

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MEDIA LETAL (LC₅₀) DE
SULFATO DE COBRE EN ALEVINOS DE TILAPIA GRIS *Oreochromis niloticus*
(LINNAEUS, 1758)**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

AUTOR:

Valverde Obregón, Helen Vanessa

ASESOR:

Dr. Zambrano Cabanillas, Abel Walter

JURADOS:

Dr. Moreno Garro, Victor

Ing. Vargas-Machuca Figueroa, Manuel

Ing. Mogollón Ávila, Valentín

Lima - Perú

2019

Dedicatoria

En primer lugar a Dios por ser tan generoso conmigo y darme los mejores padres: Irene Celestina Obregón Obregón y Santiago Gualberto Valverde Espinoza quienes con todo su amor y consejos me motivaron a cumplir esta meta trazada.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a mi asesor el Dr. Walter Abel Zambrano Cabanillas por sus consejos, asimismo a los ingenieros: Stvilana Sespedes Valkarsel y Atilio Mendoza Apolaya por el apoyo incondicional para que se llevase a cabo el presente trabajo de investigación.

A mis hermanos: Kel, Deker y Eskim por ser mis ejemplos a seguir y a quienes quiero, admiro y respeto un montón pero sobre todo a mi adorado hijo Eitan quien es mi motivación para seguir adelante.

Índice

Resumen	36
Abstract	37
I. Introducción.....	37
1.1. Descripción y formulación del problema	39
1.2. Antecedentes	40
1.3. Objetivos	46
1.4. Justificación	46
1.5. Hipótesis	48
II. Marco Teórico	49
2.1. Bases Teóricas	49
III. Método	61
3.1. Tipo de investigación	61
3.2. Ámbito temporal y espacial	61
3.3. Variable	62
3.4. Población y muestra	62
3.5. Instrumentos	62
3.6. Procedimientos	65
3.7. Análisis de datos	67
IV. Resultados.....	245
V. Discusión de resultados	486
VI. Conclusiones.....	487
VII. Recomendaciones.....	489
VIII. Referencias	490
IX. Anexos.....	496

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Morfología de las cuatro especies del género Oreochromis</i>	58
Tabla 2 <i>Parámetros físicos químicos requeridos en el cultivo de Tilapias</i>	60
Tabla 3 <i>Codificación de acuarios y contenedores de plástico</i>	79
Tabla 4 <i>Alevinos de tilapia gris que fueron transferidos a otros recipientes durante el segundo día de aclimatación</i>	81
Tabla 5 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el tercer día de aclimatación</i>	82
Tabla 6 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el cuarto día de aclimatación</i>	83
Tabla 7 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el quinto día de aclimatación</i>	83
Tabla 8 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el sexto día de aclimatación</i>	84
Tabla 9 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el séptimo día de aclimatación</i>	90
Tabla 10 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el octavo día de aclimatación</i>	91
Tabla 11 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el noveno día de aclimatación</i>	92
Tabla 12 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el décimo día de aclimatación</i>	93
Tabla 13 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el onceavo día de aclimatación</i>	93
Tabla 14 <i>Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el doceavo día de aclimatación</i>	94
Tabla 15 <i>Dimensiones de los contenedores de plástico</i>	113
Tabla 16 <i>Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo preliminar</i>	123
Tabla 17 <i>Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°1</i>	137
Tabla 18 <i>Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°2</i>	144
Tabla 19 <i>Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°3</i>	155

Tabla 20 <i>Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°4</i>	195
Tabla 21 <i>Cuadro resumen de los doce días de aclimatación</i>	245
Tabla 22 <i>Primer día de aclimatación</i>	247
Tabla 23 <i>Segundo día de aclimatación</i>	249
Tabla 24 <i>Tercer día de aclimatación</i>	250
Tabla 25 <i>Cuarto día de aclimatación</i>	252
Tabla 26 <i>Quinto día de aclimatación</i>	254
Tabla 27 <i>Sexto día de aclimatación</i>	256
Tabla 28 <i>Séptimo día de aclimatación</i>	258
Tabla 29 <i>Octavo día de aclimatación</i>	260
Tabla 30 <i>Noveno día de aclimatación</i>	262
Tabla 31 <i>Décimo día de aclimatación</i>	264
Tabla 32 <i>Onceavo día de aclimatación</i>	266
Tabla 33 <i>Doceavo día de aclimatación</i>	268
Tabla 34 <i>Parámetros tomados a la primera hora del ensayo preliminar</i>	270
Tabla 35 <i>Parámetros tomados a la segunda hora del ensayo preliminar</i>	272
Tabla 36 <i>Parámetros tomados a la tercera hora del ensayo preliminar</i>	273
Tabla 37 <i>Parámetros tomados a la cuarta hora del ensayo preliminar</i>	275
Tabla 38 <i>Parámetros tomados a la octava hora del ensayo preliminar</i>	276
Tabla 39 <i>Parámetros tomados a la décima hora del ensayo preliminar</i>	278
Tabla 40 <i>Parámetros tomados a la doceava hora del ensayo preliminar</i>	279
Tabla 41 <i>Parámetros tomados a las veinticuatro horas del ensayo preliminar</i>	281
Tabla 42 <i>Parámetros tomados a las cuarenta y ocho horas del ensayo preliminar</i>	282
Tabla 43 <i>Parámetros tomados a las setenta y dos horas del ensayo preliminar</i>	284
Tabla 44 <i>Parámetros tomados a las noventa y seis horas del ensayo preliminar</i>	285
Tabla 45 <i>Control del ensayo preliminar por horas</i>	287
Tabla 46 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas</i>	287
Tabla 47 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas</i>	288
Tabla 48 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora</i>	289
Tabla 49 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora</i>	290
Tabla 50 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas</i>	291

Tabla 51 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas</i>	292
Tabla 52 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas</i>	293
Tabla 53 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas</i>	294
Tabla 54 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas</i>	295
Tabla 55 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas</i>	296
Tabla 56 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas</i>	297
Tabla 57 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas</i>	298
Tabla 58 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas</i>	299
Tabla 59 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas</i>	300
Tabla 60 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas</i>	301
Tabla 61 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas</i>	302
Tabla 62 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas</i>	303
Tabla 63 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas</i>	304
Tabla 64 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas</i>	305
Tabla 65 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas</i>	306
Tabla 66 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas</i>	307
Tabla 67 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas</i>	308
Tabla 68 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas</i>	309
Tabla 69 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas</i>	310
Tabla 70 <i>Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°1</i>	312
Tabla 71 <i>Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°1</i>	314
Tabla 72 <i>Parámetros tomados a las 2 horas del ensayo N°1</i>	315
Tabla 73 <i>Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°1</i>	317
Tabla 74 <i>Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°1</i>	318
Tabla 75 <i>Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°1</i>	320
Tabla 76 <i>Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°1</i>	321
Tabla 77 <i>Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°1</i>	323
Tabla 78 <i>Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°1</i>	324
Tabla 79 <i>Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°1</i>	326
Tabla 80 <i>Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°1</i>	327
Tabla 81 <i>Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°1</i>	329

Tabla 82 <i>Control del ensayo N°1 por horas</i>	330
Tabla 83 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°1</i>	331
Tabla 84 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°1</i>	332
Tabla 85 <i>Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°2</i>	333
Tabla 86 <i>Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°2</i>	334
Tabla 87 <i>Parámetros tomados a las 2 hora del ensayo N°2</i>	336
Tabla 88 <i>Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°2</i>	337
Tabla 89 <i>Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°2</i>	339
Tabla 90 <i>Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°2</i>	340
Tabla 91 <i>Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°2</i>	342
Tabla 92 <i>Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°2</i>	343
Tabla 93 <i>Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°2</i>	345
Tabla 94 <i>Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°2</i>	346
Tabla 95 <i>Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°2</i>	348
Tabla 96 <i>Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°2</i>	349
Tabla 97 <i>Control del ensayo N°2 por horas</i>	351
Tabla 98 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°2</i>	351
Tabla 99 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°2</i>	352
Tabla 100 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora del ensayo N°2</i>	353
Tabla 101 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora del ensayo N°2</i>	354
Tabla 102 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas del ensayo N°2</i>	355
Tabla 103 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas del ensayo N°2</i> ...	356
Tabla 104 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas del ensayo N°2</i>	357
Tabla 105 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas del ensayo N°2</i> ...	358
Tabla 106 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas del ensayo N°2</i>	359
Tabla 107 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas del ensayo N°2</i> ...	360
Tabla 108 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas del ensayo N°2</i>	361
Tabla 109 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas del ensayo N°2</i> ...	362
Tabla 110 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas del ensayo N°2</i>	363
Tabla 111 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas del ensayo N°2</i> .	364
Tabla 112 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas del ensayo N°2</i>	365

Tabla 113	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas del ensayo N°2.</i>	366
Tabla 114	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas del ensayo N°2</i>	367
Tabla 115	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas del ensayo N°2.</i>	368
Tabla 116	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas del ensayo N°2</i>	369
Tabla 117	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas del ensayo N°2.</i>	370
Tabla 118	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas del ensayo N°2</i>	371
Tabla 119	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas del ensayo N°2.</i>	372
Tabla 120	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas del ensayo N°2</i>	373
Tabla 121	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas del ensayo N°2.</i>	374
Tabla 122	<i>Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°3.....</i>	377
Tabla 123	<i>Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°3</i>	378
Tabla 124	<i>Parámetros tomados a las 2 horas del ensayo N°3.....</i>	380
Tabla 125	<i>Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°3.....</i>	381
Tabla 126	<i>Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°3.....</i>	383
Tabla 127	<i>Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°3.....</i>	384
Tabla 128	<i>Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°3.....</i>	386
Tabla 129	<i>Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°3.....</i>	387
Tabla 130	<i>Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°3.....</i>	389
Tabla 131	<i>Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°3.....</i>	390
Tabla 132	<i>Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°3.....</i>	392
Tabla 133	<i>Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°3.....</i>	393
Tabla 134	<i>Control del ensayo N°3 por horas.....</i>	395
Tabla 135	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°3</i>	395
Tabla 136	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°3 ...</i>	396
Tabla 137	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora del ensayo N°3</i>	397
Tabla 138	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora del ensayo N°3.....</i>	398
Tabla 139	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas del ensayo N°3</i>	399
Tabla 140	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas del ensayo N°3 ...</i>	400
Tabla 141	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas del ensayo N°3</i>	401
Tabla 142	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas del ensayo N°3 ...</i>	402
Tabla 143	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas del ensayo N°3</i>	403

Tabla 144	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas del ensayo N°3...</i>	404
Tabla 145	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas del ensayo N°3</i>	405
Tabla 146	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas del ensayo N°3...</i>	406
Tabla 147	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas del ensayo N°3</i>	407
Tabla 148	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas del ensayo N°3.</i>	408
Tabla 149	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas del ensayo N°3</i>	409
Tabla 150	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas del ensayo N°3.</i>	410
Tabla 151	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas del ensayo N°3</i>	411
Tabla 152	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas del ensayo N°3.</i>	412
Tabla 153	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas del ensayo N°3</i>	413
Tabla 154	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas del ensayo N°3.</i>	414
Tabla 155	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas del ensayo N°3</i>	415
Tabla 156	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas del ensayo N°3.</i>	416
Tabla 157	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas del ensayo N°3</i>	417
Tabla 158	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas del ensayo N°3.</i>	418
Tabla 159	<i>Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°4.....</i>	420
Tabla 160	<i>Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°4</i>	422
Tabla 161	<i>Parámetros tomados a las 2 horas del ensayo N°4.....</i>	423
Tabla 162	<i>Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°4.....</i>	425
Tabla 163	<i>Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°4.....</i>	426
Tabla 164	<i>Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°4.....</i>	428
Tabla 165	<i>Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°4.....</i>	429
Tabla 166	<i>Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°4.....</i>	431
Tabla 167	<i>Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°4.....</i>	432
Tabla 168	<i>Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°4.....</i>	434
Tabla 169	<i>Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°4.....</i>	435
Tabla 170	<i>Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°4.....</i>	437
Tabla 171	<i>Control del ensayo N°4 por horas.....</i>	438
Tabla 172	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°4</i>	439
Tabla 173	<i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°4...</i>	440
Tabla 174	<i>Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora del ensayo N°4</i>	441

Tabla 175 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora del ensayo N°4.....</i>	442
Tabla 176 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas del ensayo N°4</i>	443
Tabla 177 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas del ensayo N°4 ...</i>	444
Tabla 178 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas del ensayo N°4</i>	445
Tabla 179 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas del ensayo N°4 ...</i>	446
Tabla 180 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas del ensayo N°4</i>	447
Tabla 181 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas del ensayo N°4 ...</i>	448
Tabla 182 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas del ensayo N°4</i>	449
Tabla 183 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas del ensayo N°4 ...</i>	450
Tabla 184 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas del ensayo N°4</i>	451
Tabla 185 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas del ensayo N°4.</i>	452
Tabla 186 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas del ensayo N°4</i>	453
Tabla 187 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas del ensayo N°4.</i>	454
Tabla 188 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas del ensayo N°4</i>	455
Tabla 189 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas del ensayo N°4.</i>	456
Tabla 190 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas del ensayo N°4</i>	457
Tabla 191 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas del ensayo N°4.</i>	458
Tabla 192 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas del ensayo N°4</i>	459
Tabla 193 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas del ensayo N°4.</i>	460
Tabla 194 <i>Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas del ensayo N°4</i>	461
Tabla 195 <i>Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas del ensayo N°4.</i>	462
Tabla 196 <i>Ensayos realizados con sus coeficientes de correlación (r) según las gráficas: lineal y polinómica además de la fórmula a utilizar para la determinación de LC₅₀ a las 96 horas de exposición.....</i>	464
Tabla 197 <i>Valores obtenidos de la ecuación cuadrática donde se determinó el LC₅₀ según cada ensayo realizado</i>	468
Tabla 198 <i>Ensayos realizados con su respectiva concentración (ppm) a la cual se trabajó y el porcentaje de mortalidad (%).</i>	469
Tabla 199 <i>Cobre en los alevinos de tilapia gris perteneciente al ensayo N°2.....</i>	472
Tabla 200 <i>Promedio de la concentración de cobre (mg/kg) de todos los especímenes por acuario</i>	476

Tabla 201 <i>Resumen de los promedios, máximos valores de cobre, mínimos valores de cobre y la cantidad de peces muertos por acuarios.</i>	477
Tabla 202 <i>Análisis del acuario blanco para determinar la presencia de cobre en los especímenes</i>	479
Tabla 203 <i>Parámetros tomados y analizados de un efluente minero.</i>	483
Tabla 204 <i>Parámetros tomados de agua superficial de una empresa minera</i>	484
Tabla 205 <i>Ensayos de toxicidad con sulfato de cobre pentahidratado</i>	510
Tabla 206 <i>Ensayos de toxicidad con Tilapias</i>	511

Índice de Figuras

Figura 1. Pulida de los bordes de los vidrios.....	69
Figura 2. Aseguramiento de los acuarios.	69
Figura 3. Pegado de acuarios con silicona.	70
Figura 4. Trozos de aluminio cortados con la guillotina.....	70
Figura 5. Tiner para limpieza de vidrios.	71
Figura 6. Llenado de acuario de aclimatación.....	73
Figura 7. Base de melanina.	74
Figura 8. Etiqueta del alimento con registro de SANIPES.	75
Figura 9. Transporte de saco en base de madera.	76
Figura 10. Balde codificado y usado para el transporte de los alevinos.	77
Figura 11. Medición del alevino con el ictiómetro.....	80
Figura 12. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V1.....	85
Figura 13. Pesado de los alevinos del acuario V1.	85
Figura 14. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V2.....	86
Figura 15. Pesado de los alevinos del acuario V2.	86
Figura 16. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V3.....	87
Figura 17. Pesado de alevinos del acuario V3.....	87
Figura 18. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V4.....	88
Figura 19. Pesado de alevinos del acuario V4.....	88
Figura 20. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V5.....	89
Figura 21. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V6.....	89
Figura 22. Pesado de alevinos del acuario V6.....	90
Figura 23. Ración de alimento del acuario V1.	95
Figura 24. Ración de alimento del acuario V2.	95
Figura 25. Ración de alimento del acuario V3.	96
Figura 26. Ración de alimento del acuario V4.	96
Figura 27. Ración de alimento del acuario V5.	97
Figura 28. Ración de alimento del acuario V6.	97
Figura 29. Multiparametro.	99
Figura 30. Patrones de verificación de pH.	100

Figura 31. Descripción gráfica del multiparámetro.....	102
Figura 32. Solución buffer de pH 4.	102
Figura 33. Solución buffer de pH 7.	103
Figura 34. Solución buffer de pH 10.	103
Figura 35. Medición de pH del acuario V1.	105
Figura 36. Medición de pH del acuario V2.	105
Figura 37. Medición de pH del acuario V3.	106
Figura 38. Medición de pH del acuario V4.	106
Figura 39. Medición de pH del acuario V5.	107
Figura 40. Medición de pH del acuario V6.	107
Figura 41. Limpieza de sonda con agua destilada.	108
Figura 42. Tomando pH con papel indicador en el acuario V1.....	108
Figura 43. Tomando pH con papel indicador en el acuario V2.....	109
Figura 44. Tomando pH con papel indicador en el acuario V3.....	109
Figura 45. Tomando pH con papel indicador en el acuario V4.....	110
Figura 46. Tomando pH con papel indicador en el acuario V5.....	110
Figura 47. Tomando pH con papel indicador en el acuario V6.....	111
Figura 48. Medición de la altura líquida del acuario.	116
Figura 49. Finalizando llenado de los 6 acuarios	117
Figura 50. Encendido de balanza analítica	120
Figura 51. Pesado de 1g de sulfato de cobre pentahidratado	121
Figura 52. Disolviendo el reactivo con agua destilada	121
Figura 53. Implementación de los acuarios.....	125
Figura 54. Boqueo del alevino del acuario V6.	126
Figura 55. Búsqueda de oxígeno de los alevinos del acuario V6.	126
Figura 56. Alevinos aislados del acuario V6.....	127
Figura 57. Alevinos muertos durante la primera hora de exposición del acuario V6 en el ensayo preliminar.....	127
Figura 58. Alevinos con nado de costado del acuario V3.....	128
Figura 59. Alevinos muertos del acuario V5.....	128
Figura 60. Alevinos muertos del acuario V6.....	129

Figura 61. Alevinos extraídos de los acuarios V3, V5 y V6 durante las 2 horas de exposición del ensayo preliminar.	129
Figura 62. Alevinos muertos del acuario V5.....	130
Figura 63. Alevinos muertos en la esquina del acuario V6.....	130
Figura 64. Alevinos extraídos de los acuarios V5 y V6 durante las 3 horas de exposición del ensayo preliminar.....	131
Figura 65. Alevinos extraídos de los acuarios V3, V5 y V6 durante las 4 horas de exposición del ensayo preliminar.	131
Figura 66. Alevinos muertos en la base de la piedra difusora del acuario V2.	132
Figura 67. Últimos alevinos muertos del acuario V5.	132
Figura 68. Alevino muerto en el fondo del acuario V6.	133
Figura 69. Alevinos extraídos de los acuarios V2, V5 y V6 durante las 8 horas de exposición del ensayo preliminar.	133
Figura 70. Inicio del ensayo N°1.	139
Figura 71. Inicio del ensayo N°2.	146
Figura 72. Alevinos muertos del acuario I3, I4, I5 e I6 a las 2 primeras horas del ensayo N°2.	146
Figura 73. Nado con dirección hacia el fondo del acuario.....	147
Figura 74. Mortalidad de los alevinos del acuario I4.....	147
Figura 75. Mortalidad del 100% de la población del acuario I5.	148
Figura 76. Mortalidad del 100% de la población del acuario I6.	148
Figura 77. Mortalidad de 3 alevinos del acuario I4 a las 3 horas de exposición del ensayo N°2.	149
Figura 78. Mortalidad del acuario I3.	149
Figura 79. Alevín con aleta pectoral en sentido vertical del acuario I4.....	150
Figura 80. Alevinos muertos del acuario I3 e I4 a las 4 horas de exposición en el ensayo N°2.	150
Figura 81. Inicio del ensayo N°3.	157
Figura 82. Alevinos muertos del acuario J5 pertenecientes al ensayo N°3.	157
Figura 83. Alevín muerto del acuario J6 perteneciente al ensayo N°3.....	158

Figura 84. Alevinos muertos de los acuarios J5 y J6 durante la primera hora de exposición en el ensayo N°3.	158
Figura 85. Alevinos muertos del acuario J6 durante la segunda hora de exposición en el ensayo N°3.	159
Figura 86. Nado del alevín hacia el fondo del acuario J5 perteneciente al ensayo N°3. ...	159
Figura 87. Alevín muerto del acuario J5 a las 3 horas de exposición durante el ensayo N°3.	160
Figura 88. Alevinos muertos con las branquias abiertas y aleta pectoral en sentido vertical del acuario J6 perteneciente al ensayo N°3.	160
Figura 89. Alevín muerto del acuario J6 a las 4 horas de exposición durante el ensayo N°3.	161
Figura 90. Alevinos moribundos con nado hacia el fondo del acuario J4 perteneciente al ensayo N°3.	161
Figura 91. Alevinos moribundos con nado hacia el fondo del acuario J5 perteneciente al ensayo N°3.	162
Figura 92. Alevinos con branquias expuestas en el fondo del acuario J6 perteneciente al ensayo N°3.	162
Figura 93. Alevinos muertos de los acuarios J4, J5 y J6 a las 8 horas de exposición durante el ensayo N°3.....	163
Figura 94. Alevín muerto boca arriba en el acuario J4 perteneciente al ensayo N°3.	163
Figura 95. Alevinos muertos del acuario J4 a las 10 horas de exposición durante el ensayo N°3.	164
Figura 96. Alevino muerto del acuario J4 a las 12 horas de exposición durante el ensayo N°3.	164
Figura 97. Alevino muerto con aleta pectoral hacia arriba del acuario J4 durante el ensayo N°3.	165
Figura 98. Alevino muerto con aleta pectoral hacia arriba del acuario J5 durante el ensayo N°3.	165
Figura 99. Alevinos muertos del acuario J4 y J5 a las 24 horas de exposición durante el ensayo N°3.	166
Figura 100. Alevino muerto de costado del acuario J4 durante el ensayo N°3.....	166

Figura 101. Alevino muerto del acuario J4 a las 72 horas de exposición durante el ensayo N°3.	167
Figura 102. Oxígeno disuelto reportado por el multiparametro HACH en el acuario J1. .	168
Figura 103. Medición de oxígeno disuelto del acuario J2.....	168
Figura 104. Oxígeno reportado por el multiparametro HACH en el acuario J2.	169
Figura 105. Medición de oxígeno disuelto del acuario J3.....	169
Figura 106. Oxígeno reportado por el multiparametro HACH en el acuario J3.	170
Figura 107. Medición de oxígeno disuelto del acuario J4.....	170
Figura 108. Oxígeno disuelto reportado por el multiparametro HACH en el acuario J4. .	171
Figura 109. Medición de oxígeno disuelto del acuario J5.....	171
Figura 110. Verificación de pH 4.	172
Figura 111. Verificación de pH 7.	172
Figura 112. Verificación de pH del acuario J5.....	173
Figura 113. Verificación de pH del acuario J6.....	173
Figura 114. Bolsas herméticas rotuladas con sus respectivas muestras.....	175
Figura 115. Disección de especímenes del acuario J4 pertenecientes al ensayo N°3.	176
Figura 116. Disección de especímenes del acuario J6 pertenecientes al ensayo N°3	176
Figura 117. Espécimen sin órganos internos (J3-3 CR1).....	177
Figura 118. Espécimen sin ojos con vista desde el estereoscopio.....	177
Figura 119. Espécimen con órganos destrozados (J4-3 CR1).....	178
Figura 120. Espécimen con órganos expuestos para una mejor visualización (J4-3 CR2).178	
Figura 121. Espécimen con órganos internos expuestos (J4-3 CR3).....	179
Figura 122. Espécimen con órganos internos desechos.	179
Figura 123. Espécimen con órganos internos mostrados (J4-3 CR4).....	180
Figura 124. Espécimen con órganos expuestos (J4-3 CR5).....	180
Figura 125. Espécimen con órganos expuestos (J4-3 CR6).....	181
Figura 126. Espécimen con órganos a la intemperie (J4-3 CR7).	181
Figura 127. Ojo rojo del espécimen visualizado con el estereoscopio.	182
Figura 128. Espécimen disectado (J4-3 CR8).	182
Figura 129. Espécimen de la muestra J4-3 CR9 con órganos expuestos.....	183
Figura 130. Espécimen con ojo reventado.	183

Figura 131. Espécimen con órganos expuestos (J6-3 CR1).....	184
Figura 132. Espécimen visualizado con estereoscopio.....	184
Figura 133. Espécimen con órganos expuestos (J6-3 CR2).....	185
Figura 134. Órganos internos reventados.....	185
Figura 135. Espécimen con órganos mostrados (J6-3 CR3).	186
Figura 136. Branquias destrozadas.	186
Figura 137. Espécimen con órganos expuestos (J6-3 CR4).....	187
Figura 138. Ciegos pilóricos destrozados y expuestos.	187
Figura 139. Espécimen con órganos expuestos (J6-3 CR5).....	188
Figura 140. Espécimen del acuario J6 disectado (J6-3 CR6).....	188
Figura 141. Corazón expuesto y desecho.....	189
Figura 142. Espécimen con órganos expuestos (J6-3 CR7).....	189
Figura 143. Espécimen con ausencia de algunos órganos por canibalismo.	190
Figura 144. Estereoscopio usado en la visualización de los alevinos de tilapia gris.	190
Figura 145. Escala de 0,63 y aumento de 10.....	191
Figura 146. Laboratorio de microscopia UNI.	191
Figura 147. Inicio del ensayo N°4.	197
Figura 148. Alevinos muertos del acuario K6 durante el ensayo N°4.....	197
Figura 149. Alevinos muertos del acuario K6 durante la primera hora de exposición en el ensayo N°4.	198
Figura 150. Alevinos muertos del acuario K5 y K6 durante la segunda hora de exposición en el ensayo N°4.	198
Figura 151. Alevin muerto de costado del acuario K5 perteneciente al ensayo N°4.	199
Figura 152. Alevino muerto con vientre abultado del acuario K6 perteneciente al ensayo N°4.	199
Figura 153. Alevino muerto del acuario K4 perteneciente al ensayo N°4.....	200
Figura 154. Alevinos muertos de los acuarios K4, K5 y K6 a las 3 horas de exposición durante el ensayo N°4.	200
Figura 155. Alevinos muertos en la esquina del acuario K5 del ensayo N°4.	201
Figura 156. Alevino muerto con vientre abultado en la esquina del acuario K6 del ensayo N°4.	201

Figura 157. Alevinos muertos de los acuarios K5 y K6 a las 4 horas de exposición durante el ensayo N°4.....	202
Figura 158. Alevinos muertos del acuario K4 durante el ensayo N°4.....	202
Figura 159. Alevinos muertos del acuario K5 durante el ensayo N°4.....	203
Figura 160. Alevinos muertos de los acuarios K4 y K5 a las 8 horas de exposición durante el ensayo N°4.....	203
Figura 161. Nado lento de los alevinos del acuario K4 durante el ensayo N°4.	204
Figura 162. Alevinos muertos de los acuarios K4 a las 10 horas de exposición durante el ensayo N°4.	204
Figura 163. Nado lento y en forma oscilatoria de los alevinos del acuario K4 durante el ensayo N°4.	205
Figura 164. Agresividad de los alevinos del acuario K5 durante el ensayo N°4.	205
Figura 165. Alevinos muertos de los acuarios K4 y K5 a las 12 horas de exposición durante el ensayo N°4.....	206
Figura 166. Boqueo de alevinos del acuario K3 durante el ensayo N°4.....	206
Figura 167. Muerte de los últimos alevinos del acuario K4 durante el ensayo N°4.....	207
Figura 168. Alevinos muertos de los acuarios K3 y K4 a las 24 horas de exposición durante el ensayo N°4.....	207
Figura 169. Alevino moribundo en caída de gravedad del acuario K4 durante el ensayo N°4.	208
Figura 170. Alevino muerto del acuario K4 a las 48 horas de exposición durante el ensayo N°4.	208
Figura 171. Pesado de los alevinos muertos.....	209
Figura 172. Pesado de las muestras.	212
Figura 173. Materiales usados en la trituración de las muestras.	212
Figura 174. Triturando las muestras.	213
Figura 175. Ácido clorhídrico 6N.....	213
Figura 176. Vertiendo 10 ml HCl 6N a las muestras ya trituradas.	214
Figura 177. Colocando las muestras en la plancha de calentamiento.....	215
Figura 178. Muestras ya digestadas.	216
Figura 179. Terminando de dejar enfriar las muestras.....	216

Figura 180. Materiales para filtrar.	219
Figura 181. Papel Whatman N°42 usado para el proceso de filtrado.	219
Figura 182. Armado de materiales para filtrar.	220
Figura 183. Filtrando muestras.	220
Figura 184. Vertiendo las soluciones en los embudos.	221
Figura 185. Fiolas que contenían la solución del filtrado.	221
Figura 186. Tubos de ensayo rotulados que contenían lo filtrado.	222
Figura 187. Muestra I6-2 ya filtrado.	222
Figura 188. Laboratorio de Espectrometría – UNI.	223
Figura 189. N° de peces muertos vs fechas de aclimatación.	245
Figura 190. Promedio de pH vs días de aclimatación.	246
Figura 191. Promedio de temperatura vs días de aclimatación.	246
Figura 192. pH tomado en cada acuario y contenedor en el primer día de aclimatación. .	247
Figura 193. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el primer día de aclimatación.	248
Figura 194. N° de peces muertos según cada acuario y contenedor en el primer día de aclimatación.	248
Figura 195. pH tomado en cada acuario y contenedor en el segundo día de aclimatación.	249
Figura 196. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el segundo día de aclimatación.	250
Figura 197. pH tomado en cada acuario y contenedor en el tercer día de aclimatación. ...	251
Figura 198. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el tercer día de aclimatación.	251
Figura 199. N° peces muertos según cada acuario y contenedor en el tercer día de aclimatación.	252
Figura 200. pH tomado en cada acuario en el cuarto día de aclimatación.	253
Figura 201. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el cuarto día de aclimatación.	253
Figura 202. N° peces muertos según cada acuario en el cuarto día de aclimatación.	254
Figura 203. pH tomado en cada acuario en el quinto día de aclimatación.	255
Figura 204. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el quinto día de aclimatación.	255
Figura 205. N° peces muertos según cada acuario en el quinto día de aclimatación.	256

Figura 206. pH tomado en cada acuario en el sexto día de aclimatación.	257
Figura 207. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el sexto día de aclimatación... ..	257
Figura 208. N° peces muertos según cada acuario en el sexto día de aclimatación.	258
Figura 209. pH tomado en cada acuario y contenedor en el séptimo día de aclimatación.	259
Figura 210. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el séptimo día de aclimatación.....	259
Figura 211. N° peces muertos según cada acuario y contenedor en el séptimo día de aclimatación.....	260
Figura 212. pH tomado en cada acuario en el octavo día de aclimatación.	261
Figura 213. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el octavo día de aclimatación.	261
Figura 214. N° peces muertos según cada acuario en el octavo día de aclimatación.	262
Figura 215. pH tomado en cada acuario en el noveno día de aclimatación.	263
Figura 216. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el noveno día de aclimatación.	263
Figura 217. N° peces muertos según cada acuario en el noveno día de aclimatación.	264
Figura 218. N° pH tomado en cada acuario en el décimo día de aclimatación.	265
Figura 219. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el décimo día de aclimatación.	265
Figura 220. N° peces muertos según cada acuario en el décimo día de aclimatación.	266
Figura 221. pH tomado en cada contenedor en el onceavo día de aclimatación.	267
Figura 222. Temperatura (°C) tomado en cada contenedor en el onceavo día de aclimatación.....	267
Figura 223. N° peces muertos según cada contenedor en el onceavo día de aclimatación.	268
Figura 224. pH tomado en cada contenedor en el doceavo día de aclimatación.....	269
Figura 225. Temperatura (°C) tomado en cada contenedor en el doceavo día de aclimatación.....	269
Figura 226. N° peces muertos según cada contenedor en el doceavo día de aclimatación	270
Figura 227. pH tomado a la 1 hora del ensayo preliminar.	271
Figura 228. Temperatura tomada a la 1 hora del ensayo preliminar.	271
Figura 229. pH tomado a las 2 horas del ensayo preliminar.	272
Figura 230. Temperatura tomada a las 2 horas del ensayo preliminar.	273

Figura 231. pH tomado a las 3 horas del ensayo preliminar.	274
Figura 232. Temperatura tomada a las 3 horas del ensayo preliminar.	274
Figura 233. pH tomado a las 4 horas del ensayo preliminar.	275
Figura 234. Temperatura tomada a las 4 horas del ensayo preliminar.	276
Figura 235. pH tomado a las 8 horas del ensayo preliminar.	277
Figura 236. Temperatura tomada a las 8 horas del ensayo preliminar.	277
Figura 237. pH tomado a las 10 horas del ensayo preliminar.	278
Figura 238. Temperatura tomada a las 10 horas del ensayo preliminar.	279
Figura 239. pH tomado a las 12 horas del ensayo preliminar.	280
Figura 240. Temperatura tomada a las 12 horas del ensayo preliminar.	280
Figura 241. pH tomado a las 24 horas del ensayo preliminar.	281
Figura 242. Temperatura tomada a las 24 horas del ensayo preliminar.	282
Figura 243. pH tomado a las 48 horas del ensayo preliminar.	283
Figura 244. Temperatura tomada a las 48 horas del ensayo preliminar.	283
Figura 245. pH tomado a las 72 horas del ensayo preliminar.	284
Figura 246. Temperatura tomada a las 72 horas del ensayo preliminar.	285
Figura 247. pH tomado a las 96 horas del ensayo preliminar.	286
Figura 248. Temperatura tomada a las 96 horas del ensayo preliminar.	286
Figura 249. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.	288
Figura 250. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.....	289
Figura 251. Porcentaje de mortalidad a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.	290
Figura 252. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.	291
Figura 253. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.	292
Figura 254. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.....	293

Figura 255. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.	294
Figura 256. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.....	295
Figura 257. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.	296
Figura 258. Porcentaje de supervivencia a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.....	297
Figura 259. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.	298
Figura 260. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.....	299
Figura 261. Porcentaje de mortalidad las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.	300
Figura 262. Porcentaje de supervivencia las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.....	301
Figura 263. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.	302
Figura 264. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.....	303
Figura 265. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.	304
Figura 266. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.....	305
Figura 267. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.	306
Figura 268. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.....	307
Figura 269. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.	308

Figura 270. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.....	309
Figura 271. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.	310
Figura 272. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.....	311
Figura 273. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del toxico a las 96 horas.....	311
Figura 274. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del toxico a las 96 horas.....	312
Figura 275. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°1.....	313
Figura 276. Temperatura tomada a las 0 horas del ensayo N°1.	313
Figura 277. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°1.....	314
Figura 278. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°1.	315
Figura 279. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°1.....	316
Figura 280. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°1.	316
Figura 281. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°1.....	317
Figura 282. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°1.	318
Figura 283. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°1.....	319
Figura 284. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°1	319
Figura 285. pH tomado a las 8 horas del ensayo N°1	320
Figura 286. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°1	321
Figura 287. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°1.....	322
Figura 288. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°1.	322
Figura 289. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°1.....	323
Figura 290. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°1.	324
Figura 291. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°1.....	325
Figura 292. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°1.	325
Figura 293. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°1.....	326
Figura 294. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°1.	327
Figura 295. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°1.....	328

Figura 296. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°1.	328
Figura 297. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°1.	329
Figura 298. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°1	330
Figura 299. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.	331
Figura 300. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.....	332
Figura 301. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°2.....	333
Figura 302. Temperatura tomado a las 0 horas del ensayo N°2.	334
Figura 303. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°2.....	335
Figura 304. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°2	335
Figura 305. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°2.....	336
Figura 306. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°2	337
Figura 307. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°2.....	338
Figura 308. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°2.....	338
Figura 309. pH tomado a las 4 horas del ensayo N°2.....	339
Figura 310. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°2.....	340
Figura 311. pH tomado a las 8 horas del ensayo N°2.....	341
Figura 312. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°2.	341
Figura 313. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°2.	342
Figura 314. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°2.	343
Figura 315. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°2.	344
Figura 316. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°2.	344
Figura 317. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°2.	345
Figura 318. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°2.	346
Figura 319. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°2.	347
Figura 320. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°2.	347
Figura 321. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°2.	348
Figura 322. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°2.	349
Figura 323. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°2.	350
Figura 324. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°2.	350

