporal de datos históricos de calidad y cantidad de agua y sedimentos, así como también la calidad biológica que se están generando en los diques construidos con materiales biodegradables en la quebrada Urku Wayku, ubicada en el volcán Ilaló, como una medida de solución basada en la naturaleza para rescatar los suelos y las aguas, así, demostrar que con obras civiles básicas y de bajo presupuesto se pueden rescatar las quebradas.



## Objetivos específicos

1

Recopilar información histórica de previos análisis y recolectar datos actuales semanales de muestras de agua, sedimentos y macroinvertebrados de los diques ubicados en la quebrada Urku Wayku, así como la medición del caudal y volúmenes de sedimentos generados en el sitio.

OBJETIVOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# GENERALIDADES

## INTRODUCCIÓN



2

Monitorear semanalmente la cantidad y calidad, tanto del agua, como de los sedimentos, a través, de los métodos estandarizados en el laboratorio de medio ambiente y de mecánica de suelos del campus matriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para generar una serie temporal en la quebrada Urku Wayku.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3

Procesar estadísticamente en el software libre RStudio, las series temporales generadas en cantidad y calidad del agua y de sedimentos, para así demostrar que la construcción de los diques, como una solución basada en la naturaleza, es una alternativa viable.

4

Desarrollar el modelamiento de la quebrada Urku Wayku en el software libre QGIS para evaluar en que puntos estratégicos es necesario implementar diques que contribuyan a la rehabilitación del suelo y agua de la zona.

5

Socializar con la Comuna San Francisco de Baños ubicada en el volcán Ilaló los resultados obtenidos del trabajo de integración curricular.

## OBJETIVOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

TOMA DE MUESTRAS

ANÁLISIS DE AGUAS

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

**Microcuenca Urku Wayku**

**Cauce principal**

4,1 km

**Área**

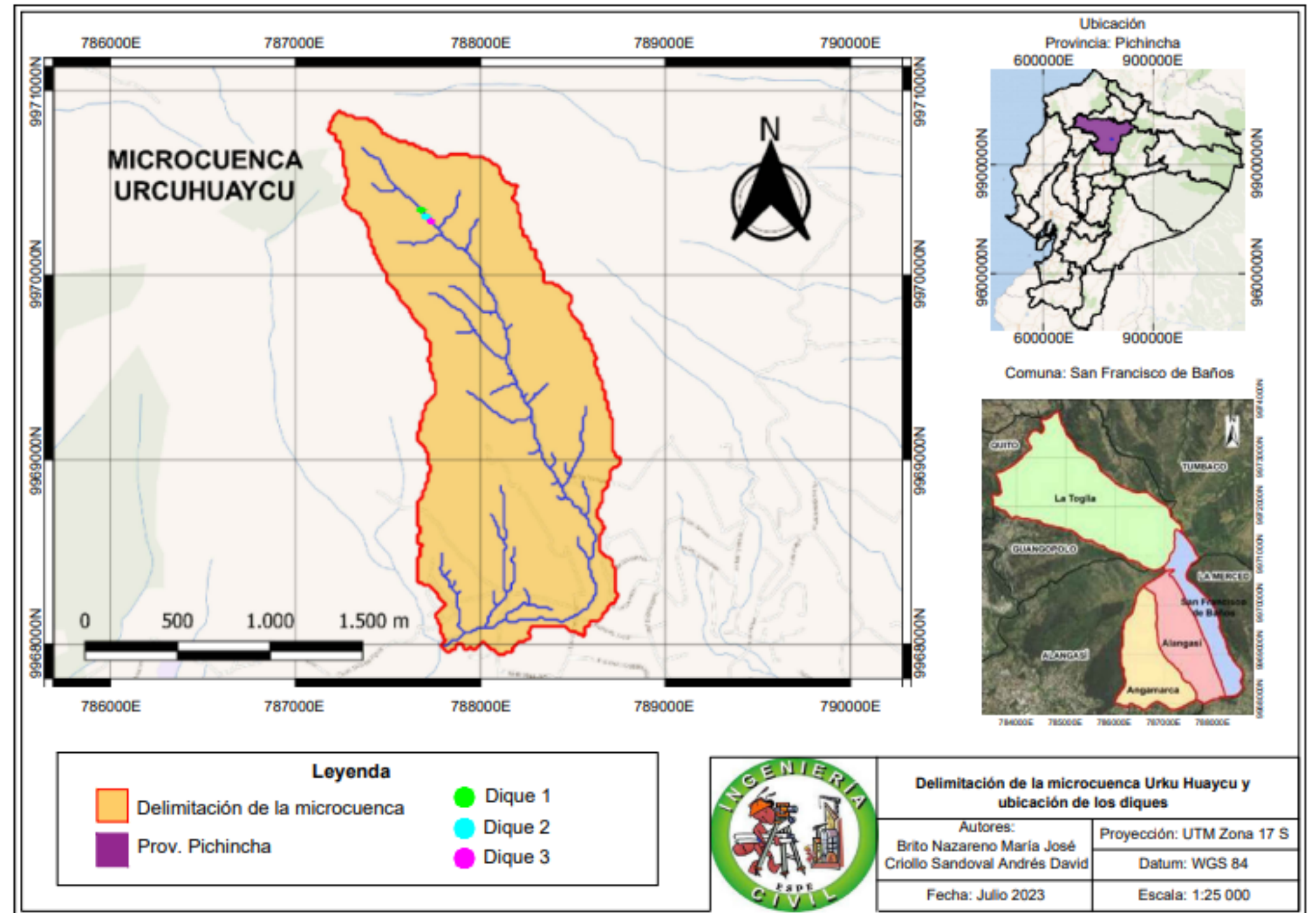
2,5 km<sup>2</sup>

**Cota máxima**

3186,867 msnm

**Cota mínima**

2522,478 msnm



# METODOLOGÍA

**Toma de muestras:** semanales  
**Duración:** 16 semanas

ÁREA DE ESTUDIO

TOMA DE MUESTRAS

ANÁLISIS DE AGUAS

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS



**Muestras de agua**

**Muestras de sedimentos**





# METODOLOGÍA

**Laboratorio:** Medio Ambiente

**Norma:** Acuerdo Ministerial 97a y OMS



ÁREA DE ESTUDIO

TOMA DE MUESTRAS

ANÁLISIS DE AGUAS

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

Parámetro	Metodología
<i>Sulfatos, fosfatos, nitratos y sólidos en suspensión</i>	Espectrofotómetro Hach 5000.
<i>Análisis de pH</i>	Multímetro portátil HQ40D de Hach.
<i>Análisis de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales</i>	Medidor de TDS.
<i>Caudal</i>	Método volumétrico. $Q = \frac{V}{T}$



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

101 años



# METODOLOGÍA

**Laboratorio:** Mecánica de suelos  
**Norma:** NOM-021-RECNAT-2000



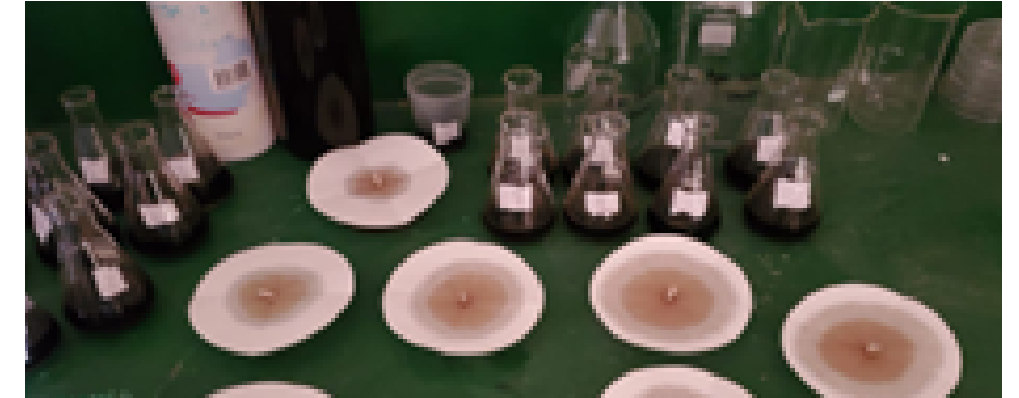
ÁREA DE ESTUDIO

**Parámetro**

**Metodología**

*Materia orgánica*

Método cualitativo: cromatografía en papel.  
Método cuantitativo: calcinación.



TOMA DE MUESTRAS

*Densidad*

Aparente: método de la probeta.  
Real: método del picnómetro.



ANÁLISIS DE AGUAS

*pH y conductividad eléctrica*

Relación suelo-agua: 1:2.5.



ANÁLISIS DE SEDIMENTOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# METODOLOGÍA

Realizado por: Universidad Regional Amazónica  
IKIAM

ANÁLISIS DE  
CALIDAD  
BIOLÓGICA



*Los macroinvertebrados  
se deben:*



Separar, identificar y contabilizar



En laboratorio con un estereoscopio



PROCESAMIENTO  
DE DATOS

IDENTIFICACIÓN  
DE ZONAS PARA  
LA INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



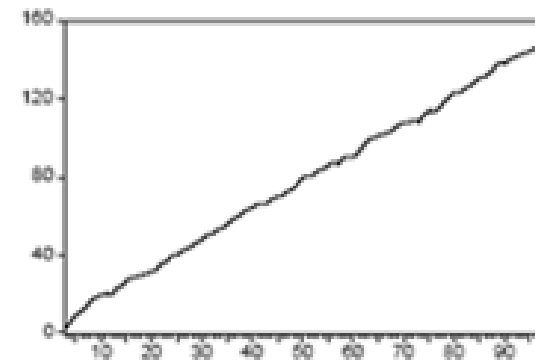
# METODOLOGÍA

ANÁLISIS DE CALIDAD BIOLÓGICA

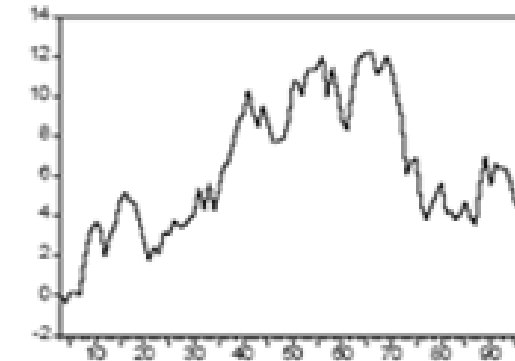
PROCESAMIENTO DE DATOS

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS PARA LA INSTALACIÓN DE NUEVOS DIQUES

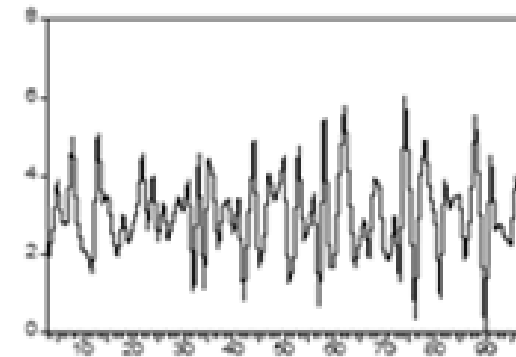
## Series Temporales



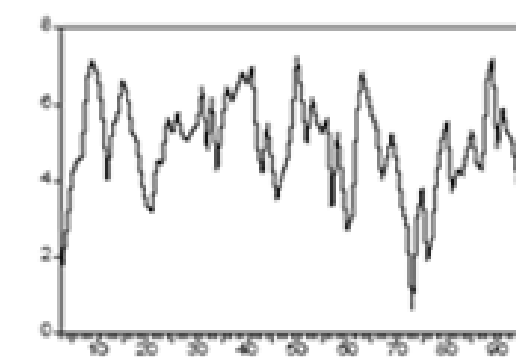
Serie no estacionaria en media



Serie no estacionaria en media y varianza



Serie estacionaria en media y varianza



Serie estacionaria en media pero no en varianza



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# METODOLOGÍA

Modelación  
microcuenca

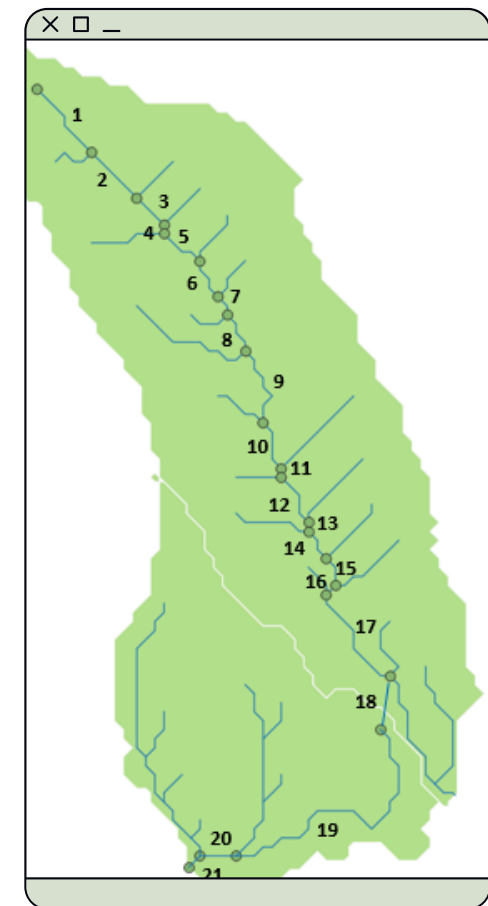


ANÁLISIS DE  
CALIDAD  
BIOLÓGICA

PROCESAMIENTO  
DE DATOS

IDENTIFICACIÓN  
DE ZONAS PARA  
LA INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

EARTHDATA Find a DAAC  
EARTHDATA SEARCH  
Search for collections or topics  
Search Results (34 Collections)  
ASTER Global Digital Elevation Model V003  
Showing 1 of 1 matching granule  
ASTGTMV003\_S01W07 9  
START 2000-03-01 00:00:00  
END 2013-11-30 23:59:59  
Filter Granules Clear Filters  
Granule Search  
Granule ID(s)  
Search Single or Multiple Granule IDs...  
Temporal  
Search Time: 1.0s



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

Tipo de suelo: suelo volcánico

## Volumen de sedimento generado en los diques

TIPO DE SUELO Y VOLUMEN



PRECIPITACIÓN

CANTIDAD AGUA

CALIDAD AGUA

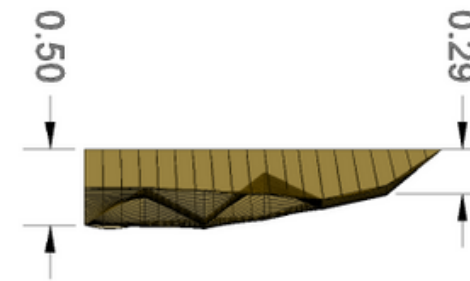
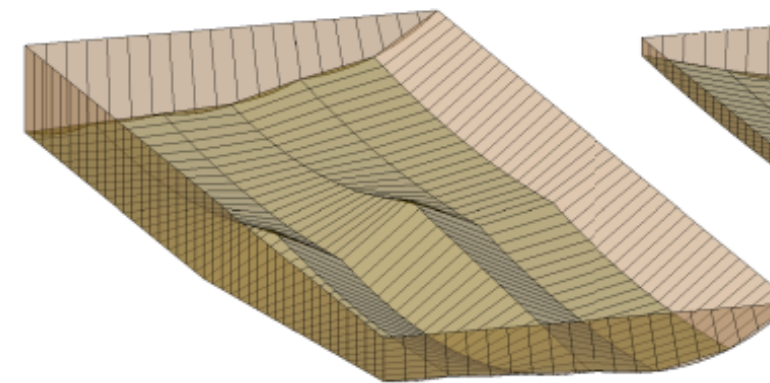
2021



2023

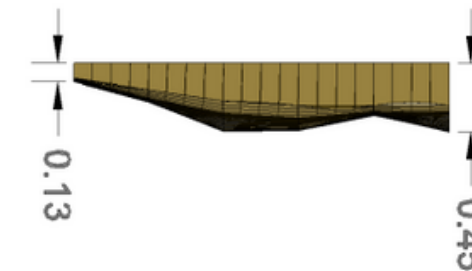
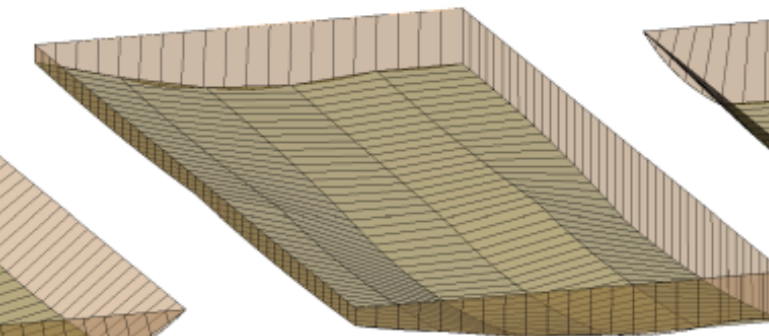


DIQUE 1



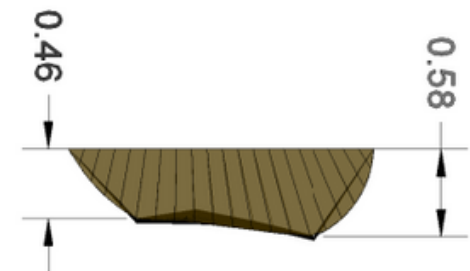
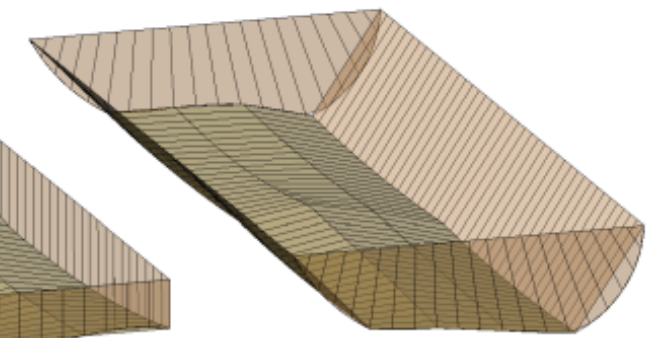
*Dique 1:*  
6.19 m<sup>3</sup>

DIQUE 2



*Dique 2:*  
5.8 m<sup>3</sup>

DIQUE 3



*Dique 3:*  
4.88 m<sup>3</sup>



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

## Precipitación total mensual (mm)

Datos:  **INAMHI**  
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Estación meteorológica: M003 Izobamba

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

CALIDAD  
AGUA

NOMBRE: IZOBAMBA		CODIGO: M0003												
PERIODO: 2000 - 2023		LATITUD: 06 21' 57.33" S		LONGITUD: 78G 33' 18.46"W		ELEVACION: 3058.00								
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
2000	161.2	184.6	268.8	231.4	250.5	137.7	42.6	28.8	167.7	49.9	57.9	73.7	1654.8	137.9
2001	144.8	168.2	226.3	133.6	102.0	38.2	36.1	12.4	91.4	7.9	119.0	192.6	1272.5	106.0
2002	94.0	93.4	201.4	248.0	132.7	69.7	26.5	11.8	22.9	129.6	185.0	243.6	1458.6	121.5
2003	144.7	104.4	111.5	183.7	118.0	117.8	7.9	32.2	101.3	153.2	200.1	110.5	1385.3	115.4
2004	58.9	66.1	74.8	150.4	147.4	24.3	28.6	3.1	98.7	136.3	152.7	187.7	1129.0	94.0
2005	33.3	201.4	210.2	115.7	100.1	66.8	50.6	53.9	84.1	83.7	105.8	159.4	1265.0	105.4
2006	93.3	188.8	167.5	262.0	76.3	92.2	13.1	23.6	51.6	76.5	245.9	174.6	1465.4	122.1
2007	171.3	55.1	229.9	264.3	243.6	59.7	62.6	34.8	16.4	201.9	326.2	117.8	1783.6	148.6
2008	246.6	275.5	263.5	257.0	216.4	111.5	28.5	96.7	103.1	199.5	108.0	126.0	2032.3	169.3
2009	295.4	186.6	262.4	189.9	102.8	48.2	7.1	29.0	9.7	86.4	88.8	209.9	1516.2	126.3
2010	45.6	103.7	114.2	289.2	149.2	100.4	196.2	52.5	79.5	89.7	249.4	304.8	1774.4	147.8
2011	138.3	193.3	143.7	262.4	92.8	61.4	69.4	76.7	56.9	197.6	30.4	164.9	1487.8	123.9
2012	254.3	227.3	197.4	219.3	64.9	10.6	19.8	20.0	20.5	167.0	169.0	30.5	1400.6	116.7
2013	43.7	230.5	128.1	101.9	239.0	9.8	8.3	43.5	38.9	191.5	45.9	79.6	1160.7	96.7
2014	177.9	135.4	242.3	141.6	186.9	43.3	12.5	49.9	78.5	132.1	112.8	79.8	1393.0	116.0
2015	94.9	78.9	233.3	152.2	102.4	10.6	30.0	6.6	21.4	118.2	193.4	49.7	1091.6	90.9
2016	166.6	103.7	185.2	318.7	131.4	44.3	18.4	10.6	82.0	110.9	28.9	193.3	1394.0	116.1
2017	171.3	170.6	331.1	163.5	227.7	149.7	5.1	42.1	53.8	113.0	124.4	170.4	1722.7	143.5
2018	84.9	181.3	217.4	176.1	191.5	30.2	12.0	23.9	45.4	89.1	253.1	44.7	1349.6	112.4
2019	105.5	212.0	235.1	155.4	103.6	62.5	24.9	0.0	84.0	168.0	194.8	132.3	1478.1	123.1
2020	175.2	148.1	158.6	222.0	197.9	41.2	67.1	62.0	26.8	74.9	69.7	199.8	1443.3	120.2
2021	161.8	152.3	299.1	325.8	165.5	230.0	14.0	49.4	85.1	229.1	235.8	288.5	2236.5	186.3
2022	121.8	195.2	189.0				88.0	48.9	114.7	156.6	91.2			
suma	3185.3	3656.4	4690.8	4564.1	3342.7	1560.1	869.3	812.4	1534.4	2962.6	3388.2	3334.1	33900.4	2825.0



# RESULTADOS

## Caudal - Microcuenca

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

$$Q = 4.43 \text{ L/sg}$$



$$Q = 5.79 \text{ L/sg}$$

2021



2023



PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA



CALIDAD  
AGUA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

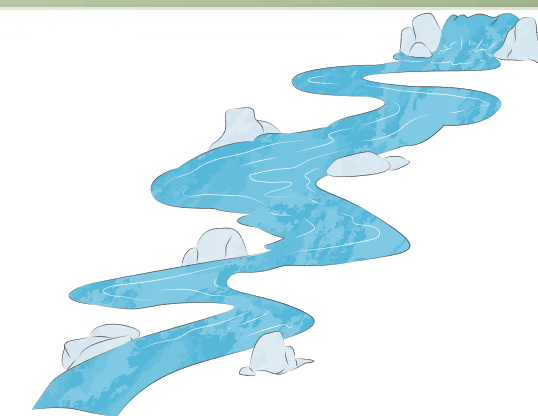
PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

CALIDAD  
AGUA

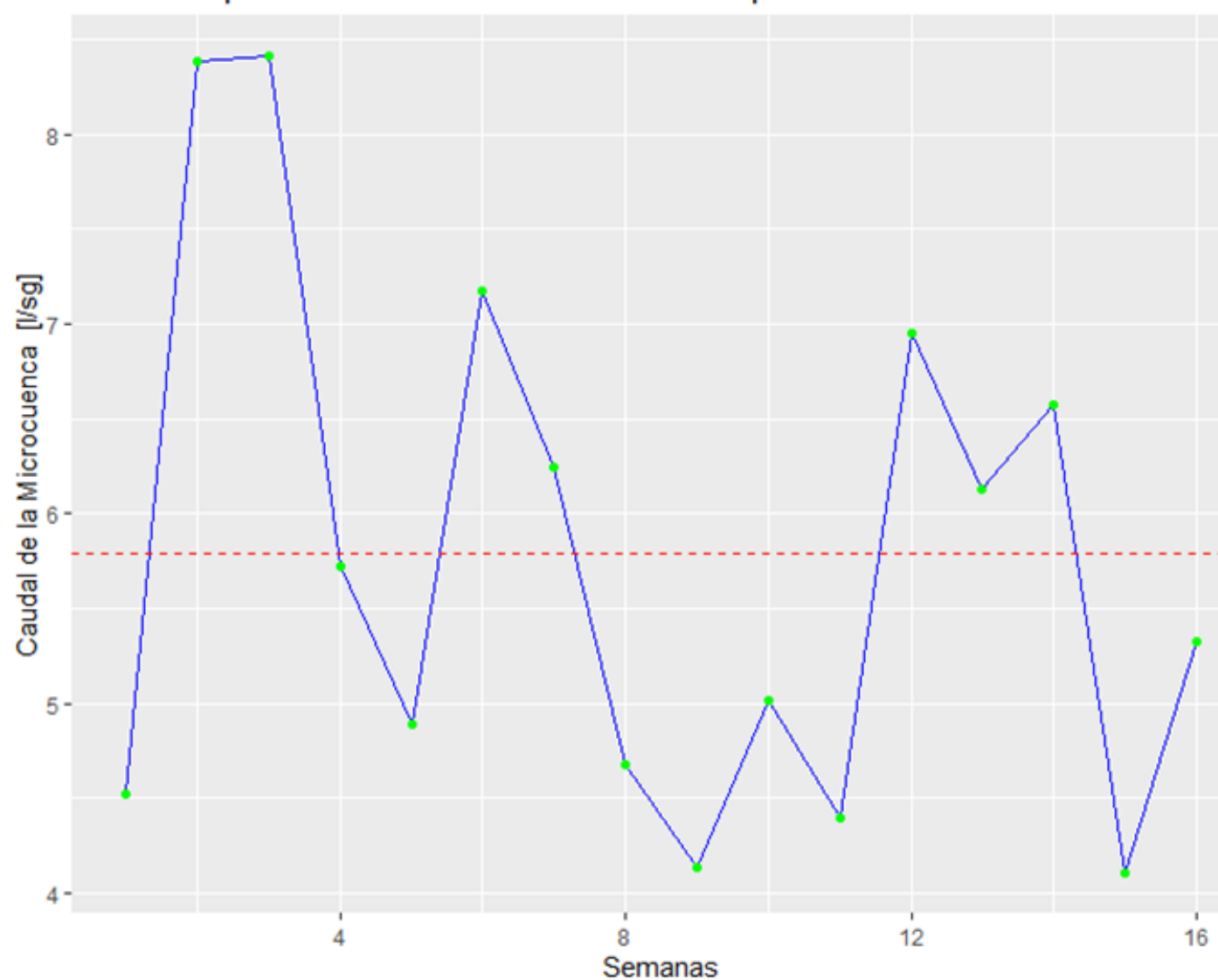


## Caudal - Microcuenca Urku Wayku



Caudal - Microcuenca	
4,52	l/sg
8,38	l/sg
8,41	l/sg
5,72	l/sg
4,89	l/sg
7,17	l/sg
6,25	l/sg
4,68	l/sg
4,14	l/sg
5,02	l/sg
4,40	l/sg
6,95	l/sg
6,13	l/sg
6,57	l/sg
4,11	l/sg
5,33	l/sg

Serie Temporal del Caudal de la Microcuenca por semana

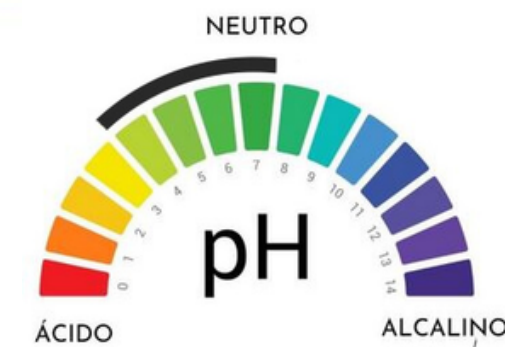


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS

## Potencial hidrógeno (pH)



TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

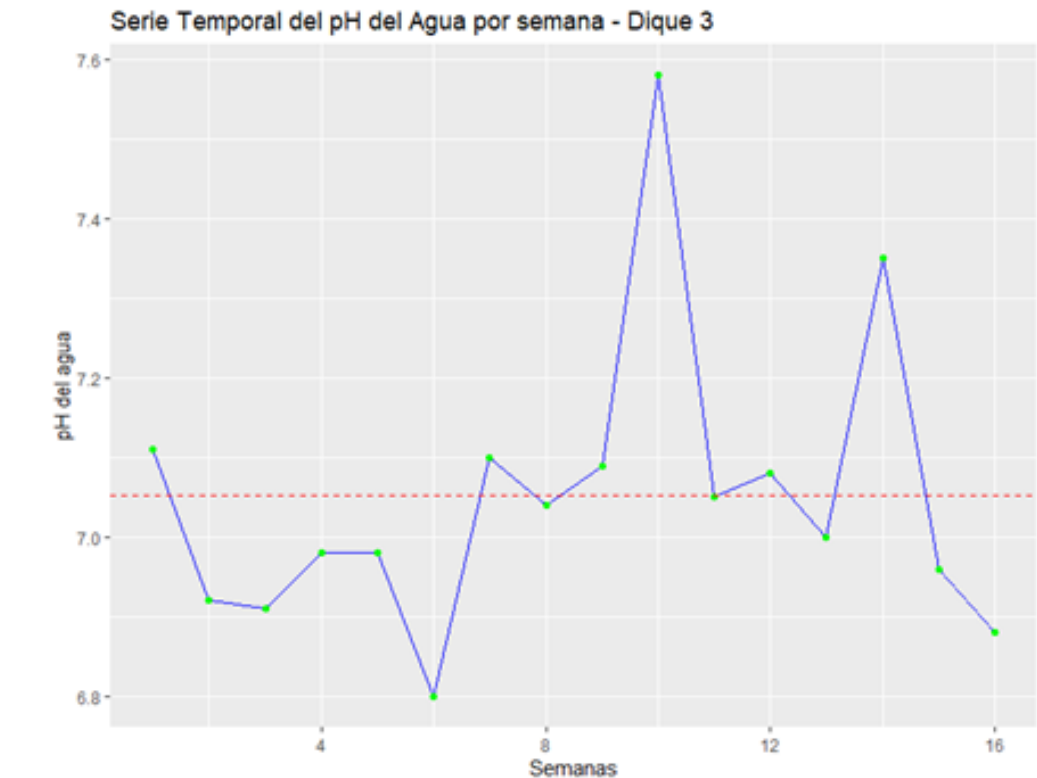
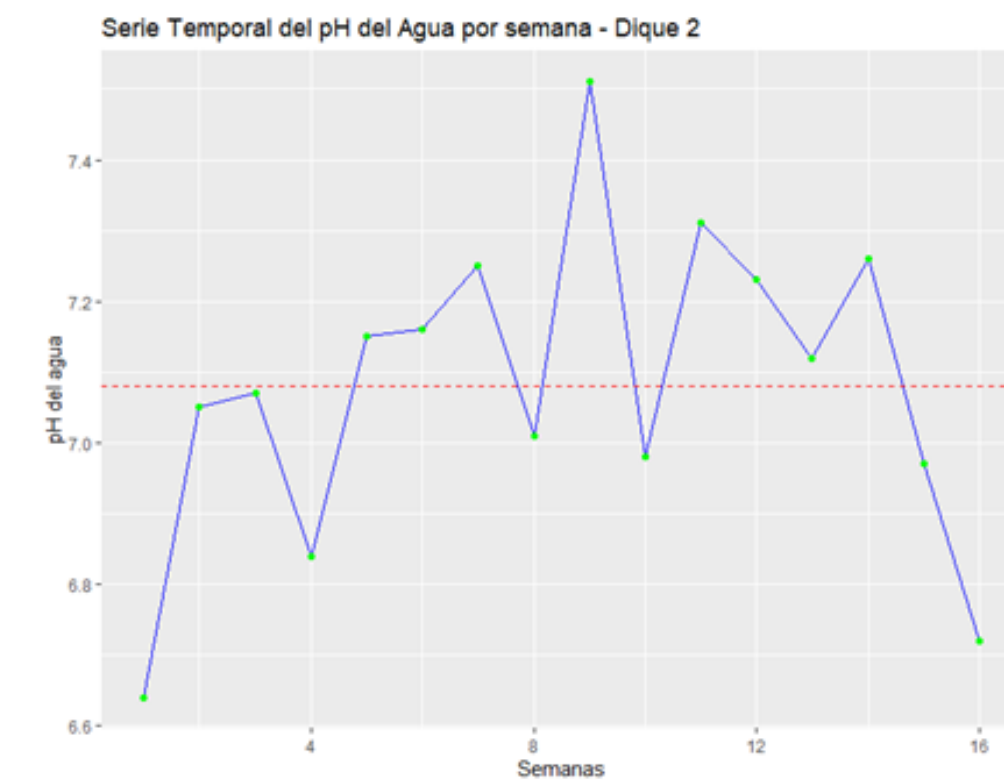
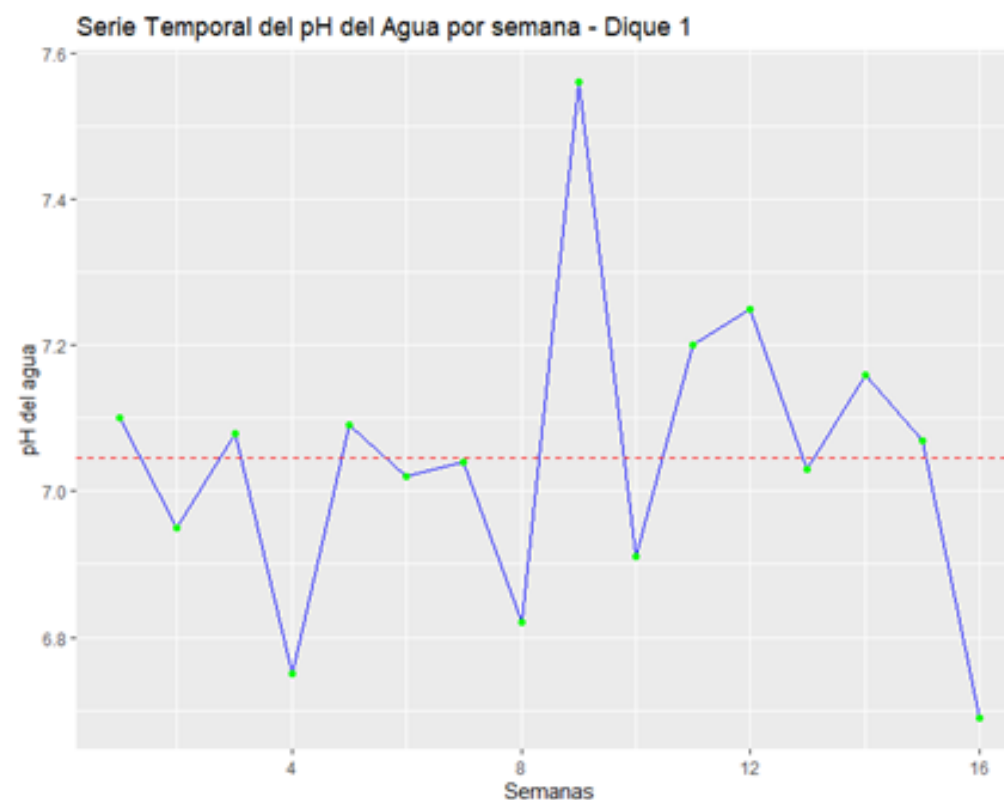
PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

CALIDAD  
AGUA

pH		
Dique 1	Dique 2	Dique 3
7,10	6,64	7,11
6,95	7,05	6,92
7,08	7,07	6,91
6,75	6,84	6,98
7,09	7,15	6,98
7,02	7,16	6,80
7,04	7,25	7,10
6,82	7,01	7,04
7,56	7,51	7,09
6,91	6,98	7,58
7,20	7,31	7,05
7,25	7,23	7,08
7,03	7,12	7,00
7,16	7,26	7,35
7,07	6,97	6,96
6,69	6,72	6,88

2021: 7.25  
2023: 6.99



La OMS considera un rango normal entre 6.5 a 9.