Figura 325. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.	352
Figura 326. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.....	353
Figura 327. Porcentaje de mortalidad a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante	354
Figura 328. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.	355
Figura 329. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.	356
Figura 330. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.....	357
Figura 331. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante	358
Figura 332. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.....	359
Figura 333. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.	360
Figura 334. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.	361
Figura 335. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.	362
Figura 336. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.....	363
Figura 337. Porcentaje de mortalidad a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.	364
Figura 338. Porcentaje de supervivencia a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.....	365
Figura 339. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.	366
Figura 340. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.....	367

Figura 341. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.	368
Figura 342. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.....	369
Figura 343. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.	370
Figura 344. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.....	371
Figura 345. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.	372
Figura 346. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.....	373
Figura 347. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.	374
Figura 348. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.....	375
Figura 349. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	375
Figura 350. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	376
Figura 351. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°3.....	377
Figura 352. Temperatura tomado a las 0 horas del ensayo N°3.	378
Figura 353. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°3.....	379
Figura 354. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°3.	379
Figura 355. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°3.....	380
Figura 356. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°3.	381
Figura 357. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°3.....	382
Figura 358. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°3.	382
Figura 359. pH tomado a las 4 horas del ensayo N°3.....	383
Figura 360. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°3.	384
Figura 361. pH tomado a las 8 horas del ensayo N°3.....	385

Figura 362. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°3.	385
Figura 363. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°3.	386
Figura 364. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°3.	387
Figura 365. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°3.	388
Figura 366. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°3.	388
Figura 367. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°3.	389
Figura 368. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°3.	390
Figura 369. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°3.	391
Figura 370. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°3.	391
Figura 371. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°3.	392
Figura 372. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°3.	393
Figura 373. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°3.	394
Figura 374. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°3.	394
Figura 375. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.	396
Figura 376. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.....	397
Figura 377. Porcentaje de mortalidad a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.	398
Figura 378. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.	399
Figura 379. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.	400
Figura 380. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.....	401
Figura 381. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.	402
Figura 382. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.....	403
Figura 383. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.	404

Figura 384. Porcentaje de supervivencia a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.....	405
Figura 385. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.	406
Figura 386. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.....	407
Figura 387. Porcentaje de mortalidad a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.	408
Figura 388. Porcentaje de supervivencia a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.....	409
Figura 389. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.	410
Figura 390. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.....	411
Figura 391. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.	412
Figura 392. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.....	413
Figura 393. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.	414
Figura 394. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.....	415
Figura 395. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.	416
Figura 396. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.....	417
Figura 397. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.	418
Figura 398. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.....	419

Figura 399. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	419
Figura 400. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	420
Figura 401. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°4.....	421
Figura 402. Temperatura tomado a las 0 horas del ensayo N°4.....	421
Figura 403. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°4.....	422
Figura 404. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°4.....	423
Figura 405. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°4.....	424
Figura 406. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°4.....	424
Figura 407. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°4.....	425
Figura 408. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°4.....	426
Figura 409. pH tomado a las 4 horas del ensayo N°4.....	427
Figura 410. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°4.....	427
Figura 411. pH tomado a las 8 horas del ensayo N°4.....	428
Figura 412. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°4.....	429
Figura 413. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°4.....	430
Figura 414. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°4.....	430
Figura 415. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°4.....	431
Figura 416. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°4.....	432
Figura 417. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°4.....	433
Figura 418. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°4.....	433
Figura 419. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°4.....	434
Figura 420. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°4.....	435
Figura 421. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°4.....	436
Figura 422. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°4.....	436
Figura 423. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°4.....	437
Figura 424. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°4.....	438
Figura 425. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.	439

Figura 426. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.....	440
Figura 427. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.	441
Figura 428 Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.	442
Figura 429. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.	443
Figura 430. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.....	444
Figura 431. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.	445
Figura 432. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.....	446
Figura 433. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.	447
Figura 434. Porcentaje de supervivencia a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.....	448
Figura 435. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.	449
Figura 436. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.....	450
Figura 437. Porcentaje de mortalidad a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.	451
Figura 438. Porcentaje de supervivencia a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.....	452
Figura 439. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.	453
Figura 440. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.....	454

Figura 441. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.	455
Figura 442. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.....	456
Figura 443. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.	457
Figura 444. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.....	458
Figura 445. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante	459
Figura 446. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.....	460
Figura 447. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante	461
Figura 448. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.....	462
Figura 449. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	463
Figura 450. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	463
Figura 451. Gráfica de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	470
Figura 452. Gráfica de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.....	470
Figura 453. Concentración de cobre en los alevinos de tilapia gris por el método de absorción atómica en el ensayo N°2.	473
Figura 454. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I2 perteneciente al ensayo N°2.	474
Figura 455. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I3 perteneciente al ensayo N°2.	474

Figura 456. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I4 perteneciente al ensayo N°2.	475
Figura 457. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I5 perteneciente al ensayo N°2.	475
Figura 458. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I6 perteneciente al ensayo N°2.	476
Figura 459. Promedio de la concentración de cobre (mg/kg) en las tilapias gris por acuario perteneciente al segundo ensayo.	477
Figura 460. Valores máximos de cobre (mg/kg) en alevinos de tilapia gris de los acuarios pertenecientes al segundo ensayo.	478
Figura 461. Valores mínimos de cobre (mg/kg) en alevinos de tilapia gris de los acuarios pertenecientes al segundo ensayo.	478
Figura 462. Cantidad de peces muertos por cada acuario durante el segundo ensayo.	479
Figura 463. Gráfico de los especímenes pertenecientes al acuario blanco.	482
Figura 464. Gráfico de comparación entre la concentración de cobre y sulfato de cobre en el agua vs la concentración de cobre acumulado.	482
Figura 465. Certificado de procedencia N° 007-2019-GRSM/DIREPRO-DSRPBM.	496
Figura 466. Certificado de calidad de los alevinos de tilapia gris.	497
Figura 467. Notificación de resultados de SANPIES.	498
Figura 468. Factura electrónica de la empresa TRANSBER S.A.C.	499
Figura 469. Boleta de venta electrónica de la fundación para el desarrollo agrario.	500
Figura 470. Precios de los distintos tipos de alimento para Tilapia de la empresa La Molina.	501
Figura 471. Certificado de calibración (INACAL) del multiparametro WTW.	502
Figura 472. Verificación operacional del multiparametro WTW.	503
Figura 473. Límites máximos permisibles para la descarga de efluente líquidos de actividades minero metalúrgicas – D.S.N° 010-2010 MINAM.	504
Figura 474. Normal legal del D.S. N° 004-2017 MINAM.	505
Figura 475. Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura según ámbito y especie, 2015 TM.	506

Figura 476. Enfermedades y medidas de control usando sulfato de cobre en el cultivo de tilapia.....	507
Figura 477. Participación de la producción mundial de tilapias según cada especie.	508
Figura 478. Principales productores de tilapia nilotica.....	509

Determinación de la concentración media letal (LC₅₀) de sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

Helen Vanessa Valverde Obregón

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la concentración media letal (LC₅₀) de sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) mediante un bioensayo agudo y estático. Se construyó 2 acuarios para la etapa preliminar y 6 acuarios para las pruebas finales. Se tomaron los 6 acuarios y se trabajó a concentraciones de 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 9 ppm exponiendo a la especie antes mencionada (tilapia gris) por un periodo de 96 horas con el tóxico sulfato de cobre. La especie a usar en el presente trabajo de investigación, Tilapia gris, fue adquirida desde la granja acuícola CIN ALFA E.I.R.L localizado en la ciudad de Tarapoto de la región San Martín, se adquirió 1000 alevinos de tilapia gris, estas se adecuaron a las normas sanitarias y profilácticas para los fines de investigación, fueron traídas vía aérea por la empresa TRANSBER S.A.C.

Se realizó un ensayo preliminar con la finalidad de conocer los rangos específicos de las concentraciones a trabajar, luego se realizó las 3 réplicas con las concentraciones (0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm y 9 ppm) obteniendo un resultado final de 2,88 ppm de cobre. Además en el segundo ensayo se analizó la cantidad de cobre de cada espécimen por cada acuario, se obtuvo un promedio por acuario, es decir el acuario I2 obtuvo 5,62 mg/kg, para el acuario I3 obtuvo 5,86 mg/kg, para el acuario I4 se obtuvo 9,36 mg/kg, para el acuario I5 se obtuvo 31,13 mg/kg y para el acuario I6 se obtuvo 5,96 mg/kg, además se analizó la muestra blanca teniendo un valor promedio de cobre de 7,43 mg/kg esto se llevó a cabo en los laboratorios: Docimasia – UNI y Espectrometría - UNI por el método de absorción atómica, asimismo se realizó por cada alevín una disección además de una mejor visión con el estereoscopio a 10 de aumento en el laboratorio de microscopía el cual se encuentra en la facultad de metalurgia de la UNI.

Por cada acuario se contaba con: termómetro el cual estuvo adherido al vidrio del acuario, termostato el cual servía para mantener la temperatura óptima de la especie en prueba, piedra difusora que transmitía oxígeno a través de la manguera que estuvo conectado a la bomba y éste a su vez enchufado en el tomacorriente, mallas; las cuales sirvieron para la extracción de los especímenes muertos.

El alimento que se le suministró en la etapa de aclimatación a los alevinos de tilapia gris fue alimento balanceado de la Molina “Crecimiento” exclusivamente para tilapia. Luego se realizó una simulación minera con el dato obtenido en el trabajo de investigación.

Cabe mencionar que los parámetros tomados durante los ensayos fueron con el equipo multiparámetro marca WTW midiendo de esta manera los parámetros físico químico tales como: pH, T (°C) y Oxígeno disuelto.

Palabras clave: Sulfato de cobre, bioensayo, minería, concentración media letal (LC₅₀), disección.

Determination of the lethal mean concentration (LC₅₀) of copper sulfate in gray tilapia fry *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

Helen Vanessa Valverde Obregón

Abstract

The objective of this research work was to determine the mean lethal concentration (LC₅₀) of copper sulfate in gray tilapia fry *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) by means of an acute and static bioassay. 2 aquariums were built for the preliminary stage and 6 aquariums for the final tests. The 6 aquariums were taken and worked at concentrations of 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 9 ppm exposing the aforementioned species (gray tilapia) for a period of 96 hours with the toxic copper sulfate. The species to be used in this research work, *Tilapia gris*, was acquired from the CIN ALFA EIRL aquaculture farm located in the city of Tarapoto in the San Martín region, 1000 gray tilapia fry were acquired, these were adapted to sanitary standards and prophylactic for research purposes, were brought by air by the company TRANSBER SAC.

A preliminary test was carried out with the purpose of knowing the specific ranges of the concentrations to be worked, then the 3 replications with the concentrations (0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm and 9 ppm) were obtained obtaining a final result of 2,88 ppm of copper. In addition, in the second trial the amount of copper of each specimen was analyzed for each aquarium, an average per aquarium was obtained, that is to say aquarium I2 obtained 5,62 mg/kg, for aquarium I3 obtained 5,86 mg/kg, for aquarium I4 9,36 mg/kg was obtained, for aquarium I5 31,13 mg/kg was obtained and for aquarium I6 5,96 mg/kg was obtained, in addition the white sample was analyzed having an average copper value of 7,43 mg/kg this was taken carried out in the laboratories: Docimasia - UNI and Spectrometry - UNI by the method of atomic absorption, a dissection was also performed for each fry in addition to a better vision with the stereoscope at 10 magnification in the microscopy laboratory which is located in the faculty of metallurgy of the UNI.

For each aquarium there was: thermometer which was attached to the aquarium glass, thermostat which served to maintain the optimum temperature of the species under test, diffuser stone that transmitted oxygen through the hose that was connected to the pump and this one in turn plugged into the outlet, meshes; which served to extract dead specimens.

The food that was supplied in the acclimatization stage to the gray tilapia fry was balanced food of the Molina "Growth" exclusively for tilapia. A mining simulation was then carried out with the data obtained in the research work.

It is worth mentioning that the parameters taken during the tests were with the WTW brand multi-parameter equipment, thus measuring the physical chemical parameters such as: pH, T (°C) and dissolved oxygen.

Key words: Copper sulfate, bioassay, mining, lethal mean concentration (LC₅₀), dissection.

I. Introducción

Los bioensayos agudos son pruebas biológicas, realizadas en laboratorios en condiciones simuladas, con exposiciones frente al contaminante en cortos periodos de tiempo. Generalmente, son usados para contener una estimación rápida de la toxicidad del contaminante o contaminantes, en condiciones ambientales controladas y similares a las del ambiente natural. Estas pruebas, sirven para establecer, los niveles de concentración de contaminantes que pueden ser usados para estudios crónicos. Una prueba preliminar, muy importante en la mayoría de los programas toxicológicos sobre organismos acuáticos, es la llamada “Prueba de la concentración media letal (LC₅₀)” (Zambrano, 1983).

La determinación de la toxicidad de una sustancia química, es que ofrece un rango de respuesta amplio, no obstante, es posible evaluar la homogeneidad de la población que se somete a prueba y establecer un valor preciso de la concentración letal y sus límites de confiabilidad, respecto al tiempo de respuesta de un animal sometido a un contaminante (Marchetti, 1960).

Los peces pueden actuar como organismos “centinela” para inferir el nivel de exposición de sustancias químicas tóxicas presentes en los ecosistemas acuáticos (Kilgour et al., 2005).

Los efectos tóxicos agudos provocan alteraciones de tipo respiratorio e ionoregulatorio y bajo exposiciones crónicas, se observan alteraciones en el sistema neurológico y endocrino, así como cambios celulares, bioquímicos y fisiológicos (Handy, 2003).

La toxicidad del cobre ha sido estudiada en algunas especies de peces, tales como tilapia azul (*Oreochromis aureus*) (Straus, 2003), curimbatá (*Prochilodus scrofa*) (Cerqueira y Fernandes, 2002; Mazon et al., 2002), trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Marr, 1998; Wilson y Taylor, 1993; McGeer et al., 2000), cachama negra (*Colossoma macropomum*) (Matsuo et al., 2005), juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Lozano, 2000), entre otros. (Velasco-Santamaría, Y.M.; Gómez-Manrique, W.; Calderón-Bernal, J.M. 2006).

La tilapia nilótica con el 82,11% de la producción mundial y la tilapia roja con el 16,46% son dos principales tipos de tilapia producidos en el mundo. La tilapia de Mozambique con el 1,07% de la producción y la tilapia azul con el 0,18% son otras dos variedades con alguna importancia en cuanto a volumen de producción mundial. Es decir de las variedades de tilapia mencionadas con anterioridad, la tilapia nilótica es la más producida a nivel mundial.

Considerando los daños ocasionados por el mal manejo y uso del sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), se realizó el presente trabajo utilizando alevinos de tilapia gris *Oreochromis niloticus*, con un peso aproximado de 0,55 g y una talla de 0,5 cm.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Las actividades mineras son responsables de una de las fuentes de contaminación por metales pesados más persistentes del planeta debido a estos residuos que suelen ser almacenados ocupando normalmente grandes superficies de terreno. Puesto que estos residuos están compuestos por una mezcla fangosa de roca finamente molida con altos contenidos en metales y restos de compuestos químicos empleados durante las operaciones de molturado y lavado del mineral, sus características son muy distintas a las de los suelos propiamente dichos. Por este motivo se trata de un residuo muy susceptible de ser erosionado, especialmente en áreas donde las lluvias presentan carácter torrencial (Jacob y Otte, 2004; Gieré et al., 2003). Por otro lado, una de las causas más importantes en la contaminación de las aguas es la generación de drenajes ácidos por la oxidación de los minerales con sulfuros como son las piritas (Sainz et al., 2003; Grande et al., 2005).

En enero 2001 relaves de Yanacocha en la cuenca del río Llaucano causó la muerte de 10 000 truchas en la piscigranja El Ahijadero y el río Llaucano (Flores, 2016).

Por todo lo expuesto anteriormente es importante determinar la concentración media letal (LC_{50}) para alevinos de tilapia gris ya que es una especie comercial además de ser la tilapia nilótica la de mayor producción mundial respecto a sus otras especies y en donde se podría ver expuestas por la actividad minera como por ejemplo los que usan sulfato de cobre en su transformación.

1.1.2. Formulación del problema

Por lo tanto, se realizarán los siguientes problemas en el presente trabajo de investigación:

1.1.2.1. Problema General

¿Cuál es el valor de la concentración media letal (LC_{50}) de sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris *Oreochromis niloticus*?

1.1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál es la concentración de sulfato de cobre en los especímenes de tilapia gris?

¿Cuáles son los efectos del sulfato de cobre en los alevinos de tilapia gris después de 96 horas de exposición?

1.2. Antecedentes

Según Romero, 2014 sostiene que las aplicaciones del sulfato de cobre ($CuSO_4$) son variadas siendo las principales en el sector agrícola, zootécnico, químico, textil y metalúrgico las siguientes: corrección de deficiencia de falta de cobre en suelos, micronutriente de plantas, reservorios y piscinas, complemento nutritivo en alimentación de animales de granja y el tratamiento químico de aguas. Además el sulfato de cobre II es usado en la industria para el tratamiento de aguas en donde su uso es empleado como alguicida.

Los relaves generados por las minas producen un impacto negativo a las zonas aledañas así como también a la fuente de agua cercana a estas tales como ríos, lagos y laguna generando no solo la mortalidad de las especies acuáticas sino también una acumulación de ciertos minerales tóxicos a los organismos acuáticos. Rensomi (1973,

citado por Zambrano, 1983) mencionó que numerosos metales pesados son concentrados en el cuerpo del pez en el orden de miles a decenas de miles de veces la concentración en el agua.

Se valoró la Concentración Letal Media (CL₅₀) en alevines de Tilapia Roja (*Oreochromis sp*) expuestos en soluciones de Sulfato de Cobre y se determinó de acuerdo al análisis estadístico Probit, la media de las dosis suministradas, fluctuó en 1,54 mg/l de CuSO₄ 5H₂O (Romero, 2014).

Concentración letal media (LC₅₀) de sulfato de cobre en animales acuáticos

El uso de bioensayos para la evaluación de toxicidad de sustancias liberadas al medio como es en este caso la (CL₅₀), se han convertido en herramientas ampliamente utilizadas en el campo de la ecotoxicología a nivel mundial para conocer los efectos en los diferentes ecosistemas, frente a la presencia de sustancias altamente tóxicas (Orozco, J. y A. Toro, 2007).

Toxicidad aguda del cobre (Cu²⁺) en postlarvas de camarón de río *Cryphiops caementarius* (Natantia, Palaemonidae)

Se evaluó la toxicidad del cobre sobre postlarvas de camarón de río *Cryphiops caementarius* mediante pruebas de toxicidad aguda, con el objetivo de determinar la concentración letal media (LC₅₀₋₉₆). Los resultados reflejaron que este estadio es muy sensible al cobre, encontrando valores de LC₅₀₋₉₆ de 0,546 mg.l⁻¹. La sobrevivencia y la actividad natatoria fueron afectadas por el cobre, disminuyendo a medida que aumenta la concentración, encontrándose que las concentraciones nocivas fueron 1,0 y 2,0 mg.l⁻¹ (63,3 y 100% mortalidad para 96 h); las concentraciones de 0,16 y 0,25 mg.l⁻¹ fueron tolerables (0% de mortalidad para 48 h). Se realizaron pruebas de toxicidad aguda tipo estático de 96 horas de duración, en acuarios de vidrio de 2 litros

de capacidad. Las diluciones se consiguieron de una solución stock 3,92 g.l-1 de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), se utilizaron 6 tratamientos (0,16; 0,25; 0,5; 0,8; 1,0; 2,0 mg.l-1) y un grupo “control” libre de sustancia tóxica (0 mg.l-1) en agua dulce, cada tratamiento con 3 réplicas respectivamente (APHA, 1991; Castillo, 2004).

Estrés producido por concentraciones terapéuticas de sulfato de cobre en *Carassius auratus* (Pisces, Cyprinidae).

Con el fin de evaluar si el tratamiento terapéutico con sulfato de cobre producía estrés, los juveniles de *Carassius auratus* se expusieron en baños de sulfato de cobre por 30 min a concentraciones de 0,5 y 1,0 mg Cu^{2+}/l , denominadas C1 y C2, respectivamente. En cada experimento se incluyeron grupos testigo. El estrés se cuantificó mediante la prueba del oxígeno disuelto residual (ODR, mg O_2/l) en carpas pequeñas (Clase A: $1,67 \pm 0,12$ g) y grandes (Clase B: $2,57 \pm 0,18$ g). Los resultados demostraron que para la Clase A, la exposición a C2 fue estresante; el ODR fue 35,7% mayor que en los testigos y 50% más alto que en C1 ($P < 0,05$).

El consumo de oxígeno fue 39,5% más elevado que en los testigos y 52,6% mayor que en C1 ($P < 0,05$). Al comparar ambas clases de peso, en C1 el ODR de la Clase A fue similar al de la Clase B y en C2 fue 42,9% mayor que en ésta. La tasa de consumo de oxígeno (TCO) fue 32,7% menor en la Clase A que en la Clase B y en C2, 39,5% más alta en la primera. La eficiencia de extracción de oxígeno (90%) fue similar en todos los grupos. Los resultados obtenidos son importantes para el cultivo de *C. auratus* juvenil considerando mantenimiento y alimentación (36% proteína). Para los tratamientos con sulfato de cobre se recomienda el procedimiento empleado en este estudio, con objeto de evitar que el efecto adverso del cobre sea enmascarado. (Vázquez, Maldonado, Marañón & Espina. 2005).

Toxicidad aguda del sulfato de cobre (CuSO₄) en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) bajo condiciones de aguas blandas.

Para determinar de manera preliminar la toxicidad aguda del CuSO₄ en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), 110 individuos fueron expuestos a siete concentraciones, así: 0 (control), 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 y 4,0 ppm, utilizando acuarios en un sistema semi estático. La dureza del agua en términos de CaCO₃ se mantuvo constante en 20 ppm durante todo el período experimental. Individuos expuestos a 2,0 y 4,0 ppm manifestaron cuadros de hiperexcitación, alternados con letargia y pérdida del eje de nado, con una mortalidad de 100% a las 24 y 6 h, respectivamente. En los individuos expuestos a 1,0 y 1,5 ppm, la mortalidad acumulada a las 24 h de exposición fue de 55 y 90%, respectivamente. Así mismo, estos grupos presentaron aumento moderado en la producción de moco a nivel branquial, acompañado de manifestaciones clínicas de disnea. En los individuos expuestos a 4,0 ppm se observó microscópicamente hiperplasia epitelial interlamelar junto con fusión y congestión lamelar severa. Por otro lado, en individuos expuestos a 0,5 ppm se observó hiperplasia epitelial interlamelar e interfilamental, así como infiltrado de células inflamatorias, principalmente granulocitos. La concentración letal 50 (CL₅₀) al cabo de 48 h de exposición fue de 0,94 ppm (0,82 – 1,08, IC 95%). Estos resultados preliminares permiten inferir que bajo las concentraciones y condiciones del presente ensayo (dureza total de aproximadamente 20 ppm), los alevinos de cachama blanca son relativamente susceptibles a los efectos tóxicos del sulfato de cobre.

El aumento de las actividades industriales y el uso de Sulfato de Cobre (CuSO₄) como fungicida en las prácticas agrícolas, así como en el control de las algas y agentes patógenos en estanque de organismos acuáticos, han aumentado la concentración de

cobre en los sistemas acuáticos. La toxicidad de cobre para peces es de una letalidad aguda, altera la función de las branquias y el hígado, causando graves cambios en estos órganos; la absorción de este elemento en los peces de agua dulce se produce principalmente en las branquias, seguido de la piel y los intestinos (Carvalho y Fernández, 2008).

Las condiciones favorables que convierten a las tilapias en uno de los grupos más apropiados para cultivos son: la resistencia a soportar bajas concentraciones de oxígeno, rangos variados de salinidad, gran resistencia física, crecimiento acelerado, tolerancia a enfermedades, aprovecha bien la productividad natural del estanque, y también hace buen uso de alimentos balanceados suplementarios (Castillo y Campos, 2000).

Los metales pesados constituyen los mayores contaminantes químicos tanto en países desarrollados como subdesarrollados. Estos elementos no desaparecen del ambiente, sino que solamente pueden ser transferidos a otros lugares. Algunos metales pesados pueden permanecer en solución, una proporción de ellos se acumulan en los sedimentos y otros en las aguas de los ríos, estuarios o mares (Lloyd, 1992).

Velasco-Santamaria, et al. (2006), determinaron que la concentración letal 50 (CL₅₀) de Sulfato de cobre al cabo de 48 horas de exposición fue de 0,94 ppm (0,82 – 1,08 IC 95%) para cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), indicando que con una dureza del agua de 20 ppm los alevines de cachama blanca son relativamente susceptibles a los efectos tóxicos del sulfato de cobre.

Asimismo Romero (2014), manifestó que la concentración letal media (CL₅₀) de sulfato de cobre pentahidratado (CuSO₄.5H₂O) en alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con un peso promedio de 1 gramo, fue de 1,54 mg/l.

Naranjo-Gómez et al. (2013) determinaron la concentración letal media (CL₅₀) del mercurio a 96 horas para la cachama blanca *Piaractus brachypomus* estimando un valor de 0,56 mg Hg/l e indicando que fue un valor cercano a lo registrado en otras especies de peces y representa el primer registro de toxicidad aguda para el mercurio en cachama blanca.

Naranjo-Gómez, J., Vargas-Rojas, L. y Rondón-Barragán, I. 2013. Toxicidad Aguda de Cloruro de Mercurio (HgCl₂) en Cachama Blanca, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). Actual Biol 35(98), 85 Rai et al., (2015) determinaron la toxicidad aguda de cobre y cobalto en tilapia nilotica durante dicha investigación del CL₅₀ en 96 horas (h) en condiciones controladas de laboratorio con un pH constante de 7,25 dureza total de 255 mg/L y la temperatura de 30°C; se evaluaron los parámetros físico químicos del agua como pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, dióxido de carbono, amoníaco total, calcio, sodio, magnesio, potasio y dureza total, se controlaron a intervalos de 12 h cada prueba. Los peces fueron expuestos a diferentes concentraciones de cobre y cobalto por separados, se inició a partir de cero con un incremento de 0,05 y 0,5 mg/L. Después de la exposición de 96 h, se aplicó varias concentraciones de cada metal, los datos de mortalidad de peces se registraron con tres réplicas para cada concentración. La CL₅₀ a 96 horas y concentraciones letales para cada metal fue calculada utilizando Probit con intervalo de confianza del 95%. En 96 h las concentraciones letales de cobre CL₅₀ se calcularon de la siguiente manera: 25,00 ± 0,65 y 47,56 ± 1,18 mg/L, respectivamente. Sin embargo, los límites de tolerancia de peces para cobalto, en términos de CL₅₀ de 96 horas y concentraciones letales se calcularon como 96,14 ± 0,58 y 178,46 ± 2,04, respectivamente. Los límites de tolerancia de los peces, tanto Toxicidad del sulfato cúprico (CuSO₄) y cloruro

mercúrico (HgCl_2) en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) bajo estrés alimenticio en laboratorio Carlos A. Bravo S. y Karina E. Domínguez D. 34 para el cobre y el cobalto variaron significativamente en términos de CL_{50} de 96 horas y concentraciones letales. Sin embargo, los peces fueron significativamente más tolerantes al cobalto que la del cobre. Con el aumento de iones metálicos y las concentraciones de los medios de ensayo, el nivel de amoníaco y dióxido de carbono aumentando, mientras que la de oxígeno disuelto disminuyó constantemente. El amoníaco total mostró relación significativa directa con dióxido de carbono, mientras que la misma se mantuvo significativamente negativa con el oxígeno disuelto la disminución del oxígeno por el consumo de oxígeno de los peces, el estrés, a diferentes concentraciones de cobre y cobalto que el aumento de la excreción de amoníaco de los peces.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la concentración media letal (LC_{50}) de sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).

1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar la concentración de sulfato de cobre en los especímenes de tilapia gris.

Conocer los efectos del sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris después de 96 horas de exposición.

1.4. Justificación

Es importante tener presente que el impacto producido por la industria minera energética legal e ilegal en el entorno natural es cada vez mayor, ejemplo de esto se

manifiesta en los altos índices de contaminación de agua, aire y suelo que padecen algunos municipios de la nación a causa de la explotación de sus territorios (Pérez, et, al. 2016).

Como lo señala (Yupari, 2003), la actividad minera se ha desarrollado en América Latina por siglos, generando diversos tipos de residuos. Las viejas prácticas mineras y el manejo inadecuado de los residuos, así como la falta de normas precisas que regulen el cierre de minas ha permitido la acumulación de pasivos ambientales mineros a lo largo de extensas áreas, provocando la contaminación de recursos naturales que han puesto en riesgo la salud pública (Hazin, 2013).

Una de los problemas en la minería son los derrames de relaves tal como lo menciona Pinto,2010. La contaminación ha dañado suelos, flora, fauna y los cauces de los ríos. Miles de truchas ha muerto y también otras especies acuáticas. Toda especie de seres vivos que habitaban los ríos ha muerto como consecuencia del derrame de relaves.

La minería genera impactos negativos uno de ellos es la contaminación de aguas, suelos, y aire siendo la más importante la del agua ya que es un bien de primera necesidad para los seres vivos por lo que es imprescindible conocer a que concentración media letal (LC_{50}) del tóxico en este caso el sulfato de cobre podría generar posibles daños en los alevinos de tilapia gris ya que como se mencionó con anterioridad es una especie comercial siendo ésta la de mayor producción mundial referente a sus otras especies.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Al exponer una población de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) durante un periodo de 96 horas bajo el contaminante sulfato de cobre, la concentración media letal (LC₅₀) se encontrará en el rango de concentración usado (1 ppm a 9 ppm).

1.5.2. Hipótesis Específicas

La concentración de sulfato de cobre en los especímenes de tilapia gris se encontrará en un rango de 0 ppm a 9 ppm.

Los efectos del sulfato de cobre en tilapia gris después de 96 horas de exposición serán perjudiciales en rangos de 1 ppm a 9 ppm.

II. Marco Teórico

2.1. Bases Teóricas

2. 1.1. Sulfato de cobre

El sulfato de cobre, también llamado sulfato cúprico (CuSO_4), vitriolo azul, piedra azul, caparrosa azul, vitriolo romano o calcantita es un compuesto químico derivado del cobre que forma cristales azules, solubles en agua y metanol y ligeramente solubles en alcohol y glicerina. Su forma anhidrica (CuSO_4) es un polvo verde o gris-blanco pálido, mientras que la forma hidratada ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) es azul brillante (Romero, 2014).

2.2. Usos del sulfato de cobre

2.2.1 Tratamiento de agua potable

Las aguas superficiales están expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar su calidad biológica y ocasionar cambios simples o complejos y con diferentes niveles de intensidad. Esta alteración se puede originar en eventos naturales o en actividades antropogénicas, como el uso doméstico del agua y la consiguiente producción de aguas residuales, de la industria, minería y agricultura, entre otras (Vargas, 2004).

El control de la densidad de algas en las fuentes de agua destinadas al abastecimiento debe efectuarse en forma preventiva. Se debe limitar el ingreso de nitrato y de fosfatos a la fuente. En el caso de que se requiera un proceso correctivo, este puede efectuarse mediante el uso de alguicidas como el sulfato de cobre, el cloro o una combinación de ambos (Vargas, 2004).

La adición de un pre tratamiento químico con sulfato de cobre o permanganato de potasio reduce las microcystinas en un promedio de 61%. La coagulación con aluminio seguida de una sedimentación reduce un promedio de 96%. También se ha obtenido una buena remoción de toxinas con carbón activado (Vargas, 2004).

El uso de alguicidas debe efectuarse con criterio técnico, debido a que, como su nombre lo dice, ocasionan la muerte masiva de algas y es posible que su uso inadecuado conduzca a la producción de olores desagradables y a una alteración del sabor del agua en los reservorios (Vargas, 2004).

2.2.2. Control de poblaciones de mejillones en el cultivo de camarón

Los excesos de poblaciones de mejillones en los fondos de estanques de cultivo del camarón marino causan una fuerte disminución de las poblaciones de fitoplancton, lo cual, a su vez, resulta en aguas totalmente claras y como consecuencia el camarón tiene un pobre crecimiento. Los mejillones consumen el fitoplancton filtrando agua a través de sus cilios. El otro efecto negativo de las sobrepoblaciones de mejillones en el cultivo de camarón, que incluso puede causar la muerte del camarón, es la reducción de la alcalinidad a concentraciones menores de 70 ppm de CaCO_4 . Los mejillones necesitan Carbonato de calcio para el mantenimiento y crecimiento de sus conchas. Ante estas continuas y excesivas infestaciones, el uso de compuestos de cobre se ha convertido en los químicos más usados para controlar esta plaga en estanques de cultivo de camarón (Romero, 2014).

Los iones de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) a una concentración de 0,01 ppm, son más tóxicos al mejillón durante el desarrollo temprano en su ciclo de vida, desde su fertilización hasta la etapa de belígero (Yaroslavtseva & Sergeeva, 2007). El tratamiento disminuye su eficacia conforme avanza la colonización en su etapa adulta (Romero, 2014).

Otro compuesto usado para el control de mejillones es el citrato sódico de cobre a una concentración de 500 ppm (Brown & Newell, 1972). Este compuesto inhibe la concentración de oxígeno en toda la almeja y especialmente en el tejido de las branquias donde causa una supresión metabólica de los cilios causándole la posterior muerte (Brown & Newell, 1972).

2.2.3 Utilización del sulfato de cobre en control de algas

Hay muchos agentes químicos para el control de algas, entre los más comunes está el sulfato de cobre. El sulfato de cobre en agua se disocia en el cátodo de cobre y el ánodo de sulfato. El cobre, siendo un metal pesado es tóxico para la mayoría de los seres vivientes. Como la mayoría de los alguicidas químicos, el resultado se observa rápidamente con una relativamente baja concentración de cobre (Romero, 2014).

Como la mayoría de las plantas fotosintéticas, las algas liberan oxígeno que puede ser benéfico para la ecología global del estanque, sin embargo, cuando el brote de algas es demasiado, pueden afectar no solo la estética del estanque, sino interferir en la ecología y funcionalidad de éste (Romero, 2014).

Algunas de las algas perjudiciales encontradas más comúnmente en los estanques incluyen las algas filamentosas *Spirogira*, *Fotófora*, *Chara*, *Nitella* e *Hidrodictyon* también conocidas como “red de agua” (Romero, 2014).

2.2.4 Utilización del sulfato de cobre en cultivos de peces

El sulfato de cobre es utilizado habitualmente en las piscifactorías para la prevención y control de patógenos (hongos, bacterias, parásitos) y algas, también se utiliza en acuarios marinos para el tratamiento de parasitosis externas. Esta acción protectora del cobre parece estar relacionada con la absorción del metal a través de los epitelios o mucosas del pez, inhibiendo la invasión/crecimiento bacteriano y protegiendo, a su vez al pez, contra la infección (Romero, 2014).

Es ampliamente conocido que concentraciones demasiado bajas de cobre, no son efectivas para controlar las enfermedades y, por el contrario, altas concentraciones de cobre pueden ser tóxicas para los organismos, debilitando su sistema inmune y aumentando la susceptibilidad de los peces a desarrollar enfermedades infecciosas (Romero, 2014).

2.3. Bioensayo

Proceso experimental mediante el cual se determinan las características y la fuerza de una sustancia potencialmente tóxica o de un desecho metabolito, a través del estudio de sus efectos sobre organismos cuidadosamente escogidos y bajo condiciones específicas de laboratorio (Mata & Quevedo 1998).

2.3.1 Tipos de Bioensayos

2.3.1.1 Bioensayos de Tipo Agudo

Llamado también de tiempo corto, se caracteriza por tener un tiempo de duración máximo de hasta 96 horas. El objetivo es buscar la muerte de las especies (Zambrano & Molina, 2012).

2.3.1.2 Bioensayos de tipo Crónico o Subletal

Llamado también de tiempo prolongado, es aquel que dura más de 96 horas e inclusive puede llegar a la tercera generación de la especie. El objetivo es observar síntomas o efectos preliminares que causa el contaminante más no la mortalidad. Para determinar estos efectos se hacen análisis histológicos de los principales órganos como cerebro, corazón, hígado, etc. Si los efectos son a nivel genético estos se pueden apreciar en las siguientes generaciones (Zambrano & Molina, 2012).

2.3.2 Contaminación

La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos) (Bermúdez, 2010).