# RESULTADOS

## Conductividad eléctrica (CE)

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN



PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

CALIDAD  
AGUA

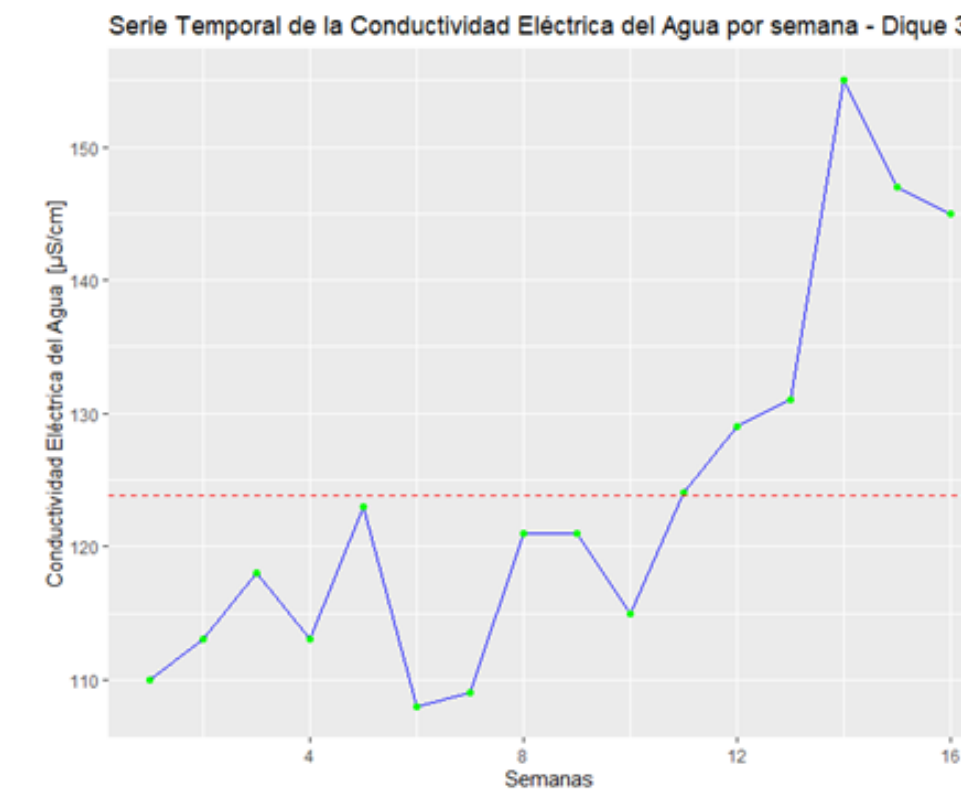
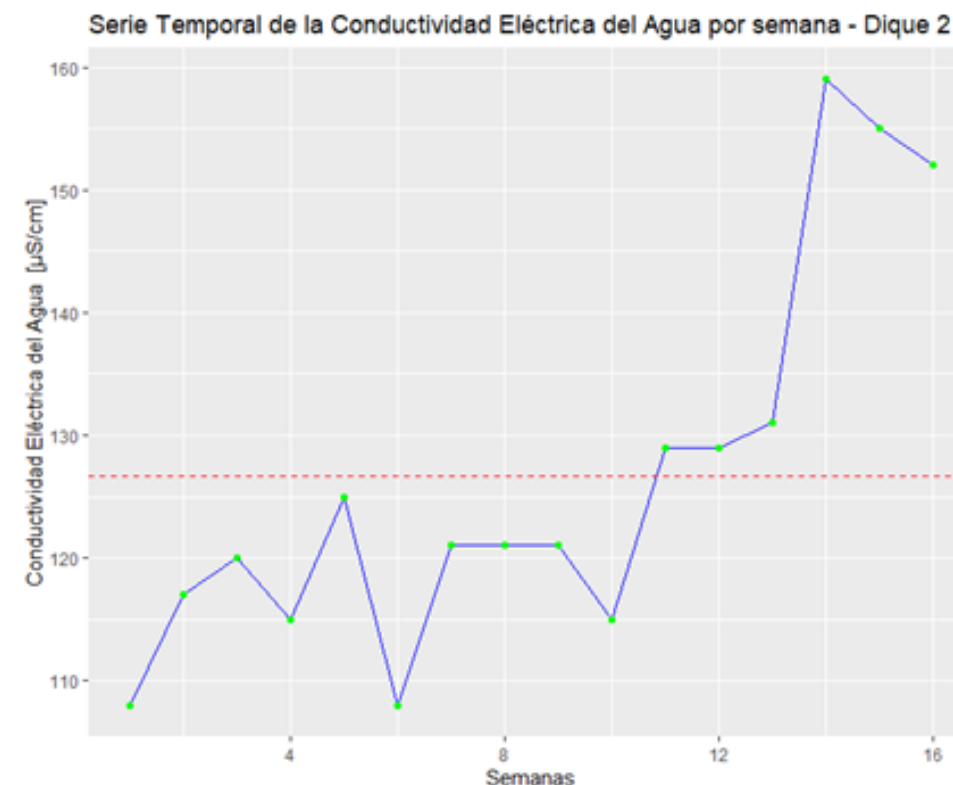
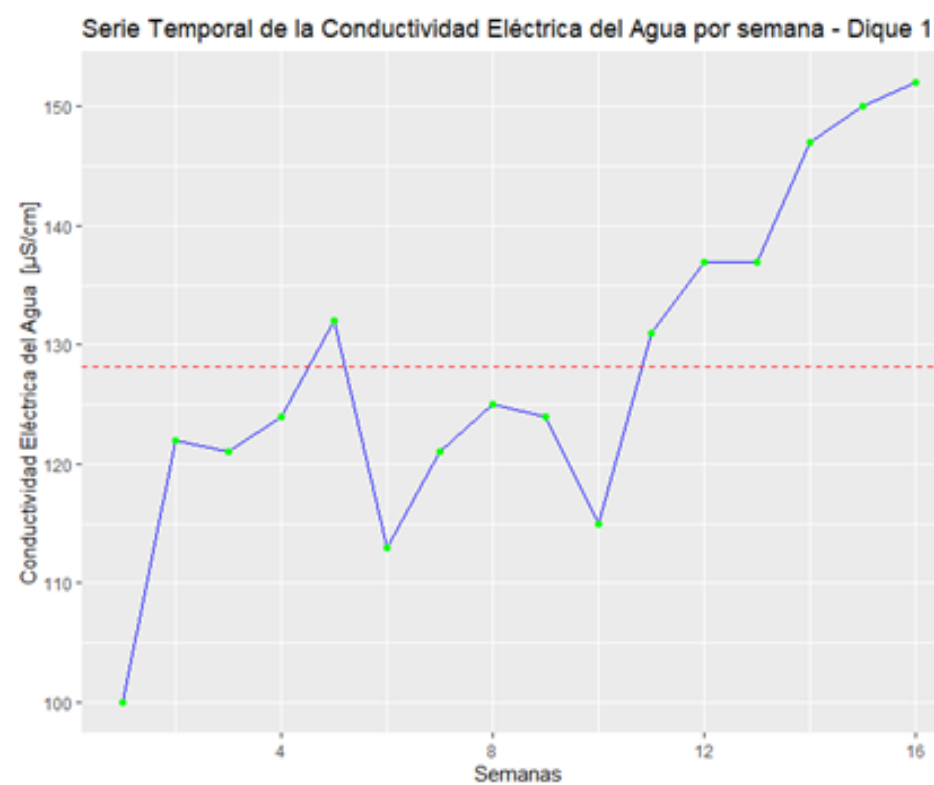


CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ( $\mu\text{S/cm}$ )

DIQUE 1		DIQUE 2		DIQUE 3	
100	uS/cm	108	uS/cm	110	uS/cm
122	uS/cm	117	uS/cm	113	uS/cm
121	uS/cm	120	uS/cm	118	uS/cm
124	uS/cm	115	uS/cm	113	uS/cm
132	uS/cm	125	uS/cm	123	uS/cm
113	uS/cm	108	uS/cm	108	uS/cm
121	uS/cm	121	uS/cm	109	uS/cm
125	uS/cm	121	uS/cm	121	uS/cm
124	uS/cm	121	uS/cm	121	uS/cm
115	uS/cm	115	uS/cm	115	uS/cm
131	uS/cm	129	uS/cm	124	uS/cm
137	uS/cm	129	uS/cm	129	uS/cm
137	uS/cm	131	uS/cm	131	uS/cm
147	uS/cm	159	uS/cm	155	uS/cm
150	uS/cm	155	uS/cm	147	uS/cm
152	uS/cm	152	uS/cm	145	uS/cm

Clasificación	Tipo	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	Observaciones
C1	Aguas de baja salinidad	<250	Existe en condiciones normales de riego
C2	Aguas de salinidad media	250-750	Necesita un moderado lavado
C3	Aguas altamente salinas	750-2250	No utilizar en suelos sin drenaje

2021: 120  $\mu\text{S/cm}$   
2023: 126.21  $\mu\text{S/cm}$



# RESULTADOS

## Nutrientes: Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

PRECIPITACIÓN

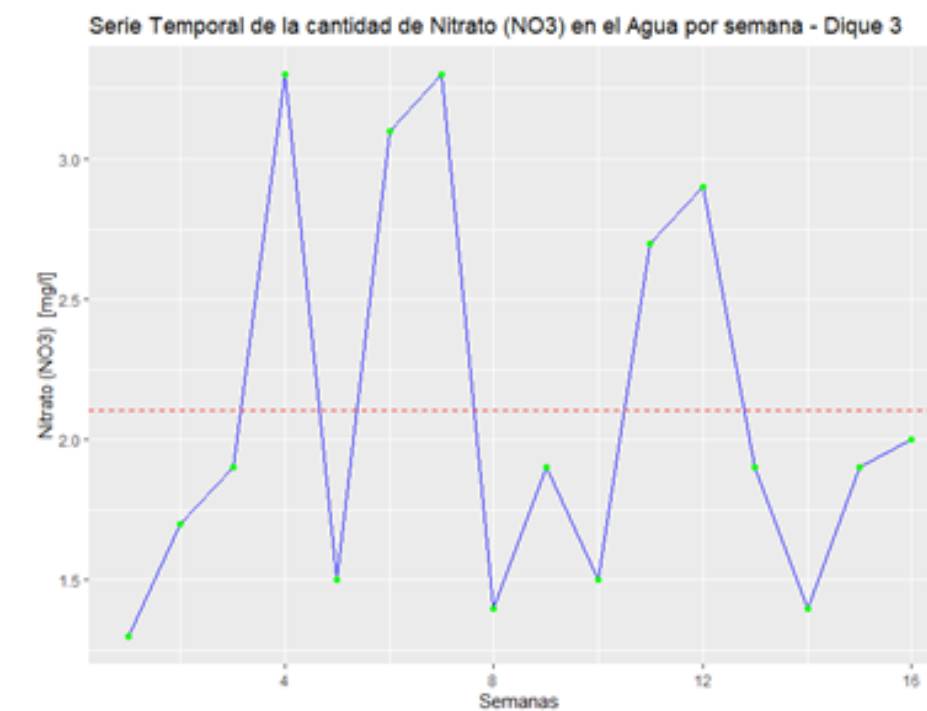
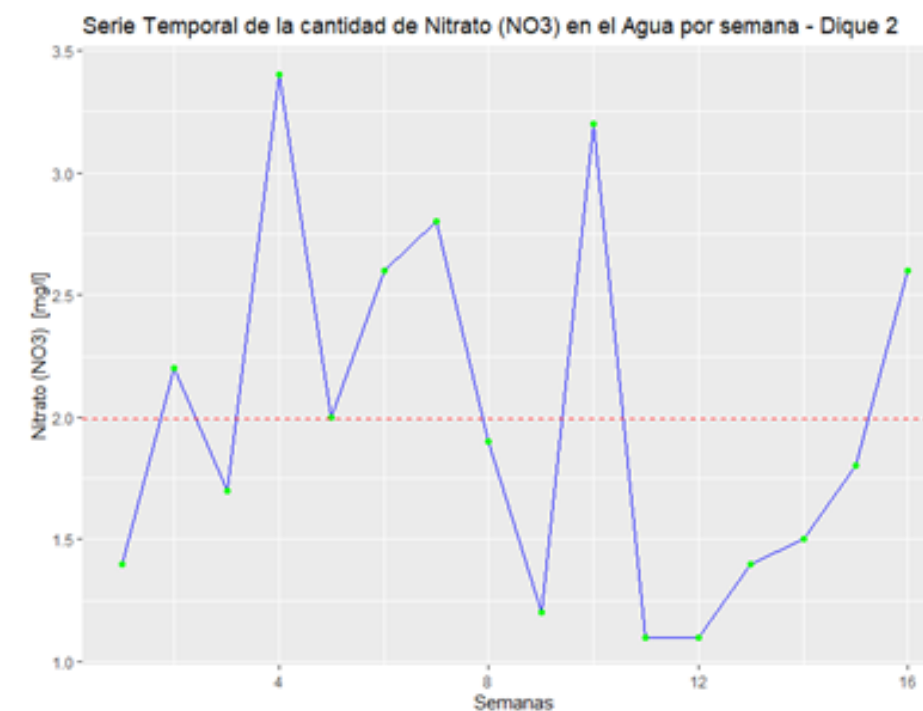
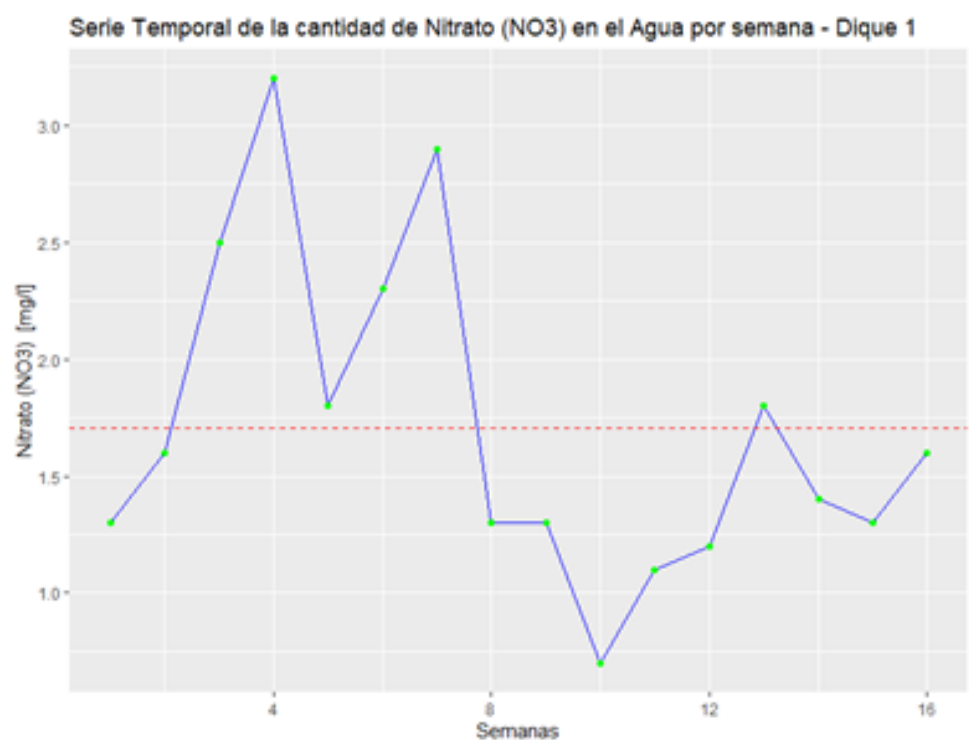
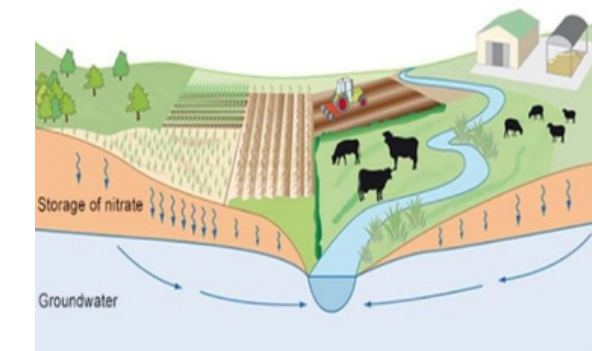
CANTIDAD  
AGUA

CALIDAD  
AGUA

Nitrato ( $\text{NO}_3$ )					
Dique 1		Dique 2		Dique 3	
1,4	mg/l	1,3	mg/l	1,3	mg/l
2,2	mg/l	1,6	mg/l	1,7	mg/l
1,7	mg/l	2,5	mg/l	1,9	mg/l
3,4	mg/l	3,2	mg/l	3,3	mg/l
2,0	mg/l	1,8	mg/l	1,5	mg/l
2,6	mg/l	2,3	mg/l	3,1	mg/l
2,8	mg/l	2,9	mg/l	3,3	mg/l
1,9	mg/l	1,3	mg/l	1,4	mg/l
1,2	mg/l	1,3	mg/l	1,9	mg/l
3,2	mg/l	0,7	mg/l	1,5	mg/l
1,1	mg/l	1,1	mg/l	2,7	mg/l
1,1	mg/l	1,2	mg/l	2,9	mg/l
1,4	mg/l	1,8	mg/l	1,9	mg/l
1,5	mg/l	1,4	mg/l	1,4	mg/l
1,8	mg/l	1,3	mg/l	1,9	mg/l
2,6	mg/l	1,6	mg/l	2,0	mg/l

La OMS establece un límite máximo admisible de nitratos en el agua natural de 10 mg/L.

2023:  
Promedio 2,5 mg/L  
Máximo 3,5 mg/L



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

## Nutrientes: Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ )

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

CALIDAD  
AGUA

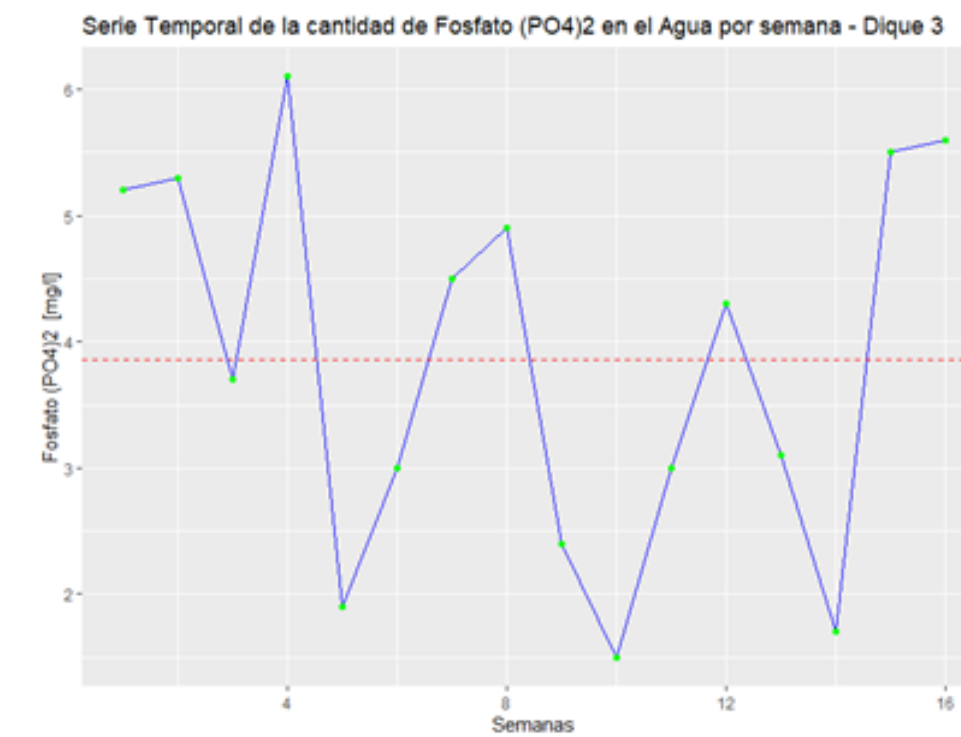
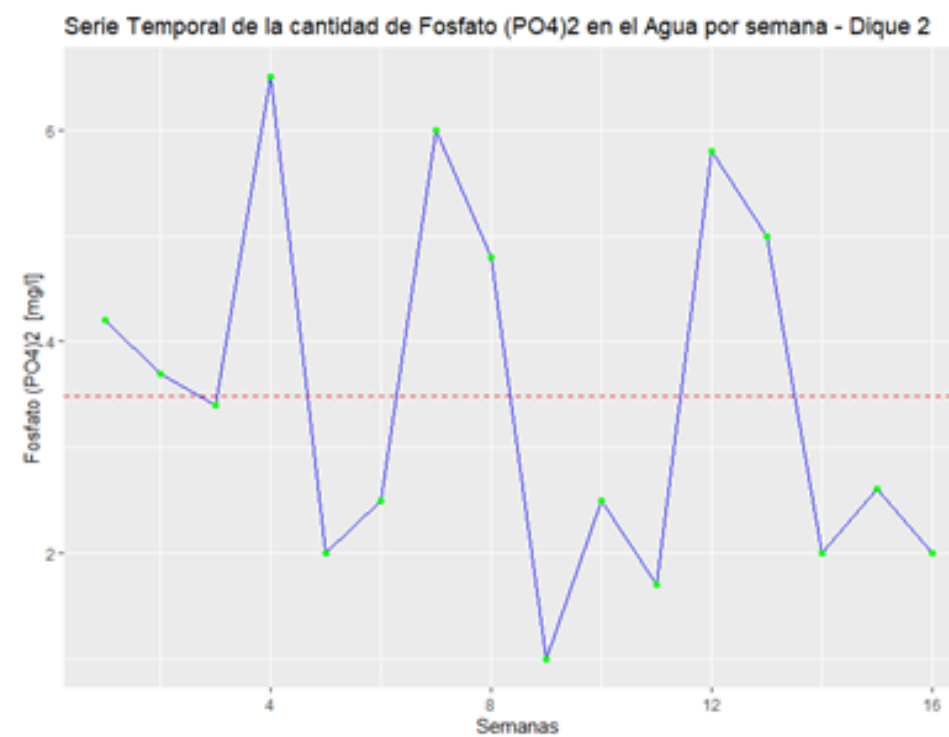
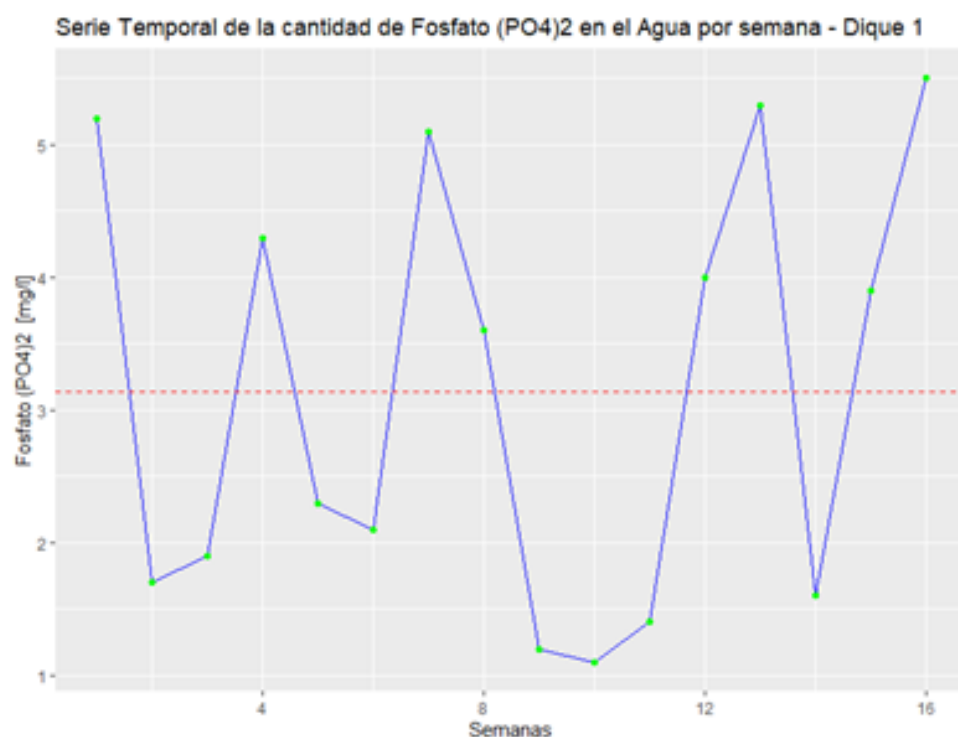
Fosfato (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>					
Dique 1		Dique 2		Dique 3	
5,2	mg/l	4,2	mg/l	5,2	mg/l
1,7	mg/l	3,7	mg/l	5,3	mg/l
1,9	mg/l	3,4	mg/l	3,7	mg/l
4,3	mg/l	6,5	mg/l	6,1	mg/l
2,3	mg/l	2,0	mg/l	1,9	mg/l
2,1	mg/l	2,5	mg/l	3,0	mg/l
5,1	mg/l	6,0	mg/l	4,5	mg/l
3,6	mg/l	4,8	mg/l	4,9	mg/l
1,2	mg/l	1,0	mg/l	2,4	mg/l
1,1	mg/l	2,5	mg/l	1,5	mg/l
1,4	mg/l	1,7	mg/l	3,0	mg/l
4,0	mg/l	5,8	mg/l	4,3	mg/l
5,3	mg/l	5,0	mg/l	3,1	mg/l
1,6	mg/l	2,0	mg/l	1,7	mg/l
3,9	mg/l	2,6	mg/l	5,5	mg/l
5,5	mg/l	2,0	mg/l	5,6	mg/l

Norma CE-CCA-  
001/89:  
*Menor a*  
*0,05 mg/L.*

2023: 3,5 mg/L



Eutrofización



# RESULTADOS

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

CALIDAD  
AGUA

## Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

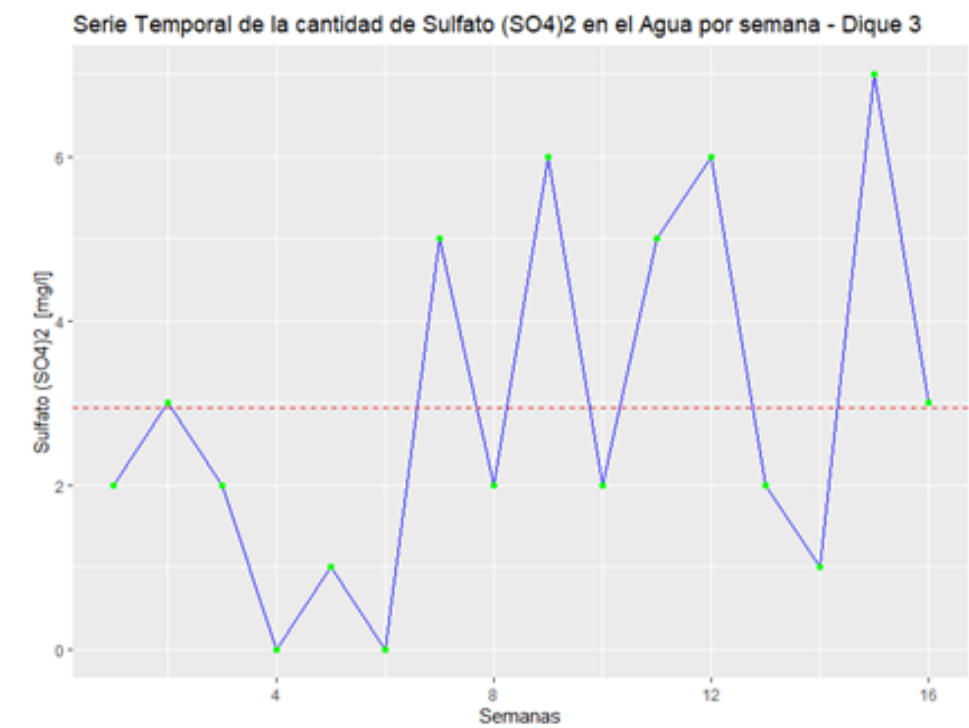
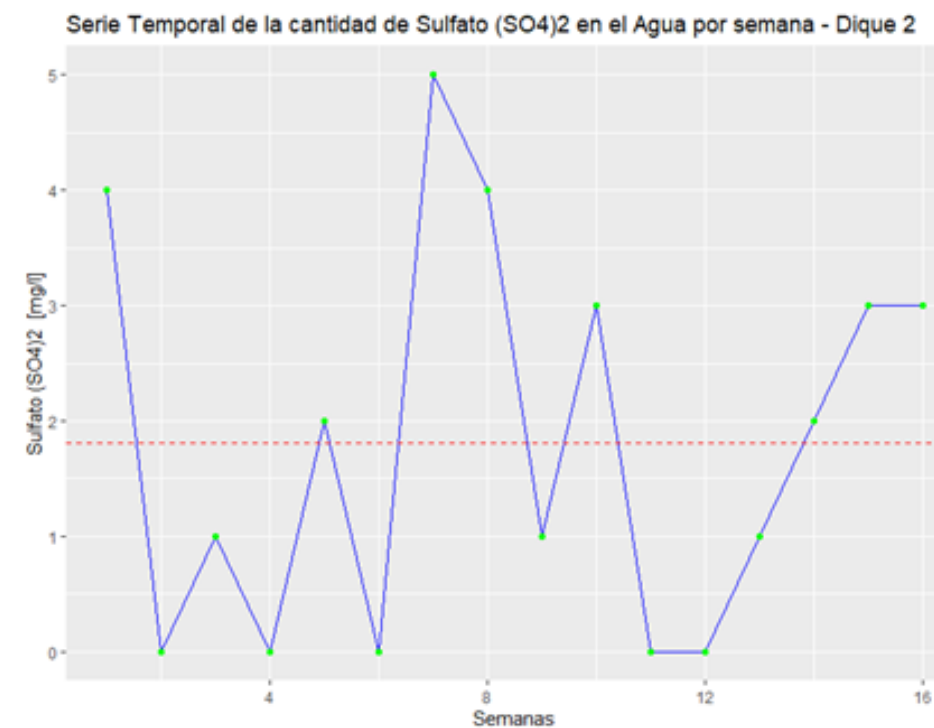
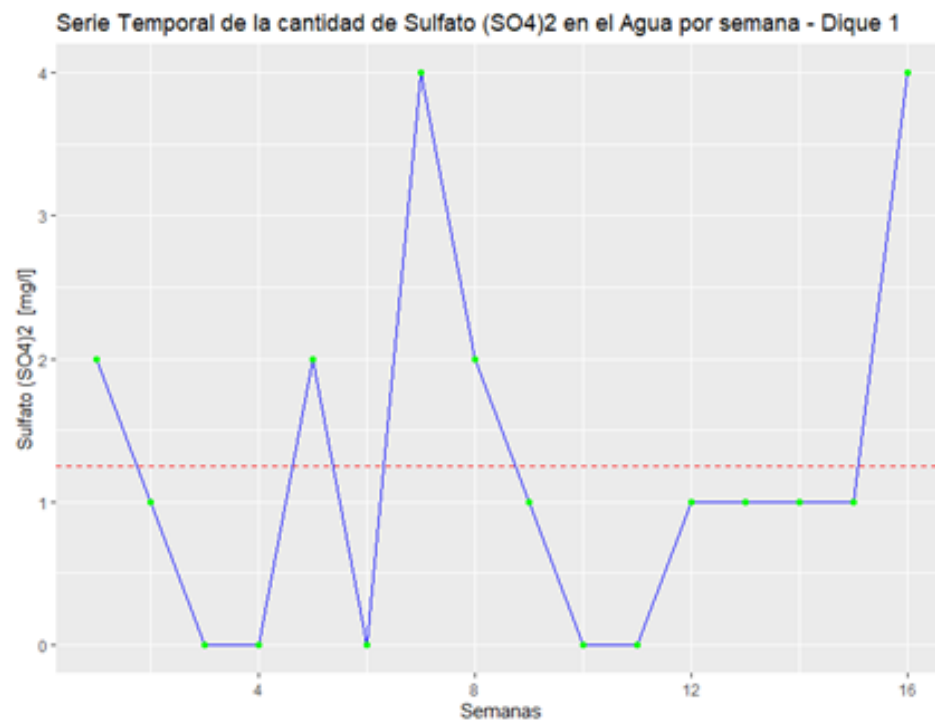
Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) <sub>2</sub>					
Dique 1		Dique 2		Dique 3	
2	mg/l	4	mg/l	2	mg/l
1	mg/l	0	mg/l	3	mg/l
0	mg/l	1	mg/l	2	mg/l
0	mg/l	0	mg/l	0	mg/l
2	mg/l	2	mg/l	1	mg/l
0	mg/l	0	mg/l	0	mg/l
4	mg/l	5	mg/l	5	mg/l
2	mg/l	4	mg/l	2	mg/l
1	mg/l	1	mg/l	6	mg/l
0	mg/l	3	mg/l	2	mg/l
0	mg/l	0	mg/l	5	mg/l
1	mg/l	0	mg/l	6	mg/l
1	mg/l	1	mg/l	2	mg/l
1	mg/l	2	mg/l	1	mg/l
1	mg/l	3	mg/l	7	mg/l
4	mg/l	3	mg/l	3	mg/l

Acuerdo  
Ministerial 97a:  
límite máximo  
permisible es de  
1000 mg/L.