2.3.2.1 Contaminante

Un contaminante es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio ambiente, y generalmente, se genera como consecuencia de la actividad humana. Para que exista contaminación, la sustancia contaminante deberá estar en cantidad relativa suficiente como para provocar ese desequilibrio. Esta cantidad relativa puede expresarse como la masa de la sustancia introducida en relación con la masa o el volumen del medio receptor de la misma. Este cociente recibe el nombre de concentración. Los agentes contaminantes tienen relación con el crecimiento de la población y el consumo (combustibles fósiles, la generación de basura, desechos industriales, etc.), ya que, al aumentar éstos, la contaminación que ocasionan es mayor. Por su consistencia, los

contaminantes se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. Se descartan los generados por procesos naturales, ya que, por definición, no contaminan. Los agentes sólidos están constituidos por la basura en sus diversas presentaciones. Provocan contaminación del suelo, del aire y del agua. Del suelo porque produce microorganismos y animales dañinos; del aire porque produce mal olor y gases tóxicos, y del agua porque la ensucia y no puede utilizarse. Los agentes líquidos incluyen las aguas negras, los desechos industriales, los derrames de combustibles derivados del petróleo, los cuales dañan básicamente el agua de ríos, lagos, mares y océanos, y con ello provocan la muerte de diversas especies. Los agentes gaseosos incluyen la combustión del petróleo (óxido de nitrógeno y azufre) y la quema de combustibles como la gasolina (que libera monóxido de carbono), la basura y los desechos de plantas y animales (Bermúdez, 2010).

2.3.2.2 Clasificación de los contaminantes

2.3.2.2.1 Contaminantes no degradables: Son aquellos contaminantes que no se descomponen por procesos naturales. Por ejemplo, son no degradables el plomo y el mercurio. La mejor forma de tratar los contaminantes no degradables (y los de degradación lenta) es por una parte evitar que se arrojen al medio ambiente y por otra reciclarlos o volverlos a utilizar. Una vez que se encuentran contaminando el agua, el aire o el suelo, tratarlos, o eliminarlos es muy costoso y, a veces, imposible.

2.3.2.2.2 Contaminantes de degradación lenta o persistente: Son aquellas sustancias que se introducen en el medio ambiente y que necesitan décadas o incluso a veces más tiempo para degradarse. Ejemplos de contaminantes de degradación lenta o persistente son el DDT y la mayor parte de los plásticos (Bermúdez, 2010).

2.3.2.3 Tipos de contaminación

- Contaminación del agua.
- Contaminación del aire.
- Contaminación del suelo.

2.3.2.3.1 Contaminación del agua

Se entiende por contaminación del medio hídrico o contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales (Bermúdez, 2010).

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúne las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural. En los cursos de agua, los microorganismos descomponedores mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio (Bermúdez, 2010).

Hoy en día, sin embargo, a los aportes naturales se añaden cantidades cada vez mayores de desechos generados por nuestras sociedades, especialmente aguas residuales cargadas de contaminantes químicos y de productos de desecho procedentes de la industria, la agricultura y la actividad doméstica, pero también de residuos radiactivos y de otros tipos (Bermúdez, 2010).

2.3.2.3.2 Contaminación del aire

Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y

bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas. Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles y Calefacción residenciales, que generan dióxido de carbono y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Igualmente, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa. La contaminación atmosférica puede tener carácter local, cuando los efectos ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo, o planetario, cuando por las características del contaminante, se ve afectado el equilibrio del planeta y zonas alejadas a las que contienen los focos emisores (Bermúdez, 2010).

2.3.2.3.3 Contaminación del suelo

Cuando en el suelo se deposita de forma voluntaria o accidental diversos productos como papel, vidrio, plástico, materia orgánica, solventes, plaguicidas, residuos peligrosos o sustancias radioactivas, etc. En lo concerniente a la contaminación de suelos su riesgo es primariamente de salud, de forma directa y al entrar en contacto con fuentes de agua potable.

La delimitación de las zonas contaminadas y la resultante limpieza de esta son tareas que consumen mucho tiempo y dinero, requiriendo extensas habilidades de geología, hidrografía, química y modelos a computadora (Bermúdez, 2010).

2.4. Taxonomía

Fuente: FONDEPES, 2003

Phylum: Vertebrata

Sub Phylum: Craneata

Superclase: Gnostomata

Serie: Piscis

Clase: Teleastei

Subclase: Actinopterigii

Orden: Perciformes

Suborden: Percaidei

Familia: Cichlidae

Género: *Oreochromis*

Especie: *Oreochromis niloticus*

2.4.1 Descripción de *Oreochromis niloticus*

La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento (Toledo, 2005).

2.4.2 Características generales

Existen diferencias marcadas entre las cuatro especies de tilapia y que pueden resumirse en el siguiente cuadro:

Tabla 1

Morfología de las cuatro especies del género Oreochromis

Área de pigmentación	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis aureus</i>	<i>Oreochromis u. hornorum</i>	<i>Oreochromis mossambicus</i>
Cuerpo	Verde metálico, ligeramente gris (macho)	Gris azulado	Negro, acentuado en el macho	Gris oscuro
Cabeza	Verde metálico	Gris oscuro	Gris	Gris oscuro
Color de ojos	Café	Café	Negro	Negro
Región ventral	Gris plateado	Gris claro con manchas rojizas	Gris	Gris claro
Papila genital	Blanca	Blanca a brillante claro	Rosada	Blanca
Borde aleta dorsal	Negra a oscura	Fuertemente roja o rojiza	Roja	Ligeramente roja
Porción terminal aleta caudal	Roja, bandas negras, bien definidas, borde circular	Roja, bandas difusas y punteadas	Roja	Ligeramente roja
Perfil dorsal	Convexo	Convexo	Cóncavo	Cóncavo
Labios	Negros	Labio inferior blanco	Gruesos negros	Negros

Fuente: Dirección Nacional de Acuicultura - Ministerio de la Producción (2003)

Ventajas de la especie como cultivo según FONDEPES, 2003:

- ✓ Crecimiento rápido
- ✓ Hábitos alimenticios adaptados a alimento artificial
- ✓ Tolerancia a altas densidades de siembra
- ✓ Tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno
- ✓ Tolerancia a altos niveles de amonio y bajos valores de pH
- ✓ Fácil manejo, resistencia al manipuleo en siembra, traslados y cosechas

- ✓ Capacidad de alcanzar tamaños comerciales antes de su madurez sexual
- ✓ Facilidad de reproducción
- ✓ Apariencia atractiva para diferentes mercados
- ✓ Buena conversión alimenticia, ganancia de peso, sobrevivencia, etc

2.4.3 Hábitos alimenticios

El género *Oreochromis* se clasifica como Omnívoro, por consumir diversidad de alimentos, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares, bacterias, y zooplancton.

Las Tilapias son peces provistos de branquiespinas, los cuales pueden filtrar el agua para obtener su alimento basado en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos (López y Cruz, 2011).

2.4.4 Hábitos reproductivos

La Tilapia es una especie ovípara, que se reproduce naturalmente, y aunque pone pocos huevos (de 1000 a 2000 por hembra como promedio por puesta) es muy prolífera y puede reproducirse desde los 30 cm una vez cada 45 días, por ser una desovadora parcial. Es omnívora, con preferencia por el fitoplancton (Yordan, 2008).

2.4.5 Enfermedades de la tilapia

Uno de los inconvenientes que presenta el cultivo de tilapia es la aparición de enfermedades en edades tempranas (larvas y alevines) causadas por hongos, parásitos, crustáceos, y un gran número de bacterias (Conroy, 2004), por lo cual se ve afectado el desarrollo y crecimiento del pez (Moriarty, 1999).

2.4.6 Parámetros de cultivo

Según Lozano y López (2001), los parámetros físicos y químicos de mayor importancia que se deben considerar en cultivo de tilapia son: Oxígeno disuelto, temperatura, pH, nitrito, amoníaco, cloro, cobre, metales pesados como mercurio, zinc y hierro, acidez, alcalinidad, dureza, gases tóxicos, fosfatos, cloruros, sulfatos, sólidos en suspensión y otros. La tabla 2, muestra el rango óptimo de los parámetros físicos y químicos del agua en el cultivo de tilapia.

Tabla 2
Parámetros físicos químicos requeridos en el cultivo de Tilapias

Parámetro	Rango óptimo
pH	6,5 - 9
Temperatura	Mínima 24 °C
Amonio Tóxico (NH) ₃	0,01 – 0,1 mg/l
Nitritos (NO ₂ - N)	< 0,1 mg/l
Alcalinidad	0,1 – 0,2 mg/l
Dureza (CaCO ₃)	50 – 350
Dióxido de carbono	< 20 mg/l
Oxígeno	Mínimo: 4,5 mg/l
Fosfatos	0,6 – 1,5 mg/l
Cloruros	< 5 mg/l
Sulfatos	< 18 mg/l

Fuente: Norma Mexicana para crianza de Tilapia PC-058-2006

III. Método

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación empleado en el presente trabajo de investigación es de tipo explicativa.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1 Ámbito temporal de la tesis

Las fechas en las cuales se trabajó el presente trabajo de investigación son las siguientes:

- Construcción de los acuarios del 01/03/19 al 08/03/19
- Aclimatación del 14/03/19 al 25/03/19
- Bioensayo preliminar del 26/03/19 al 30/03/19.
- Ensayo N°1 del 03/04/19 al 07/04/19.
- Ensayo N°2 del 07/04/19 al 11/04/19.
- Ensayo N°3 del 13/04/19 al 17/04/19.
- Ensayo N°4 del 18/04/19 al 22/04/19
- Determinación de la concentración de cobre en cada espécimen por el método de absorción atómica fue del 17/04/19 al 26/04/19
- Disección de los especímenes en el tercer ensayo fue del 27/04/19 al 04/05/19
- Simulación en la actividad minera con los resultados obtenidos luego del análisis de cobre en los especímenes fue del 06/05/19 al 14/06/19.

3.2.2 Ámbito espacial de la tesis: Los ensayos del presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el distrito de San Martín de Porres, en un ambiente adecuado y controlado (6 m de largo y 3 m de ancho); que estuvo en óptimas condiciones similar al laboratorio de toxicología de la FOPCAA.

3.3. Variable

La variable que se estudió fue la concentración medial letal (LC_{50}) de sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris por un periodo de 96 horas.

3.4. Población y muestra

Inicialmente se contó con 1000 ejemplares, los cuales pasaron por la etapa de aclimatación en la cual se fueron adaptando a su medio, de estas se utilizó 10 ejemplares por acuario es decir 60 ejemplares al azar por ensayo.

3.5. Instrumentos

3.5.1 Materiales

- Mascarilla media cara con filtros mixtos 3M
- Gorra
- Guantes de látex
- 6 vasos precipitados de 250 ml
- 6 Malla Colectora
- 6 pipetas
- 1 Regla
- Ictiómetro

- Bagueta
- Frasco de polietileno
- Fiola de 1L, 10ml
- Papel toalla
- Marcador
- Acuarios de 120x60x60 cm
- 6 Acuarios de 60x30x30 cm
- 1 Balde
- Piedras difusoras
- Pizeta
- 8 bombas
- Mangueras
- Termómetro de mano
- Probeta
- Tubos de ensayo
- Embudo de vidrio
- Papel filtro Whatman N°42
- Portaembudos
- Ladrillos
- Agua destilada
- Porta objetos
- Bolsas herméticas
- 1 Cooler

- Hielo
- Vasos altos de precipitado
- Pera de goma
- Luna de reloj
- Lápiz
- Hojas
- Cronometro
- Detergente
- Pipeta graduada
- Cintas indicadoras de pH
- Espátula de metal con mango de madera

3.5.2 Equipos

- Esteroscopio
- Multiparametros
- Espectrofotómetro
- Balanza Analítica
- Balanza gramera
- Equipo de disección
- Plancha de calentamiento

3.5.3 Reactivos

- Ácido Clorhídrico 12N y 6N
- Sulfato de cobre pentahidratado

3.5.4 Características de instrumentos y materiales:

- Multiparametro de la marca WTW
- Materiales de vidrio PIREX incoloro
- Botellas de polietileno
- Espátula de metal con mango de madera.
- Papel filtro marca Whatman N°42

3.6. Procedimientos

3.6.1 Tratamiento experimental

Se realizó un ensayo preliminar con 6 acuarios a concentraciones de 0; 0,001; 0,01; 0,1; 1,0 y 10 ppm de la solución patrón (1 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ diluido en 1 l agua destilada), 1 ensayo con 6 acuarios a concentraciones de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 ppm de la solución patrón (1g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ diluido en 1 l agua destilada) y 3 ensayos (6 acuarios por cada ensayo) a concentraciones de 0, 1, 3, 5, 7 y 9 ppm de la solución patrón (1g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ diluido en 1 l agua destilada).

3.6.2 Número de pruebas

Se realizó 1 prueba preliminar a concentraciones de: 0; 0,001; 0,01; 0,1; 1,0 y 10 ppm en 6 acuarios, 1 ensayo a concentraciones de: 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 ppm y 3 ensayos a concentraciones de: 0, 1, 3, 5, 7 y 9 ppm (6 acuarios por ensayo).

3.6.3 Número de repeticiones

Se hizo una corrida del ensayo preliminar (a concentraciones de: 0; 0,001; 0,01; 0,1; 1,0 y 10 ppm), 1 corrida del ensayo (concentraciones de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 ppm) y 3 corridas del ensayo final (concentraciones de 0, 1, 3, 5, 7 y 9 ppm).

3.6.4 Parámetros de control

Los parámetros físico químicos de control que se tomaron siguiendo una hora determinada y diariamente fueron de: pH, temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/l).

3.6.5 Sustancia de prueba

El reactivo al cual fueron sometidos los alevinos de tilapia gris *Oreochromis niloticus* fue el sulfato de cobre pentahidratado.

3.6.6 Organismos de prueba

Se tomaron 300 alevinos de tilapia gris *Oreochromis niloticus*

3.6.7 Concentración de la sustancia de prueba

La concentración a la que se trabajó fue de 1 g/l de la solución patrón. Es decir se pesó 1 g de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y se diluyó en 1 l de agua destilada.

Es decir para el ensayo preliminar, a los 6 acuarios que estaban a concentraciones de 0,001; 0,01; 0,1; 1,0 y 10 ppm se calculó el volumen de reactivo a echar mediante los cálculos matemáticos ($C_1V_1 = C_2V_2$), todo partiendo de la solución patrón. Lo mismo se llevó a cabo para el ensayo que tuvo concentraciones a 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 ppm y finalmente para el ensayo final que tuvo concentraciones de 0, 1, 3, 5, 7, 9 ppm.

3.6.8 Criterio de aceptación

Debe existir mortalidad de las especies caso contrario, es decir si existe supervivencia se descarta.

3.7. Análisis de datos

3.7.1 Unidad de análisis

Se optó por usar 10 alevinos de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en cada uno de los acuarios; las cuales estaban a diferentes concentraciones (0ppm, 1ppm, 3ppm, 5ppm y 7ppm y 9ppm).

3.7.2 Método de ensayo

El presente trabajo de investigación se basó en un bioensayo agudo y estático ya que el flujo de agua que contenía los acuarios fue constante, es decir no hubo recambio de agua en el periodo de 96 horas, tanto como en el ensayo preliminar y los ensayos finales.

3.8 Acuarios

Previo a iniciar con el presente trabajo de investigación lo que se realizó fue la construcción de 2 acuarios de 120 cm de largo x 60 cm ancho x 60 cm altura; vidrio incoloro con un espesor de 8 mm (acuarios de aclimatación) y 6 acuarios de 60 cm de largo x 30 cm ancho y 30 cm altura con un espesor de 6 mm (peceras donde se llevó a cabo la parte experimental).

3.8.1 Construcción de los acuarios

3.8.1.1 Materiales

- Plancha de vidrio
- Mandil
- Cortador de vidrio
- Vidrio

- Silicona
- Aluminio
- Cinta de embalaje
- Tiner acrílico
- Lápiz de color

3.8.1.2 Equipos

- Guillotina
- Pulidora

3.8.1.3 Procedimiento

Se midió una plancha de vidrio a la medida requerida con un lápiz de color y se procedió a cortar obteniendo pedazos irregulares quedando con protuberancias por lo que se usó la pulidora y se procedió a pulirla teniendo contornos lisos de los pedazos de vidrio que se obtuvo luego de ser cortado (Ver figura 1).

Luego de obtener pedazos de vidrio bien pulido se procedió a unirlos pegándolos inicialmente con cinta de embalaje los 2 primeros vidrios para evitar que se cayeran e inmediatamente después de tenerlos juntos y sin posibilidad de caerse; ambos pedazos se pegó con silicona marca Silirub R Av. (Ver Figuras 2 y 3).

Se realizó este proceso hasta culminar los 8 acuarios, luego de ello los 8 acuarios fueron colocados en una mesa. Mientras los acuarios secaban; se cortó con ayuda de la guillotina trozos de aluminio para después pegarlos a las esquinas de los acuarios, esto fue con la finalidad de darles mayor seguridad a los acuarios (Ver figura 4).

Se tomó el tiner acrílico (Ver figura 5) y se limpió con éste todos los acuarios por dentro y por fuera, terminado este proceso se dejó que seque bien por un periodo de 2 días

para luego verter agua con ayuda de una manguera a los 8 acuarios con la finalidad de comprobar que no estén rajados ni que existiese alguna fuga.



Figura 1. Pulida de los bordes de los vidrios.



Figura 2. Aseguramiento de los acuarios.



Figura 3. Pegado de acuarios con silicona.



Figura 4. Trozos de aluminio cortados con la guillotina.



Figura 5. Tiner para limpieza de vidrios.

3.8.2 Comprobación e implementación de los acuarios

3.8.2.1 Materiales

- Manguera
- Agua de caño
- Bombas doble salida
- Piedras difusoras
- Mallas colectoras
- Mangueras de oxígeno
- Sillas
- Termómetros
- Extensiones
- Cintas indicadoras de pH

3.8.2.2 Equipos

- Termostatos
- Ventilador

3.8.2.3 Procedimiento

A los acuarios de aclimatación (120 cm de largo x 60 cm de ancho x 60 cm de altura con un grosor de 8mm) se llenó con agua de caño, se dejó por 2 días y se procedió a hacer un cambio de agua total de esos 2 acuarios, esto fue con la finalidad de asegurar que por ser nuevos los acuarios, la silicona no matase a los alevinos que pronto llegarían (Ver Figura 6).

- Con el cambio por segunda vez de agua de caño, se dejó reposando por 3 días esto con la finalidad que no hubiese cloro. Además, se instaló piedras difusoras, bombas, mangueras de oxígeno y termostatos para la llegada de los alevinos de tilapia gris.
- Finalmente se tomó los parámetros de pH y temperatura de los acuarios de aclimatación.



Figura 6. Llenado de acuario de aclimatación.

3.9 Infraestructura de los soportes de los acuarios

3.9.1 Materiales

- Melanina
- Clavos
- Martillo
- Lija
- Regla
- Lápiz
- Metro

3.9.2 Equipo

- Taladro

3.9.3 Procedimiento

Lo que se realizó para que todos los acuarios tengan un soporte fue construir 2 pequeños muebles tomando como base a la melamina color blanco.

Primero se midió el largo requerido de la melamina para el caso de los soportes de las 2 acuarios de aclimatación el cual fue de 245 cm de largo x 1 cm de espesor de melamina y para el soporte de las 6 peceras de los ensayos fue un largo de 185 cm x 35 cm ancho x 120 cm de altura x 1 cm de grosor de melamina (Ver figura 7)



Figura 7. Base de melamina.

Se midió con el metro y se hizo una pequeña marca de las medidas requeridas y se procedió a cortar la plancha de melamina mientras que con ayuda del taladro se unieron los pedazos medidos.

3.10 Obtención del alimento

Se adquirió el alimento para los peces el día 13/03/19 en la planta de alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina situado en la Av. La Molina s/n - La Molina. Se compró un saco de 40 kg de alimento balanceado y peletizado para tilapia crecimiento el cual contiene un 35% de proteína el cual estuvo registrado por SANIPES, tuvo una duración de 3 meses y se colocó este saco encima de 2 maderas para prevenir el contacto con el suelo (Ver figuras 8 y 9).



Figura 8. Etiqueta del alimento con registro de SANIPES.



Figura 9. Transporte de saco en base de madera.

3.11 Obtención de tilapia gris y transporte

3.11.1 Trámites para solicitar los alevinos de tilapia gris

Se contactó con un egresado de la especialidad de esta misma casa de estudios que trabajaba en la empresa CIN ALFA E.I.R.L quien es liderada por el ing. Omar Falla Torres y se realizó los trámites pertinentes para obtener a los 1000 alevinos de tilapia gris.

3.11.2 Obtención de los peces desde Tarapoto hacia Lima

Se solicitó 1000 alevinos de tilapia gris los cuales fueron traídos con avión desde Tarapoto hacia Lima por la empresa TRANSBER S.A.C con un certificado de calidad que garantiza que los alevinos se encuentran en óptimas condiciones (buen control sanitario, bioseguridad y adecuado manejo de los alevinos adquiridos) y una

notificación de resultados por SANIPES quien corrobora que los peces están libres del virus de la Tilapia TILV.

El día 14/03/19 los peces llegaron en 2 bolsas plásticas color amarilla el cual estuvo con agua, suficiente oxígeno, amarradas con una liga color negra, todo ello dentro de un balde plástico color blanco, el peso total (balde más bolsas más peces más el agua más oxígeno) fue de 7 kg.

3.11.3 Transporte desde la agencia hacia el lugar donde se desarrolló el trabajo de investigación

Como ya se mencionó los peces llegaron por la empresa TRANSBER S.A.C desde Tarapoto hacia Lima, luego de esperar a que nos proporcionen el balde blanco que contenía los 1000 alevinos de tilapia gris se procedió a trasladarlo con mucho cuidado hasta el espacio que se implementó para desarrollar dicho trabajo de investigación en un taxi (Ver Figura 10).

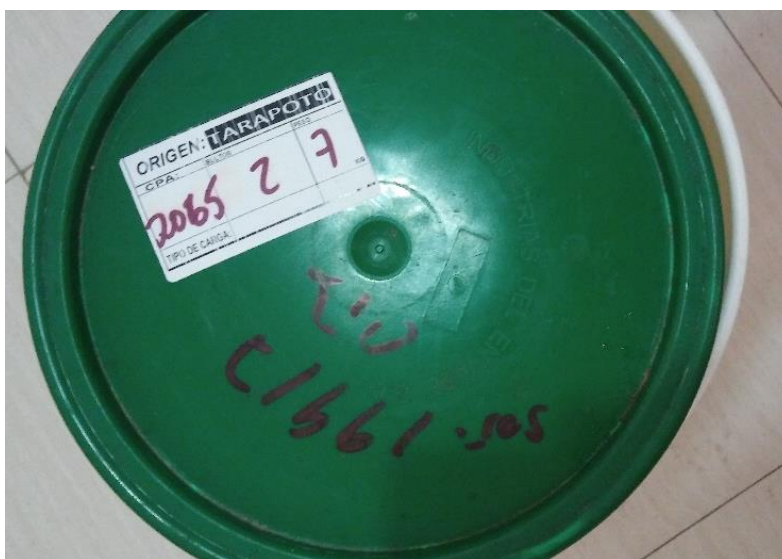


Figura 10. Balde codificado y usado para el transporte de los alevinos.

3.12 Aclimatación

La etapa de aclimatación duró 12 días (14/03/19 hasta el día 25/03/19), este se inició con la llegada de los alevinos de tilapia gris.

Con los acuarios de aclimatación ya aptos (que contenían agua reposada de 3 días hasta con un 60% de su capacidad, piedras difusoras, bombas de oxígeno, manguera y termostato) y preparados para recibir a los alevinos de tilapia gris, se abrió la bolsa en la cual contenía los peces con mucho cuidado y con ayuda de un termómetro se midió la temperatura la cual fue de 26°C, seguidamente se tomó la temperatura de los acuarios que contenían termostato regulados a 28°C y se procedió a añadirlos echándoles un poco de agua del acuario a la bolsa y estos a su vez con sumo cuidado a los acuarios, se introdujo 500 ejemplares de tilapia gris por cada acuario de aclimatación (V7 y V8), cada uno de ellos con una dimensión de 120 cm largo x 60 cm ancho x 60 cm altura, se llenó a un 60% con una capacidad de 246 l por acuario.

Cabe mencionar que previo a añadir a los ejemplares de tilapia se aseguró que estén a una misma temperatura tanto el agua de los acuarios como el de la bolsa.

3.12.1 Primer día de aclimatación

Día 14/03/19

Llegaron los 1000 alevinos de tilapia gris y como ya se mencionó con anterioridad se colocó 500 ejemplares por cada acuario de aclimatación, sin embargo con el transcurrir de las horas los alevinos morían por lo cual se separó del acuario V8 cierta cantidad y se colocó en otros contenedores de plástico con la intención que estén menos

población de tilapia gris por cada acuario o contenedor de plástico quedando de la siguiente manera:

Tabla 3

Codificación de acuarios y contenedores de plástico

Recipientes	Rótulo
Acuarios de vidrio	V4
	V7
	V8
Contenedores de plástico	V9
	V10

Fuente: Elaboración propia

El primer día se observó 211 peces muertos, los cuales fueron extraídos mientras morían con ayuda de una malla.

Biometría

Los alevinos de tilapia gris llegaron con un peso promedio de 0,5 g y con una talla promedio de 2 cm según la fuente de la hoja de referencia traída por la empresa CIN ALFA sin embargo se les midió con ayuda del ictiómetro (Ver Figura 11) y se pesó.



Figura 11. Medición del alevino con el ictiómetro.

3.12.2 Segundo día de aclimatación

Día 15/03/19

En el segundo día de la etapa de aclimatación se siguió apreciando mortalidad con menos frecuencia que el primer día llegando a una cantidad de 26 alevinos muertos, la mortalidad se apreció en los acuarios de aclimatación V7 y V8.

Mientras los peces morían, se fueron extrayendo todos los muertos con ayuda de una malla y los que quedaban vivos se colocaron en otros contenedores para evitar que estén todos juntos es decir todos los peces muertos con todos los peces vivos.

Tabla 4

Alevinos de tilapia gris que fueron transferidos a otros recipientes durante el segundo día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V4	V4
	V7	V5
	V8	V6
Contenedores de plástico	V9	S.N
	V9	V9
	V10	V10

Fuente: Elaboración propia

Raciones diarias de comida

Como ya se mencionó el alimento suministrado a los alevinos de tilapia gris fue CRECIMIENTO con el 35% de proteína alimento de La Molina, este alimento es pelletizado por lo que se trituro con ayuda del mortero y pilón la cantidad a suministrar. Se vertió el alimento triturado por lo general al medio de los acuarios, no en un solo lugar sino en diferentes puntos de los acuarios y/o contenedores de plástico.

3.12.3 Tercer día de aclimatación

Día 16/03/19

En el tercer día de aclimatación se apreció mucho menos mortalidad que los días anteriores, se apreció 3 peces muertos: 2 peces muertos de la pecera de vidrio V5 y 1 pez muerto del contenedor de plástico SN.

Tabla 5

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el tercer día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V4	V4
	V7	V5
	V8	V6
Contenedores de plástico	V8	S.N
	V9	V9
	V10	V10

Fuente: Elaboración propia

Raciones diarias de comida

Se tomaba cierta cantidad de alimento y se procedió a triturar para suministrar de forma homogénea el alimento peletizado en los horarios establecidos por la tesista.

3.12.4 Cuarto día de aclimatación

Día 17/03/19

En el cuarto día de aclimatación se observó un pez muerto perteneciente al contenedor de plástico V9.

Debido a que el agua estaba turbia producto del alimento y excreciones de los peces se hizo

Cambio de agua además de incorporar termostatos y piedras con la finalidad que funcione como filtro biológico.

Tabla 6

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el cuarto día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V4	V1
	V7	V2
	V9	V3
	V8	V4
	V8	V5
	V10	V6

Fuente: Elaboración propia

Raciones diarias de comida

Con ayuda de un mortero y pilón se procedió a moler el alimento pelletizado para darle a los peces en diferentes raciones al día.

3.12.5 Quinto día de aclimatación

Día 18/03/19

En el quinto día de aclimatación no hubo ningún pez muerto, se mantuvo el ambiente de los alevinos de los peces.

Tabla 7

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el quinto día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V1	V1
	V2	V2
	V3	V3
	V4	V4
	V5	V5
	V6	V6

Fuente: Elaboración propia

Se observó que los peces que nadaban en grupo hacia arriba del acuario es decir hacia la superficie además de presentar burbujas en los acuarios de aclimatación fue con mayor intensidad en los acuarios V1, V2 ,V3 que en los acuarios V4,V5 y V6.

Raciones diarias de comida

Se dio comida tomando como referencia el día anterior además de los horarios ya establecidos.

3.12.6 Sexto día de aclimatación

Día 19/03/19

En el sexto día de aclimatación se pesaron 10 alevinos de tilapia gris de cada acuario (Ver figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22) además de presenciar 1 alevín muerto del acuario V5 y 1 alevín muerto del acuario V6.

Tabla 8

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el sexto día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V1	V1
	V2	V2
	V3	V3
	V4	V4
	V5	V5
	V6	V6

Fuente: Elaboración propia

Raciones diarias de comida

Se proporcionó comida como la cantidad de días anteriores y en los horarios que estuvo establecidos.



Figura 12. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V1.



Figura 13. Pesado de los alevinos del acuario V1.

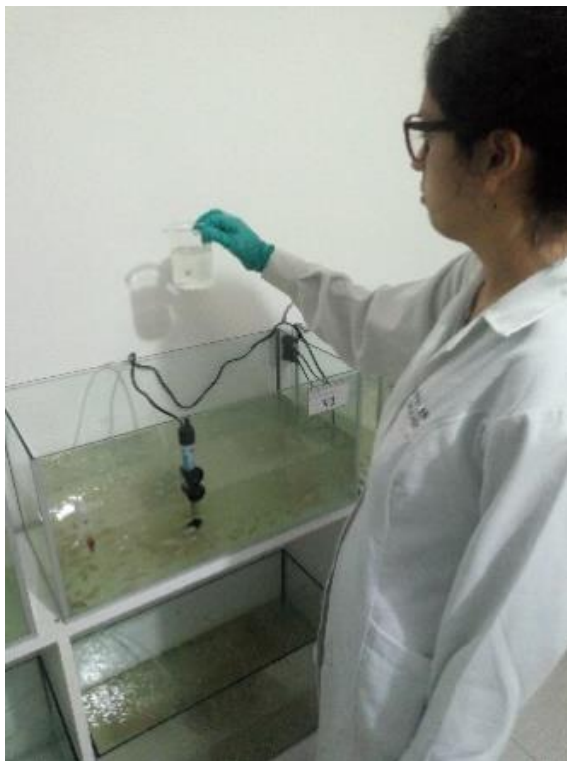


Figura 14. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V2.



Figura 15. Pesado de los alevinos del acuario V2.



Figura 16. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V3.



Figura 17. Pesado de alevinos del acuario V3.

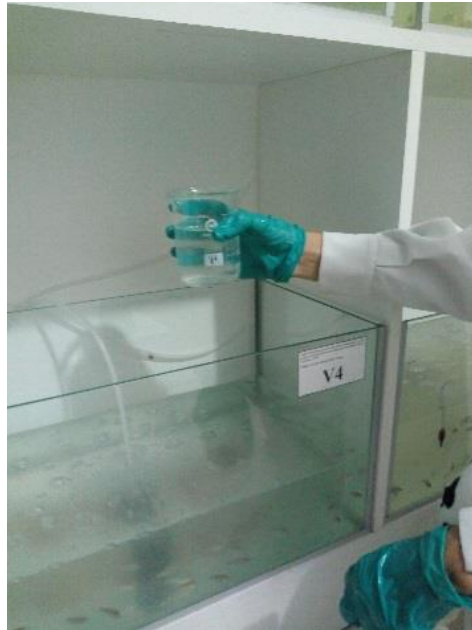


Figura 18. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V4.



Figura 19. Pesado de alevinos del acuario V4.

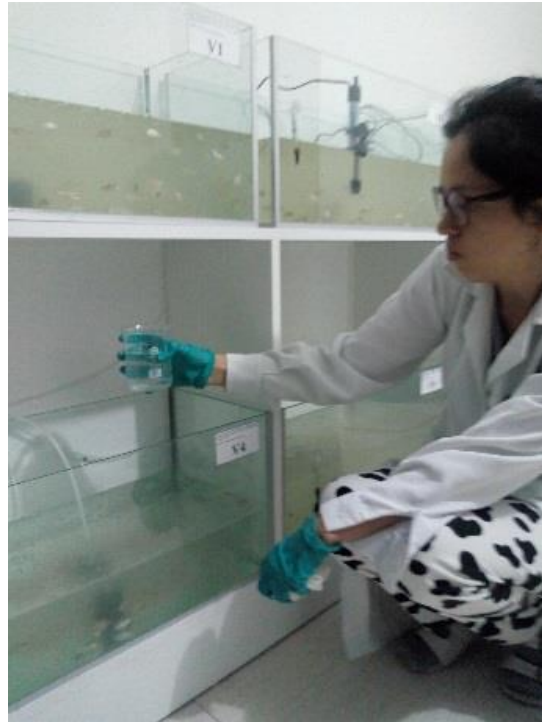


Figura 20. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V5.



Figura 21. Extracción de 10 alevinos para su pesado del acuario V6.



Figura 22. Pesado de alevinos del acuario V6.

3.12.7 Séptimo día de aclimatación

Día 20/03/19

En el séptimo día de aclimatación ningún pez murió por lo que se hizo recambio de agua.

Tabla 9

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el séptimo día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V4	V4
	V7	V5
		V6
Contenedores de plástico	V9	V9
	V10	V10
	V8	S.N

Fuente: Elaboración propia

Raciones diarias de comida

La ración de comida suministrada fue después de hacer el cambio de agua a la cantidad antes mencionada, previamente triturado con mortero y pilón y en los horarios ya determinados.

3.12.8 Octavo día de aclimatación

DÍA 21/03/19

En el octavo día de aclimatación al igual que el día anterior ningún pez murió por lo que se hizo cambio de agua, pasando a los acuarios de vidrio V1, V2, V3, V4, V5, V6.

Tabla 10

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el octavo día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V4	V1
	V5	V2
	V6	V3
	S.N	V4
	V9	V5
	V19	V6

Fuente: Elaboración propia

Raciones diarias de comida

Se proporcionó cierta cantidad molida de alimento peletizado al 35% de proteína en cantidades homogéneas al interior de los acuarios en horarios establecidos.

3.12.9 Noveno día de aclimatación

DÍA 22/03/19

En el noveno día de aclimatación no hubo ningún pez muerto, se mantuvo el ambiente en el cual se encontraban los alevinos de tilapia gris.

Tabla 11

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el noveno día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V1	V1
	V2	V2
	V3	V3
	V4	V4
	V5	V5
	V6	V6

Fuente: Elaboración propia

3.12.10 Décimo día de aclimatación

DÍA 23/03/19

En el décimo día de aclimatación no hubo ningún pez muerto, se juntó agua en 2 tachos colores azules, el primero que es el más grande de aproximadamente 80 l y el segundo tacho más pequeño de aproximadamente 20 l, se dejó reposar por 3 días para iniciar con esa agua el ensayo (Ver Figura 36, 37, 38, 39, 40 y 41).

Tabla 12

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el décimo día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Acuarios de vidrio	V1	V1
	V2	V2
	V3	V3
	V4	V4
	V5	V5
	V6	V6

Fuente: Elaboración propia

3.12.11 Onceavo día de aclimatación

DÍA 24/03/19

En el onceavo día de aclimatación no se presencié ningún pez muerto sin embargo se hizo recambio de agua dejándolos de la siguiente manera:

Tabla 13

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el onceavo día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Tina	V1	Tina naranja
	V2	V12
Contenedores de plástico	V3	V11
	V4	S.N
	V5	V9
	V6	V10

Fuente: Elaboración propia

3.12.12 Doceavo día de aclimatación

DÍA 25/03/19

En el último día de aclimatación como en los días anteriores se les suministró alimento a los alevinos de cada acuario (Ver figuras 23, 24, 25, 26, 27 y 28) y no se presentó mortalidad quedando los acuarios de la siguiente manera:

Tabla 14

Alevinos que fueron transferidos a otros recipientes durante el doceavo día de aclimatación

Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos
Tina	V1	Tina naranja
	V2	V12
Contenedores de plástico	V3	V11
	V4	S.N
	V5	V9
	V6	V10

Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Ración de alimento del acuario V1.



Figura 24. Ración de alimento del acuario V2.

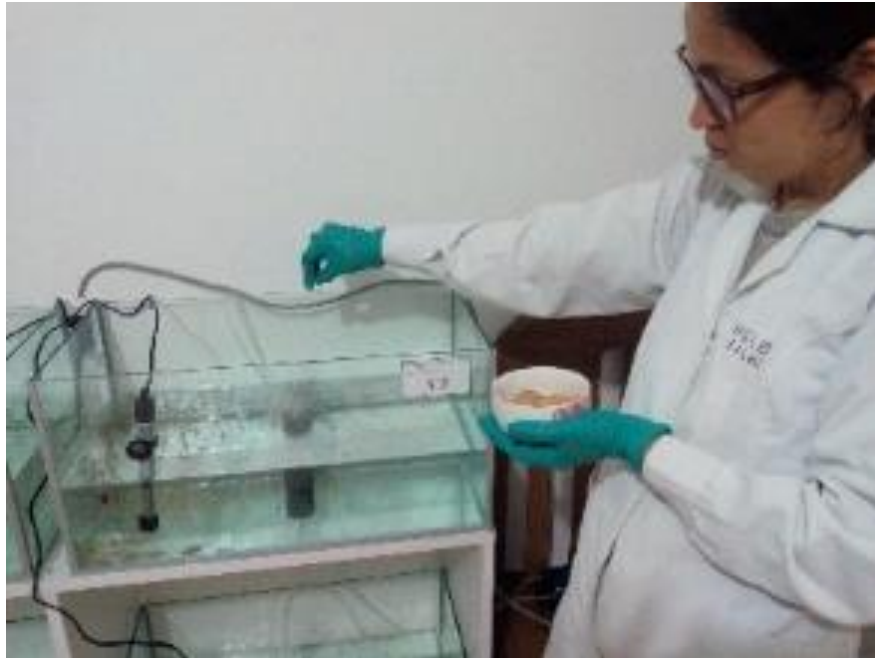


Figura 25. Ración de alimento del acuario V3.

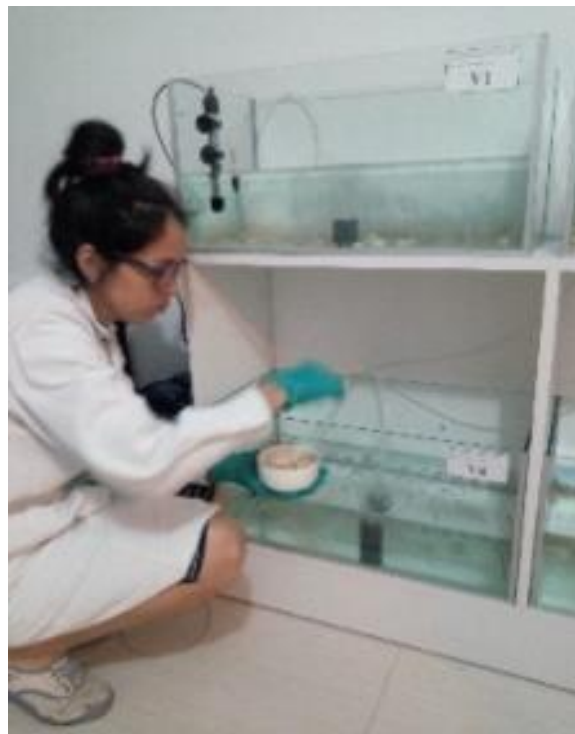


Figura 26. Ración de alimento del acuario V4.



Figura 27. Ración de alimento del acuario V5.

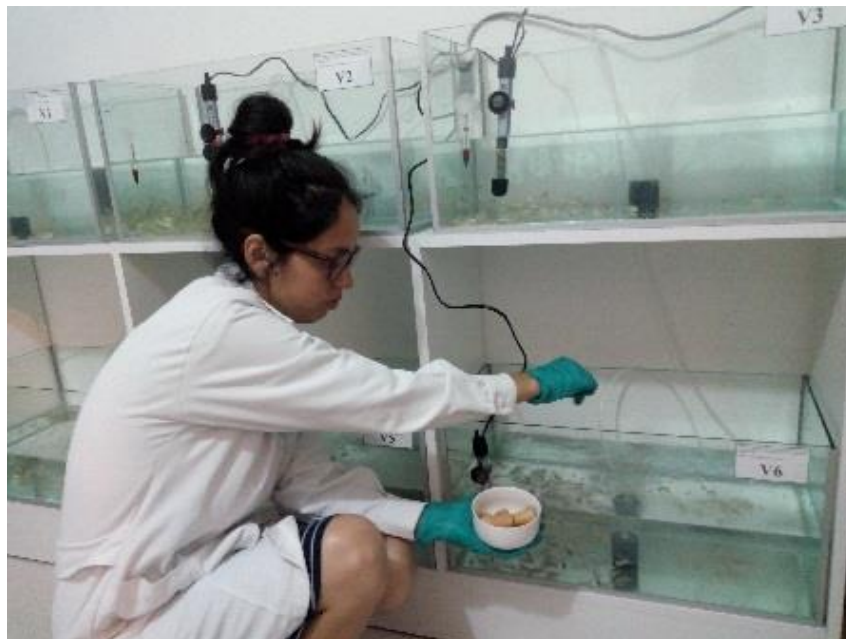


Figura 28. Ración de alimento del acuario V6.

3.13 Control de los parámetros tomados en el proceso de aclimatación

Los parámetros físico químicos tomados desde el día que llegaron los alevinos de tilapia gris, en el proceso de aclimatación fueron los siguientes: pH, Temperatura (°C) y Oxígeno disuelto (O₂).

3.13.1 Potencial de Hidrógeno (pH)

La medición del pH fue medida con cintas indicadoras de pH tomadas diariamente y 3 veces al día, además de usar el multiparametro de la marca WTW para corroborar los resultados obtenidos.

3.13.2 Temperatura (°C)

La temperatura fue tomada con el termómetro el cual estuvo adherido a los acuarios y fue leído 3 veces al día.

3.10.3 Oxígeno Disuelto (O₂)

El oxígeno disuelto se midió 1 vez al día con el multiparametro WTW

3.14 Equipo multiparametro WTW

Es un equipo que presenta 3 sondas además tiene como función medir 4 parámetros físico químicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad) además de presentar 6 soluciones buffer que permiten 3 de ellas verificar a determinados pH (4, 7 y 10) de ácido a básico y 3 soluciones buffer que permiten ajustar el pH (4, 7 y 10) (Ver figura 29)

Cabe mencionar que dicho equipo cuenta con una hoja de calibración el cual hace constatar que el equipo está en óptimas condiciones para ser usado.



Figura 29. Multiparametro.

3.14.1 Uso del multiparametro WTW

El multiparametro WTW es un equipo que consta de 3 sondas como ya se mencionó con anterioridad, la primera sonda es para medir el pH, la segunda sonda mide la conductividad y la tercera sonda mide el oxígeno disuelto. Para iniciar una medición de pH lo primero que se hizo fue:

3.14.2 Medición de pH con multiparametro WTW

3.14.2.1 Materiales

- Pizeta con agua destilada
- Vaso precipitado
- Soluciones buffer para verificación marca Merck
- Soluciones buffer para ajuste marca Hach
- Plumón indeleble

3.14.2.2 EQUIPO

- Multiparametro WTW

3.14.2.3 Procedimiento para la medición de pH

1. Primero se verifico el certificado de calibración, este se encontró dentro del rango que es un año.
2. Luego de corroborar que el certificado del equipo este vigente se procede con los patrones de verificación de pH que son de 4, 7 y 10 (Ver figura 30), los cuales deben estar en el rango de $\pm 0,09$ caso contrario no se encontraran dentro del rango se procederá al ajuste del equipo.
3. Cabe resaltar que la diferencia entre verificación y ajuste es que se utiliza de diferentes lotes.



Figura 30. Patrones de verificación de pH.

3.15 Verificación

Es un proceso en el cual la sonda del equipo multiparametro WTW es sometido a 3 soluciones buffer con diferentes pH (4,7 y 10).

- Primero se abrió el maletín que contenía el equipo multiparametro WTW (Ver figura 31), se verificó el certificado de calibración, se colocó la sonda que es la que mide el pH.
- Se rotulo un vaso precipitado de 250 ml con la palabra desecho.
- Con ayuda de la pizeta que contenía agua destilada, se procedió a enjuagar la sonda 3 veces en dirección de arriba hacia abajo, cayendo el agua en el vaso de desecho.
- Luego que la sonda fuera enjuagada 3 veces con agua destilada se cogió el frasco que contenía la solución buffer con pH 4 y se homogenizó antes de abrirlo para luego colocar la sonda dentro de ese frasco y observar en el equipo multiparametro el resultado que se obtuvo el cual debió ser 4 (Ver figura 32).
- Luego de la lectura del equipo, la sonda se enjuago 3 veces más con agua destilada antes de ser introducido en el otro frasco que contenía un pH de 7 previamente homogeneizado y se observó la lectura en el equipo, este vez debió dar un resultado de 7 (Ver figura 33).
- El mismo procedimiento fue para el frasco que contenía una solución buffer con pH de 10 (Ver figura 34).



Figura 31. Descripción gráfica del multiparámetro.

Observación

- Cada frasco de solución buffer que se encontró a diferentes pH (4, 7 y 10) estuvo con diferentes colores ejemplo: el frasco que contenía el buffer con pH 4 tenía color rosado, el frasco que contenía el buffer con pH 7 presentaba el color verde y el último frasco que contenía el buffer con pH 10 tenía un color amarillo.



Figura 32. Solución buffer de pH 4.



Figura 33. Solución buffer de pH 7.



Figura 34. Solución buffer de pH 10.

Procedimiento para leer el ph a los acuarios con el equipo ya verificado

Materiales

- Pizeta
- Vaso precipitado de 250 ml
- Plumón indeleble
- Lapicero
- Acuarios
- Contenedores de plástico
- Libreta de apuntes

Equipo

Multiparametro WTW

Procedimiento

Una vez verificado el equipo con las soluciones buffer se procede a introducir la sonda a los diversos acuarios y/o contenedores de plástico donde se encontraron los alevinos de tilapia gris en el proceso de aclimatación con una mano mientras que con la otra mano se esperó a leer los resultados obtenidos y a tomar nota en nuestra libreta de apuntes (Ver figuras 35, 36, 37, 38, 39 y 40).

Observación

Antes de introducir la sonda de un acuario V1 al otro acuario V2 se enjuagó la sonda 3 veces con agua destilada con la finalidad de evitar que alterase los resultados (Ver figura 41)



Figura 35. Medición de pH del acuario V1.



Figura 36. Medición de pH del acuario V2.



Figura 37. Medición de pH del acuario V3.

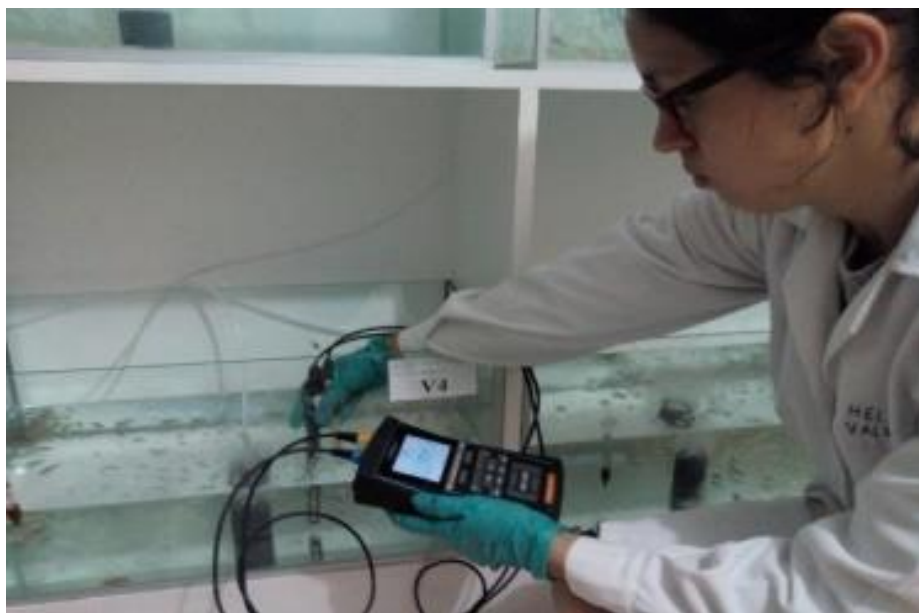


Figura 38. Medición de pH del acuario V4.

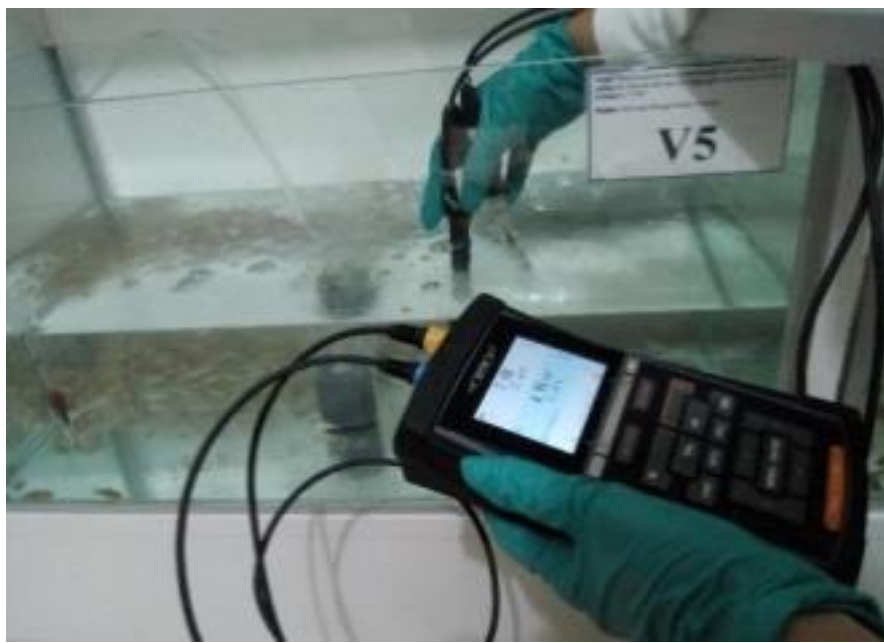


Figura 39. Medición de pH del acuario V5.



Figura 40. Medición de pH del acuario V6.



Figura 41. Limpieza de sonda con agua destilada.

El multiparametro WTW en el proceso de aclimatación sirvió para corroborar los datos obtenidos con las cintas indicadoras de pH que ya habían sido tomadas (Ver figuras 42, 43, 44, 45,46 y 47)

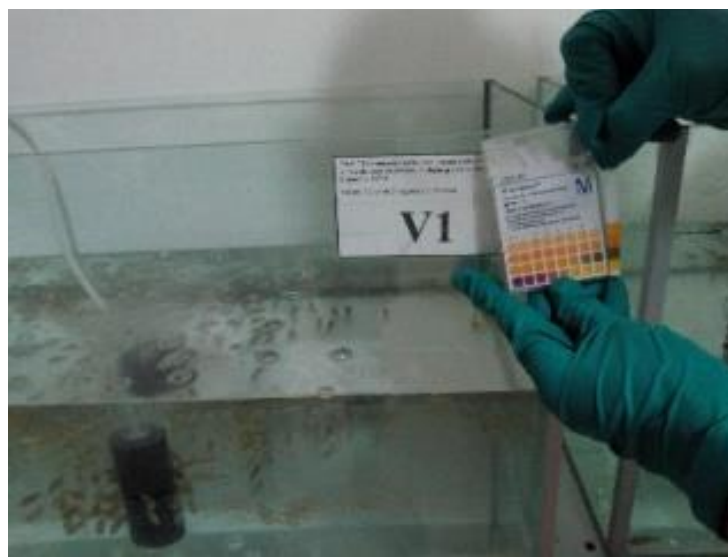


Figura 42. Tomando pH con papel indicador en el acuario VI.

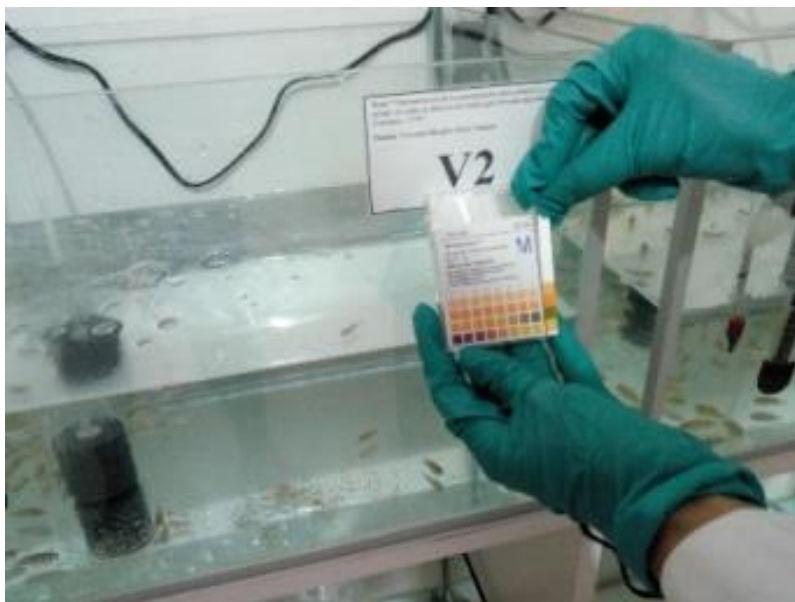


Figura 43. Tomando pH con papel indicador en el acuario V2.

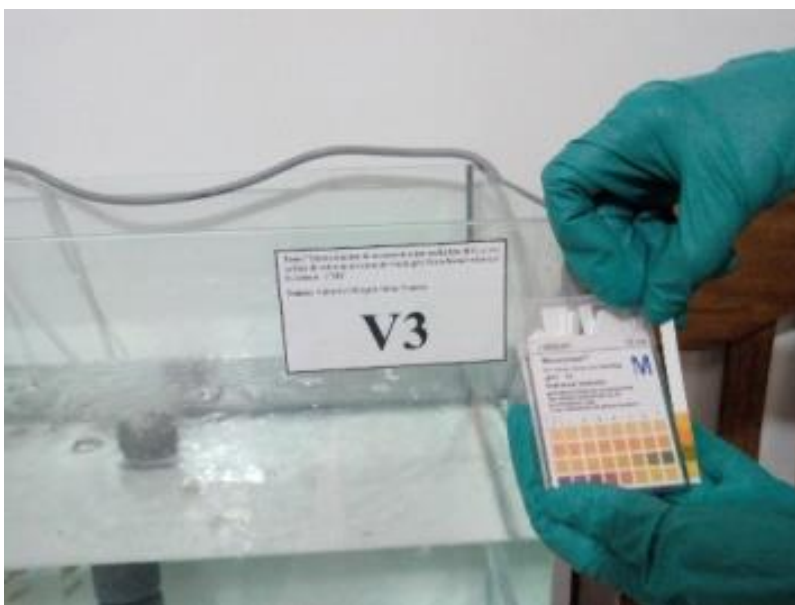


Figura 44. Tomando pH con papel indicador en el acuario V3.



Figura 45. Tomando pH con papel indicador en el acuario V4.



Figura 46. Tomando pH con papel indicador en el acuario V5.

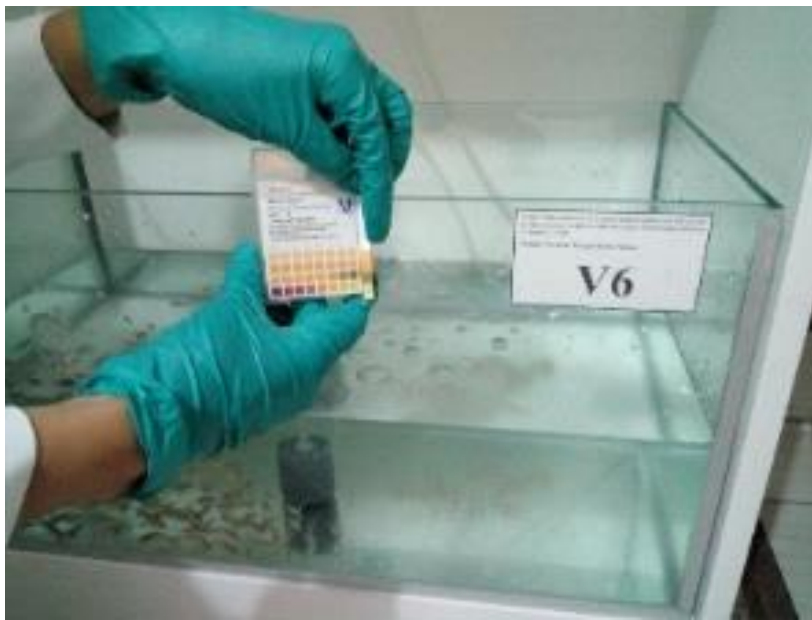


Figura 47. Tomando pH con papel indicador en el acuario V6.

3.16 Ajuste

El ajuste se debe realizar siempre y cuando los valores obtenidos en la verificación no se encuentren dentro del rango de aceptación ($\pm 0,09$).

Para ello se utiliza un juego de buffer de diferente lote, al utilizado en la verificación.

Temperatura (°C)

La temperatura fue tomada con el termómetro el cual estuvo adherido a los acuarios y fue tomado 3 veces al día.

Además de ser corroborado con el equipo multiparametro ya que al medir el pH también marcaba la temperatura.

Oxígeno Disuelto (O₂)

El oxígeno disuelto se midió 1 vez al día con el multiparametro WTW.

Dimensiones de los contenedores de plástico

A continuación, se muestra las medidas de los contenedores de plástico donde estuvieron los alevinos de tilapia gris en un proceso de aclimatación además de los 2 acuarios (V7 y V8) de aclimatación (120 cm x 60 cm x 60 cm)

$$\text{Volumen total del acuario} = L \times A \times H$$

L = Largo del volumen de agua del acuario

A = Ancho del volumen de agua del acuario

H = Altura líquida del acuario con la capacidad al 100%

Según las mediciones se tiene que:

Largo del acuario = 60 cm

Ancho del acuario = 30 cm

Altura del acuario = 30 cm

Espesor del vidrio = 6 mm

Entonces:

$$\text{Largo del volumen de agua} = \text{Largo del acuario} - 2 \times \text{Espesor}$$

Largo del volumen de agua del acuario = 60 cm - 2 x 6 mm

Largo del volumen de agua del acuario = 60 cm - 12 mm

Largo del volumen de agua del acuario = 60 cm - 1,2 cm

Largo del volumen de agua del acuario = 58,8 cm

$$\text{Ancho del volumen de agua} = \text{Ancho del acuario} - 2 \times \text{Espesor}$$

Ancho del volumen de agua del acuario = 30 cm - 2 x 6 mm

Ancho del volumen de agua del acuario = 30 cm - 12 mm

Ancho del volumen de agua del acuario = 30 cm - 1,2 cm

Ancho del volumen de agua del acuario = 28,8 cm

$$\text{Altura líquida del acuario (100\%)} = \text{Altura del acuario} - \text{Espesor}$$

Altura líquida del acuario (100%) = 30 cm - 6 mm

Altura líquida del acuario (100%) = 30 cm - 0,6 cm

Altura líquida del acuario (100%) = 29,4 cm

Por lo tanto:

Volumen total del acuario = 58,8 cm x 28,8 cm x 29,4 cm

Volumen total del acuario = 49787,136 cm³

Sin embargo se sabe que: $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$

Volumen total del acuario = 49787,136 ml

Se conoce: 1 Litro = 1000 ml

Volumen total del acuario = 49787,136 ml x (1L/ 1000 ml)

Volumen total del acuario = 49,78714 L

Tabla 15

Dimensiones de los contenedores de plástico

Contenedores de plástico	Largo (cm)	Dimensiones	
		Ancho (cm)	Altura (cm)
V9	40	26,5	29
V10	45	30	30
V11	30	24,5	29,5
V12	42	27,5	28
S.N	36,6	24,5	25

Fuente: Elaboración propia

3.17 Ensayo preliminar

El ensayo preliminar se inicia con los cálculos que se presentaran a continuación:

3.17.1 Cálculos para hallar el volumen total del acuario según Valverde, 2015.

Se usará la fórmula que Valverde, 2015 utilizó en su tesis: Bioensayo con sulfato de cobre en alevinos de carpa *Cyprinus carpio* (Linnaeus,1758) la cual es:

Como se mencionó inicialmente, estos cálculos eran para un 100% al volumen del agua del acuario de su capacidad.

Los cálculos descritos anteriormente se hicieron para determinar el volumen del agua del acuario a un 100% de su capacidad, sin embargo no se trabajará hasta el ras ya que los peces podrían saltar fuera o al momento de introducir la sonda del multiparametro para realizar el monitoreo de los parámetros físico químicos (pH, Temperatura y

oxígeno disuelto) podría rebalsarse el agua, por ello se realizó los siguientes cálculos ya que por lo anteriormente mencionado se trabajará al 80% de su capacidad.

$$\begin{array}{r} 49,78714 \text{ L} \text{ ---- } 100\% \\ X \text{ ---- } 80\% \\ X = 39,829712 \text{ L} = 40 \text{ L} \end{array}$$

Se llevó a cabo los cálculos para hallar la altura líquida teniendo en consideración un volumen de agua de 40 litros de capacidad.

3.17.2 Cálculos para hallar el tirante de agua o altura líquida del acuario.

La fórmula a utilizar para determinar la tirante de agua o altura líquida del acuario es la siguiente:

$$\text{Volumen de agua del acuario} = L \times A \times H$$

Dónde:

L = Largo del volumen de agua del acuario

A = Ancho del Volumen de agua del acuario

H = Altura líquida del acuario o tirante de agua

Volumen del agua del acuario = 40 L

Largo del volumen de agua = 58,8 cm

Ancho del volumen de agua = 28,8 cm

Entonces:

$$40 \text{ L} = 58,8 \text{ cm} \times 28,8 \text{ cm} \times H$$

Sin embargo 1 Litro = 1000 ml

$$40\,000 \text{ ml} = 58,8 \text{ cm} \times 28,8 \text{ cm} \times H$$

$$H = 23,6205593 \text{ cm}$$

La altura líquida fue de 23,62 cm

3.17.3 Implementación de los acuarios según los cálculos obtenidos con una tirante de agua de 23,62 cm

Materiales

- 3 Bombas de oxígeno
- Mangueras de plástico
- 6 Piedras difusoras
- 6 Termostatos marca RS Electrical
- 6 termómetros
- 6 mallas colectoras
- Metro
- Plumón indeleble
- Trapo color amarillo

Instalación de los acuarios

- El día 23/03/19 se lavó con agua de caño los acuarios de vidrio rotulados V1, V2, V3, V4, V5 y V6 además se secó con un trapo amarillo las caras externas de los acuarios.
- Con ayuda del metro se midió a todos los acuarios 23,62 cm y se marcó con un plumón indeleble con una marca hasta esa altura (Ver figura 48)
- Se instaló las conexiones eléctricas para que llegasen con mayor facilidad a los acuarios los siguientes equipos: termostatos, termómetro, bombas de oxígeno, y materiales tales como: piedra difusoras, mangueras de aireación, mallas colectoras previamente rotuladas de 1 al 6.

- Luego se echó agua de caño a los acuarios (Ver figura 49) y se dejó ahí por 3 días, tapados con una tela con la finalidad que no ingrese ningún elemento extraño del ambiente a estos acuarios.
- Cabe mencionar que cada bomba de la marca Aquarium Air Pump aereaba a 2 acuarios por lo que se necesitó solo 3 bombas de doble salida, 6 piedras difusoras ya que cada piedra difusora estaba conectada a la manguera de plástico la cual transmitía oxígeno desde la bomba de oxígeno y los termómetros fueron para corroborar la temperatura que marcó el termostato.



Figura 48. Medición de la altura líquida del acuario.



Figura 49. Finalizando llenado de los 6 acuarios

3.17.4 Aislamiento de los peces que se someterán a la prueba por un periodo de 96 horas en el ensayo preliminar

Se dejó reposar el agua de los acuarios de vidrio por 3 días y no se le echó declorador, además se dejó 120 alevinos de tilapia gris en un balde blanco desde las 10:00 pm del día 25/03/19 (los alevinos de tilapia gris antes de iniciar el ensayo preliminar estuvieron 17 horas sin comer).

3.17.5 Preparación del reactivo sulfato de cobre pentahidratado

La preparación del reactivo contaminante sulfato de cobre pentahidratado $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se llevó a cabo en el laboratorio de DOCIMASIA de la facultad de ingeniería geológica, minera y metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería localizado en la av. Túpac Amaru.

Materiales

- Fiola de 1 L
- Pizeta
- Espátula de metal con mango de madera
- Vaso precipitado
- Bagueta
- Hojas Bond color blanco
- Plumón indeleble
- Balanza analítica
- Frasco de polietileno de 1L
- Libreta de apuntes
- 1 Crisol
- Hojas bond
- Agua destilada
- Guantes
- Mascarilla
- Mandil

Equipo

- Balanza analítica

Reactivo

- Sulfato de cobre pentahidratado

Procedimiento

- Se colocó las hojas bond color blanco como base para colocar los materiales a usar encima de ésta.
- Luego se rotuló la fiola de 1 l y el frasco de polietileno de 1 l con el plumón indeleble colocando “SOLUCION PATRÓN – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ”.
- Se encendió la balanza analítica colocando el cargador en el tomacorriente y se encendió con el botón “ON” (Ver figura 50).
- Una vez ya encendida la balanza analítica se tomó un pedazo de papel previamente doblado en forma de un rectángulo y se colocó dentro de ésta.
- Se taró con el botón tarar de la balanza analítica y cuando la balanza marcó 0 se procedió a añadir con la espátula y de a pocos el sulfato de cobre pentahidratado, esto fue con la mano derecha mientras que con la mano izquierda se sostenía el frasco que contenía el reactivo contaminante, esto se realizó hasta que la balanza marco 1 g (Ver Figura 51).
- Una vez teniendo el peso exacto de 1g, el papel que contenía lo pesado se vertió delicadamente al vaso de precipitado y con ayuda de una bagueta y agua destilada se empezó a disolver.
- Se iba disolviendo y agregando a la fiola de 1 litro previamente rotulado (Ver figura 52), inmediatamente después de esto se volvió a disolver lo que quedaba del vaso precipitado con agua destilada y la bagueta y se volvió a echar a la fiola de 1 litro así sucesivamente hasta que no quedase ningún residuo del reactivo contaminante en el vaso de precipitado.

- Cuando se observó que no hubo residuo en el vaso de precipitado del reactivo contaminante, se enrazó la fiola de 1 litro con agua destilada.
- Se tapó la fiola de 1 litro y se homogenizó moviendo suavemente la fiola.
- Finalmente se vertió un poco de esa solución patrón al vaso de precipitado y se fue hechando de a pocos al frasco de polietileno.

Limpieza

- Se llevó todos los materiales usados (bagaeta, vaso precipitado, fiola de 1 L, espátula) al lavadero para luego ser lavados todos estos materiales a chorro con abundante agua y detergente, quedando así los materiales limpios y aptos para ser usados en los próximos ensayos.



Figura 50. Encendido de balanza analítica

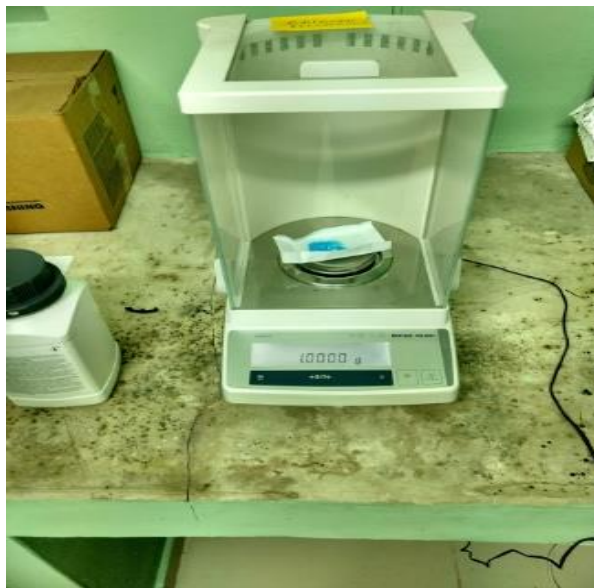


Figura 51. Pesado de 1g de sulfato de cobre pentahidratado



Figura 52. Disolviendo el reactivo con agua destilada

3.17.6 Inicio del ensayo preliminar

El ensayo preliminar inicio el día 26/03/19 teniendo los cálculos establecidos y el sulfato de cobre pentahidratado preparado a una concentración de 1 ppm.

3.17.7 Cálculos para determinar el volumen (ml) del reactivo sulfato de cobre pentahidratado a añadir a los acuarios.

La fórmula que se utilizará es la siguiente:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

C_1 = Concentración de la solución patrón

V_1 = Volumen a determinar

C_2 = Concentración a la cual se va trabajar en cada acuario

V_2 = Volumen del agua del acuario.

Para el acuario V1

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 0 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 0 \text{ ml}$$

Para el acuario V2

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 0,001 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 0,04 \text{ ml}$$

Para el acuario V3

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 0,01 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 0,4 \text{ ml}$$

Para el acuario V4

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 0,1 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 4 \text{ ml}$$

Para el acuario V5

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 40 \text{ ml}$$

Para el acuario V6

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 400 \text{ ml}$$

Tabla 16

Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo preliminar

Ensayo Preliminar				
N°			Concentraciones ppm	Volumen del reactivo a echar
Acuarios	Acuarios		(mg/l)	(ml)
1	V1		0	0
2	V2		0,001	0,04
3	V3		0,01	0,4
4	V4		0,1	4
5	V5		1	40
6	V6		10	400

Fuente: Elaboración propia

Materiales

- Pipetas
- Vaso precipitado
- Pera de goma
- Agua destilada
- Mallas colectoras rotuladas (1-6)
- Bolsas herméticas
- Cooler
- Hielo
- Regla
- Lapicero

3.17.8 Procedimiento para el ensayo preliminar

- Antes de iniciar con el procedimiento del ensayo preliminar es necesario mencionar que esto se llevó a cabo después de un proceso de aclimatación el cual duró 12 días.
- Dicho esto el ensayo preliminar se inició el día 26/03/19 a las 3:30 pm por un periodo de 96 horas.

- Una vez instalado los acuarios (Ver figura 53) se procedió a realizar la selección de los alevinos de tilapia el gris (peces que fueron aislados por 17 horas antes sin alimento alguno) al azar los cuales se encontraban en un balde color blanco con ayuda de la malla colectora y se introdujeron 10 alevinos por cada acuario.
- Con ayuda de la pipeta “2” se vertió 0,04 ml de la solución patrón ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) al centro del acuario V2 y se movió en forma homogénea para esparcir el reactivo contaminante.
- Con ayuda de la pipeta 3 se vertió 0,4 ml de la solución patrón ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) al centro del acuario V3 y se movió en forma homogénea.
- Se realizó el mismo procedimiento para el acuario V4 el cual el volumen de reactivo contaminante fue de 4 ml.
- Asimismo el procedimiento fue igual para el acuario V5 ya que se vertió 40 ml del reactivo contaminante con ayuda de una probeta graduada para luego homogenizar.
- Para la pecera V6 se vertió 400 ml de sulfato de cobre pentahidratado el cual fue con ayuda de un vaso precipitado.
- Después de añadir el volumen adecuado de contaminante a cada acuario se tomó un control de 0,1,2,3,4,8,10,12,24,48,72 y 96 horas controlando no solo el comportamiento de cada acuario sino también realizando los controles de pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y oxígeno disuelto.
- Los ejemplares de tilapia gris previo a morir presenciaron boqueo, búsqueda de oxígeno, aislamiento, todo ello en diferentes tiempos, por lo que se procedió a extraerlos cada vez que morían con ayuda de una malla colectora (6 mallas y cada

una rotuladas con un numero diferente 1-6), inmediatamente después de extraerlos fueron colocados en un papel bond color blanco, ahí fueron medidos con una regla y anotados con un lapicero (Ver figuras 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68 y 69), después de la medición fueron colocados en una bolsa hermética cerrada previamente rotuladas como: ENSAYO PRELIMINAR e inmediatamente colocados en un cooler que contenía hielo para luego ser refrigerado.



Figura 53. Implementación de los acuarios.



Figura 54. Boqueo del alevino del acuario V6.



Figura 55. Búsqueda de oxígeno de los alevinos del acuario V6.



Figura 56. Alevinos aislados del acuario V6.



Figura 57. Alevinos muertos durante la primera hora de exposición del acuario V6 en el ensayo preliminar.



Figura 58. Alevinos con nado de costado del acuario V3.



Figura 59. Alevinos muertos del acuario V5.



Figura 60. Alevinos muertos del acuario V6.

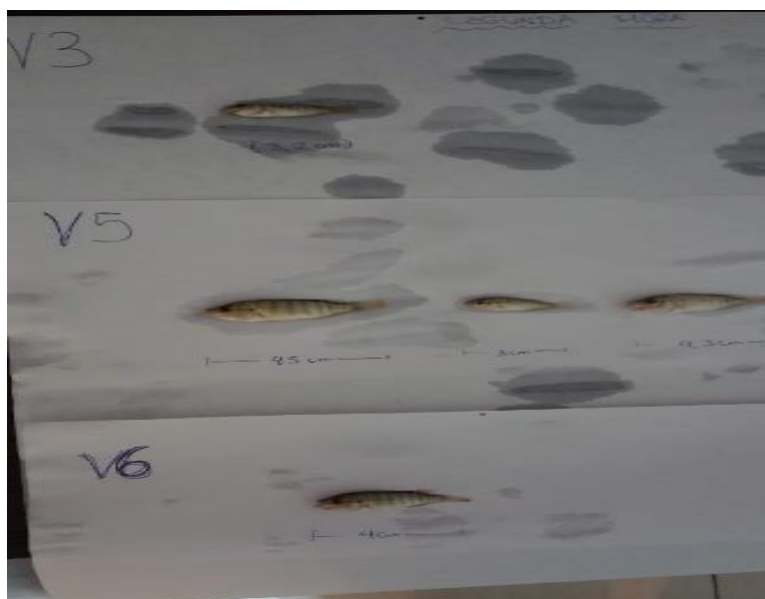


Figura 61. Alevinos extraídos de los acuarios V3, V5 y V6 durante las 2 horas de exposición del ensayo preliminar.