2023: 3 mg/L



Sulfato de hierro



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

## Sólidos Suspendedos Totales (SST)

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

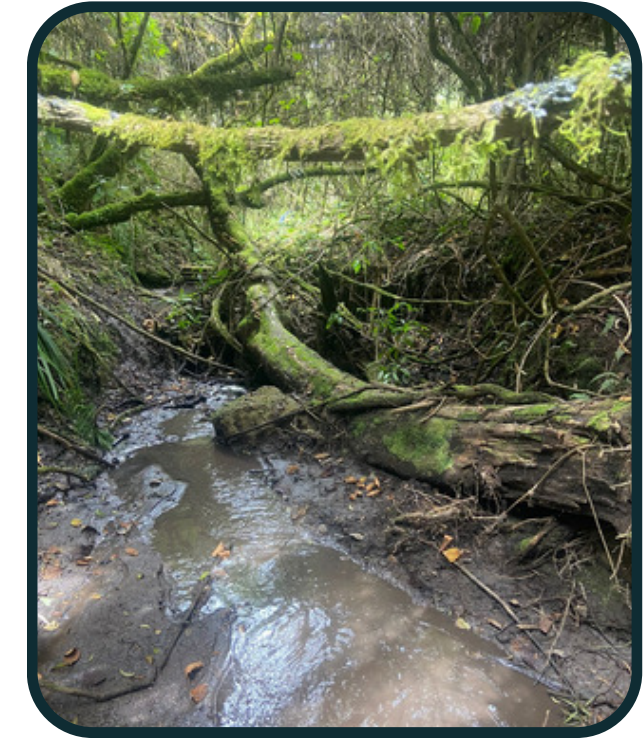
CALIDAD  
AGUA

Sólidos Suspendedos Totales (SST)

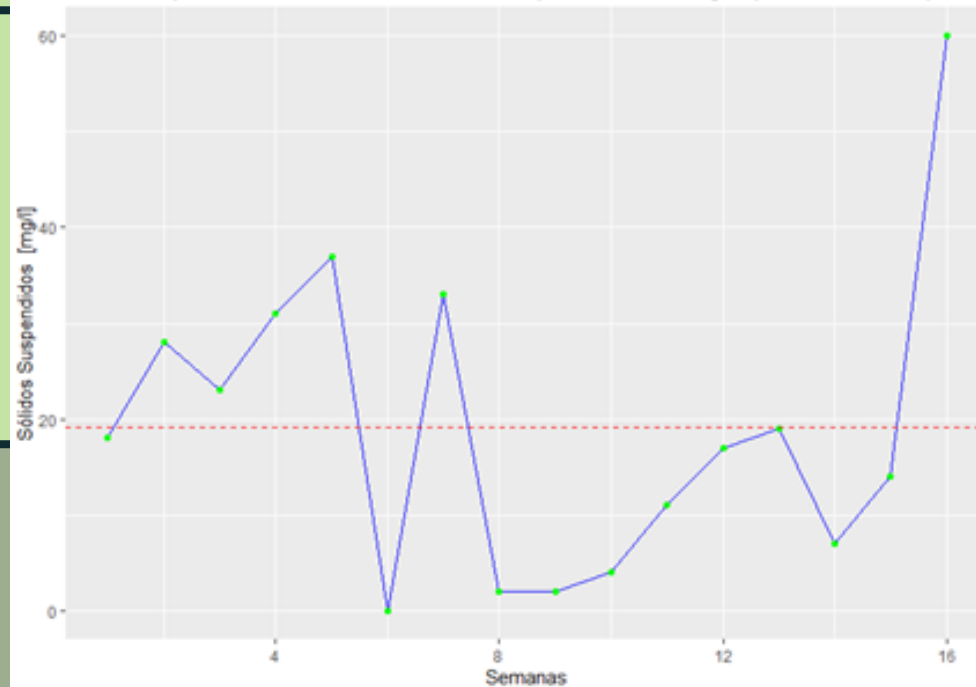
Dique 1		Dique 2		Dique 3	
18	mg/l	54	mg/l	103	mg/l
28	mg/l	15	mg/l	54	mg/l
23	mg/l	27	mg/l	33	mg/l
31	mg/l	123	mg/l	44	mg/l
37	mg/l	37	mg/l	26	mg/l
0	mg/l	20	mg/l	120	mg/l
33	mg/l	27	mg/l	35	mg/l
2	mg/l	0	mg/l	22	mg/l
2	mg/l	2	mg/l	175	mg/l
4	mg/l	127	mg/l	64	mg/l
11	mg/l	4	mg/l	199	mg/l
17	mg/l	6	mg/l	166	mg/l
19	mg/l	19	mg/l	130	mg/l
7	mg/l	13	mg/l	11	mg/l
14	mg/l	73	mg/l	178	mg/l
60	mg/l	25	mg/l	16	mg/l

Acuerdo Ministerial  
97a: límite de 130  
mg/L.

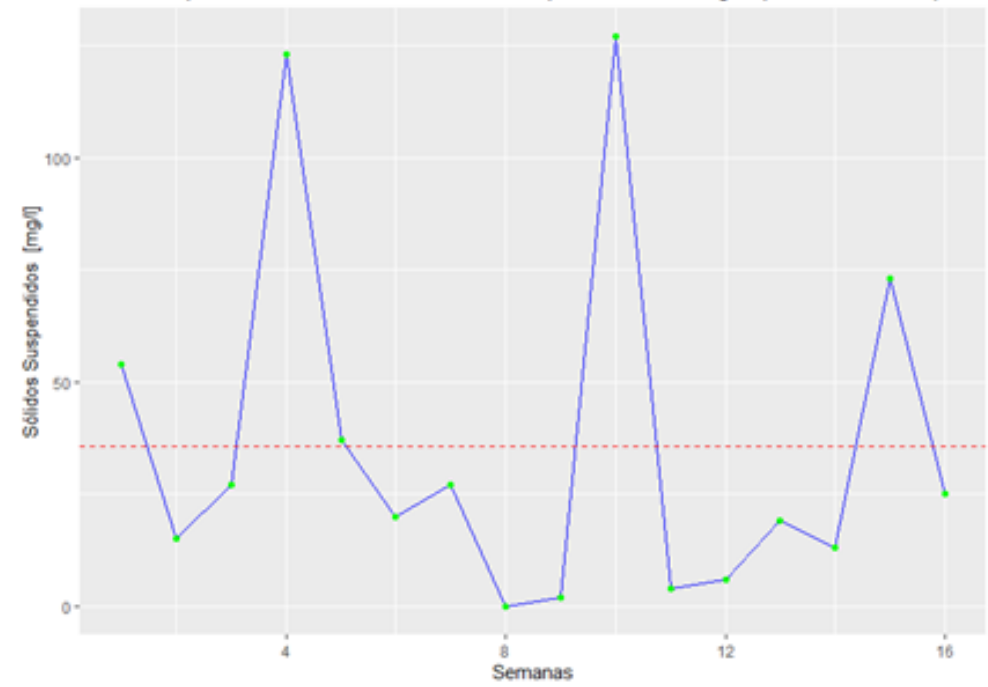
2023: mayores en  
dique 3



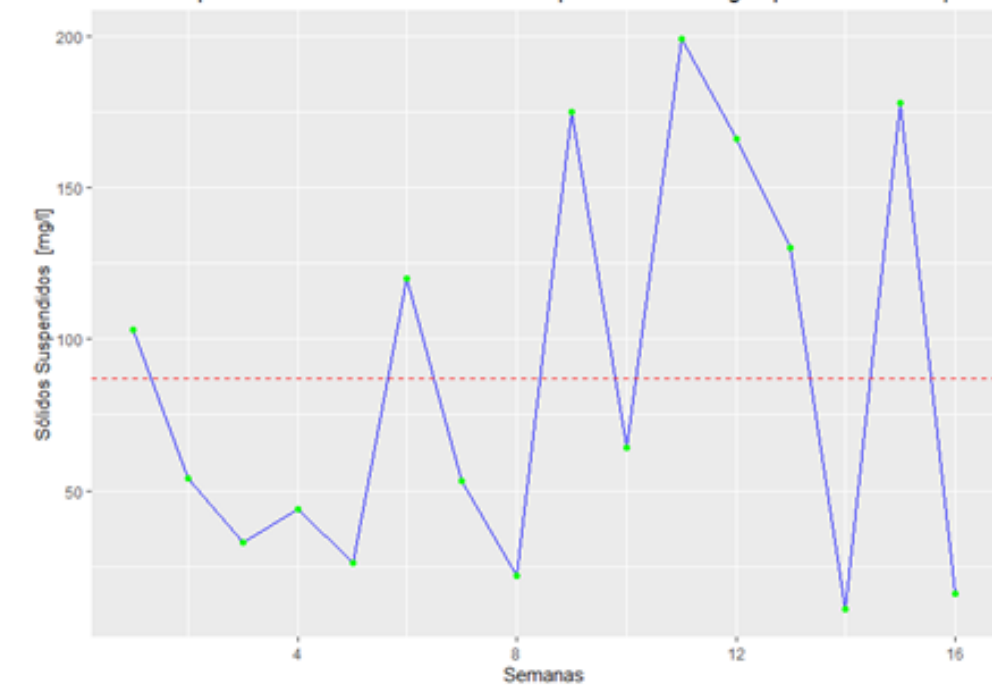
Serie Temporal de la cantidad de Sólidos Suspendedos en el Agua por semana - Dique 1



Serie Temporal de la cantidad de Sólidos Suspendedos en el Agua por semana - Dique 2



Serie Temporal de la cantidad de Sólidos Suspendedos en el Agua por semana - Dique 3



# RESULTADOS

## Sólidos totales disueltos (SDT)

TIPO DE  
SUELO Y  
VOLUMEN

PRECIPITACIÓN

CANTIDAD  
AGUA

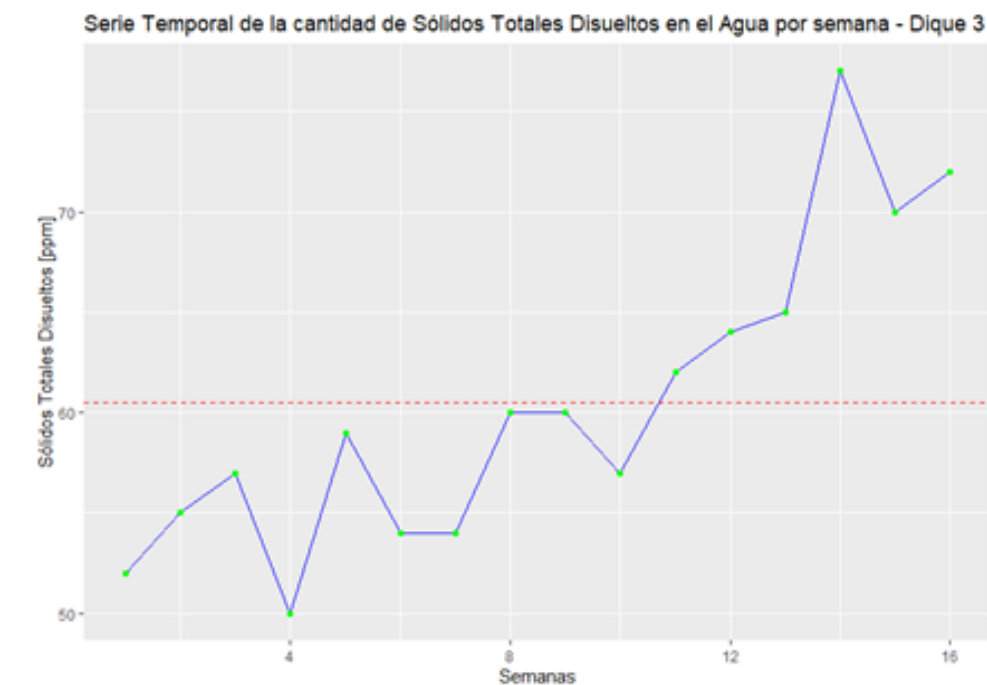
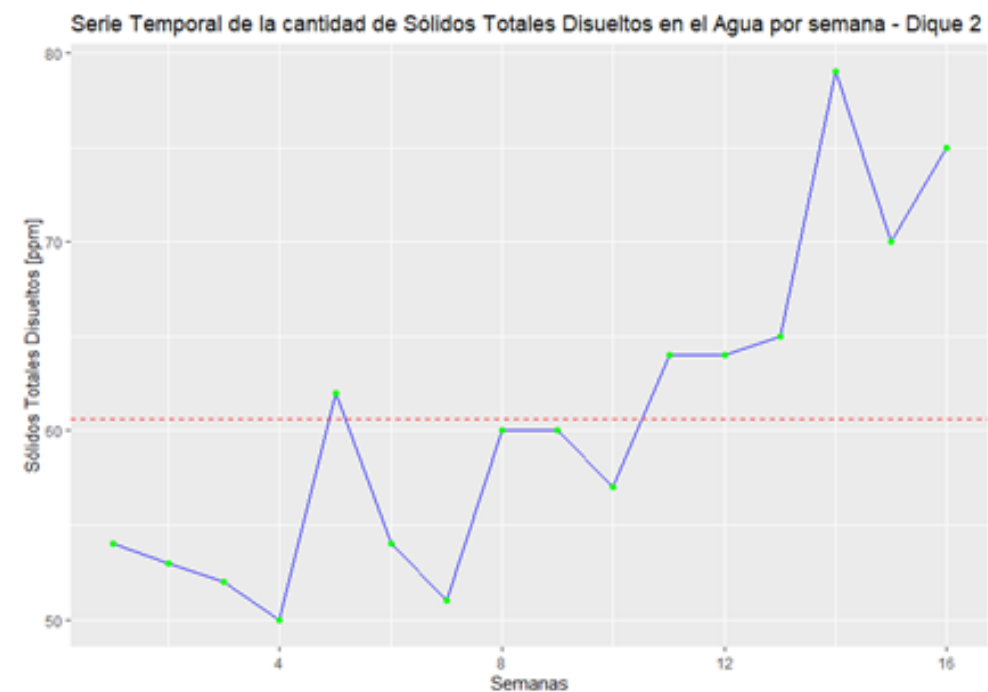
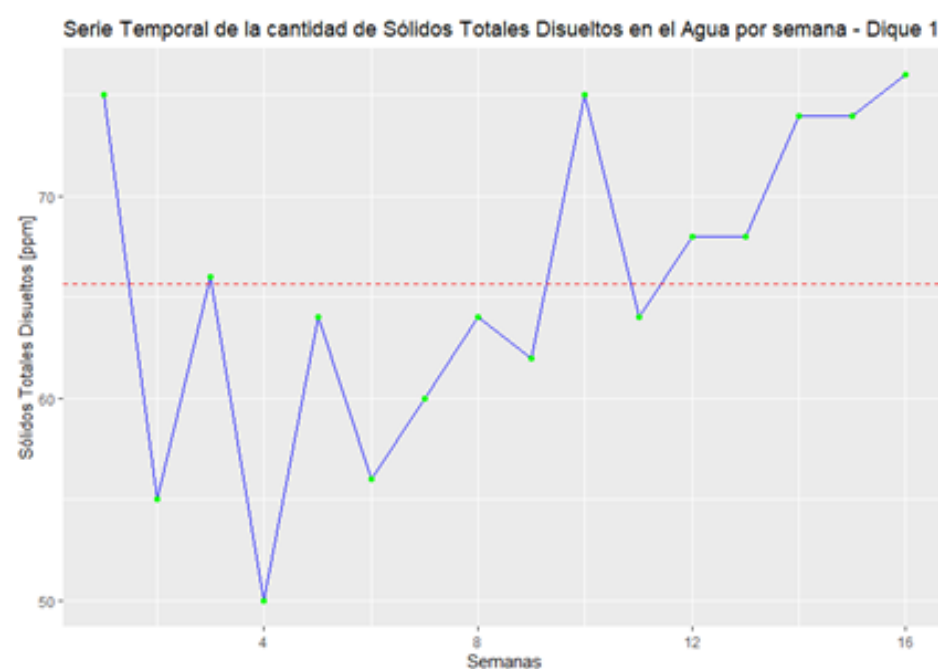
CALIDAD  
AGUA

Sólidos totales disueltos (SDT)

Dique 1		Dique 2		Dique 3	
75	ppm	54	ppm	52	ppm
55	ppm	53	ppm	55	ppm
66	ppm	52	ppm	57	ppm
50	ppm	50	ppm	50	ppm
64	ppm	62	ppm	59	ppm
56	ppm	54	ppm	54	ppm
60	ppm	51	ppm	54	ppm
64	ppm	60	ppm	60	ppm
62	ppm	60	ppm	60	ppm
57	ppm	57	ppm	57	ppm
64	ppm	64	ppm	62	ppm
68	ppm	64	ppm	64	ppm
68	ppm	65	ppm	65	ppm
74	ppm	79	ppm	77	ppm
74	ppm	70	ppm	70	ppm
76	ppm	75	ppm	72	ppm

Acuerdo Ministerial 97a: rango aceptable de 450 a 1000 ppm.  
OMS: 0 a 300 ppm para agua potable.