Figura 62. Alevinos muertos del acuario V5.



Figura 63. Alevinos muertos en la esquina del acuario V6.

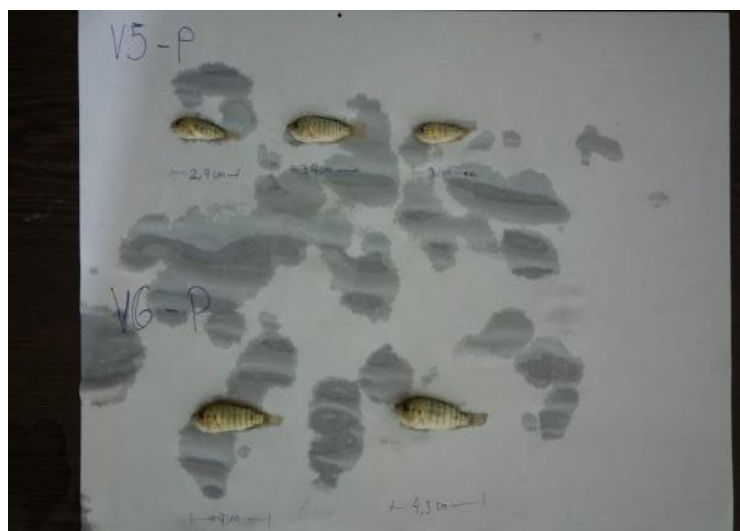


Figura 64. Alevinos extraídos de los acuarios V5 y V6 durante las 3 horas de exposición del ensayo preliminar.

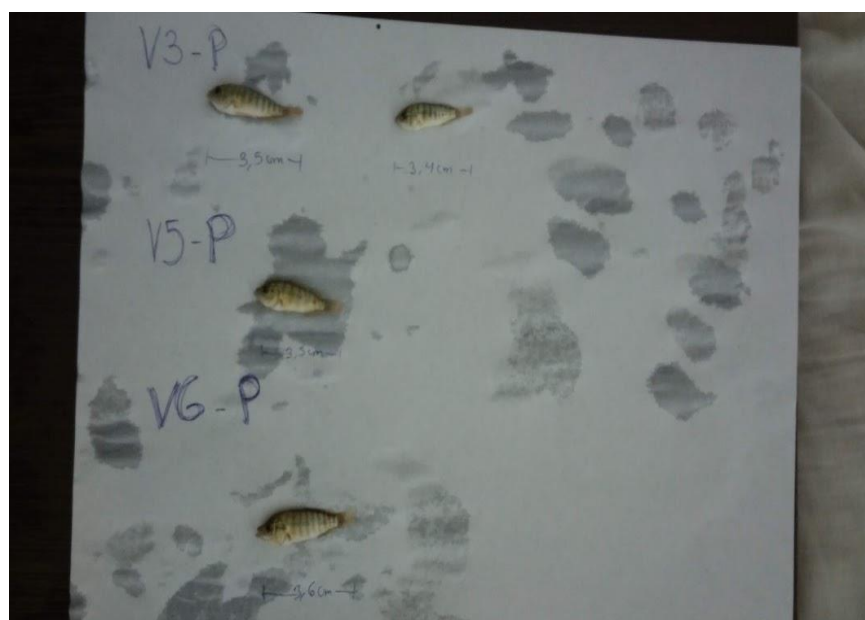


Figura 65. Alevinos extraídos de los acuarios V3, V5 y V6 durante las 4 horas de exposición del ensayo preliminar.



Figura 66. Alevinos muertos en la base de la piedra difusora del acuario V2.



Figura 67. Últimos alevinos muertos del acuario V5.



Figura 68. Alevino muerto en el fondo del acuario V6.

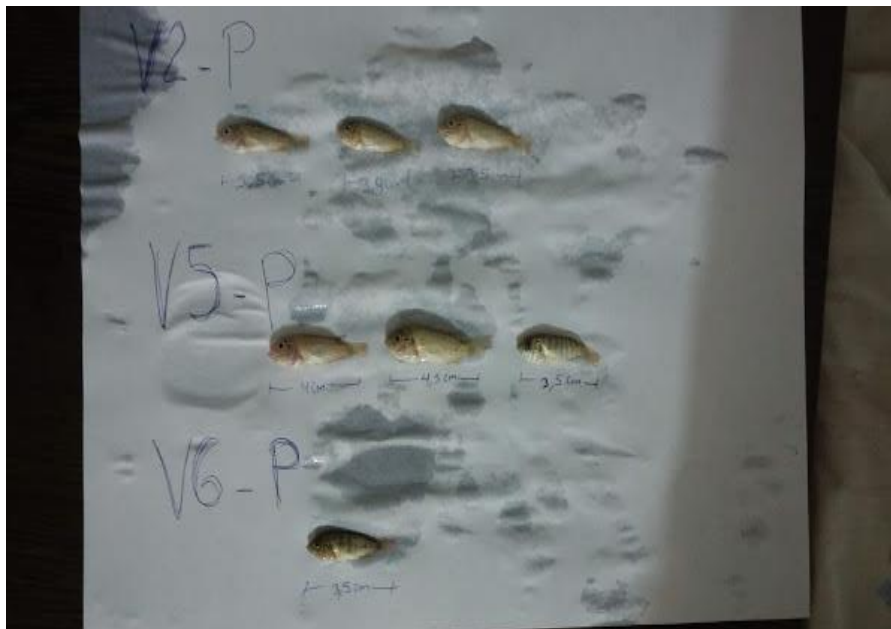


Figura 69. Alevinos extraídos de los acuarios V2, V5 y V6 durante las 8 horas de exposición del ensayo preliminar.

Limpieza

Al finalizar el ensayo preliminar se llevó a cabo la limpieza de: acuarios, termómetros, termostatos, mallas colectoras, piedras difusoras, mangueras de oxígeno.

Procedimiento

- Se extrajeron los peces que quedaban del ensayo preliminar con ayuda de las mallas colectoras (enumeradas de 1 al número 6) y se procedió a colocarlas en una tina color azul previamente rotulada como: ENSAYO PRELIMINAR, luego se desenchufó los termostatos.
- Luego se esperó un tiempo de 1 hora y con ayuda de una tijera se cortó una botella de plástico en 2 mitades y se fue extrayendo el agua de cada uno de los acuarios hasta que no quede nada de agua, para esto se cogió el trapo amarillo y se fue exprimiendo lo restante.
- Inmediatamente después se tomó un recipiente donde se fueron colocando todas las piedras difusoras, mangueras de oxígeno, termostatos, mallas colectoras y termómetros, los cuales fueron lavados varias veces con abundante agua.
- Luego se llevó cada acuario a un caño cercano y con ayuda de una manguera se procedió a enjuagar de a chorro con abundante agua, con la finalidad que quede limpio sin residuo alguno del reactivo que se utilizó.
- Se fue colocando cada acuario ya limpio en la melanina, y se colocó el termómetro, termostato, piedra difusora y manguera de oxígeno en cada acuario.

3.18 Ensayo N°1

El ensayo N°1 se desarrolló en los mismos acuarios que el ensayo preliminar, es decir con las mismas dimensiones (60 cm x 30 cm x 30 cm), se trabajó con una tirante de agua de 23,62 cm al 80% de su capacidad siendo esta el volumen de 40 l.

3.18.1 Implementacion de los acuarios

Materiales

- 6 Piedras difusoras
- 6 Termómetros
- Bombas de doble salida
- Mangueras de oxigeno
- Ventilador
- Mallas colectoras
- Tijera
- Tina azul
- Manguera gruesa

Equipo

- 6 Termostatos

Procedimiento

- Teniendo los acuarios limpios y aptos para ser usados se imprimió en una hoja bond el siguiente rotulo a usar el cual fue: H1, H2, H3, H4, H5 y H6 con el nombre de la tesista y el tema a desarrollar para luego pegarlo en cada acuario ya limpio.
- Se llenó de agua de caño hasta la marca indicada (23,62 cm de altura liquida) y se tapó con una tela color ocre todos los 6 acuarios que ya tenían agua, esto por 3 días para luego iniciar con el ensayo N°1.

3.18.2 Aislamiento de los peces que se someterán a la prueba por un periodo de 96 horas en el ensayo n°1

De los peces que estaban en los contenedores de plástico se tomó al azar 120 alevinos de tilapia gris en una tina color naranja, no se le dio de comer desde las 10:00 pm del día martes 03/04/19 es decir a los alevinos de tilapia gris no se les suministro alimento 11 horas antes que inicie el ensayo N°1.

Preparación del reactivo contaminante

El procedimiento de la preparación del reactivo contaminante sulfato de cobre pentahidratado se llevó a cabo en el laboratorio de DOCIMASIA – UNI.

Inicio del ensayo n°1

El ensayo N°1 inicio el día 03/04/19 teniendo los cálculos establecidos y el sulfato de cobre pentahidratado preparado a una concentración de 1 ppm.

3.18.3 Cálculos para determinar el volumen del reactivo sulfato de cobre pentahidratado a agregar a los acuarios

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

C_1 = Concentración de la solución patrón
 V_1 = Volumen a determinar
 C_2 = Concentración a la cual se va trabajar en cada acuario
 V_2 = Volumen del agua del acuario.

Para el acuario H1

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

1000 ppm x V_1 = 0 ppm x 40 litros
 V_1 = 0 ml

Para el acuario H2

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

1000 ppm x V_1 = 0,2 ppm x 40 litros
 V_1 = 8 ml

Para el acuario H3

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

1000 ppm x V_1 = 0,4 ppm x 40 litros
 V_1 = 16 ml

Para el acuario H4

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

1000 ppm x V_1 = 0,6 ppm x 40 litros
 V_1 = 24 ml

Para el acuario H5

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

1000 ppm x V_1 = 0,8 ppm x 40 litros
 V_1 = 32 ml

Para el acuario H6

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

1000 ppm x V_1 = 1 ppm x 40 litros
 V_1 = 40 ml

Tabla 17

Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°1

Ensayo N°1			
N° Acuarios	Acuarios	Concentraciones ppm (mg/l)	Volumen del reactivo a echar (ml)
1	H1	0	0
2	H2	0,2	8
3	H3	0,4	16
4	H4	0,6	24
5	H5	0,8	32
6	H6	1,0	40

Fuente: Elaboración propia

Materiales

- Pipetas
- Vaso precipitado
- Agua destilada
- Mallas colectoras rotuladas (1-6)
- Bolsas herméticas
- Cooler
- Hielo
- Regla
- Lapicero

Procedimiento

- El ensayo N° 1 inició el día miércoles 03/04/19 a las 9:00 am (Ver figura 70), con ayuda de la malla y con mucho cuidado se introdujo 10 alevinos de tilapia gris por cada acuario.
- Contando con los EPP (Equipo de protección personal) tales como: mascarilla M3, filtros de la misma mascarilla, guantes y gorro se cogió el frasco del reactivo contaminante (sulfato de cobre pentahidratado) ya preparado a una concentración de 1 ppm y se procedió a verter con ayuda de las probetas las cantidades calculadas por cada acuario y con ayuda de las pipetas se removió bien cada uno con su respectivo número, es decir con la pipeta 2 se removió el acuario H2, con la pipeta 3 se removió el acuario H3, con la pipeta 4 se removió el acuario H4, con la pipeta

5 se removió el acuario H5 esto fue después de echar el reactivo contaminante y esto con la finalidad que el reactivo se esparciera en todo el acuario.

- Después que se vertió el reactivo contaminante se tomó un control de 0,1,2,3,4,8,10,12,24,48,72 y 96 horas tomando los parámetros físico químicos tales como: pH, temperatura y oxígeno, además de ver el comportamiento de los alevinos de tilapia gris que fueron sometidos al contaminante.
- No se presenció mortalidad a las 96 horas del ensayo N°1 debido a que las concentraciones fueron bajas por lo que al finalizar las 96 horas se lavaron todos los materiales utilizados para el siguiente ensayo.



Figura 70. Inicio del ensayo N°1.

3.18.4 Agua reposada en acuarios de aclimatación

Como ya se mencionó con anterioridad inicialmente se había construido 2 acuarios de aclimatación con dimensiones de 120 cm x 60 cm x 60 cm. El cual se usó días antes que acabe el ensayo N°1 de la siguiente manera:

Materiales

- Acuarios de aclimatación
- Trapo amarillo
- Tazón
- Manguera gruesa

Procedimiento

Se realizó una limpieza general con ayuda de la manguera gruesa, a chorro y con un trapo amarillo ambos acuarios de aclimatación y se llenó de agua para luego taparlo con la tela color ocre y dejarlo reposar por 3 días.

Finalización del ensayo N°1

Pasada las 96 horas lo que se realizó fue llevar a los alevinos de tilapia gris que sobrevivían a la tina color azul donde se encontraban los alevinos de tilapia gris que habían resistido al ser sometidos del ensayo preliminar para luego realizar una limpieza de los equipos y materiales.

3.19 Ensayo N°2

El ensayo N°2 se llevó a cabo en los acuarios antes mencionado el cual contó con las dimensiones de 60 cm x 30 cm x 30 cm, trabajándose con una altura líquida de 23,62 cm al 80% de su capacidad con un volumen de 40 l.

3.19.1 Implementación de los acuarios

Materiales

- 6 Piedras difusoras
- 6 Termómetros
- Bombas de doble salida
- Mangueras de oxígeno
- Ventilador
- Mallas colectoras
- Tijera
- Tina azul
- Manguera gruesa
- Tazón

Equipo

- 6 Termostatos

Procedimiento

- Contando con los acuarios ya limpios con el procedimiento de la pág. 145 se extrajo los rótulos anteriores de los acuarios y se imprimió en una hoja bond los siguientes rótulos a usar los cuales fueron: I1, I2, I3, I4, I5 y I6 con el nombre de la tesista y el tema a desarrollar para luego pegarlo en cada acuario ya limpio.
- Se enjuago bien el tazón, con ayuda de éste se transportó el agua de los acuarios de aclimatación (120 cm x 60 cm x 60 cm) que estuvo reposado por 3 días a los acuarios donde se llevaría a cabo el ensayo N°2 (60 cm x 30 cm x 30 cm). Se fue llenando hasta la marca indicada (23,62 cm de altura líquida).

3.19.2 Aislamiento de los peces que se someteran a la prueba por un periodo de 96 horas en el ensayo N°2.

De los peces que estaban en los contenedores de plástico se tomó al azar 120 alevinos de tilapia gris en una tina color naranja, no se le dio de comer desde las 11:00 pm del día sábado 06/04/19, los peces estuvieron 15 horas sin comer previo a iniciar el ensayo N°2.

3.19.3 Preparación del reactivo contaminante

El reactivo contaminante, es decir el sulfato de cobre pentahidratado se preparó en el laboratorio de DOCIMASIA – UNI.

3.19.4 Cálculos para determinar el volumen del reactivo sulfato de cobre pentahidratado a agregar a los acuarios

Para el acuario I1

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 0 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 0 \text{ ml}$$

Para el acuario I2

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 40 \text{ ml}$$

Para el acuario I3

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 3 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 120 \text{ ml}$$

Para el acuario I4

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 200 \text{ ml}$$

Para el acuario I5

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 7 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 280 \text{ ml}$$

Para el acuario I6

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 9 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 360 \text{ ml}$$

Inicio del ensayo n°2

El ensayo N°2 inició el día 07/04/19 teniendo los cálculos establecidos y el sulfato de cobre pentahidratado preparado a una concentración de 1 ppm en un frasco de polietileno.

Tabla 18
Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°2

Ensayo N°2			
N° Acuarios	Acuarios	Concentraciones ppm (mg/l)	Volumen del reactivo a hechar (ml)
1	I1	0	0
2	I2	1	40
3	I3	3	120
4	I4	5	200
5	I5	7	280
6	I6	9	360

Fuente: Elaboración propia

Materiales

- Pipetas
- Vaso precipitado
- Agua destilada
- Mallas colectoras rotuladas (1-6)
- Bolsas herméticas
- Cooler
- Hielo
- Regla
- Lapicero

Procedimiento

- El ensayo N°2 se inició el día domingo 07/04/19 a las 2:15 pm, se tomó con sumo cuidado los 10 alevinos de la tilapia gris por cada acuario con ayuda de la malla.
- Estando con el equipo de protección personal se tomó el frasco de polietileno que contenía la solución patrón de sulfato de cobre pentahidratado a una concentración de 1 ppm y se vertió las cantidades calculadas por acuario con ayuda de las probetas y pipetas previamente enumeradas del 1 – 6 (Ver figura 71).
- Después de verter el reactivo contaminante se observó el comportamiento de los alevinos, se tomó un control en determinadas horas (0,1,2,3,4,8,10,12,24,48,72 y 96) de los parámetros físico – químicos (pH, temperatura y oxígeno).
- Al observar que los alevinos morían se anotó en la libreta de apuntes su comportamiento y enseguida se extrajo con la malla colectora (rotuladas del 1-6) los alevinos muertos. Se colocaron estos peces muertos que morían por horas en una hoja bond donde se midió con ayuda de una regla (Ver figuras 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79 y 80) y seguidamente después se colocó en una bolsa hermética previamente rotulada, para ser introducida ésta en un cooler que contenía hielo y se llevó al congelador para mantenerlo refrigerado y posteriormente analizado en el laboratorio de DOCIMASIA – UNI.
- Se tomaron fotografías a todo el procedimiento y por último se lavó todos los materiales usados.



Figura 71. Inicio del ensayo N°2.

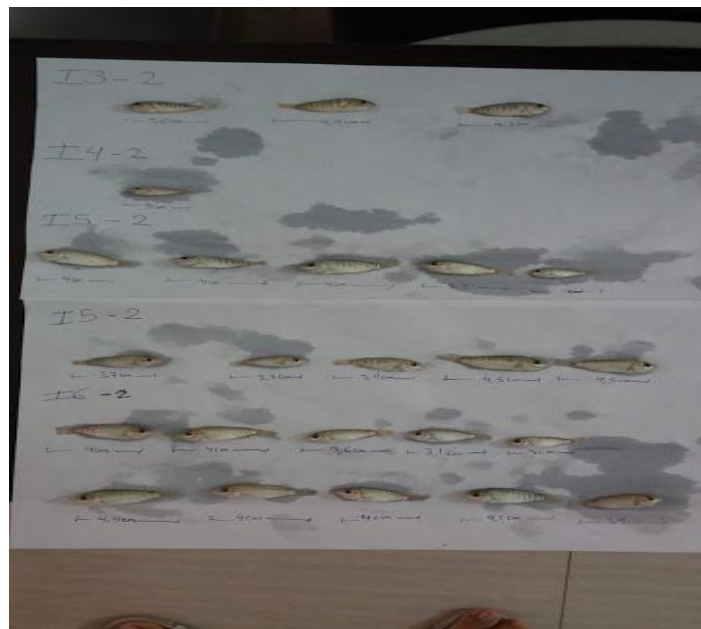


Figura 72. Alevinos muertos del acuario 13, 14, 15 e 16 a las 2 primeras horas del ensayo N°2.



Figura 73. Nado con dirección hacia el fondo del acuario.

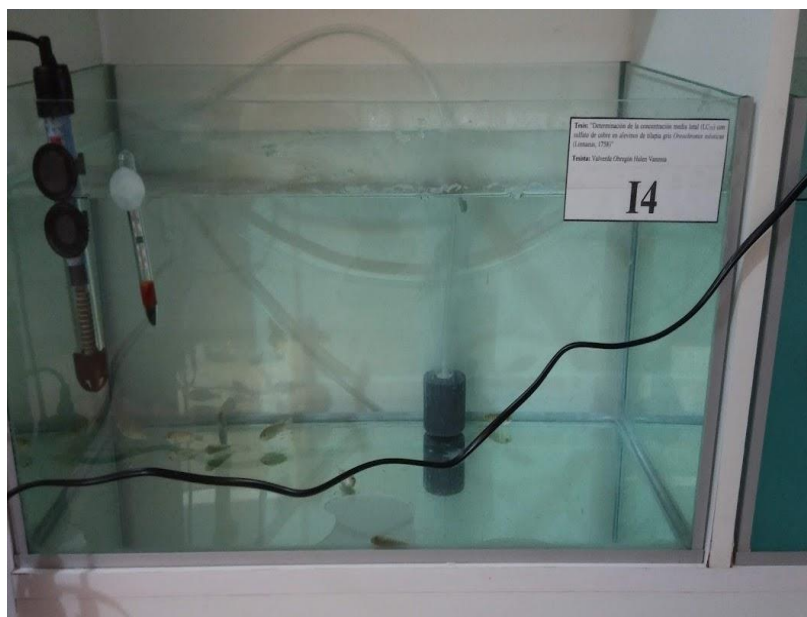


Figura 74. Mortalidad de los alevinos del acuario I4.



Figura 75. Mortalidad del 100% de la población del acuario I5.



Figura 76. Mortalidad del 100% de la población del acuario I6.

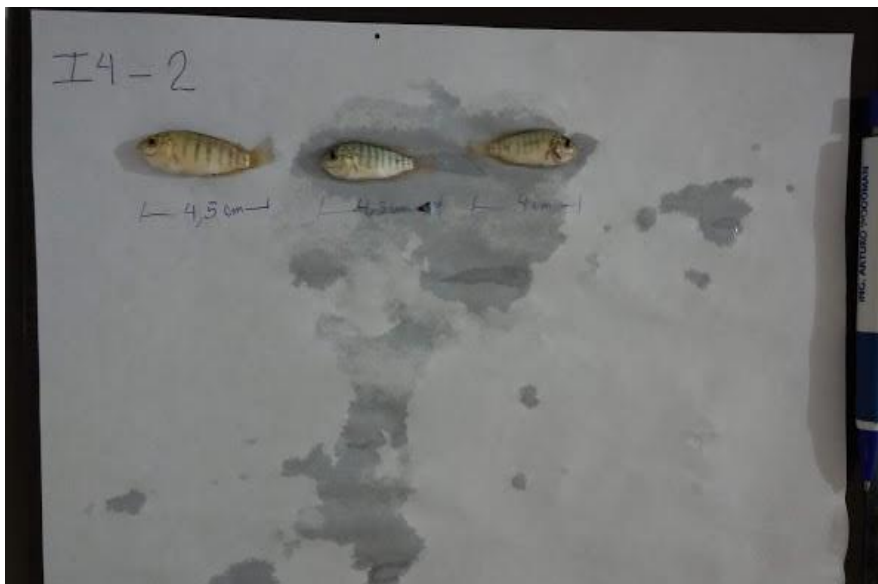


Figura 77. Mortalidad de 3 alevinos del acuario I4 a las 3 horas de exposición del ensayo N°2.



Figura 78. Mortalidad del acuario I3.



Figura 79. Alevín con aleta pectoral en sentido vertical del acuario I4.

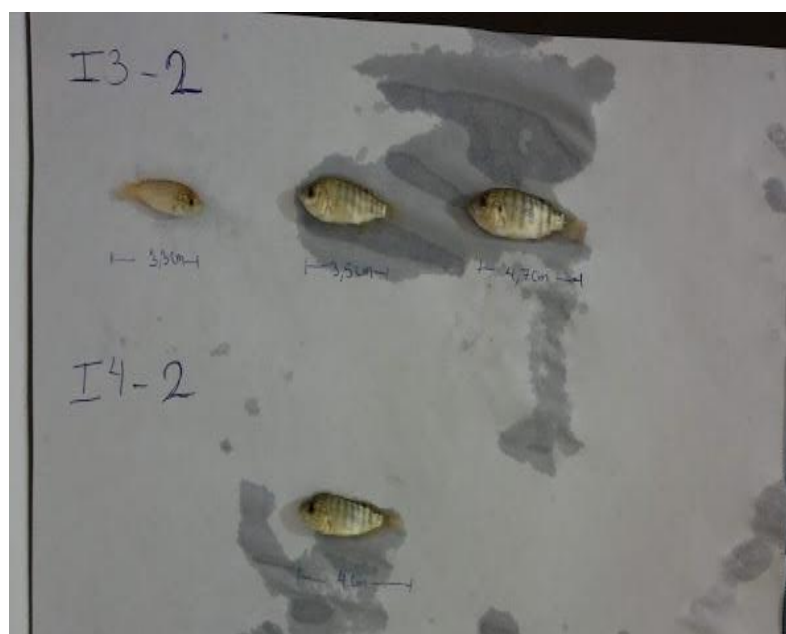


Figura 80. Alevinos muertos del acuario I3 e I4 a las 4 horas de exposición en el ensayo N°2.

Finalización del ensayo N°2

Luego de culminar las 96 horas de exposición al contaminante, se extrajo alevinos de la tilapia gris que sobrevivieron con ayuda de una malla y se colocaron en la tina azul (donde se encontraban todos los peces que habían resistido al contaminante en los ensayos anteriores), se hizo esto con la finalidad de tener los acuarios sin peces para poder realizar una limpieza tanto de equipos como de materiales.

Agua reposada en acuarios de aclimatación

- Se vertió agua de caño en los 2 acuarios construidos para el proceso de aclimatación (120 cm x 60 cm x 60 cm) reposando por 3 días, esto se llevó a cabo días antes que culmine el ensayo N° 2.

3.20 Ensayo N°3

El ensayo N°3 se desarrolló en los acuarios anteriormente mencionados contando con las dimensiones: 60 cm x 30 cm x 30 cm. Trabajandose con una altura líquida de 23,62 cm al 80% de su capacidad con un volumen de 40 l.

3.20.1 Implementación de los acuarios

Materiales

- 6 Piedras difusoras
- 6 Termómetros
- Bombas de doble salida
- Mangueras de oxígeno
- Ventilador

- Mallas colectoras
- Tijera
- Tina azul
- Manguera gruesa

Equipo

- 6 Termostatos

Procedimiento

- Contando con los acuarios aptos para ser utilizados se imprimió en una hoja bond el siguiente rotulo a utilizar el cual fue J1, J2, J3, J4, J5 y J6 con el nombre de la tesista y el tema a desarrollar para luego pegarlo en cada acuario ya limpio.
- Con ayuda de un recipiente se trasladó agua de los acuarios de aclimatación (contenían agua reposada de 3 días) a los acuarios donde se llevó a cabo el ensayo N° 3 el cual tenían una dimensión de 60 cm x 30 cm x 30 cm hasta una altura líquida de 23,62 cm (marca establecida por la tesista) para así iniciar el ensayo N°3.

3.20.2 Aislamiento de los peces que se someterán a la prueba por un periodo de 96 horas en el ensayo N°3.

Se observó y se tomó de distintos contenedores 120 alevinos de tilapia gris para colocarlos en una tina color naranja, cabe mencionar que no se le dio de comer 12 horas antes de iniciar el ensayo.

Preparación del reactivo contaminante

Se preparó la solución patrón de sulfato de cobre pentahidratado en el laboratorio de DOCIMASIA – UNI.

Inicio del ensayo N°3

Se inició el ensayo N°3 el día 13/04/19 contando con los cálculos establecidos y el sulfato de cobre pentahidratado preparado a una concentración de 1 ppm.

3.20.3 Cálculos para determinar el volumen del reactivo sulfato de cobre pentahidratado a agregar a los acuarios

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

C_1 = Concentración de la solución patrón

V_1 = Volumen a determinar

C_2 = Concentración a la cual se va trabajar en cada acuario

V_2 = Volumen del agua del acuario.

Para el acuario J1

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 0 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 0 \text{ ml}$$

Para el acuario J2

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 40 \text{ ml}$$

Para el acuario J3

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 3 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 120 \text{ ml}$$

Para el acuario J4

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 200 \text{ ml}$$

Para el acuario J5

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 7 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 280 \text{ ml}$$

Para el acuario J6

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 9 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 360 \text{ ml}$$

Tabla 19
Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°3

Ensayo N°3			
N° Acuarios	Acuarios	Concentraciones ppm (mg/l)	Volumen del reactivo a echar (ml)
1	J1	0	0
2	J2	1	40
3	J3	3	120
4	J4	5	200
5	J5	7	280
6	J6	9	360

Fuente: Elaboración propia

Materiales

- Pipetas
- Vaso precipitado
- Agua destilada
- Mallas colectoras rotuladas (1-6)
- Bolsas herméticas
- Cooler
- Hielo
- Regla
- Lapicero

Procedimiento

- El ensayo N° 3 comenzó el día 13/04/19 a las 11:35 am, lo primero que se hizo fue tomar una malla y con ayuda de ésta se tomaron 10 alevinos de tilapia gris por cada acuario (Ver figura 81).
- Uno de los aspectos importantes en todos los ensayos fue contar con los EPP, sin dejar de mencionar este punto muy importante se procedió a tomar el frasco de polietileno que contenía el reactivo contaminante y con mucho cuidado se vertió a cada acuario las cantidades establecidas por la tesista.
- Luego de verter el reactivo contaminante se realizó un control de 0, 1, 2, 3, 4, 8, 10, 12, 24, 48, 72 y 96 horas tomando los parámetros físicos químicos (pH, temperatura y oxígeno), además de ver el comportamiento, mortalidad y supervivencia de los alevinos expuestos.
- Los alevinos muertos fueron extraídos con una malla (la cual estaba enumerada de 1-6), luego se colocaron con mucho cuidado en una hoja bond para ser medidos y seguidamente se colocó en unas bolsas herméticas previamente rotuladas y estas se colocaron en el cooler que contenía hielo y se trasladaron hasta el refrigerador hasta que termine el ensayo N°3 y posteriormente se llevó dicho cooler al laboratorio de MICROSCOPIA – UNI donde se hizo una disección.
- Se tomó fotografías del comportamiento y mortalidad por horas de los alevinos del ensayo N°3 (Ver figuras 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 y 101) y se lavó todos los materiales usados para que estén limpios y ser usados en el último ensayo.



Figura 81. Inicio del ensayo N°3.



Figura 82. Alevinos muertos del acuario J5 pertenecientes al ensayo N°3.



Figura 83. Alevín muerto del acuario J6 perteneciente al ensayo N°3.

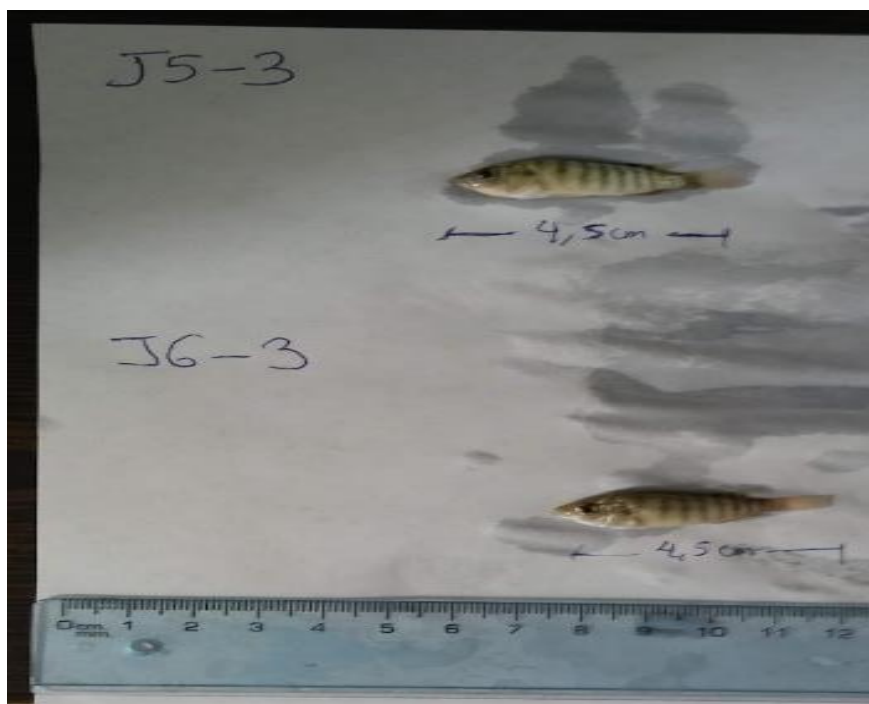


Figura 84. Alevinos muertos de los acuarios J5 y J6 durante la primera hora de exposición en el ensayo N°3.

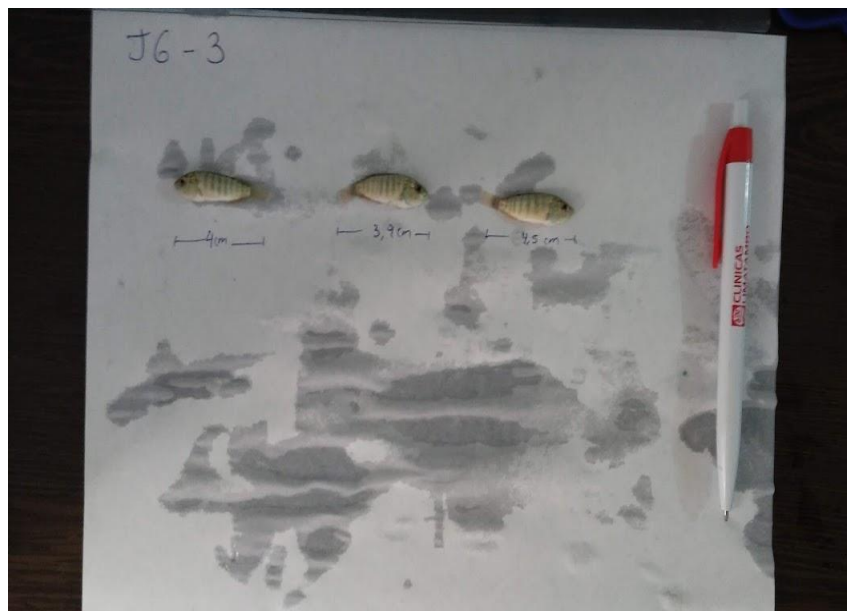


Figura 85. Alevinos muertos del acuario J6 durante la segunda hora de exposición en el ensayo N°3.



Figura 86. Nado del alevín hacia el fondo del acuario J5 perteneciente al ensayo N°3.

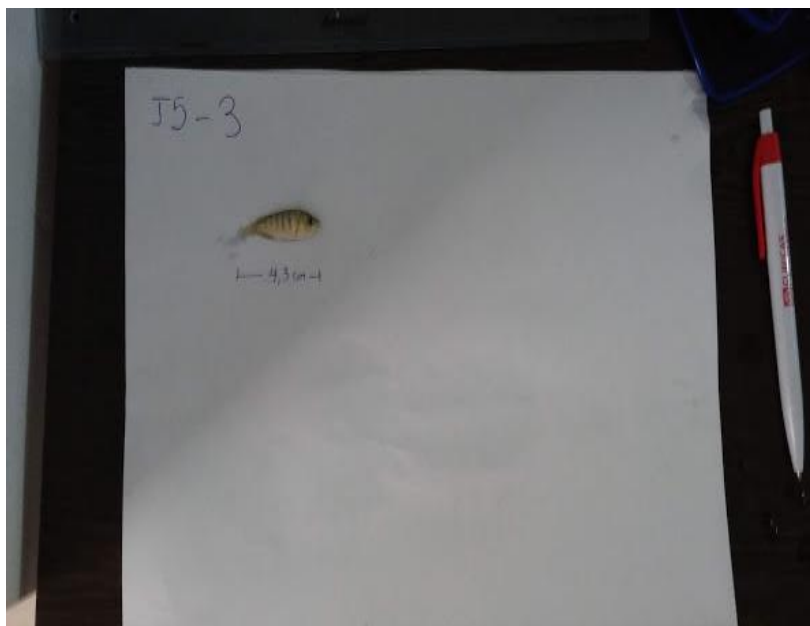


Figura 87. Alevín muerto del acuario J5 a las 3 horas de exposición durante el ensayo N°3.



Figura 88. Alevinos muertos con las branquias abiertas y aleta pectoral en sentido vertical del acuario J6 perteneciente al ensayo N°3.