2021: 96 ppm



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

## Potencial hidrógeno (pH)

Periodo de muestreo	pH								
	Dique 1			Dique 2			Dique 3		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Inicio (Abril)	6.3	5.8	5.8	5.9	5.9	5.6	6.1	5.9	5.7
Medio (Junio)	6.6	6.0	5.9	5.8	5.2	5.1	6.3	6.1	6.1
Final (Julio)	6.0	5.7	5.5	6.0	5.7	5.4	6.6	6.4	6.0

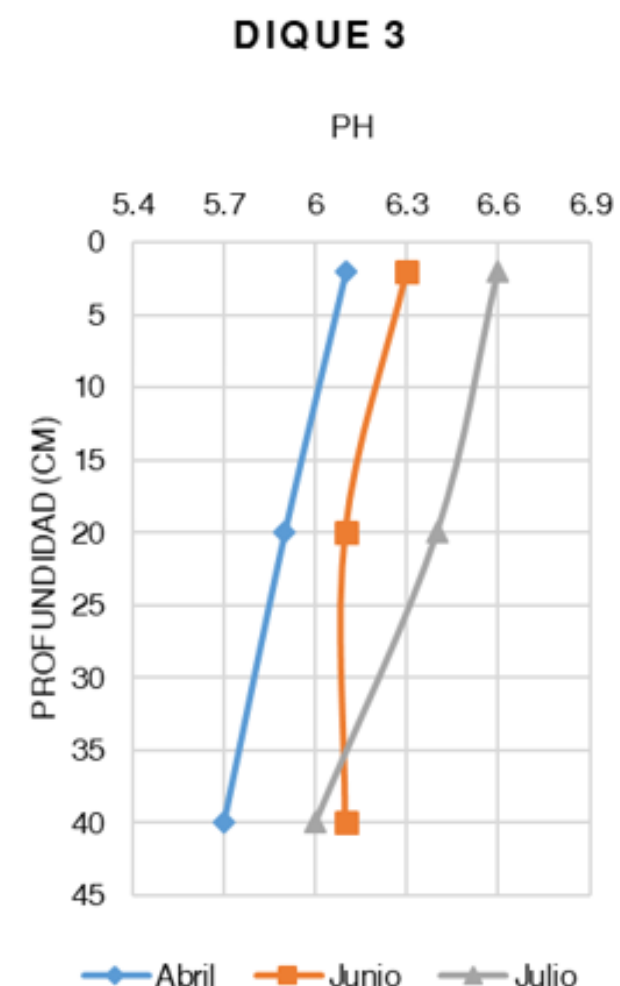
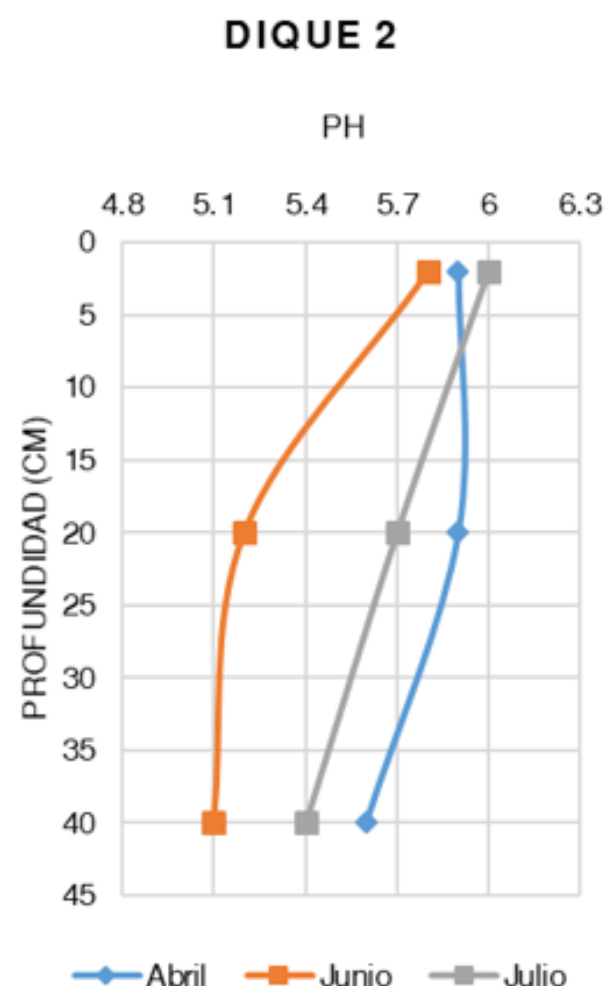
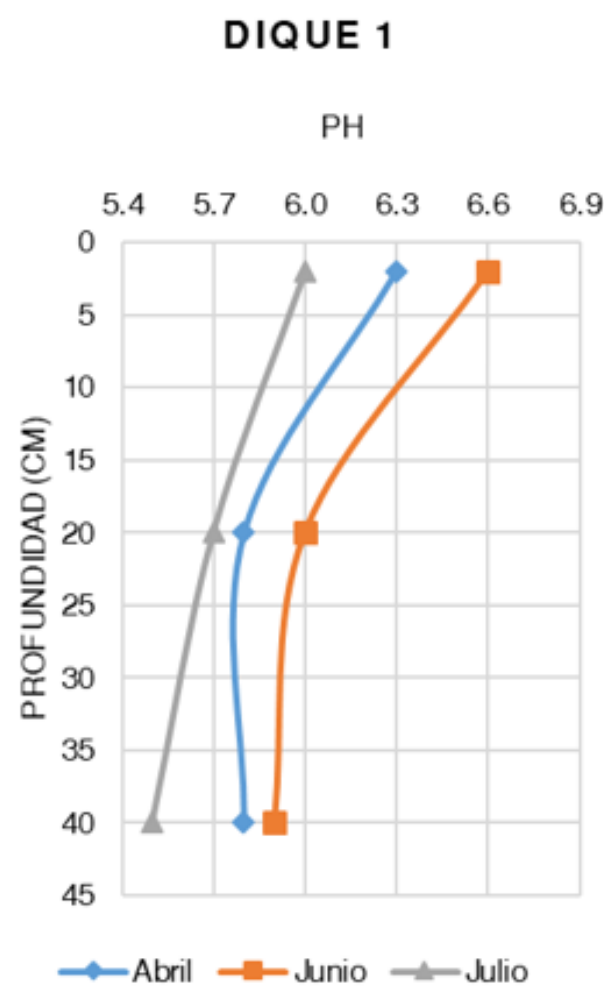
Según:  
NOM-021-  
RECNAT-2000  
*Moderadamente ácido (5.1-6.5)*

CALIDAD  
SEDIMENTOS

CALIDAD  
BIOLÓGICA

ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD



Sulfato de hierro



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS

## Conductividad eléctrica (CE)

Periodo de muestreo	CE ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ )								
	Dique 1			Dique 2			Dique 3		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
<b>Inicio (Abril)</b>	100	80	80	130	90	80	170	140	100
<b>Medio (Junio)</b>	60	110	110	110	100	70	70	80	40
<b>Final (Julio)</b>	150	100	70	100	70	50	60	80	60

Según:  
NOM-021-  
RECNAT-2000

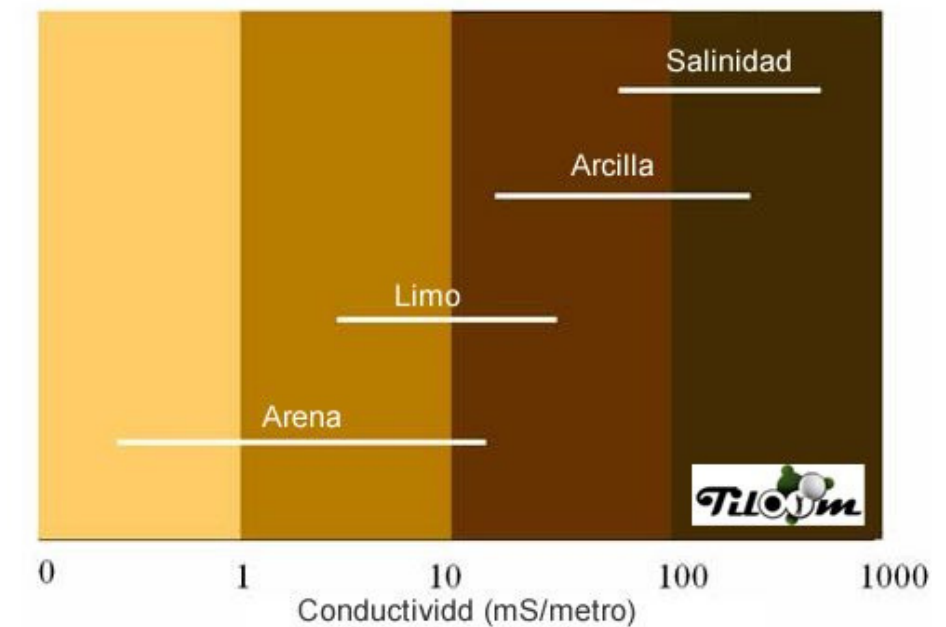
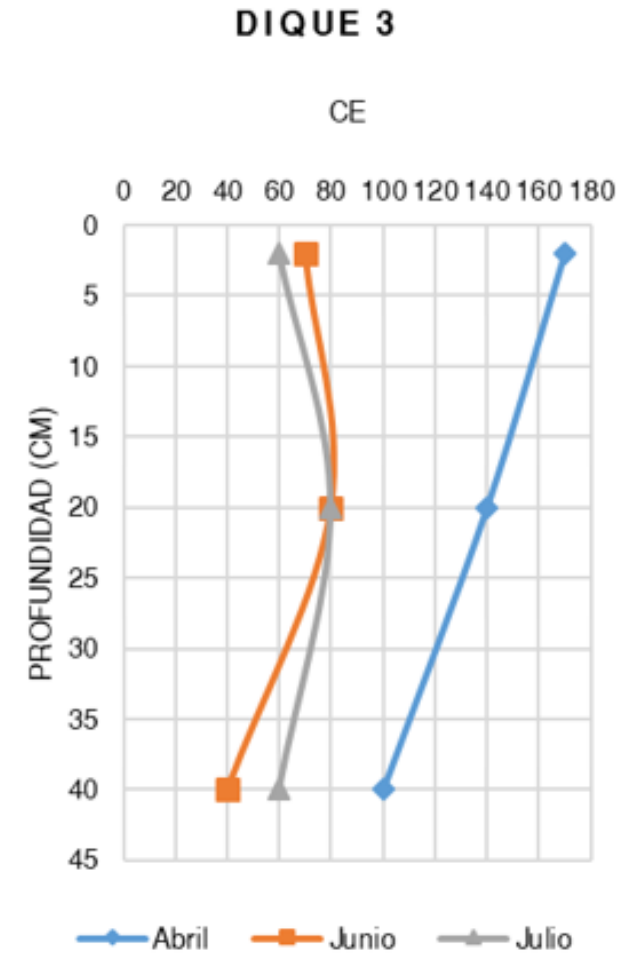
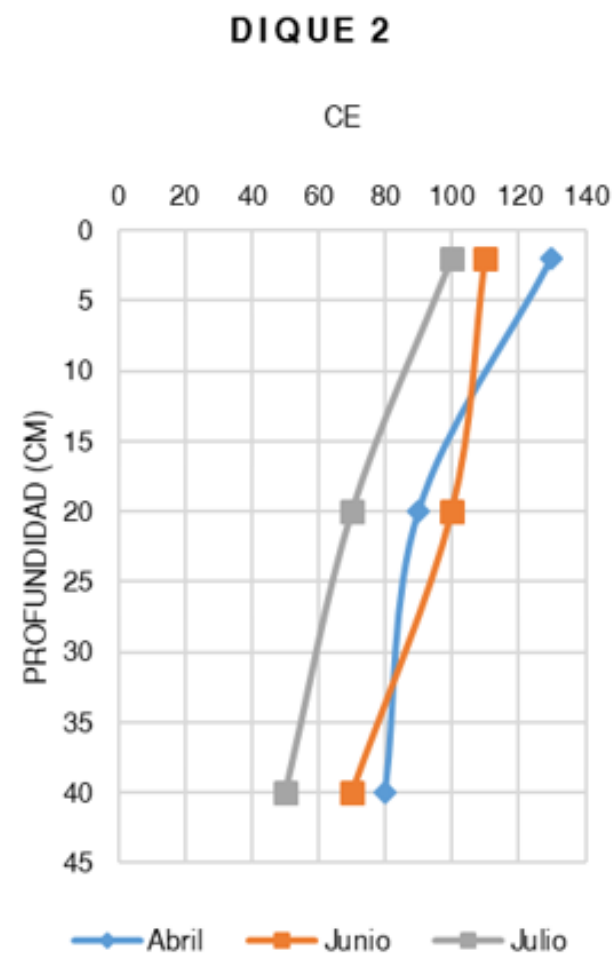
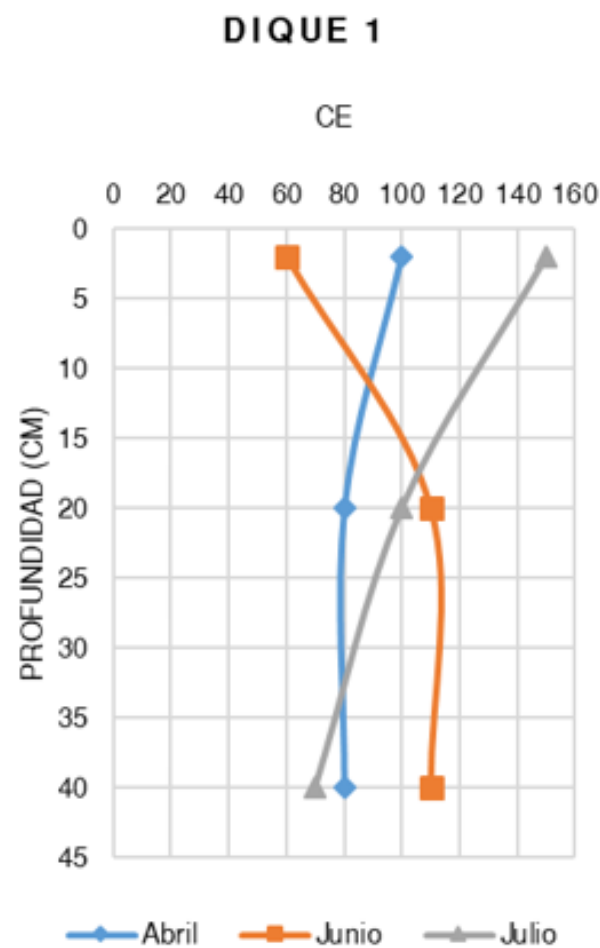
*Efectos despreciables de salinidad <math><1000 \mu\text{S cm}^{-1}</math>*

CALIDAD  
SEDIMENTOS

CALIDAD  
BIOLÓGICA

ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

CALIDAD  
SEDIMENTOS

CALIDAD  
BIOLÓGICA

ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

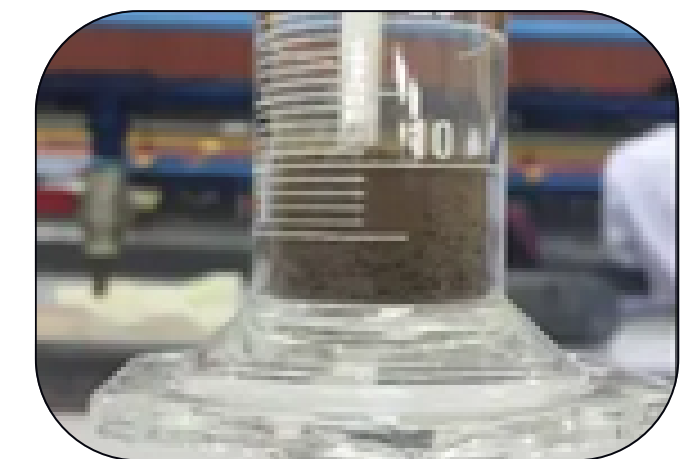
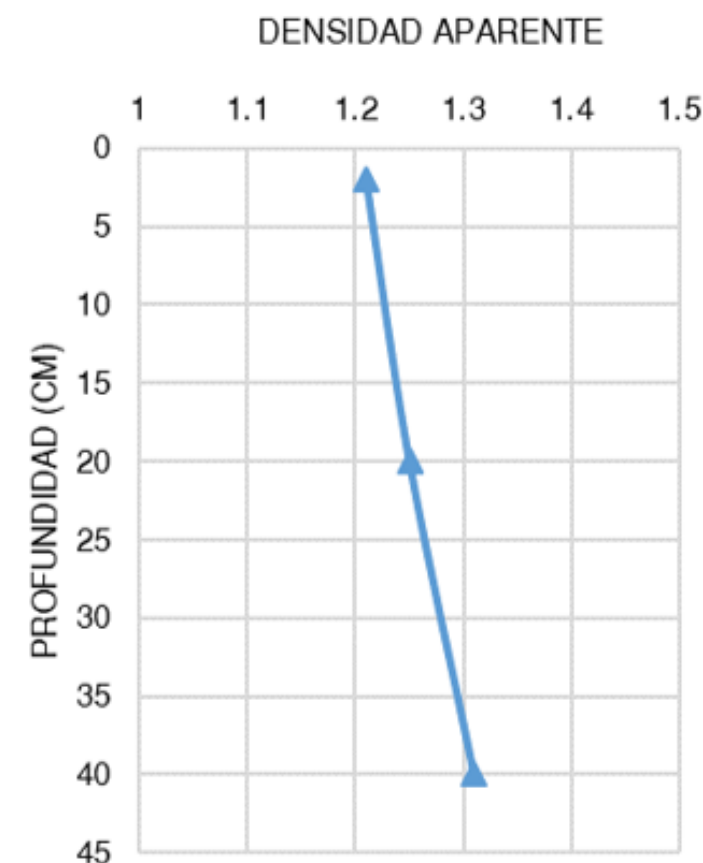
SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD

## Densidad aparente

Profundidad de muestra	Densidad aparente ( $g\ cm^{-3}$ )
Alta	1.21
Media	1.25
Baja	1.31

Según:  
NOM-021-RECNAT-2000  
*Tipo sedimento: Francoso*

+ Arena  
+ Limo  
- Arcilla  
 $DA \approx 1.20 - 1.32$



Probeta con muestra

# RESULTADOS

CALIDAD  
SEDIMENTOS

CALIDAD  
BIOLÓGICA

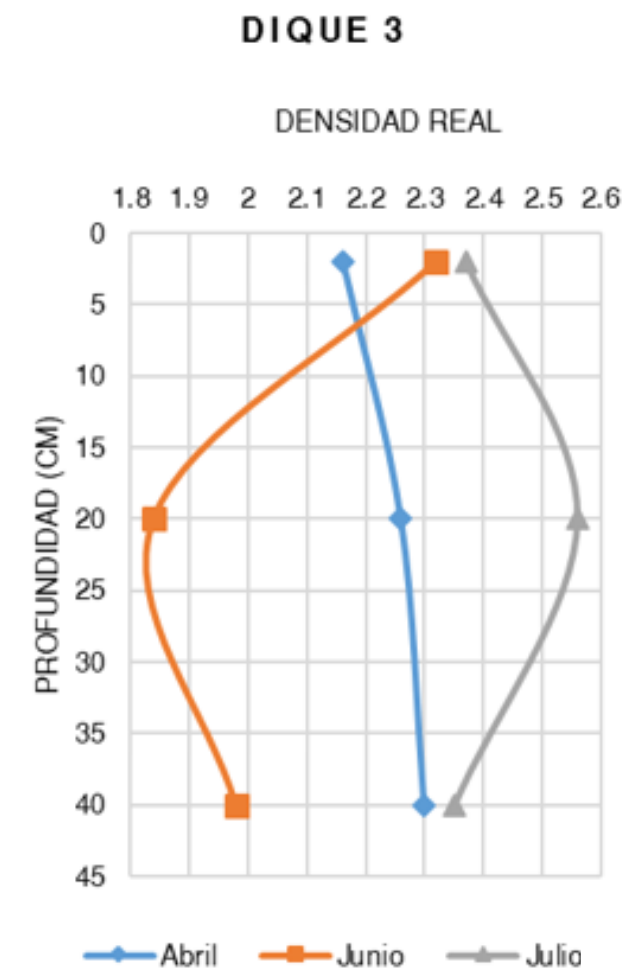
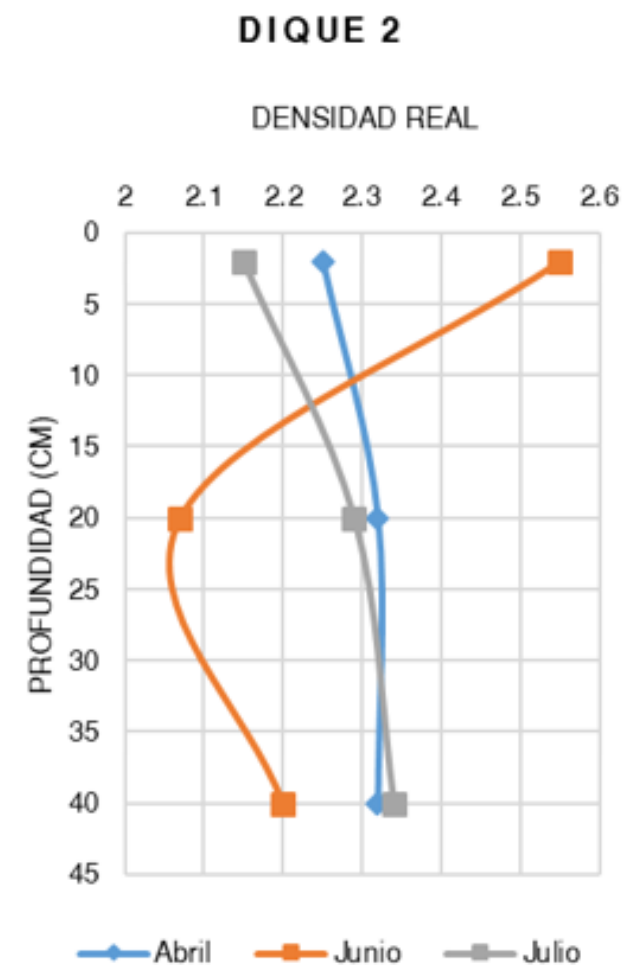
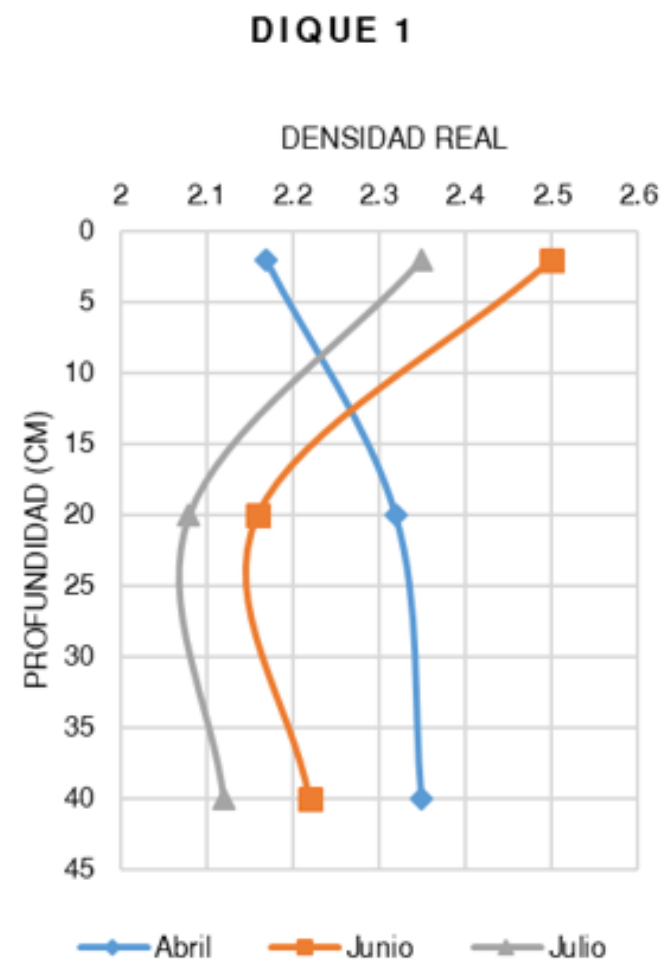
ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD

## Densidad real

Densidad real ( $g\ cm^{-3}$ )

Periodo de muestreo	Dique 1			Dique 2			Dique 3		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Inicio (Abril)	2.17	2.32	2.35	2.25	2.32	2.32	2.16	2.26	2.30
Medio (Junio)	2.50	2.16	2.22	2.55	2.07	2.20	2.32	1.84	1.98
Final (Julio)	2.35	2.08	2.12	2.15	2.29	2.34	2.37	2.56	2.35

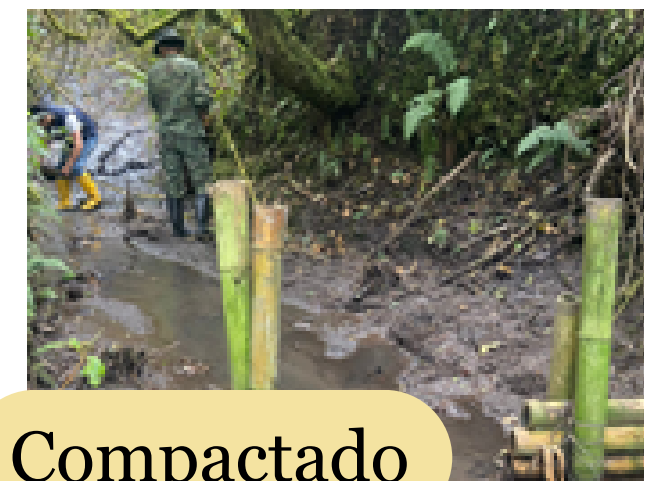


Mayoría de  
los suelos  $\approx$   
 $2,65\ g\ cm^{-3}$

Compactación



No compactado



Compactado



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# RESULTADOS

## Materia orgánica

Método cualitativo: cromatografía

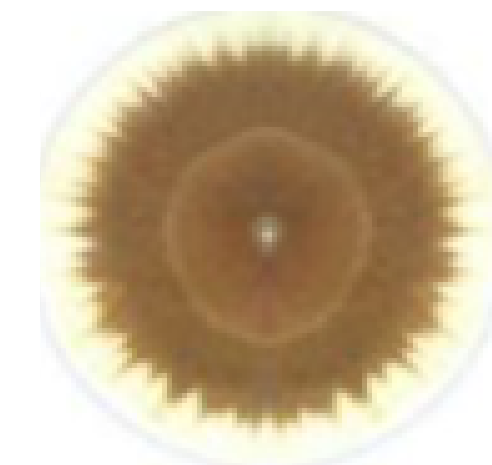
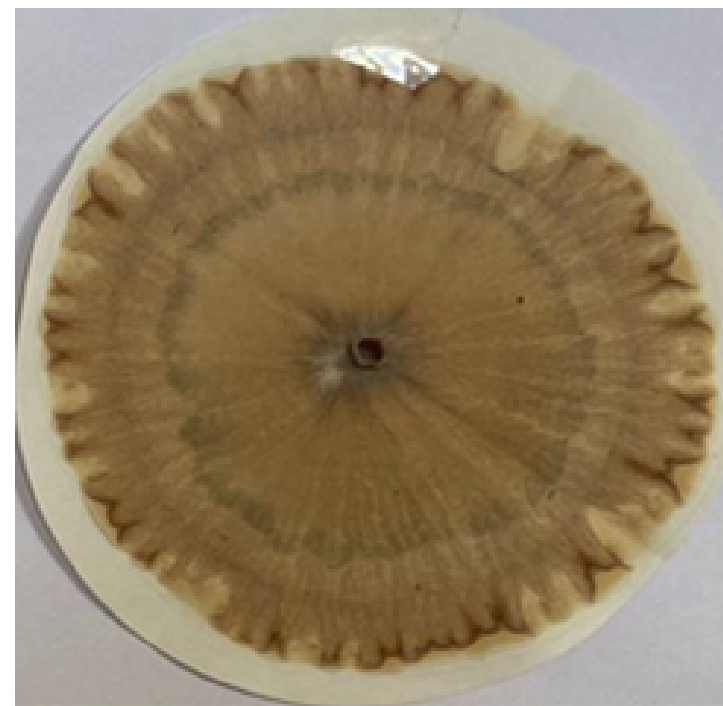
CALIDAD  
SEDIMENTOS

Abril

Junio

Julio

CALIDAD  
BIOLÓGICA



ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

1. Zona central o de oxigenación
2. Zona interna o mineral

3. Zona de materia orgánica
4. Zona enzimática o nutricional

Suelos con  
aplicación  
de  
químicos.

SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS

## Materia orgánica

### Método cuantitativo: calcinación

CALIDAD  
SEDIMENTOS

CALIDAD  
BIOLÓGICA

ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

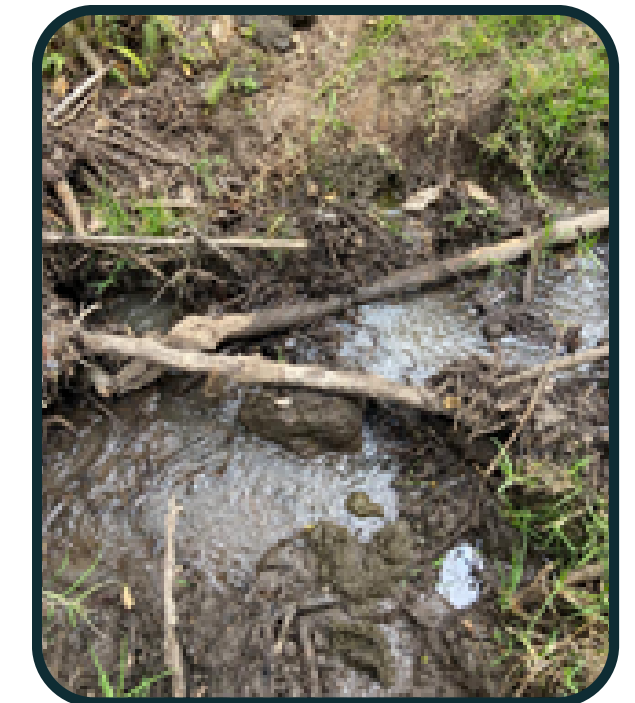
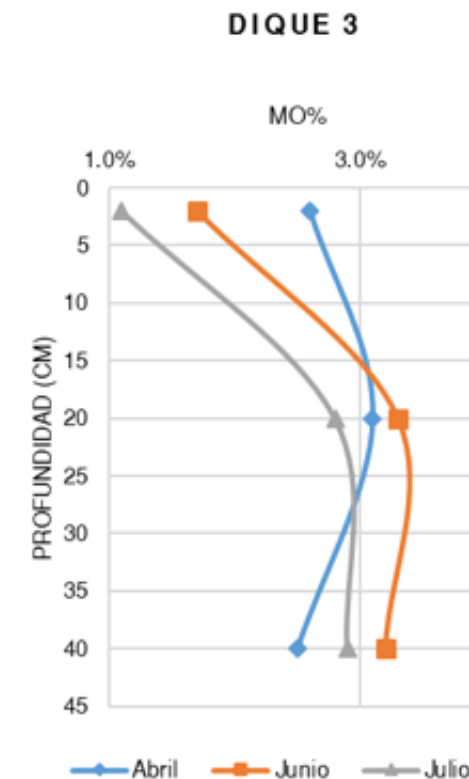
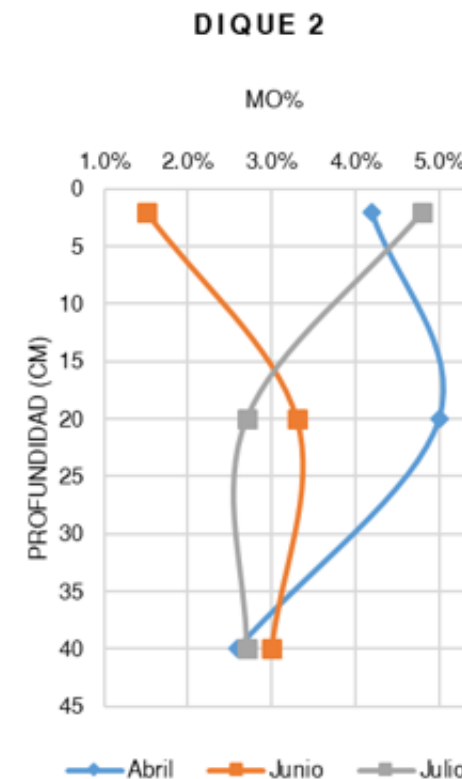
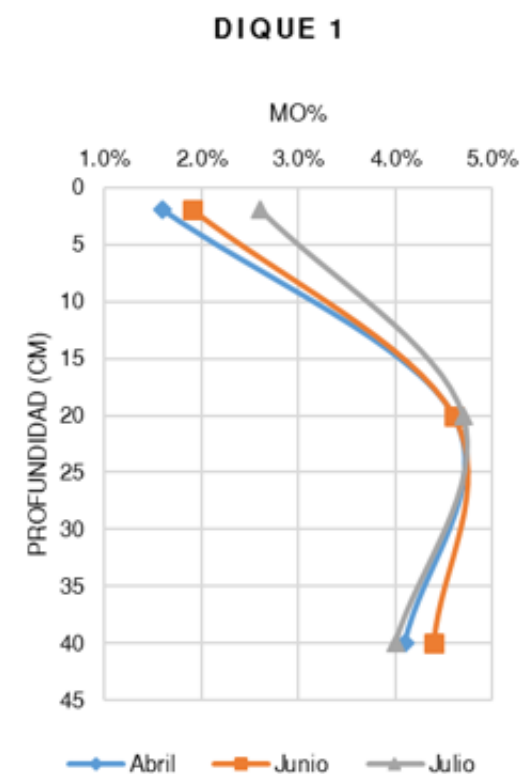
SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD