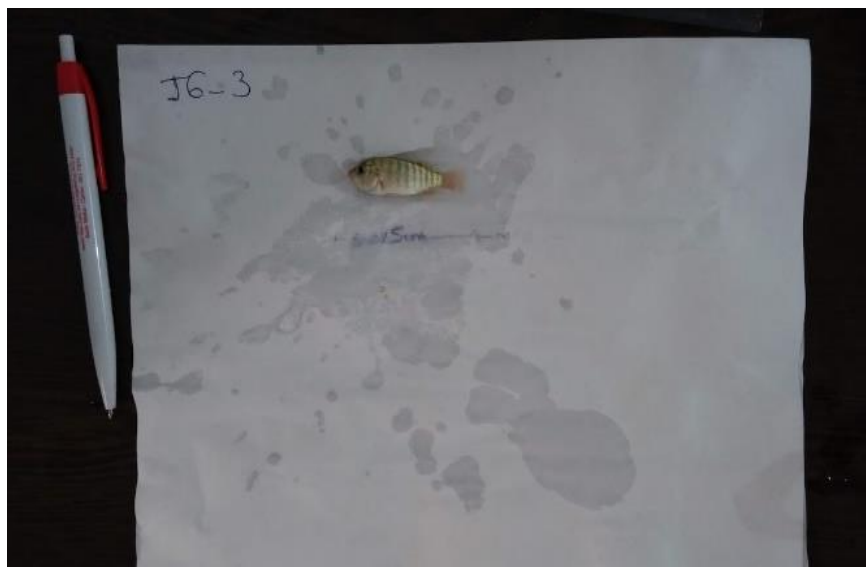


Figura 89. Alevín muerto del acuario J6 a las 4 horas de exposición durante el ensayo N°3.



Figura 90. Alevinos moribundos con nado hacia el fondo del acuario J4 perteneciente al ensayo N°3.



Figura 91. Alevinos moribundos con nado hacia el fondo del acuario J5 perteneciente al ensayo N°3.



Figura 92. Alevinos con branquias expuestas en el fondo del acuario J6 perteneciente al ensayo N°3.

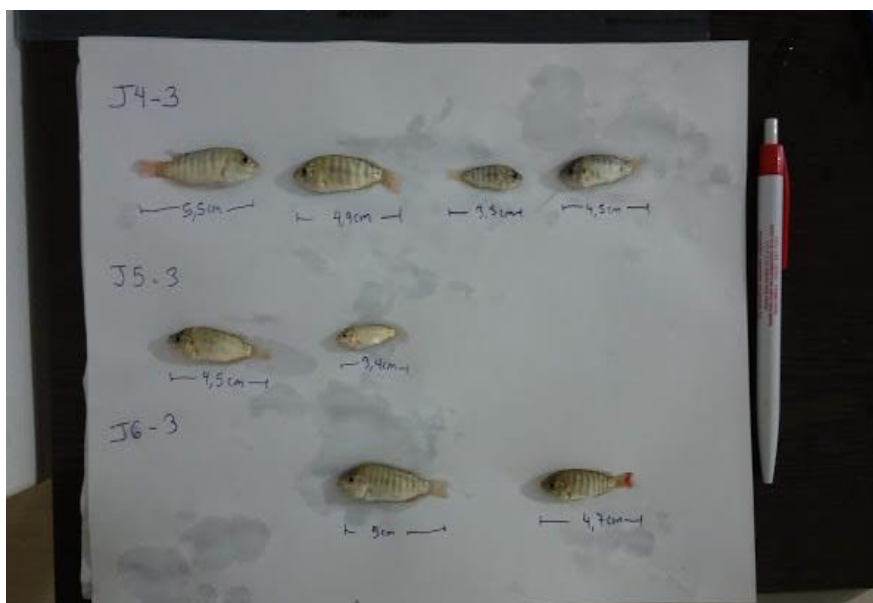


Figura 93. Alevinos muertos de los acuarios J4, J5 y J6 a las 8 horas de exposición durante el ensayo N°3.



Figura 94. Alevín muerto boca arriba en el acuario J4 perteneciente al ensayo N°3.

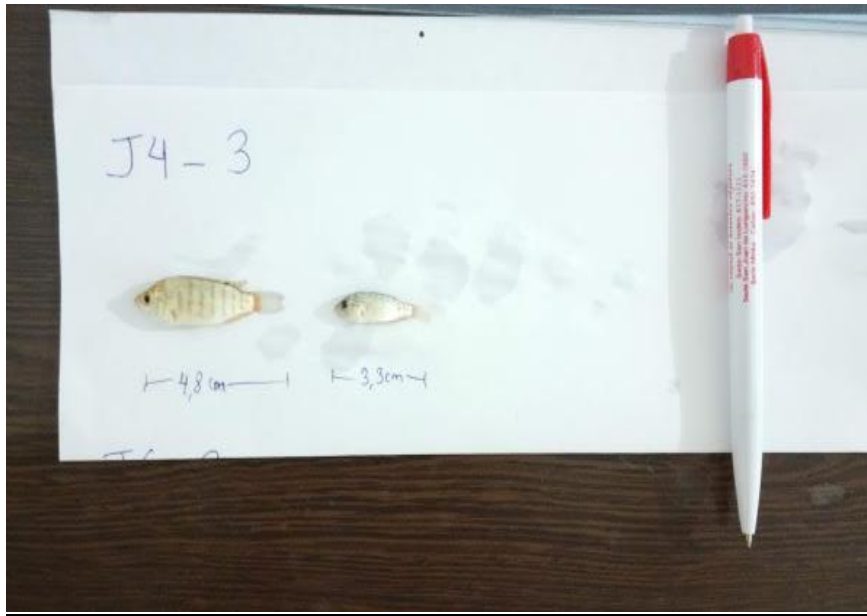


Figura 95. Alevinos muertos del acuario J4 a las 10 horas de exposición durante el ensayo N°3.

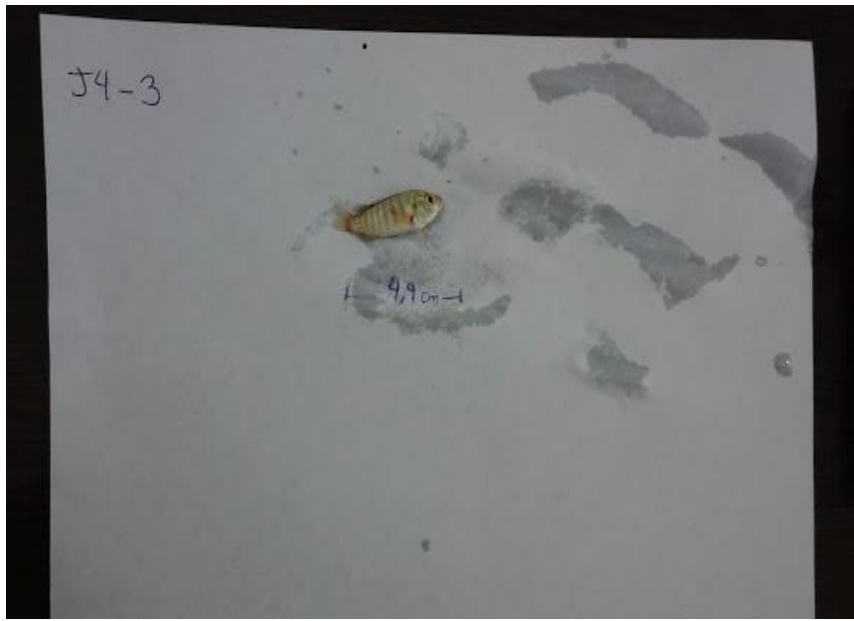


Figura 96. Alevino muerto del acuario J4 a las 12 horas de exposición durante el ensayo N°3.



Figura 97. Alevino muerto con aleta pectoral hacia arriba del acuario J4 durante el ensayo N°3.



Figura 98. Alevino muerto con aleta pectoral hacia arriba del acuario J5 durante el ensayo N°3.



Figura 99. Alevinos muertos del acuario J4 y J5 a las 24 horas de exposición durante el ensayo N°3.



Figura 100. Alevino muerto de costado del acuario J4 durante el ensayo N°3.

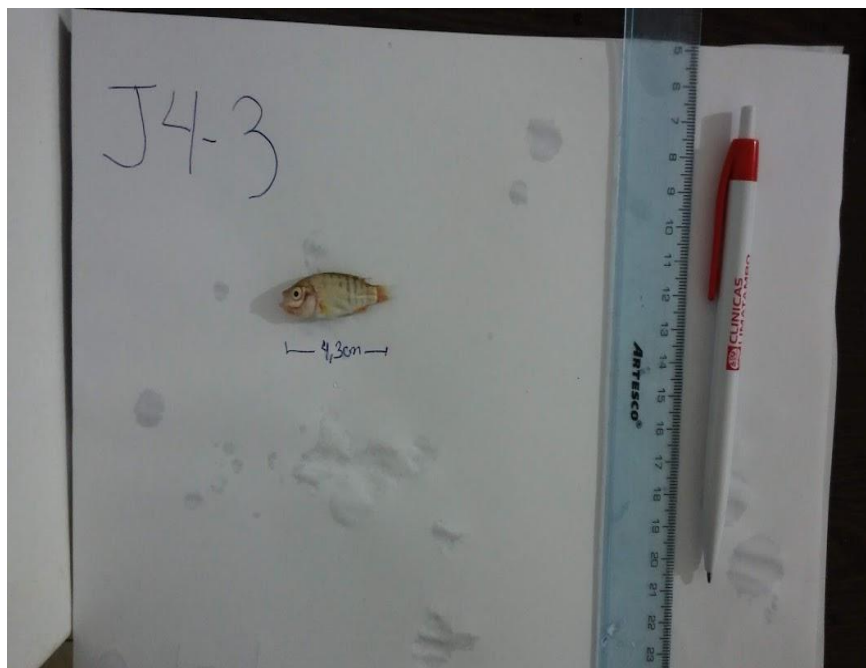


Figura 101. Alevino muerto del acuario J4 a las 72 horas de exposición durante el ensayo N°3.

Medición de oxígeno con el multiparametro HACH

El multiparametro usado en la lectura pH, temperatura y oxígeno para el ensayo N°3 fue el de la marca HACH realizándose el mismo procedimiento del manejo que el equipo multiparametro de la marca WTW.

Se hizo las lecturas de pH y oxígeno de los acuarios J1, J2, J3, J4, J5 y J6 asimismo la verificación respectiva con los patrones de control (Ver figuras 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 y 113)



Figura 102. Oxígeno disuelto reportado por el multiparametro HACH en el acuario J1.



Figura 103. Medición de oxígeno disuelto del acuario J2.



Figura 104. Oxígeno reportado por el multiparametro HACH en el acuario J2.

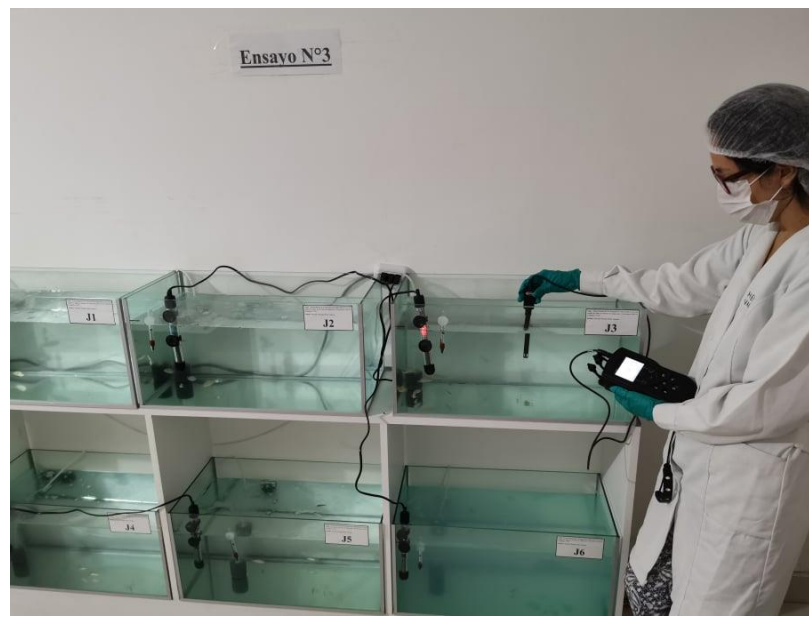


Figura 105. Medición de oxígeno disuelto del acuario J3.



Figura 106. Oxígeno reportado por el multiparametro HACH en el acuario J3.



Figura 107. Medición de oxígeno disuelto del acuario J4.



Figura 108. Oxígeno disuelto reportado por el multiparametro HACH en el acuario J4.

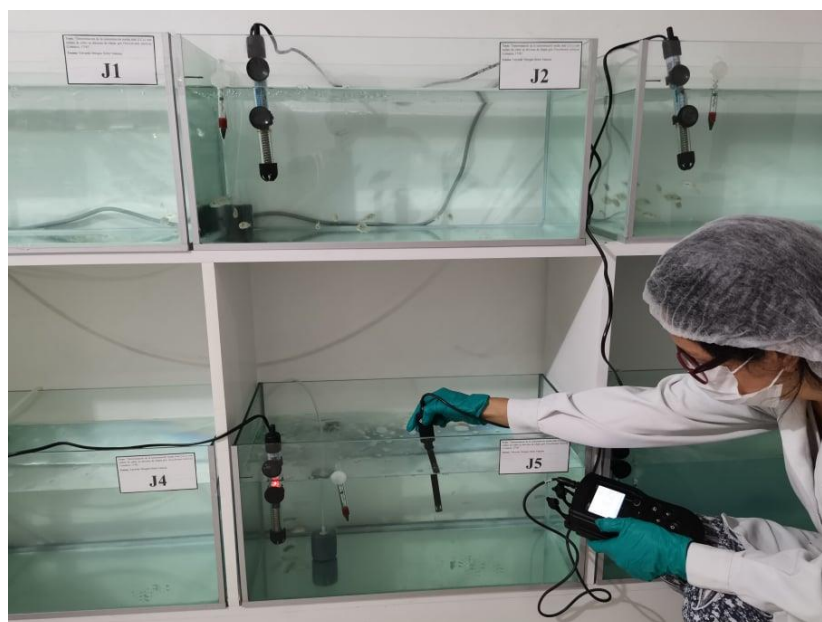


Figura 109. Medición de oxígeno disuelto del acuario J5.

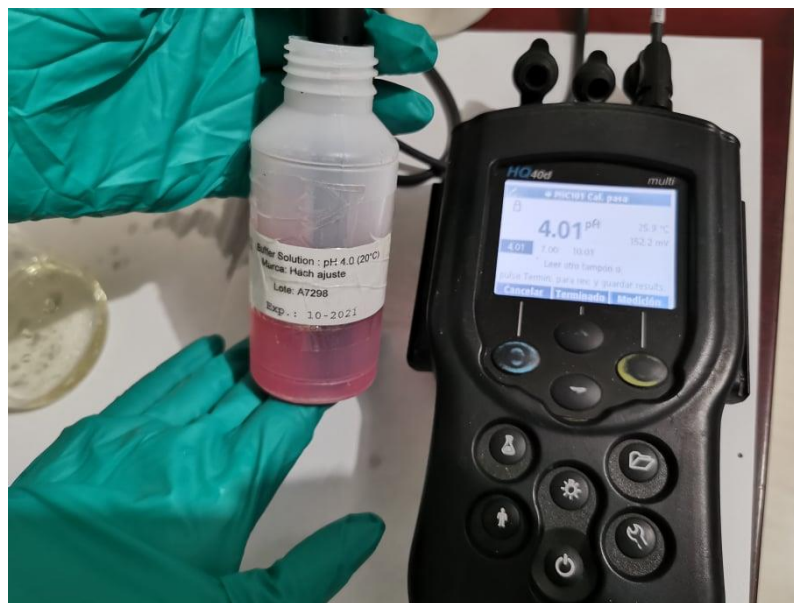


Figura 110. Verificación de pH 4.

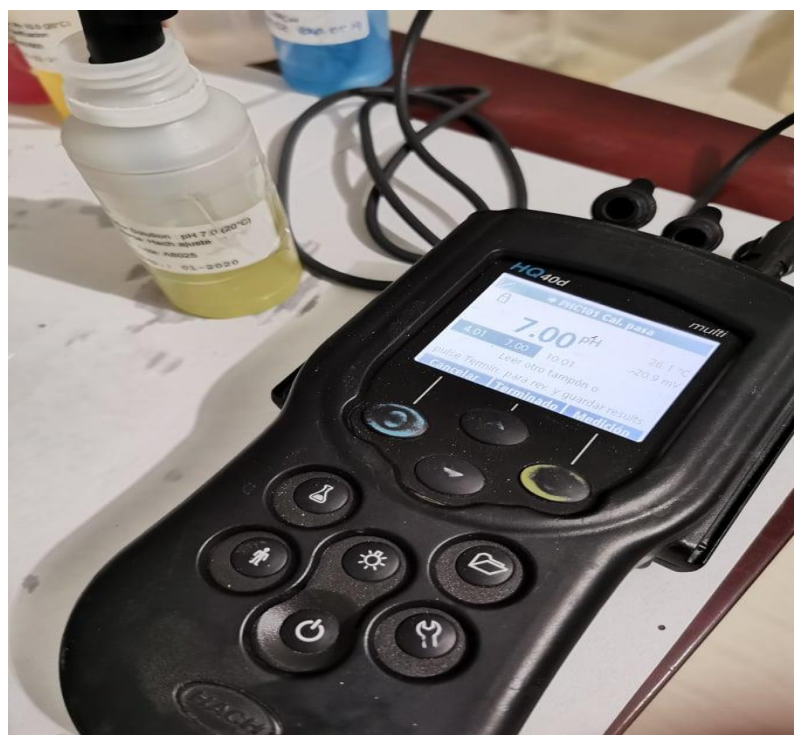


Figura 111. Verificación de pH 7.



Figura 112. Verificación de pH del acuario J5.

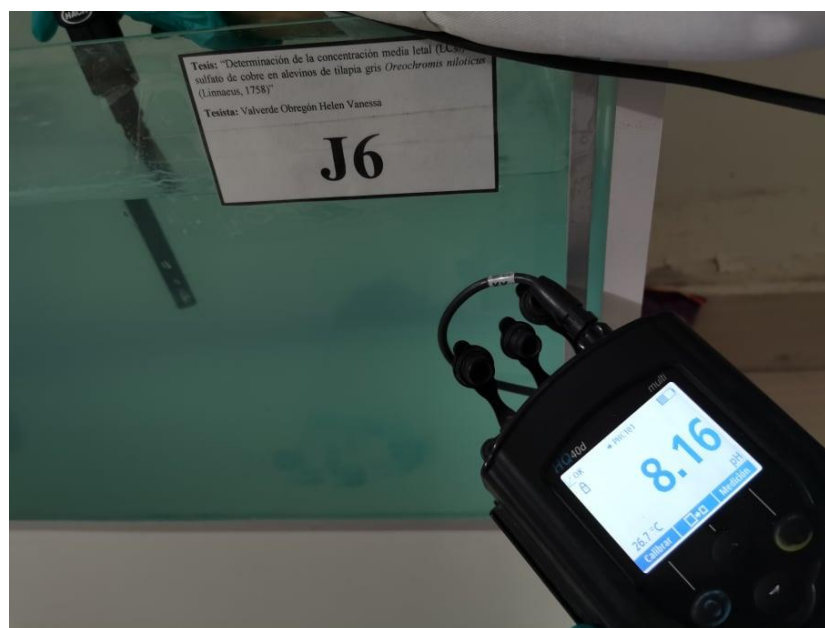


Figura 113. Verificación de pH del acuario J6.

Agua reposada en acuarios de aclimatación

Los 2 acuarios con dimensiones de 120 cm x 60 cm x 60 cm son los acuarios que inicialmente se había construido para colocar a los alevinos en la etapa de aclimatación. Estos acuarios sirvió como contenedor es decir con ayuda de una manguera se vertió agua de caño y se tapó con una tela color ocre con la finalidad de dejar el agua reposar por 3 días, esto se realizó días antes que culmine el ensayo N°3.

Finalización del ensayo N°3

Cumplida las 96 horas, con una malla se extrajeron los alevinos de tilapia gris que habían sobrevivido a la exposición del contaminante y se colocó en una tina azul (tina donde se encontraban los peces que sobrevivieron a todos los ensayos), finalmente se lavó los materiales y equipos usados para el siguiente y último ensayo.

3.20.3.1 Disección en el laboratorio de microscopia – UNI

Materiales

- Porta objetos
- Plumón indeleble
- Muestras

Equipo

- Equipo de disección
- Estereoscopio

Procedimiento

- La disección de los pescados se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en la facultad de Geología, Minera y Metalúrgica en el laboratorio de microscopía – UNI, contando con el estereoscopio se procedió a enchufarlo.
- Se rotularon los portaobjetos como: “Cr” (con reactivo) y “Sr” (sin reactivo) seguidamente después se abrió el cooler, se extrajo la bolsa hermética, se sacaron los pescados y se hizo un corte con mucho cuidado de tal manera que sus órganos queden expuestos para luego llevarlos al estereoscopio.
- Se visualizó en el estereoscopio de la marca “CARL ZEISS JENA” a un aumento de 1,6 con una escala de 25 todas las muestras del ensayo N°3.

IMÁGENES VISTAS DESDE EL ESTEROSCOPIO EN EL LABORATORIO DE MICROSCOPIA – UNI

MUESTRAS DEL ENSAYO N°3 EN BOLSAS HERMÉTICAS PRESERVADAS ADECUADAMENTE LUEGO DE LAS 96 HORAS.



Figura 114. Bolsas herméticas rotuladas con sus respectivas muestras.



Figura 115. Disección de especímenes del acuario J4 pertenecientes al ensayo N°3.



Figura 116. Disección de especímenes del acuario J6 pertenecientes al ensayo N°3

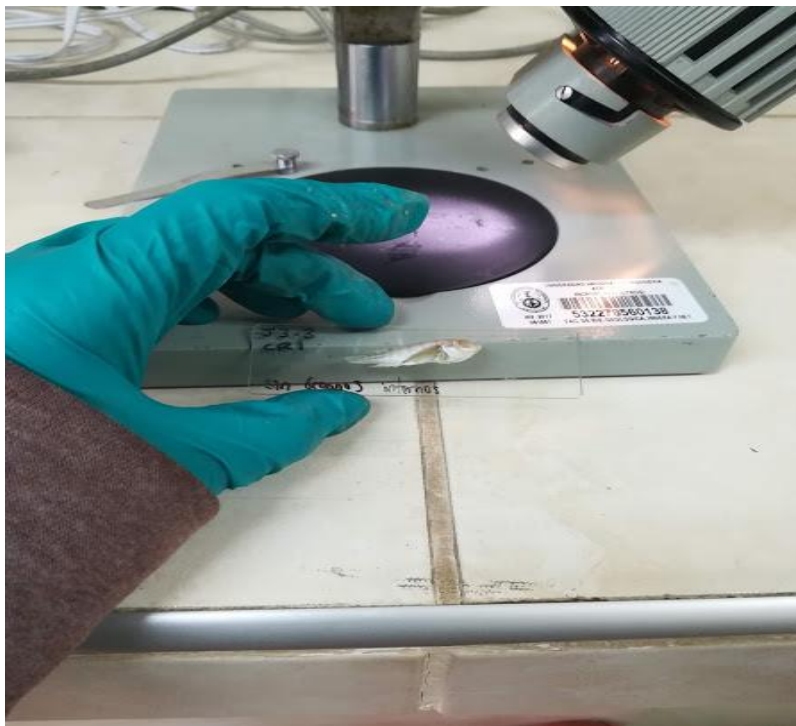


Figura 117. Especimen sin órganos internos (J3-3 CR1).

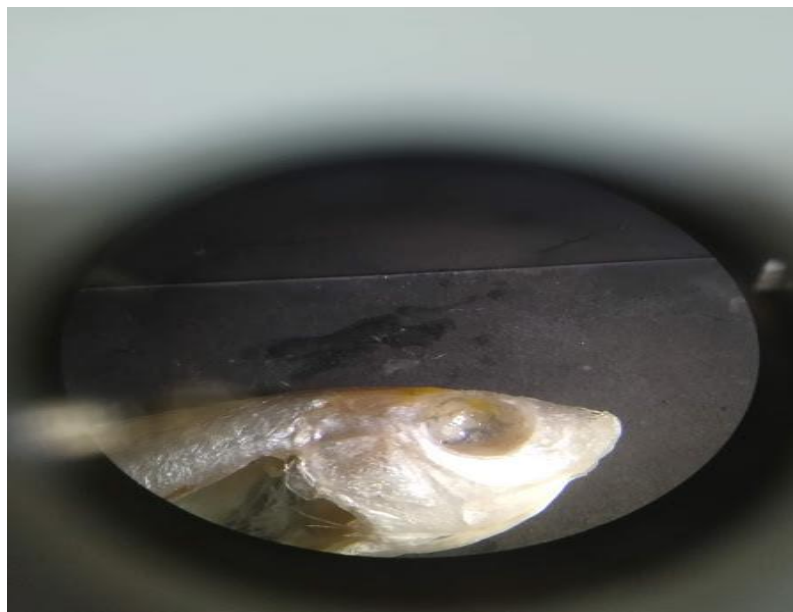


Figura 118. Especimen sin ojos con vista desde el esteroscopio.



Figura 119. Espécimen con órganos destrozados (J4-3 CR1).



Figura 120. Espécimen con órganos expuestos para una mejor visualización (J4-3 CR2).



Figura 121. Espécimen con órganos internos expuestos (J4-3 CR3).

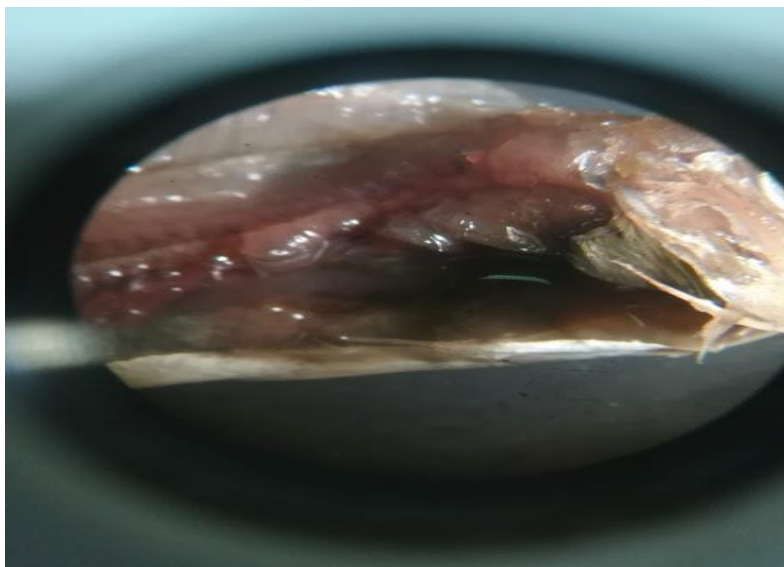


Figura 122. Espécimen con órganos internos deshechos.



Figura 123. Especimen con órganos internos mostrados (J4-3 CR4).



Figura 124. Especimen con órganos expuestos (J4-3 CR5).



Figura 125. Especimen con órganos expuestos (J4-3 CR6).



Figura 126. Especimen con órganos a la intemperie (J4-3 CR7).



Figura 127. Ojo rojo del espécimen visualizado con el estereoscopio.



Figura 128. Especimen disectado (J4-3 CR8).

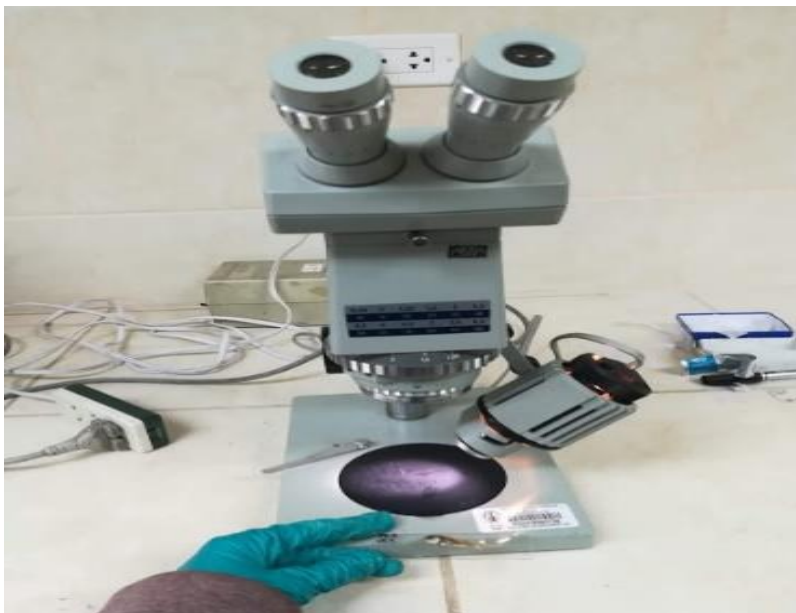


Figura 129. Especimen de la muestra J4-3 CR9 con órganos expuestos.

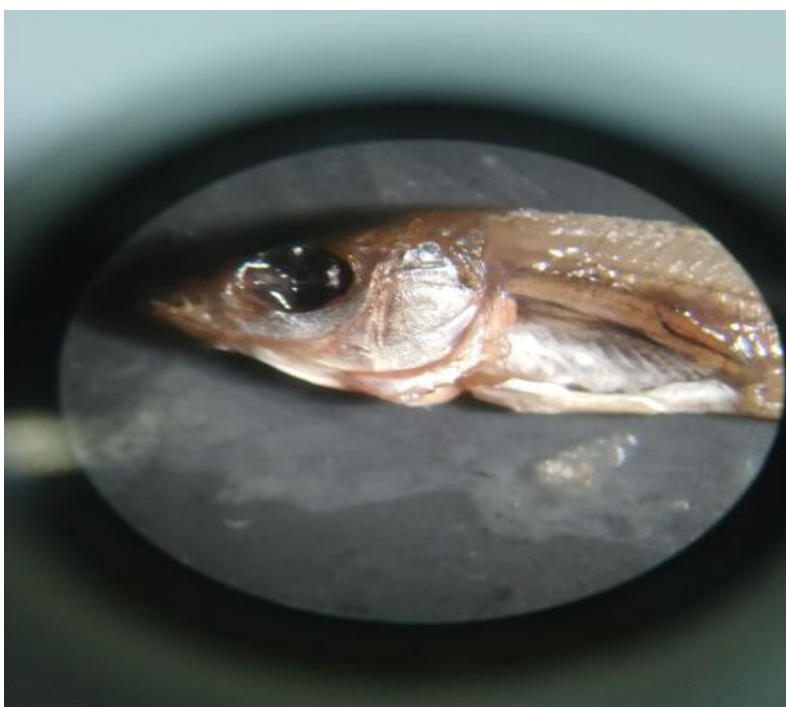


Figura 130. Especimen con ojo reventado.



Figura 131. Especimen con órganos expuestos (J6-3 CR1).



Figura 132. Especimen visualizado con estereoscopio.



Figura 133. Especimen con órganos expuestos (J6-3 CR2).

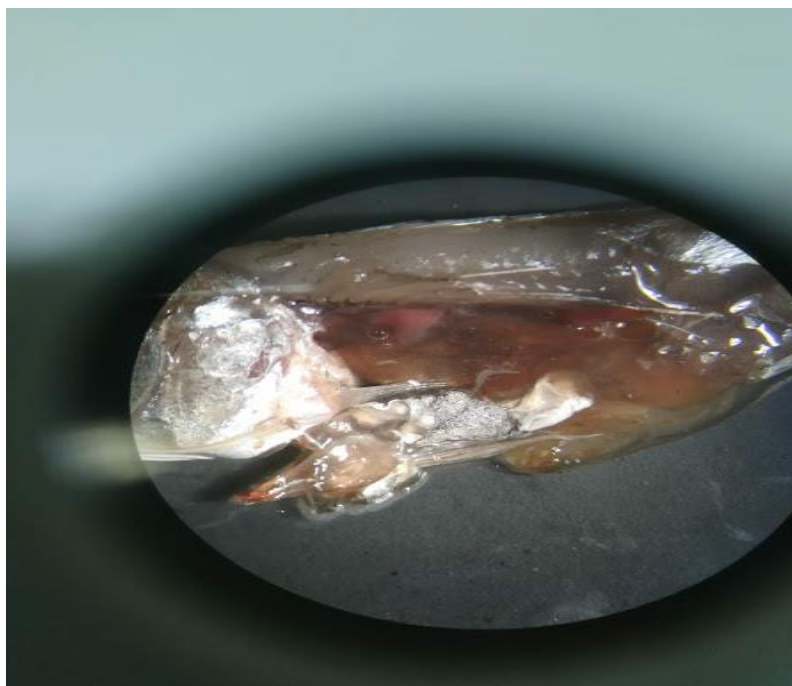


Figura 134. Órganos internos reventados.



Figura 135. Espécimen con órganos mostrados (J6-3 CR3).



Figura 136. Branquias destrozadas.



Figura 137. Especimen con órganos expuestos (J6-3 CR4).

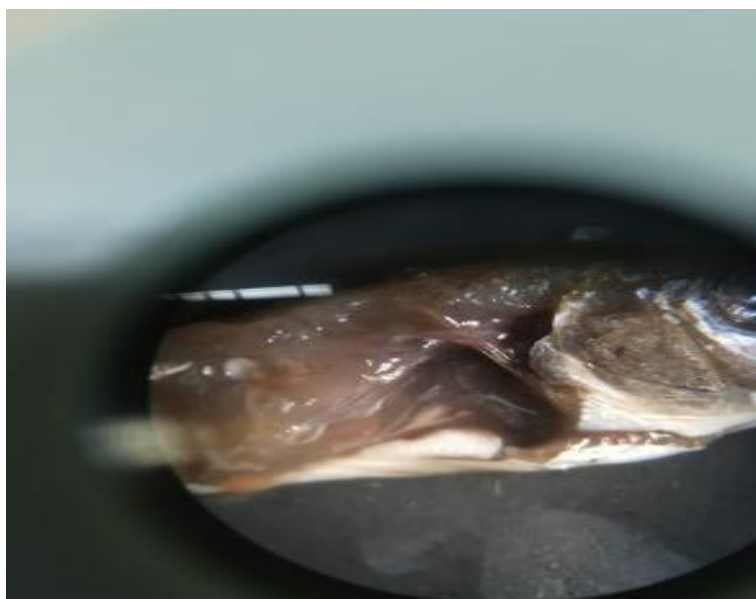


Figura 138. Ciegos pilóricos destrozados y expuestos.



Figura 139. Espécimen con órganos expuestos (J6-3 CR5).



Figura 140. Espécimen del acuario J6 disectado (J6-3 CR6).

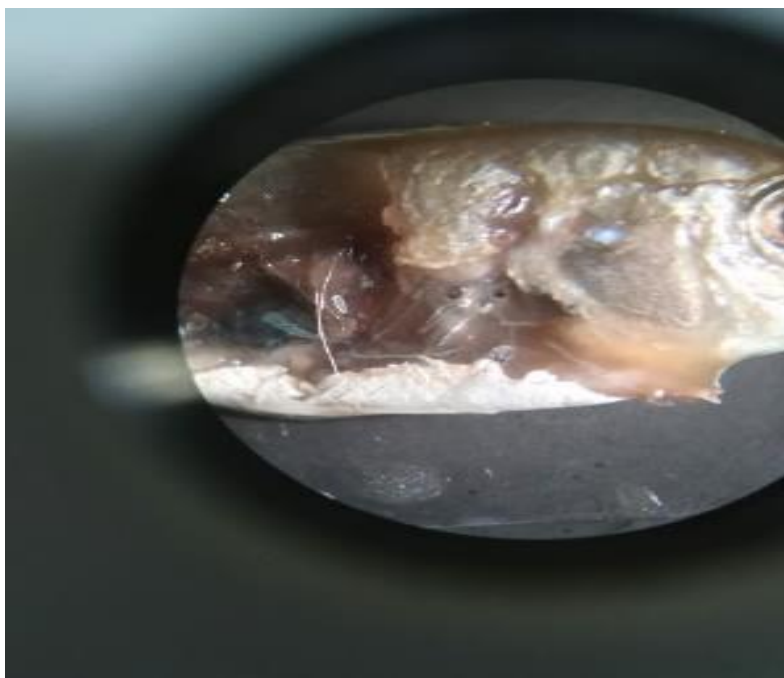


Figura 141. Corazón expuesto y desecho.



Figura 142. Especimen con órganos expuestos (J6-3 CR7).



Figura 143. Espécimen con ausencia de algunos órganos por canibalismo.



Figura 144. Estereoscopio usado en la visualización de los alevinos de tilapia gris.



Figura 145. Escala de 0,63 y aumento de 10.



Figura 146. Laboratorio de microscopia UNI.

3.21 Ensayo N° 4

El último ensayo que es el N°4 se realizó en los acuarios mencionados con anterioridad cuyas dimensiones fueron de 60 cm x 30 cm x 30 cm, con un volumen a trabajar de 40 l con una tirante líquida de 23,62 cm y al 80% de su capacidad.

3.21.1 Implementación de los acuarios

Materiales

- 6 Piedras difusoras
- 6 Termómetros
- Bombas de doble salida
- Mangueras de oxígeno
- Ventilador
- Mallas colectoras
- Tijera
- Tina azul
- Manguera gruesa

Equipo

- 6 Termostatos

Procedimiento

- Con los acuarios aptos se colocó un rotulo por cada acuario: K1, K2, K3, K4, K5, K6 con el nombre de la tesista y el tema a desarrollar.
- Se trasladó con un recipiente el agua reposada de los acuarios de aclimatación a los acuarios donde se trabajó (cuyas dimensiones fueron de 60 cm x 30 cm x 30 cm) hasta la marca indicada (23,62 cm).

3.21.2 Aislamiento de los peces que se someterán a la prueba por un periodo de 96 horas en el ensayo N°4.

Para este último ensayo se tomaron de los contenedores de plástico 120 alevinos de tilapia gris y se colocaron con mucho cuidado en la tina color naranja 11 horas antes de iniciar con el ensayo N°4.

Preparación del reactivo contaminante

La preparación de la solución patrón de sulfato de cobre pentahidratado a una concentración de 1 ppm se llevó a cabo en el laboratorio de DOCIMASIA – UNI .

Inicio del ensayo N°4

El último ensayo N°4 se inició el día 18/04/19 contando con los cálculos establecidos y el sulfato de cobre pentahidratado preparado a una concentración de 1 ppm.

3.21.3 Cálculos para determinar el volumen del reactivo sulfato de cobre pentahidratado a agregar a los acuarios

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

C_1 = Concentración de la solución patrón

V_1 = Volumen a determinar

C_2 = Concentración a la cual se va trabajar en cada acuario

V_2 = Volumen del agua del acuario.

Para el acuario K1

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 0 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 0 \text{ ml}$$

Para el acuario K2

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 40 \text{ ml}$$

Para el acuario K3

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 3 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 120 \text{ ml}$$

Para el acuario K4

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 200 \text{ ml}$$

Para el acuario K5

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 7 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 280 \text{ ml}$$

Para el acuario K6

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 9 \text{ ppm} \times 40 \text{ litros}$$

$$V_1 = 360 \text{ ml}$$

Tabla 20

Cantidad del contaminante a verter a los acuarios en el ensayo N°4

Ensayo N°4			
N° Acuarios	Acuarios	Concentraciones ppm (mg/l)	Volumen del reactivo a echar (ml)
1	K1	0	0
2	K2	1	40
3	K3	3	120
4	K4	5	200
5	K5	7	280
6	K6	9	360

Fuente: Elaboración propia

Materiales

- Pipetas
- Vaso precipitado
- Agua destilada
- Mallas colectoras rotuladas (1-6)
- Bolsas herméticas
- Cooler
- Hielo
- Regla
- Lapicero

Procedimiento

- El último ensayo se llevó a cabo el día 18/04/19 a las 9:30 am, lo primero que se realizó fue tomar una malla y sacar de la tina naranja 10 alevinos por cada acuario (Ver figura 157).
- Se tomó el frasco de polietileno que contenía la solución patrón de sulfato de cobre pentahidratado y se vertió a los acuarios las cantidades previamente calculadas con mucho cuidado y se removió con las pipetas cada una con su respectivo acuario.
- Luego se realizó un control de 0, 1, 2, 3, 4, 8, 10, 12, 24, 48, 72 y 96 horas tomando los parámetros físico químicos tales como: pH, temperatura y oxígeno, además de ver el comportamiento, mortalidad de los alevinos de tilapia gris que fueron sometidos al contaminante.
- Los alevinos que morían se fue extrayendo con una malla y colocadas inmediatamente en una hoja bond en donde fueron medidos para luego ser colocados en una bolsa hermética previamente rotulada y ésta colocadas en el cooler que contenía hielo para ser refrigerado.
- Se fotografió todo el comportamiento de los alevinos por horas así como el pesado final de los organismos muertos, (Ver figuras 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180 y 181), luego se lavó todos los materiales usados.



Figura 147. Inicio del ensayo N°4.



Figura 148. Alevinos muertos del acuario K6 durante el ensayo N°4.

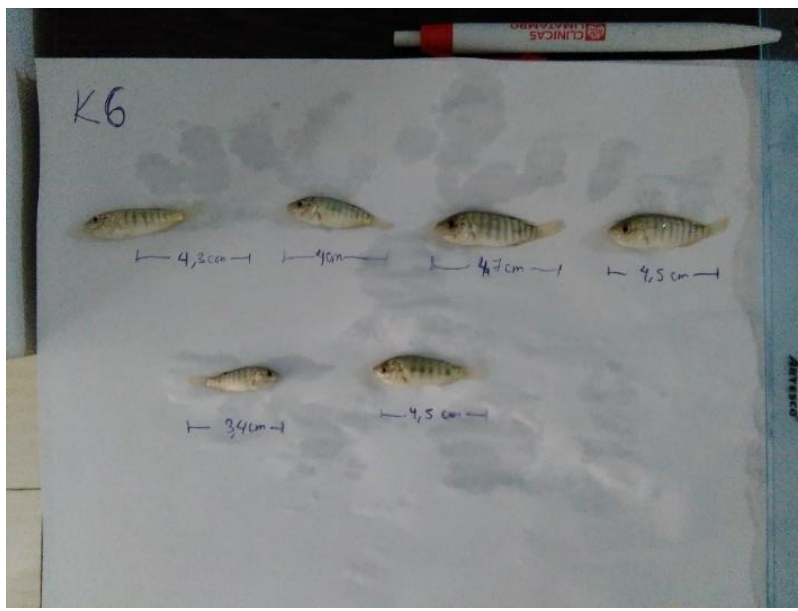


Figura 149. Alevinos muertos del acuario K6 durante la primera hora de exposición en el ensayo N°4.

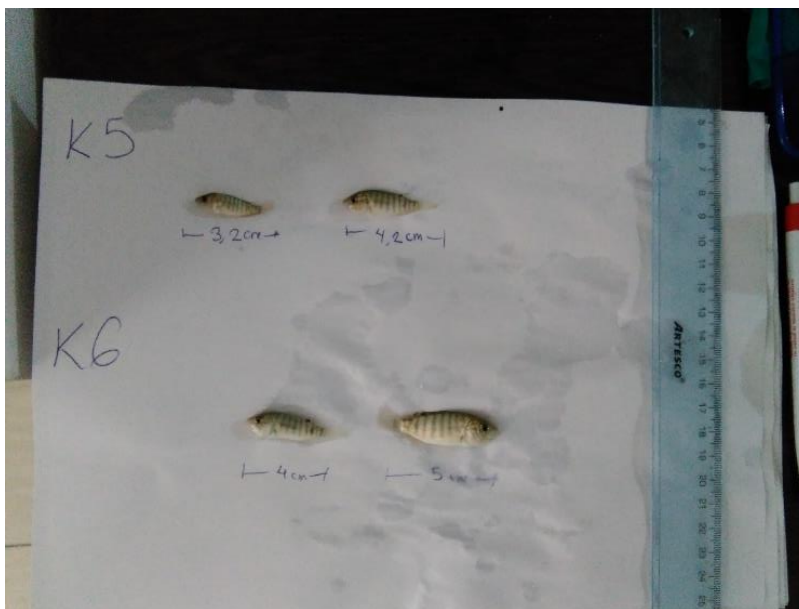


Figura 150. Alevinos muertos del acuario K5 y K6 durante la segunda hora de exposición en el ensayo N°4.

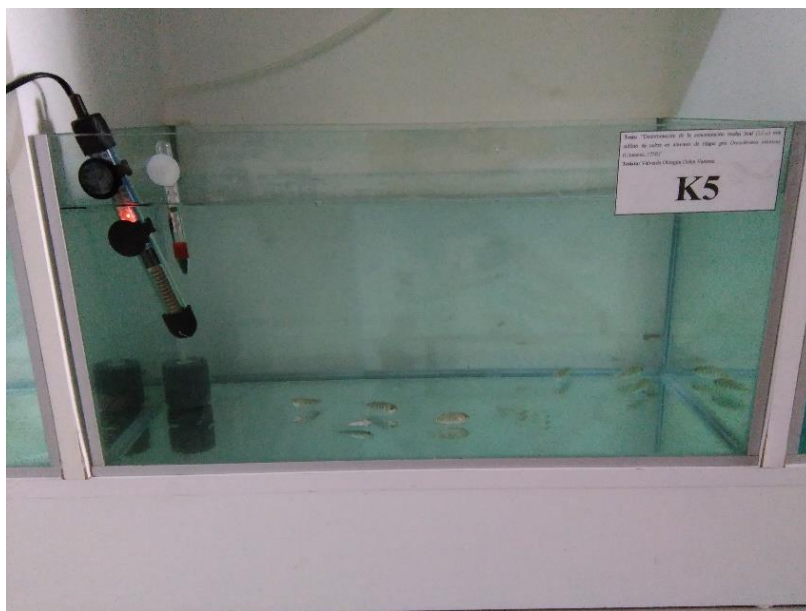


Figura 151. Alevino muerto de costado del acuario K5 perteneciente al ensayo N°4.

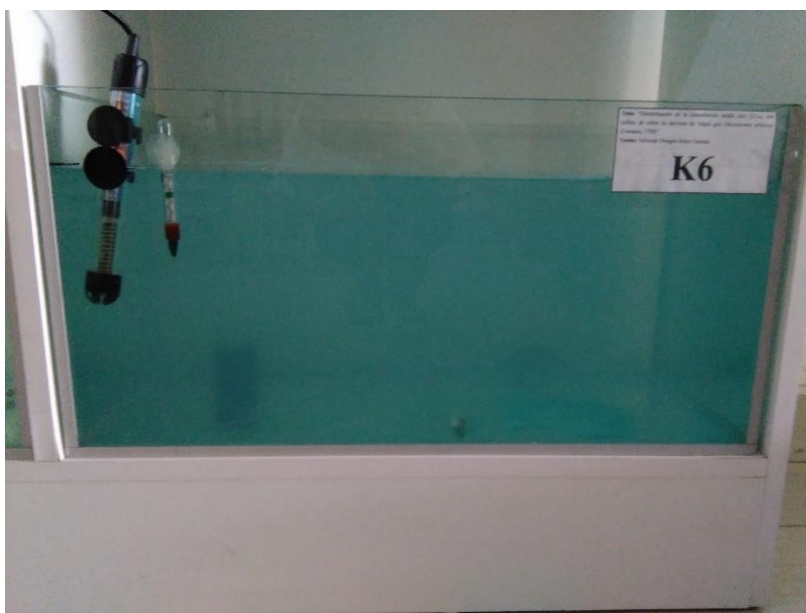


Figura 152. Alevino muerto con vientre abultado del acuario K6 perteneciente al ensayo N°4.



Figura 153. Alevino muerto del acuario K4 perteneciente al ensayo N°4.

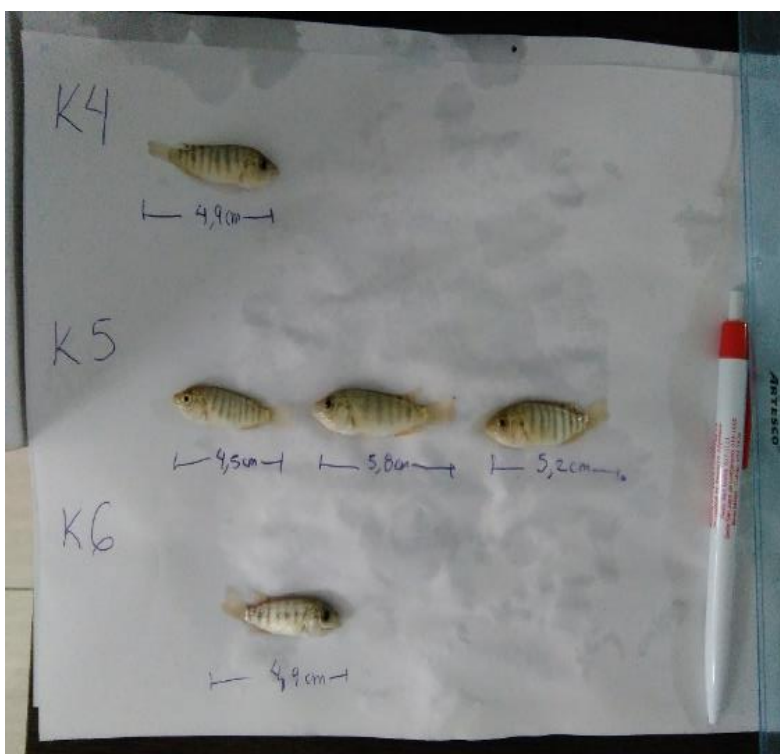


Figura 154. Alevinos muertos de los acuarios K4, K5 y K6 a las 3 horas de exposición durante el ensayo N°4.

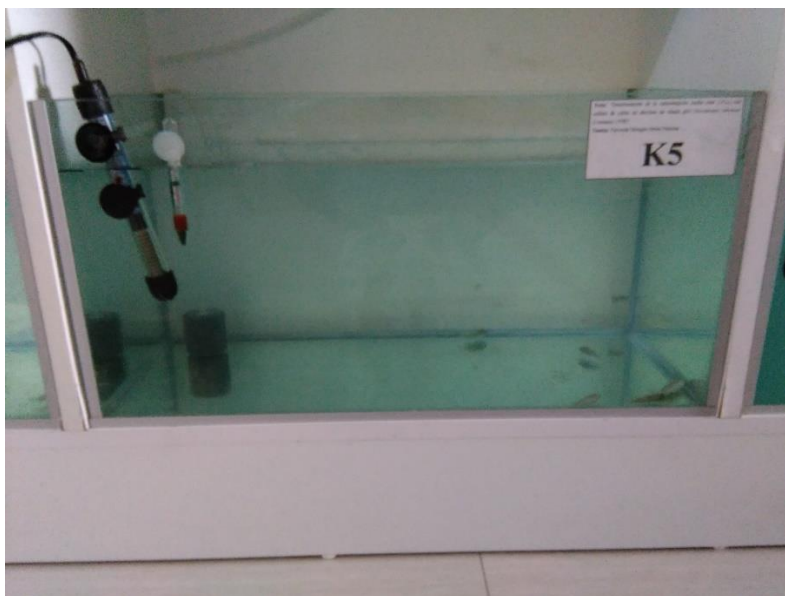


Figura 155. Alevinos muertos en la esquina del acuario K5 del ensayo N°4.



Figura 156. Alevino muerto con vientre abultado en la esquina del acuario K6 del ensayo N°4.

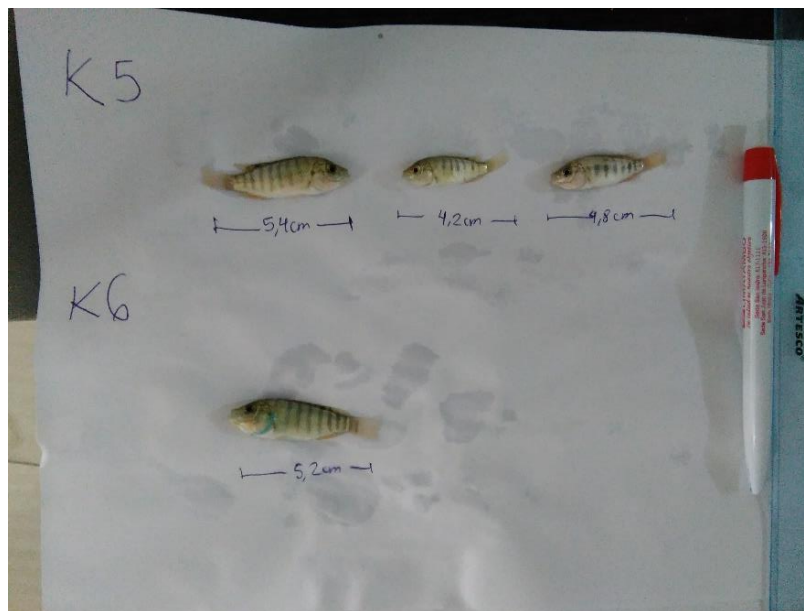


Figura 157. Alevinos muertos de los acuarios K5 y K6 a las 4 horas de exposición durante el ensayo N°4.

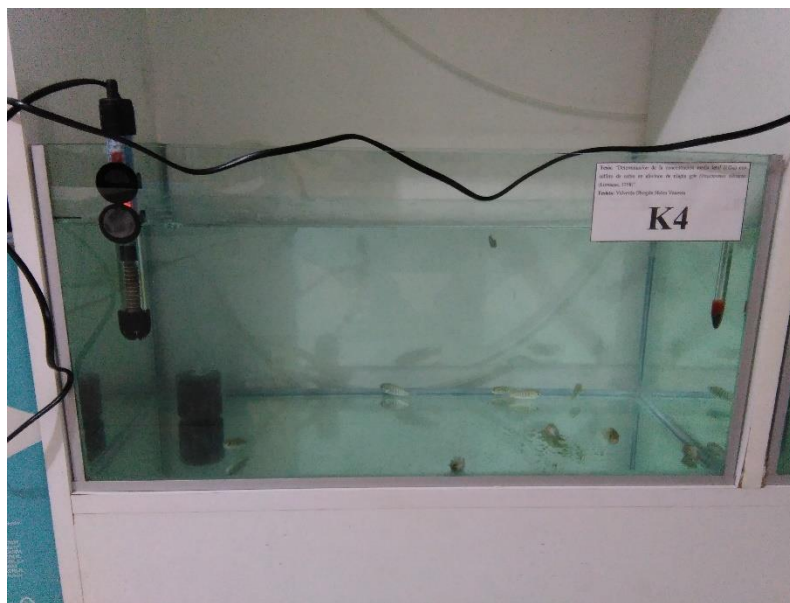


Figura 158. Alevinos muertos del acuario K4 durante el ensayo N°4.

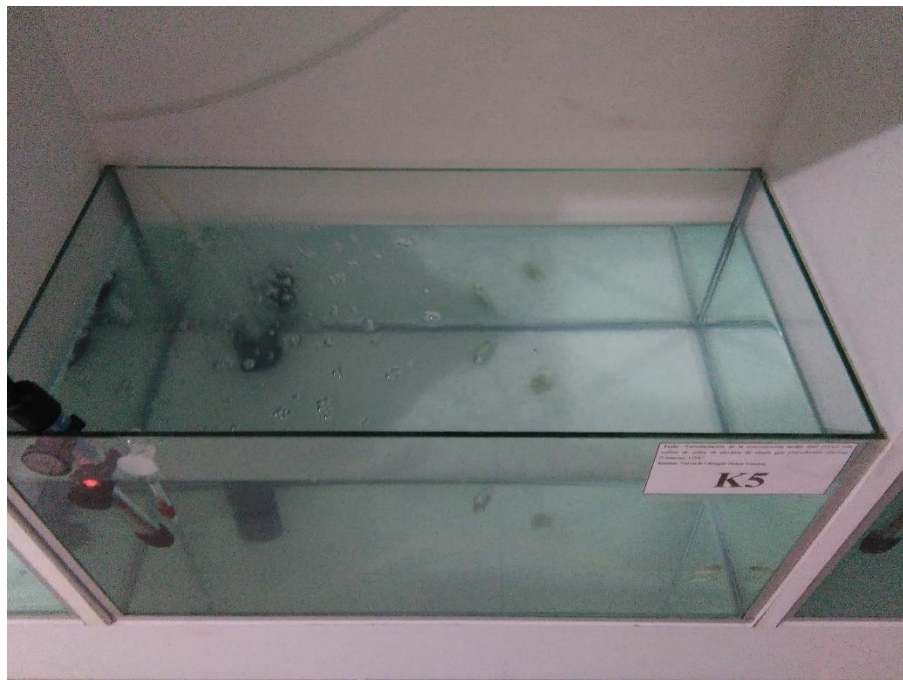


Figura 159. Alevinos muertos del acuario K5 durante el ensayo N°4.

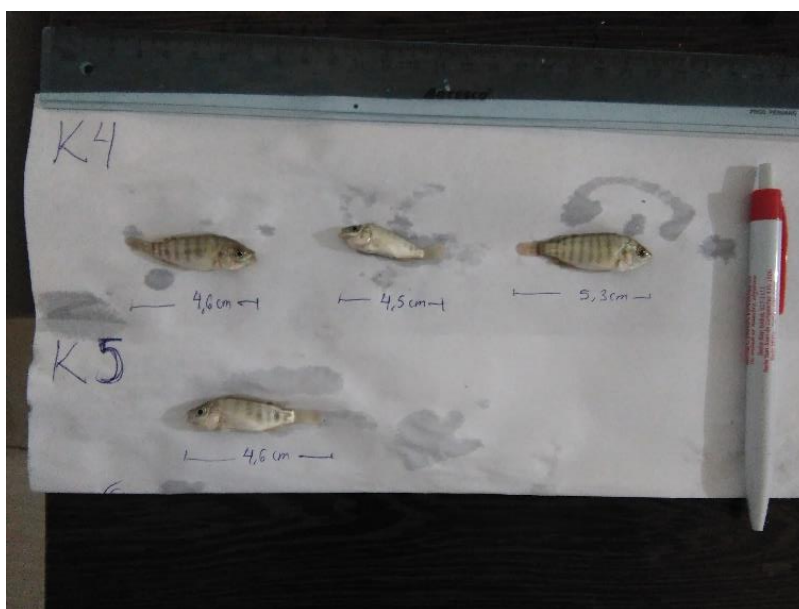


Figura 160. Alevinos muertos de los acuarios K4 y K5 a las 8 horas de exposición durante el ensayo N°4.



Figura 161. Nado lento de los alevinos del acuario K4 durante el ensayo N°4.

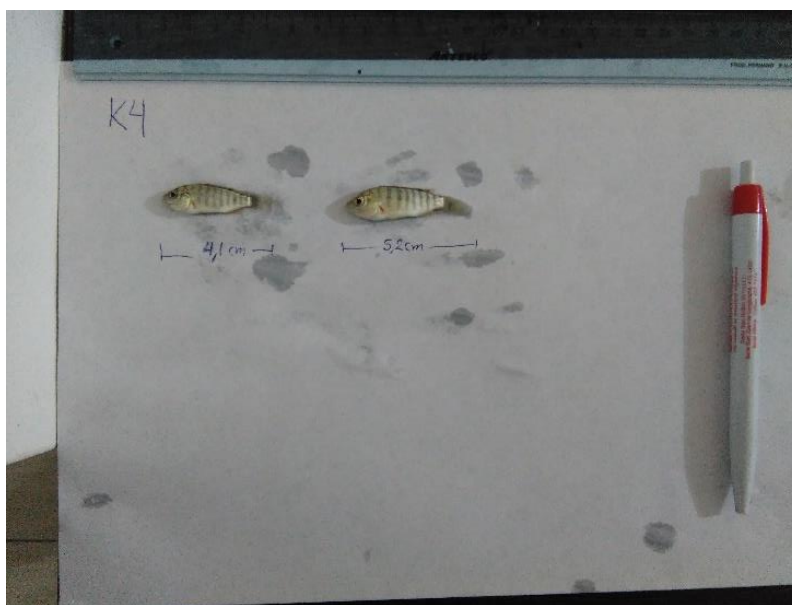


Figura 162. Alevinos muertos de los acuarios K4 a las 10 horas de exposición durante el ensayo N°4.

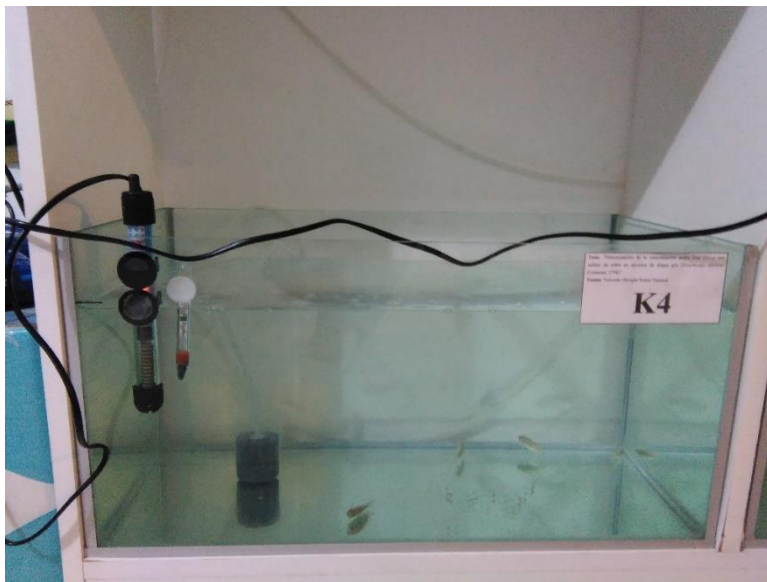


Figura 163. Nado lento y en forma oscilatoria de los alevinos del acuario K4 durante el ensayo N°4.



Figura 164. Agresividad de los alevinos del acuario K5 durante el ensayo N°4.

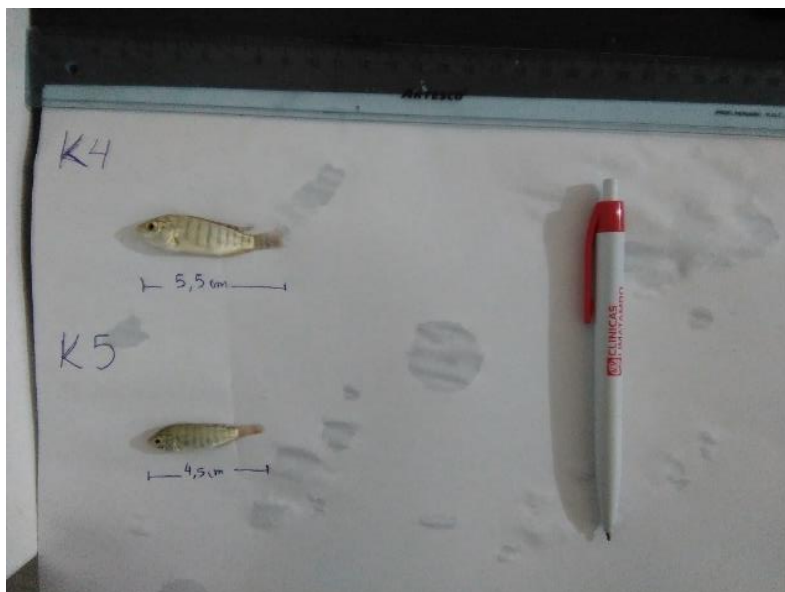


Figura 165. Alevinos muertos de los acuarios K4 y K5 a las 12 horas de exposición durante el ensayo N°4.



Figura 166. Boqueo de alevinos del acuario K3 durante el ensayo N°4.

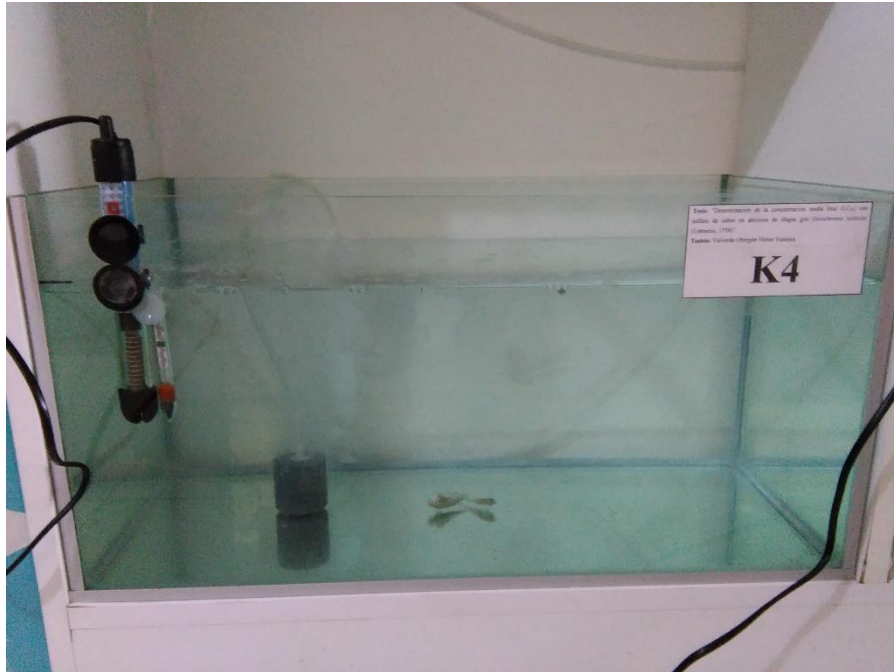


Figura 167. Muerte de los últimos alevinos del acuario K4 durante el ensayo N°4.

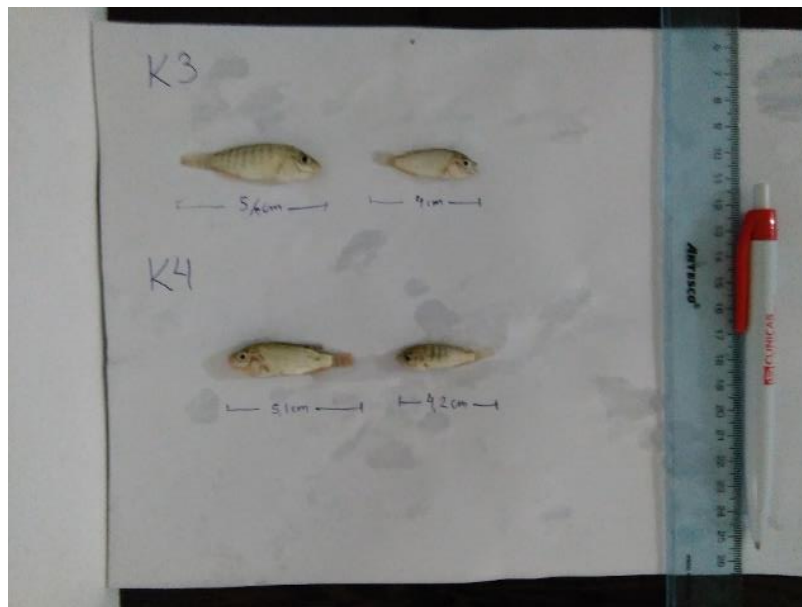


Figura 168. Alevinos muertos de los acuarios K3 y K4 a las 24 horas de exposición durante el ensayo N°4.



Figura 169. Alevino moribundo en caída de gravedad del acuario K4 durante el ensayo N°4.

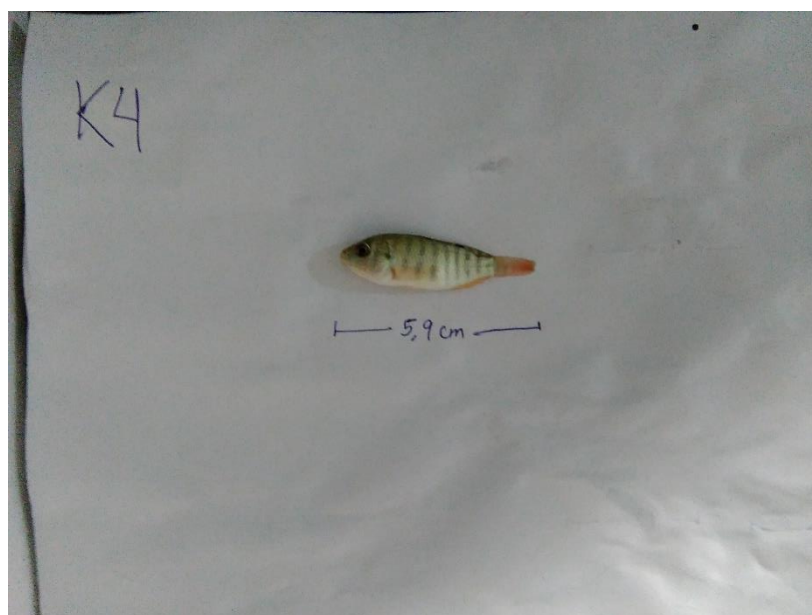


Figura 170. Alevino muerto del acuario K4 a las 48 horas de exposición durante el ensayo N°4.



Figura 171. Pesado de los alevinos muertos.

Finalización del ensayo N°4

Al culminar las 96 horas se llevó a todos los alevinos de tilapia gris que habían resistido al contaminante a una tina color azul donde se encontraban los alevinos de todos los ensayos anteriores que fueron expuestos al contaminante y se hizo una limpieza general de acuarios y equipos.

3.22 Análisis de cobre en los especímenes

3.22.1 Método por absorción atómica

3.22.1.1 Extracción ácida de cobre para pasar a solución:

3.22.1.2 Materiales

- Vasos precipitados con cuellos altos
- plumón indeleble
- Bolsas herméticas rotuladas (contenían los peces refrigerados)

- Lápiz
- Libreta de apuntes
- Luna de reloj
- Baguetas
- Mascarilla 3M
- Pipeta graduada de 10 ml
- Guantes

3.22.1.3 Equipos

- Equipo de disección
- Balanza analítica
- Campana extractora de gases

3.22.1.4 Reactivos

- Ácido clorhídrico 12 N
- Ácido clorhídrico 6 N

3.22.1.5 Procedimiento

La extracción acida de cobre para pasarlo a solución se realizó en el laboratorio de DOCIMASIA de la facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la universidad nacional de ingeniería (UNI) localizado en la Av. Túpac Amaru.

- Lo primero que se hizo fue lavar los materiales a utilizar tales como: vaso precipitado, luna de reloj, baguetas; luego se rotulo cada vaso precipitado de cuello alto (I2, I3, I4, I5, I6).

- Se encendió la balanza analítica y se colocó la luna de reloj, se taró el peso de esta, se abrió la bolsa hermética que estuvo rotulada con código: I2-2, I3-2, I4-2, I5-2, I6-2 y que contenía los especímenes refrigerados con mucho cuidado y se procedió a colocarlo con la pinza (equipo de disección) un organismo por cada luna de reloj (41 especímenes refrigerados) e inmediatamente se pesó (Ver figura 182).
- Seguidamente se anotó los pesos de cada alevín con el lápiz en la libreta de apuntes.
- Los especímenes que se encontraban en cada luna de reloj se introdujeron a los vasos precipitados de cuello alto y con ayuda del equipo de disección (tijera) y las baguetas se trituró (Ver figuras 183 y 184).
- Luego de triturar las 41 muestras se llevó todos los vasos de precipitados de cuello alto que contenían los alevinos triturados en la campana extractora y se tapó con cada luna de reloj la superficie de los vasos de precipitados de cuello alto, cada luna de reloj que le correspondiese a cada vaso.
- Se encendió la campana extractora e inmediatamente después se colocó la pera de goma en la pipeta graduada y se procedió a succionar 10 ml de HCl 6N del frasco (Ver figura 185) para verter esto en cada vaso de precipitado de cuello alto con la luna de reloj (Ver figura 186).



Figura 172. Pesado de las muestras.



Figura 173. Materiales usados en la trituración de las muestras.



Figura 174. Triturando las muestras.



Figura 175. Ácido clorhídrico 6N.



Figura 176. Vertiendo 10 ml HCl 6N a las muestras ya trituradas.

3.22.2.2 Digestión

3.22.2.2.1 Materiales

- Baguetas
- Luna de reloj
- Vasos precipitados de cuello alto con muestras trituradas + 10 ml HCl 6N
- Pinza larga

3.22.2.2.2 Equipo

- Plancha de calentamiento
- Reloj
- Campana extractora de gases

3.22.2.2.3 Procedimiento

- Del procedimiento anterior, inmediatamente después que se le añadió el HCl 6N con la pipeta de 10 ml se colocaron todos los vasos de precipitado de cuello alto y previamente tapados con la luna de reloj (la superficie de los vasos) en la plancha de calentamiento a 150 °C por 30 minutos (Ver figura 187).
- Pasado los 30 minutos con ayuda de la pinza se colocaron todos los 41 vasos en la parte baja de la base de la plancha de calentamiento dejándolos enfriar por unos 20 minutos (Ver figuras 188 y 189).



Figura 177. Colocando las muestras en la plancha de calentamiento



Figura 178. Muestras ya digeridas.



Figura 179. Terminando de dejar enfriar las muestras.

3.22.3.3 Filtración

3.22.3.3.1 Materiales

- Papel filtro marca whatman N°42
- Fiolas de 10 ml
- Tubos de ensayo
- Embudos
- Porta embudo
- Agua destilada
- Pizeta
- Plumón indeleble
- Ladrillo
- Tijera
- Pipeta volumétrica de 10 ml
- Parafilm

3.22.3.3.2 Procedimiento

- Se colocó en la mesa todos los materiales a utilizar para el proceso del filtrado (Ver figuras 190 y 191), seguidamente se armó los materiales a utilizar en este proceso de la siguiente manera: Se colocó el porta embudo en la mesa de trabajo del laboratorio de DOCIMASIA – UNI y se colocó como base un ladrillo debido a que las fiolas de 10 ml eran pequeñas, dentro de las fiolas se colocaron los embudos y dentro de los embudos se colocaron el papel filtro marca whatman N°42 previamente cortado y doblado (Ver figura 192).