#### Calcinación (MO%)

Periodo de muestreo	Dique 1			Dique 2			Dique 3		
	M. ALTA	M. MEDIA	M. BAJA	M. ALTA	M. MEDIA	M. BAJA	M. ALTA	M. MEDIA	M. BAJA
Inicio (Abril)	1.6 %	4.6%	4.1%	4.2%	5.0%	2.6%	2.6%	3.1%	2.5%
Medio (Junio)	1.9%	4.6%	4.4%	1.5%	3.3%	3.0%	1.7%	3.3%	3.2%
Final (Julio)	2.6%	4.7%	4.0%	4.8%	2.7%	2.7%	1.1%	2.8%	2.9%

%Óptimo  
1-5 %

2021: 0.2%  
2023: 3.2%



Excremento animal



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





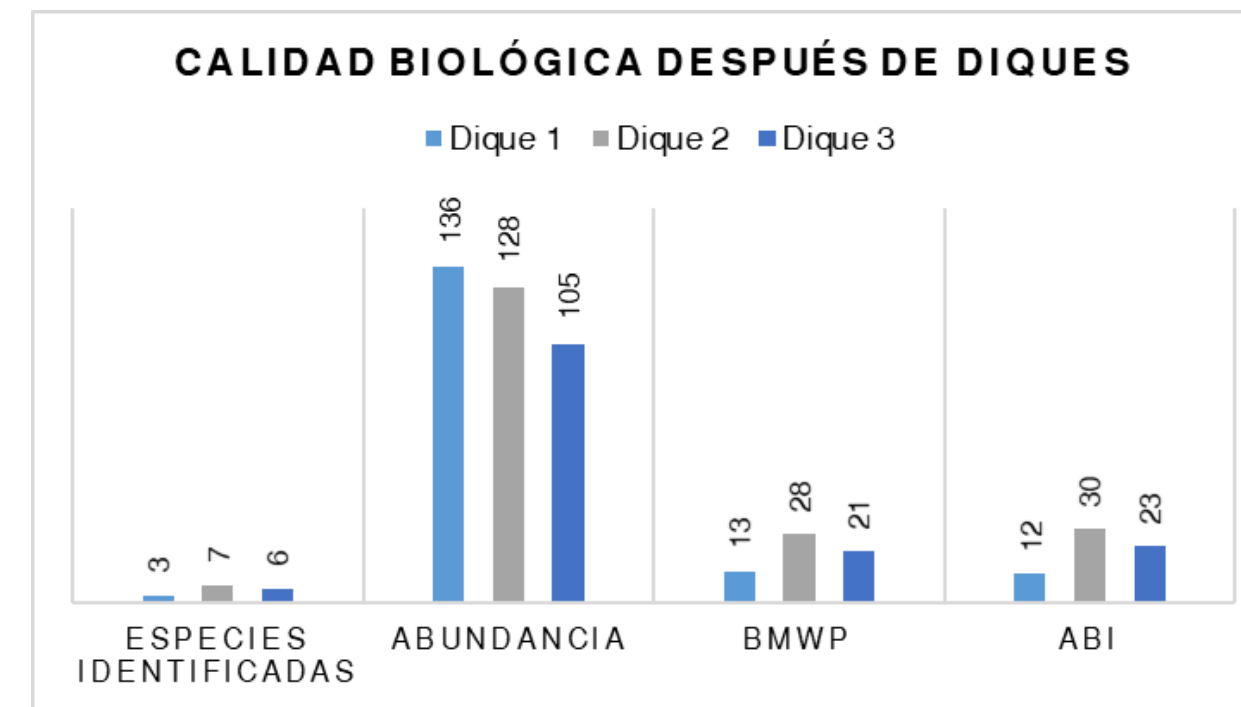
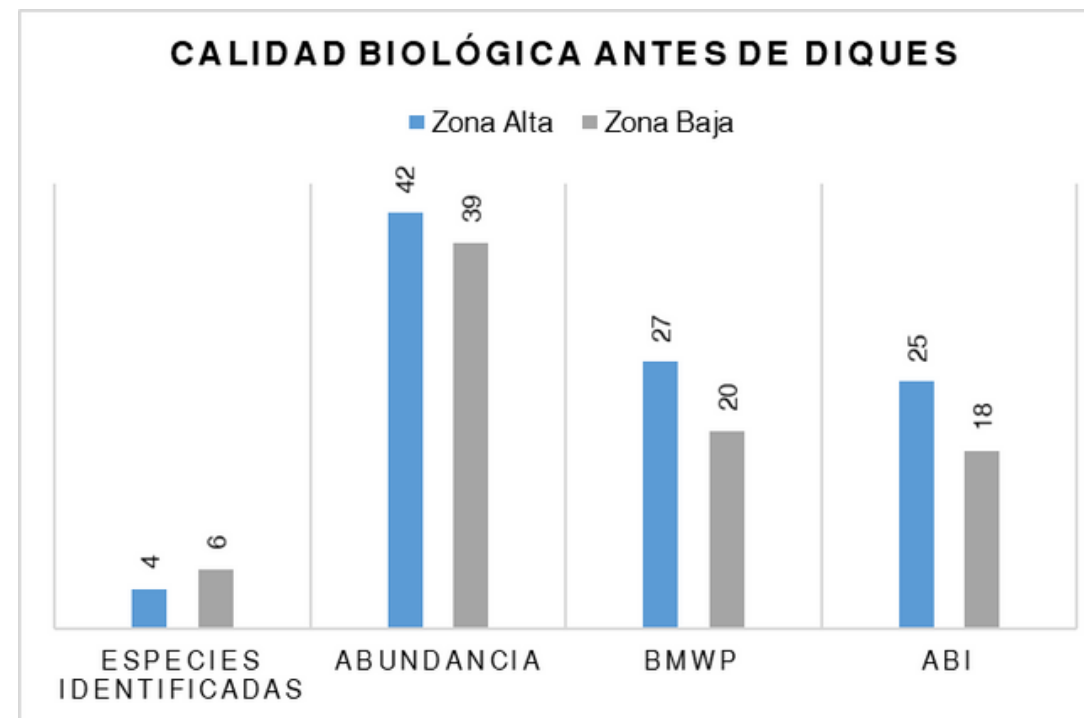
# RESULTADOS

## CALIDAD SEDIMENTOS

## CALIDAD BIOLÓGICA

## ZONAS DE INSTALACIÓN DE NUEVOS DIQUES

## SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD



Muestreo	ANTES DIQUE		DESPUÉS DIQUE		
	Zona Alta	Zona Baja	Dique 1	Dique 2	Dique 3
Especies identificadas	4	6	3	7	6
Abundancia	42	39	136	128	105
Abundancia total	81		369		
BMWP	27	20	13	28	21
ABI	25	18	12	30	23

Las familias con mayor abundancia fueron Hyallellidae y Chironomidae



Aumento porcentual de 355.6%

Niveles de tolerancia  
BMWP y ABI

Calidad	BMWP/Col	ABI	Significado	Color
<b>Crítica</b>	16-35	14-34	Aguas muy contaminadas	Naranja



# RESULTADOS

## ESTUDIO - QGIS



CALIDAD  
SEDIMENTOS

CALIDAD  
BIOLÓGICA

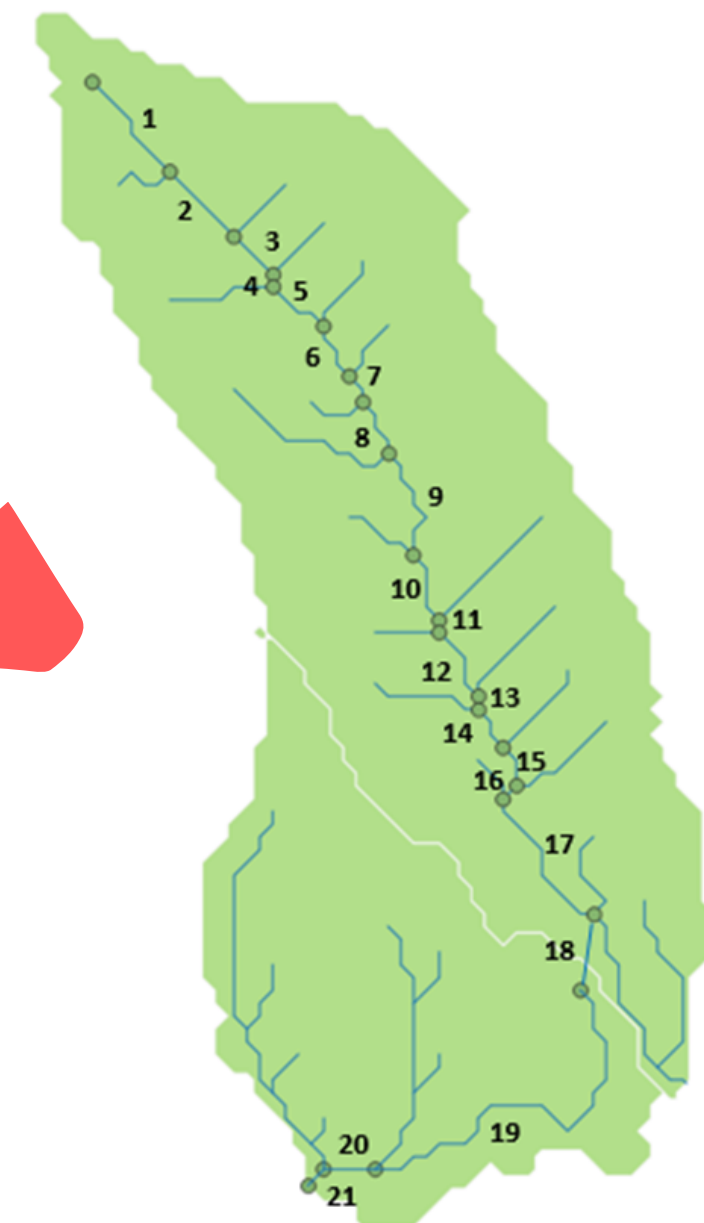
ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES



SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD



RASTER



Microcuenca  
Hurku Wayku





# RESULTADOS

## ZONAS DE INSTALACIÓN DE NUEVOS DIQUES:

CALIDAD  
SEDIMENTOS

CALIDAD  
BIOLÓGICA

ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES

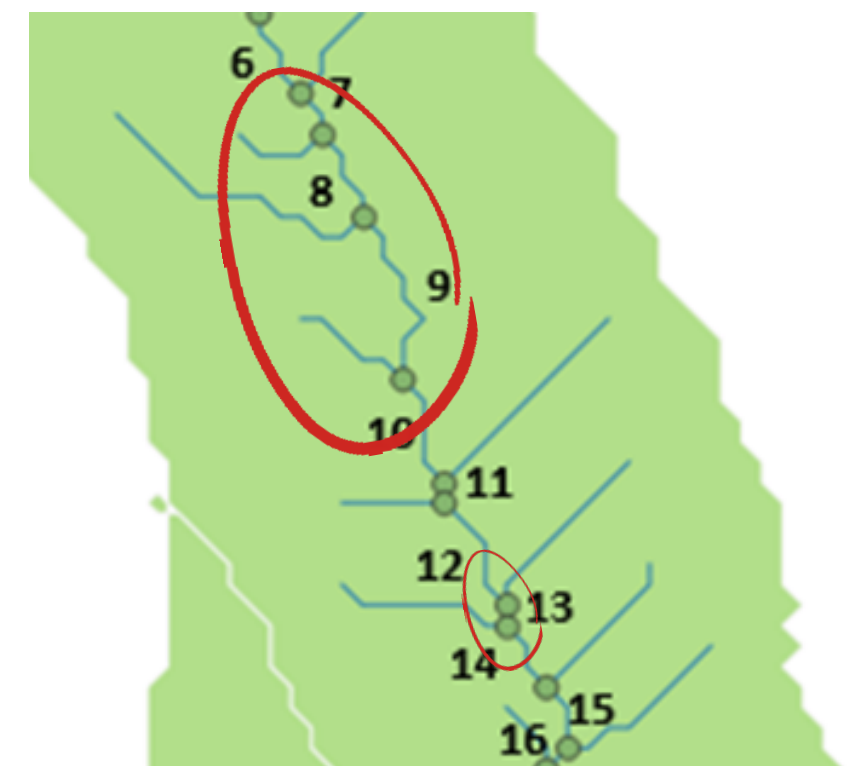


SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD

Tramo	Cota inicial	Cota final	Long (km)	Long (m)	Pendiente
1	3128	3065	0.292	292	22%
2	3065	3032	0.218	218	15%
3	3032	3017	0.131	131	11%
4	3017	3014	0.031	31	10%
5	3014	2994	0.162	162	12%
6	2994	2959	0.149	149	23%
7	2959	2938	0.074	74	28%
8	2938	2892	0.149	149	31%
9	2892	2807	0.297	297	29%
10	2807	2776	0.179	179	17%
11	2776	2772	0.031	31	13%
12	2772	2737	0.198	198	18%
13	2737	2729	0.031	31	26%
14	2729	2722	0.118	118	6%
15	2722	2705	0.105	105	16%
16	2705	2702	0.044	44	7%
17	2702	2660	0.385	385	11%
18	2660	2649	0.149	149	7%
19	2649	2554	0.973	973	10%
20	2554	2549	0.124	124	4%
21	2549	2547	0.054	54	4%

Pendientes por tramos

Tramo	Cota inicial	Cota final	Coordenadas UTM 17S	
			Este	Norte
7	2959	2938	787963,6	9970015,6
8	2938	2892	787963,6	9969904,9
9	2892	2807	788075,0	9969794,3
13	2737	2729	788297,6	9969241,0



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS

## Socialización del proyecto en la Comuna San Francisco de Baños

CALIDAD  
SEDIMENTOS

Casa comunal



CALIDAD  
BIOLÓGICA



Presidente

ZONAS DE  
INSTALACIÓN  
DE NUEVOS  
DIQUES



Exposición resultados



Ing. David Carrera y miembros de la comunidad



SOCIALIZACIÓN  
CON LA  
COMUNIDAD



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# CONCLUSIONES

1

Deterioro del volcán Ilaló por erosión que potencia el afloramiento de cangahua.



2

El volumen de sedimentos acumulados detrás del dique contribuye a la mitigación del cambio climático y sirven para mejorar la calidad del agua.  
La compactación de sedimentos genera resistencia a la erosión .

3

Las muestras de agua analizadas, presentaron:

pH: 7.059 (agua neutra)

Conductividad eléctrica: 126.23  $\mu\text{s cm}^{-1}$  (Agua de baja salinidad).

El análisis de nitrato, sulfatos y sólidos totales disueltos están dentro de los límites permisibles, por otro lado fosfato supera el límite permitido y los sólidos suspendidos totales están dentro del límite con excepción al Dique 3 que tiene pico de valores mayores al permitido.



# CONCLUSIONES

4

Las muestras de sedimentos analizadas, presentaron:

pH: 5.9 (Moderadamente ácidos).

Conductividad eléctrica:  $91 \mu\text{s cm}^{-1}$  (Efectos despreciables de salinidad).

Densidad aparente: sedimento tipo franco.

Densidad real:  $2.26 \text{ g cm}^{-3} \approx$  densidad típica de la mayoría de suelos.

Materia orgánica: después de los diques 3.2%, antes de los diques 0.2%, lo que representa un aumento porcentual del 1500%.



5

El análisis de la calidad biológica indicó que en el año 2021 se identificaron 81 individuos, mientras que en el 2023 esta cifra ascendió a 369, lo que representa un aumento porcentual del 355.6%. Se evidencia que el ecosistema se está recuperando.





# CONCLUSIONES

6

Con el software QGIS se determinó que las zonas óptimas para la instalación de nuevos diques está comprendida entre las cotas 2959 a 2807 y 2737 a 2729.

7

Se ha comprobado que la cantidad y calidad tanto del agua como de los sedimentos, así como la calidad biológica, han experimentado mejoras tras la implementación de los diques, por lo tanto, se demostró que es un método efectivo para la recuperación del suelo y el agua de una cuenca hidrográfica degradada.

8

Los diques de contención de caña guadua demuestran que son estructuras efectivas, económicas y ecológicas.

9

La socialización de los resultados a la Comuna San Francisco de Baños, se realizó con éxito, y dio lugar a nuevas propuestas para futuros proyectos de integración.



# RECOMENDACIONES

Construcción de más diques en la microcuenca Urcu Waycu y en las demás quebradas del volcán Ilaló y del Ecuador.

Realizar un estudio detallado de la erosión de las microcuencas antes y después de la instalación de los diques.

Establecer un método de monitoreo continuo a largo plazo para evaluar los cambios en los diques.

Utilizar modelos hidrológicos para simular los efectos de los diques en el flujo de agua y la distribución de sedimentos en la microcuenca.





# RECOMENDACIONES

Fomentar prácticas agrícolas sostenibles e incentivar el uso de abonos orgánicos.

Es aconsejable llevar a cabo sesiones de socialización antes de desarrollar cualquier proyecto en una comunidad, para evitar inconvenientes.

Se recomienda a la comunidad proteger el cauce de la microcuenca Urku Waycu para no afectar la calidad del agua, sedimentos y calidad biológica.

Se recomienda el mantenimiento constante de los diques para no comprometer su funcionamiento.





**GRACIAS**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

“ CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS HISTÓRICOS GENERADOS EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS DIQUES INSTALADOS EN LA QUEBRADA URKU WUAYKU DEL VOLCÁN ILALÓ COMO UNA SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA”

**Autores:**

Brito Nazareno, María José

Criollo Sandoval, Andrés David

Director: Ing. Carrera Villacrés, David Vinicio PhD.

Sangolquí, 24 de Agosto de 2023