- Con ayuda de la pizeta que contenía agua destilada se mojó un poco el papel filtro para que pegase bien (Ver figura 193).
- Se procedió a verter la solución de los vasos precipitados en los embudos que contenían el papel filtro dejándolos filtrar hasta que terminase de pasar toda la solución de todo el vaso precipitado (Ver figura 194).

Observación

- Debido a que se contaba con pocas fioles de 10 ml (Ver figura 195) se tomó en un vaso precipitado vacío un poco de agua de caño y con ayuda de la pipeta volumétrica se hecho 10 ml en todos los tubos de ensayos para marcarlo con plumón indeleble.
- Luego se votó el agua de caño y se enjuagó con agua destilada, se dejó secar por unos minutos y se procedió a colocar todos los tubos de ensayos en el porta embudos para luego colocar los embudos en las bases de los tubos de ensayos y al igual que el procedimiento con la fioles de 10 ml se colocó dentro de los embudos papel filtro.
- Se echó un poco de agua destilada en el papel filtro y se procedió a añadir el contenido de la solución de los vasos precipitados hasta culminar con las 41 soluciones.
- Algunos tubos de ensayo que contenían tapa se tapó con su respectiva tapa y los que no se tapó la superficie de los tubos de ensayos con parafilm previamente cortados (Ver figura 196 y 197).

- Se homogeneizo todas las soluciones que estaban en fiolas, tubos de ensayo con tapa y tubos de ensayo con parafilm, todos rotulados para ser llevados al equipo de absorción atómica.



Figura 180. Materiales para filtrar.



Figura 181. Papel Whatman N°42 usado para el proceso de filtrado.



Figura 182. Armado de materiales para filtrar.



Figura 183. Filtrando muestras.



Figura 184. Vertiendo las soluciones en los embudos.



Figura 185. Fiolas que contenían la solución del filtrado.



Figura 186. Tubos de ensayo rotulados que contenían lo filtrado.



Figura 187. Muestra I6-2 ya filtrado.



Figura 188. Laboratorio de Espectrometría – UNI.

3.22.4.4 Equipo de absorción atómica

Teniendo las muestras en soluciones acidificadas se llevaron al laboratorio de espectrofotometría de la UNI (Ver figura 198) donde fueron leídas arrojando un valor por cada solución en ppm (mg/l).

Sin embargo estas fueron calculadas en mg/kg de la siguiente manera:

3.22.4.4.1 Cálculos para determinar la cantidad de cobre en los especímenes del segundo ensayo luego de ser leídos por el equipo de absorción atómica (mg/kg):

Como ya se mencionó al iniciar el proceso de extracción ácida cada pescado tuvo un peso, por lo cual se realizó lo siguiente:

PARA EL ENSAYO N° 2 (I2)**I2-2 (P.M)**

I2-2 (P.M)
0,750 mg/l

0,750 mg	1 litro
X	10 ml
X = 0,0075 mg	

0,0075 mg	0,7851 g
X	1000 g
X = 9,55 mg/kg	

I2-2 (P.M)

I2-2 (P.M)
0,256 mg/l

0,256 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00256 mg	

0,00256 mg	1,0797 g
X	1000 g
X = 2,37 mg/kg	

I2-2

I2-2
0,409 mg/l

0,409 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00409 mg	

0,00409 mg	0,8260 g
X	1000 g
X = 4,95 mg/kg	

I3)**I3-2 (W4)**

I3-2 (W4)
0,914 mg/l

0,914 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00914 mg	

0,00914 mg	1,8838 g
X	1000 g
X = 4,85 mg/kg	

I3-2 (W6)

I3-2 (W6)
0,455 mg/l

0,455 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00455 mg	

0,00455 mg	1,0366 g
X	1000 g
X = 4,38 mg/kg	

I3-2 (W3)

I3-2 (W3)
0,323 mg/l

0,323 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00323 mg	

0,00323 mg	0,5757 g
X	1000 g
X = 5,61 mg/kg	

I3-2

I3-2
1,074 mg/l

1,074 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01074 mg	

0,01074 mg	2,1658 g
X	1000 g
X = 4,95 mg/kg	

I3-2 (WS)

I3-2 (WS)
0,363 mg/l

0,363 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00363 mg	

0,00363 mg	0,8029 g
X	1000 g
X = 4,52 mg/kg	

I3-2 (W7)

I3-2 (W7)
0,769 mg/l

0,769 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00769 mg	

0,00769 mg	1,4164 g
X	1000 g
X = 5,42 mg/kg	

I3-2 (SP)

I3-2 (SP)
1,248 mg/l

1,248 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01248 mg	

0,01248 mg	1,2464 g
X	1000 g
X = 10,01 mg/kg	

I3-2 (W8)**I3-2**

I3-2
1,575 mg/l

1,575 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01575 mg	

0,01575 mg	1,7315 g
X	1000 g
X = 9,09 mg/kg	

I4**I4-2 (W3)**

I3-2 (W8)
0,484 mg/l

0,484 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00484 mg	

0,00484 mg	1,2182 g
X	1000 g
X = 3,97 mg/kg	

I4-2 (W3)
0,818 mg/l

0,818 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00818 mg	

0,00818 mg	1,2293 g
X	1000 g
X = 6,65 mg/kg	

I4-2 (W8)

I4-2 (W8)
0,280 mg/l

0,280 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,0028 mg	

0,0028 mg	0,4176 g
X	1000 g
X = 6,70 mg/kg	

I4-2 (W2)

I4-2 (W2)
1,681 mg/l

1,681 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01681 mg	

0,01681 mg	1,8321 g
X	1000 g
X = 9,17 mg/kg	

I4-2 (W7)

I4-2 (W7)
1,080 mg/l

1,080 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,0108 mg	

0,0108 mg	1,1197 g
X	1000 g
X = 9,64 mg/kg	

I4-2 (W4)

I4-2 (W4)
1,192 mg/l

1,192 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01192 mg	

0,01192 mg	1,4453 g
X	1000 g
X = 8,24 mg/kg	

I4-2 (W6)

I4-2 (W6)
1,372 mg/l

1,372 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01372 mg	

0,01372 mg	1,0331 g
X	1000 g
X = 13,28 mg/kg	

I4-2 (W1)

I4-2 (W1)
1,305 mg/l

1,305 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01305 mg	

0,01305 mg	1,1582 g
X	1000 g
X = 11,26 mg/kg	

I4-2

I4-2
1,091 mg/l

1,091 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01091 mg	

0,01091 mg	1,1697 g
X	1000 g
X = 9,32 mg/kg	

I4-2

I4-2
1,588 mg/l

1,588 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,01588 mg	

0,01588 mg	1,5786 g
X	1000 g
X = 10,05 mg/kg	

(I5)**I5-2 (W6)**

I5-2 (W6)

0,848 mg/l

0,848 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00848 mg	

0,00848 mg	1,3194 g
X	1000 g
X = 6,42 mg/kg	

I5-2 (W4)

I5-2 (W4)

0,617 mg/l

0,617 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00617 mg	

0,00617 mg	1,3348 g
X	1000 g
X = 4,62 mg/kg	

I5-2 (W7)

I5-2 (W7)
5,762 mg/l

5,762 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,05762 mg	

0,05762 mg	0,5797 g
X	1000 g
X = 99,39 mg/kg	

I5-2 (W8)

I5-2 (W8)
9,187 mg/l

9,187 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,09187 mg	

0,09187 mg	1,0588 g
X	1000 g
X = 86,76 mg/kg	

I5-2 (W6)

I5-2 (W6)

0,539 mg/l

0,539 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00539 mg	

0,00539 mg	1,3194 g
X	1000 g
X = 4,08 mg/kg	

I5-2 (W1)

I5-2 (W1)

0,743 mg/l

0,743 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00743 mg	

0,00743 mg	1,1665 g
X	1000 g
X = 6,36 mg/kg	

I5-2 (W9)

I5-2 (W9)

3,505 mg/l

3,505 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,03505 mg	

0,03505 mg	0,4066 g
X	1000 g
X = 86,20 mg/kg	

I5-2 (W3)

I5-2 (W3)

0,460 mg/l

0,460 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,0046 mg	

0,0046 mg	0,9173 g
X	1000 g
X = 5,01 mg/kg	

I5-2

I5-2
0,910 mg/l

0,910 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,0091 mg	

0,0091 mg	0,9643 g
X	1000 g
X = 9,43 mg/kg	

I5-2 Tubo chico c/ tapa

I5-2 tubo chico c/
tapa
0,482 mg/l

0,482 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00482 mg	

0,00482 mg	1,5530 g
X	1000 g
X = 3,10 mg/kg	

(16)**I6-2 (T.P)**

I6-2 (T.P)
0,609 mg/l

0,609 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00609 mg	

0,00609 mg	1,2303 g
X	1000 g
X = 4,95 mg/kg	

I6-2 (S.P)

I6-2 (S.P)
0,870 mg/l

0,870 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,0087 mg	

0,0087 mg	1,3623 g
X	1000 g
X = 6,38 mg/kg	

I6-2 (Q.P)

I6-2 (Q.P)
0,672 mg/l

0,672 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00672 mg	

0,00672 mg	1,5262 g
X	1000 g
X = 4,40 mg/kg	

I6-2 (OCT.P)

I6-2 (OCT..P)
0,567 mg/l

0,567 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00567 mg	

0,00567 mg	0,9214 g
X	1000 g
X = 6,15 mg/kg	

I6-2 (P.P)

I6-2 (P.P)
0,732 mg/l

0,732 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00732 mg	

0,00732 mg	1,3930 g
X	1000 g
X = 5,25 mg/kg	

I6-2

I6-2
0,525 mg/l

0,525 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00525 mg	

0,00525 mg	1,0279 g
X	1000 g
X = 5,10 mg/kg	

I6-2 (Se.P)

I6-2 (Se.P)
0,617 mg/l

0,617 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00617 mg	

0,00617 mg	0,8149 g
X	1000 g
X = 7,57 mg/kg	

I6-2 (NOV.P)

I6-2 (NOV.P)
0,403 mg/l

0,403 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00403 mg	

0,00403 mg	0,5475 g
X	1000 g
X = 7,36 mg/kg	

I6-2 (C.P)

I6-2 (C.P)
0,582 mg/l

0,582 mg	1 l
X	10 ml
X = 0,00582 mg	

0,00582 mg	1,2076 g
X	1000 g
X = 4,81 mg/kg	

I6-2 (ST.P)

I6-2 (ST.P)

0,631 mg/l

0,631 mg

1 l

X

10 ml

X = 0,00631 mg

0,00631 mg

0,8226 g

X

1000 g

X = 7,67 mg/kg

IV. Resultados

4.1 Aclimatación

Tabla 21

Cuadro resumen de los doce días de aclimatación

Días de aclimatación	Fecha	N° peces muertos	Promedio de los parámetros tomados diariamente	
			pH	T (°C)
1	14/03/2019	211	7	26
2	15/03/2019	26	7	26,6
3	16/03/2019	3	6	24
4	17/03/2019	1	7	27,3
5	18/03/2019	0	6,6	27,3
6	19/03/2019	2	6,8	27,1
7	20/03/2019	0	7	27
8	21/03/2019	0	7,53	26,4
9	22/03/2019	0	6.3	27
10	23/03/2019	0	7	26,8
11	24/03/2019	0	6,8	26,6
12	25/03/2019	0	6,8	26,6

Fuente: Elaboración propia



Figura 189. N° de peces muertos vs fechas de aclimatación.

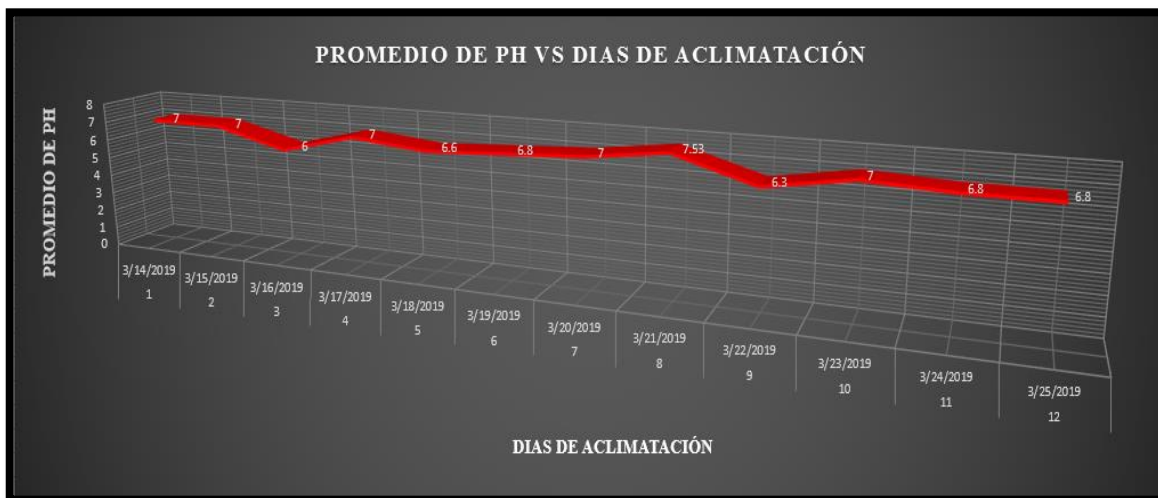


Figura 190. Promedio de pH vs días de aclimatación.

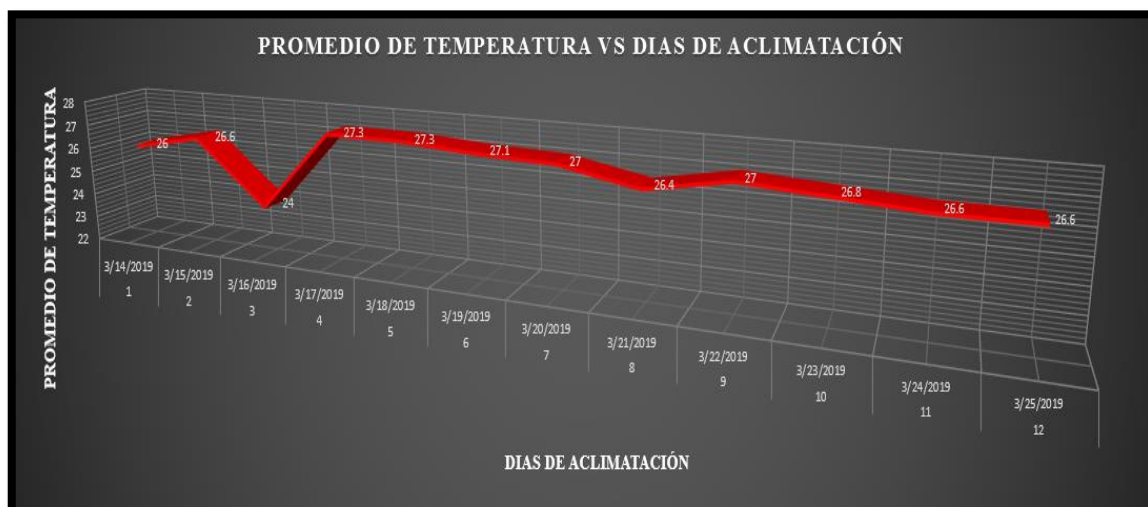


Figura 191. Promedio de temperatura vs días de aclimatación.

Por días

Tabla 22
Primer día de aclimatación

Primer día de aclimatación (14/03/2019)				
Recipientes	Rótulo	Parámetros tomados		N° de peces muertos
		pH	Temperatura del agua (°C)	
Acuarios de vidrio	V4	7	26	0
	V7	7	26	0
	V8	7	26	211
Contenedores de plástico	V9	7	26	0
	V10	7	26	0

Fuente: Elaboración propia

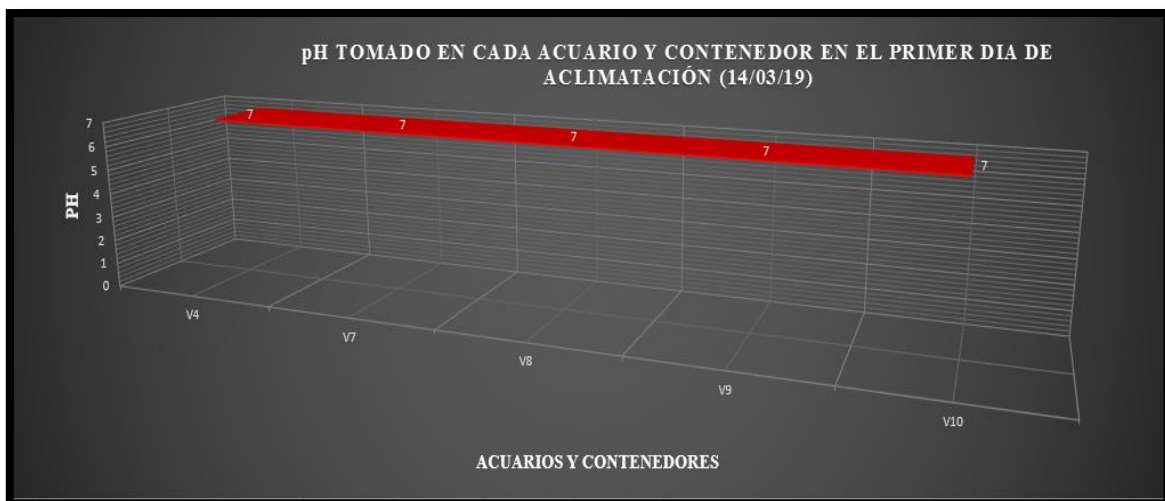


Figura 192. pH tomado en cada acuario y contenedor en el primer día de aclimatación.

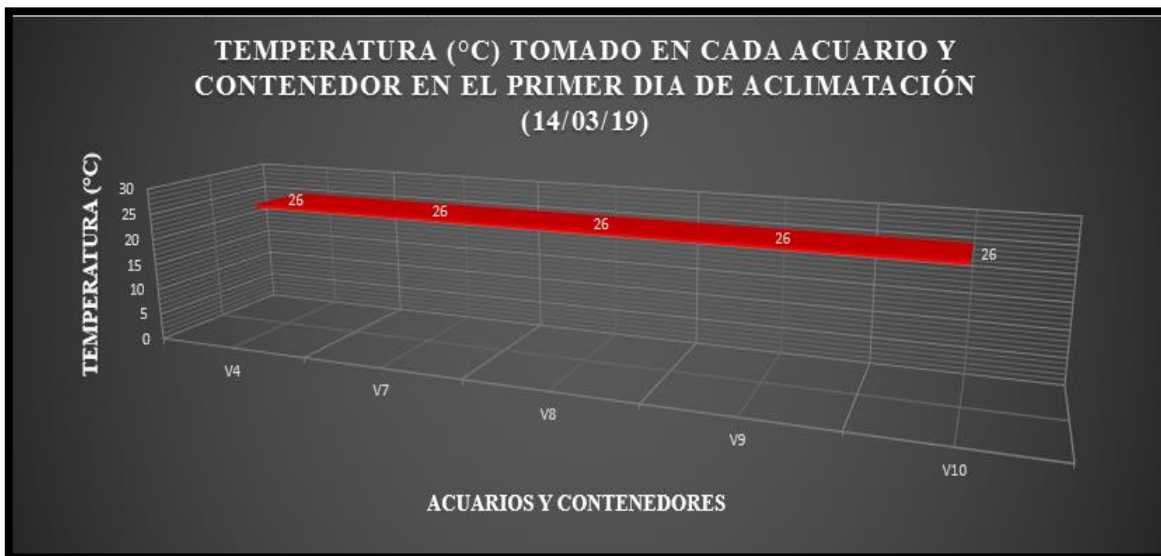


Figura 193. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el primer día de aclimatación.



Figura 194. Nº de peces muertos según cada acuario y contenedor en el primer día de aclimatación.

Tabla 23
Segundo día de aclimatación

Segundo día de aclimatación (15/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados	Temperatura del agua (°C)	N° de peces muertos	Regulador de temperatura
			pH			
Acuarios de vidrio	V4	V4	7	26	0	Sin termostato
	V7	V5	7	28	10	Con termostato
		V6	7	28		
Contenedores de plástico	V8	S.N	7	26	16	Sin termostato
	V9	V9	7	26	0	
	V10	V10	7	26	0	

Fuente: Elaboración propia



Figura 195. pH tomado en cada acuario y contenedor en el segundo día de aclimatación.



Figura 196. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el segundo día de aclimatación.

Tabla 24

Tercer día de aclimatación

Tercer día de aclimatación (16/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados		N° de peces muertos	Regulador de temperatura
			pH	Temperatura del agua (°C)		
Acuarios de vidrio	V4	V4	6	24	0	Con termostato
	V7	V5	6	24	2	
		V6	6	24	0	
Contenedores de plástico	V8	S.N	6	24	1	Sin termostato
	V9	V9	6	24	0	Con termostato
		V10	V10	6	24	

Fuente: Elaboración propia

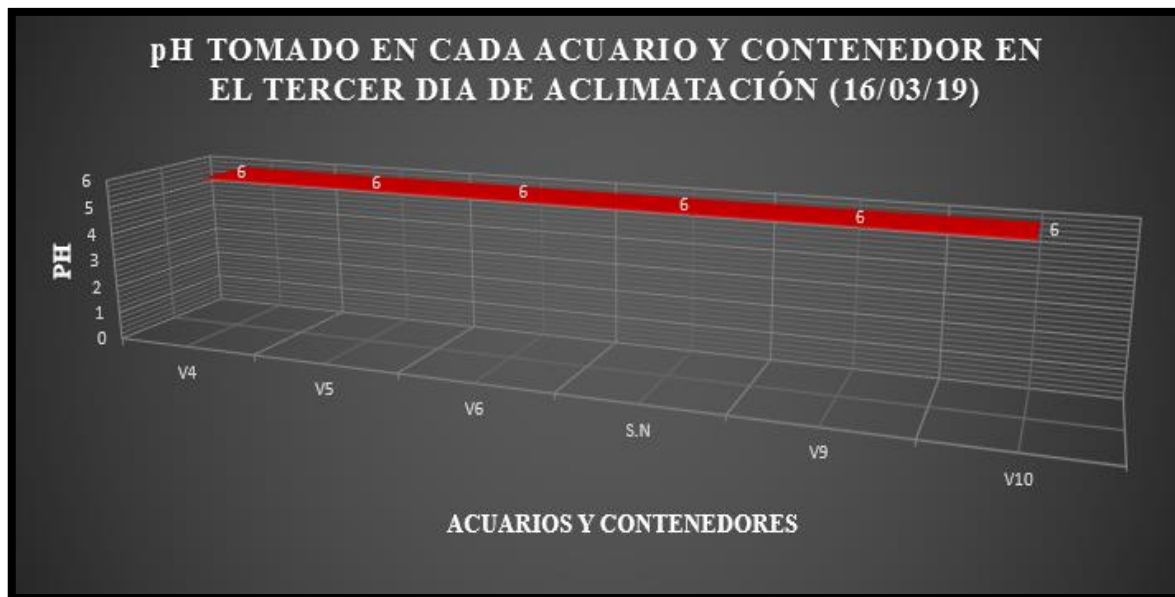


Figura 197. pH tomado en cada acuario y contenedor en el tercer día de aclimatación.

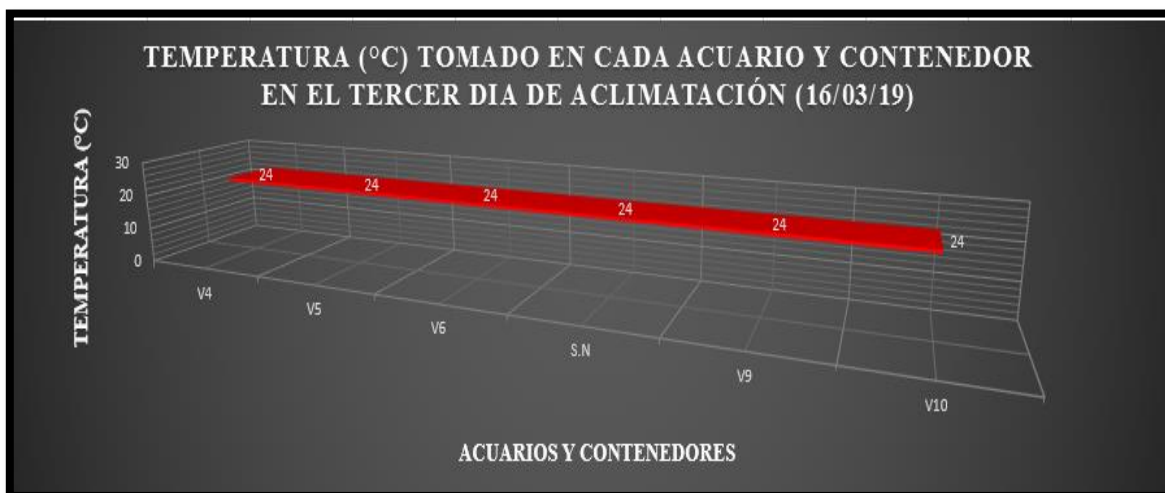


Figura 198. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el tercer día de aclimatación.



Figura 199. Nº peces muertos según cada acuario y contenedor en el tercer día de aclimatación.

Tabla 25

Cuarto día de aclimatación

Recipientes	Cuarto día de aclimatación (17/03/2019)					Regulador de temperatura
	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados pH	Temperatura del agua (°C)	Nº de peces muertos	
Acuarios de vidrio	V4	V1	7	28	0	Con termostato
	V7	V2	7	28	0	
	V9	V3	7	28	0	Sin termostato
	V8	V4	7	26	1	
	V10	V5	7	26	0	Con termostato
	V6	7	28	0		

Fuente: Elaboración propia

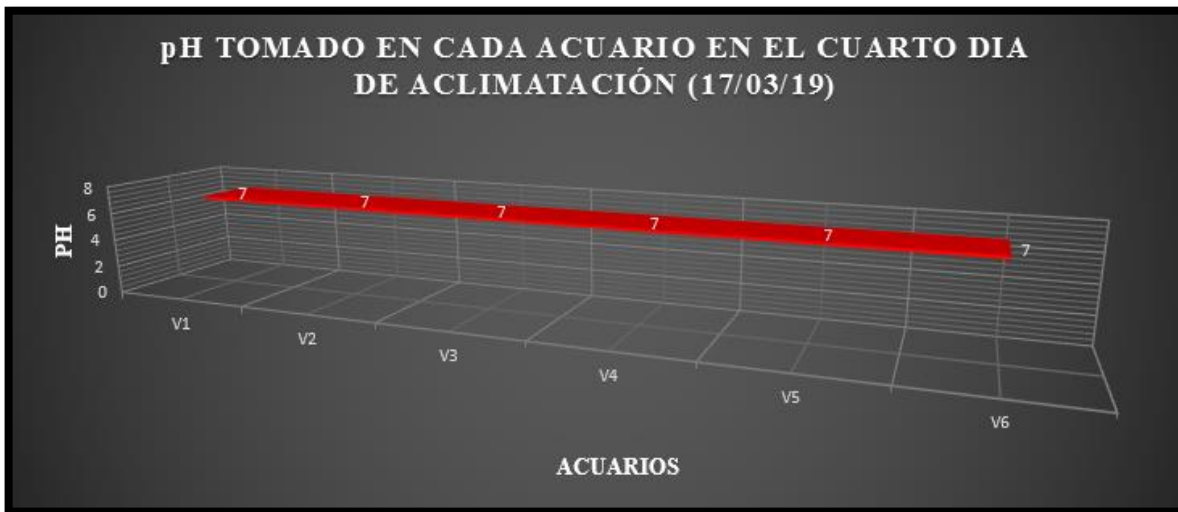


Figura 200. pH tomado en cada acuario en el cuarto día de aclimatación.

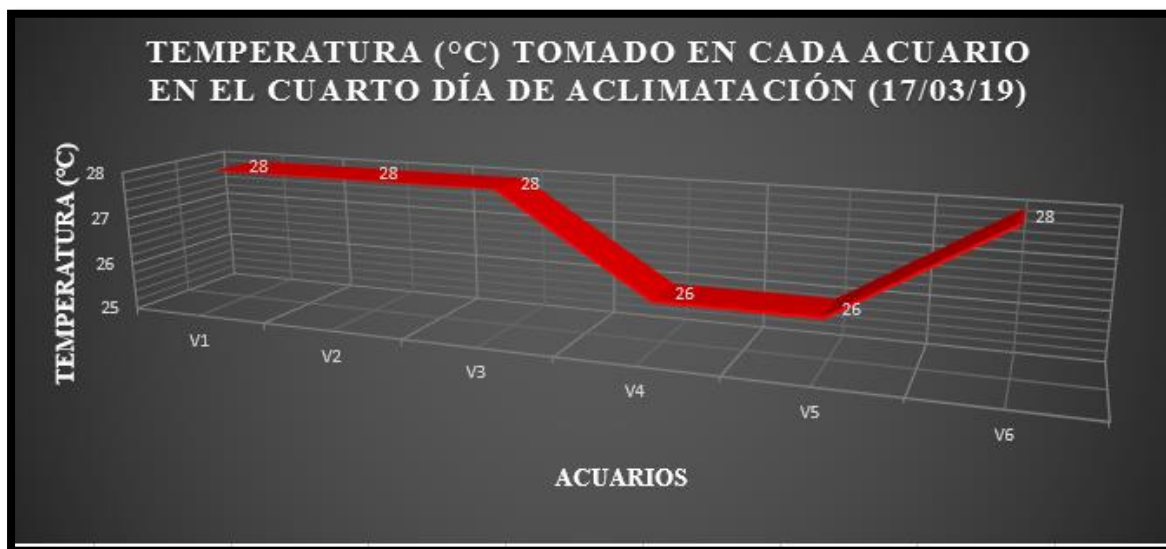


Figura 201. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el cuarto día de aclimatación.



Figura 202. Nº peces muertos según cada acuario en el cuarto día de aclimatación.

Tabla 26

Quinto día de aclimatación

Quinto día de aclimatación (18/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados pH	Temperatura del agua (°C)	Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
Acuarios de vidrio	V1	V1	7	28	0	Con termostato
	V2	V2	7	28	0	
	V3	V3	6	28	0	
	V4	V4	6	26	0	Sin termostato
	V5	V5	7	26	0	Con termostato
	V6	V6	7	28	0	Con termostato

Fuente: Elaboración propia



Figura 203. pH tomado en cada acuario en el quinto día de aclimatación.

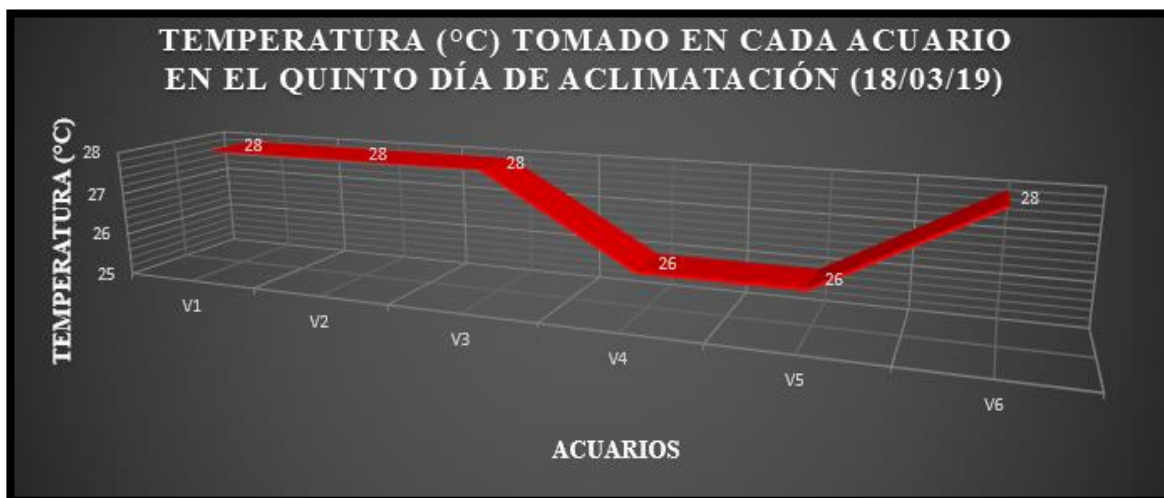


Figura 204. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el quinto día de aclimatación.



Figura 205. Nº peces muertos según cada acuario en el quinto día de aclimatación.

Tabla 27

Sexto día de aclimatación

Sexto día de aclimatación (19/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados pH	Temperatura del agua (°C)	Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
Acuarios de vidrio	V1	V1	7	28	0	Con termostato
	V2	V2	7	28	0	
	V3	V3	7	28	0	
	V4	V4	7	26	0	Sin termostato
	V5	V5	6	25	1	Con termostato
	V6	V6	7	28	1	Con termostato

Fuente: Elaboración propia



Figura 206. pH tomado en cada acuario en el sexto día de aclimatación.



Figura 207. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el sexto día de aclimatación.



Figura 208. Nº peces muertos según cada acuario en el sexto día de aclimatación.

Tabla 28

Séptimo día de aclimatación

Séptimo día de aclimatación (20/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados		Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
			p	H Temperatura del agua (°C)		
Acuarios de vidrio	V4	V4	7	28	0	Con termostato
	V7	V5	7	28	0	
		V6	7	28	0	
Contenedores de plástico	V9	V9	7	25	0	Sin termostato
	V10	V10	7	28	0	Con termostato
	V8	S.N	7	25	0	Con termostato

Fuente: Elaboración propia



Figura 209. pH tomado en cada acuario y contenedor en el séptimo día de aclimatación.



Figura 210. Temperatura (°C) tomado en cada acuario y contenedor en el séptimo día de aclimatación.



Figura 211. Nº peces muertos según cada acuario y contenedor en el séptimo día de aclimatación.

Tabla 29

Octavo día de aclimatación

Octavo día de aclimatación (21/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados pH	Temperatura del agua (°C)	Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
Acuarios de vidrio	V4	V1	7,53	26,9	0	Con termostato
	V5	V2	7,44	27	0	
	V6	V3	7,61	26,6	0	
	S.N	V4	7,68	25,5	0	Sin termostato
	V9	V5	7,49	25,6	0	Con termostato
	V19	V6	7,43	27,2	0	

Fuente: Elaboración propia



Figura 212. pH tomado en cada acuario en el octavo día de aclimatación.

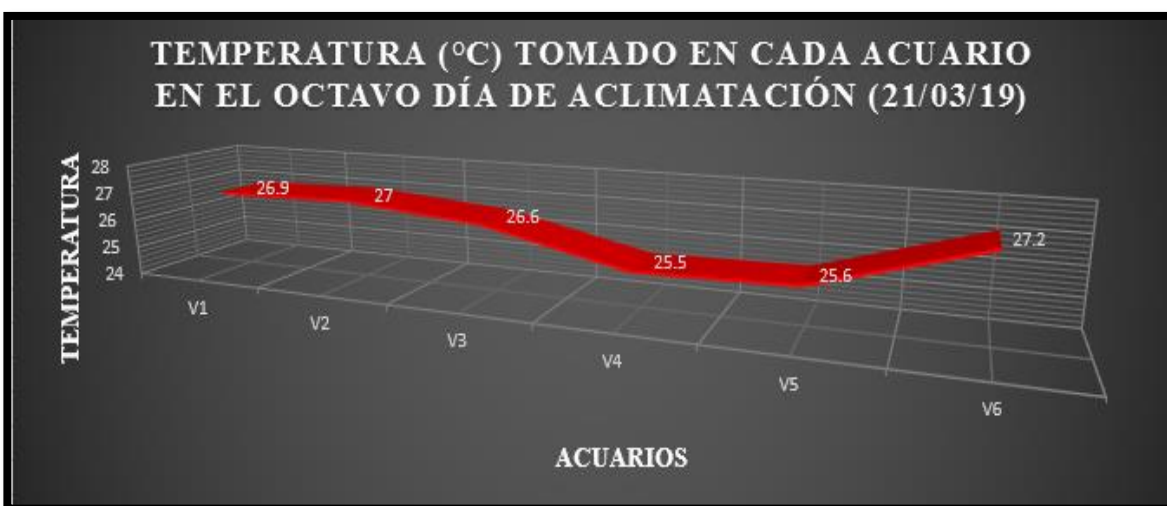


Figura 213. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el octavo día de aclimatación.



Figura 214. Nº peces muertos según cada acuario en el octavo día de aclimatación.

Tabla 30

Noveno día de aclimatación

Noveno día de aclimatación (22/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados pH	Temperatura del agua (°C)	Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
Acuarios de vidrio	V1	V1	7	28	0	Con termostato
	V2	V2	7	28	0	
	V3	V3	6	28	0	
	V4	V4	6	25	0	Sin termostato
	V5	V5	6	25	0	
	V6	V6	6	28	0	

Fuente: Elaboración propia

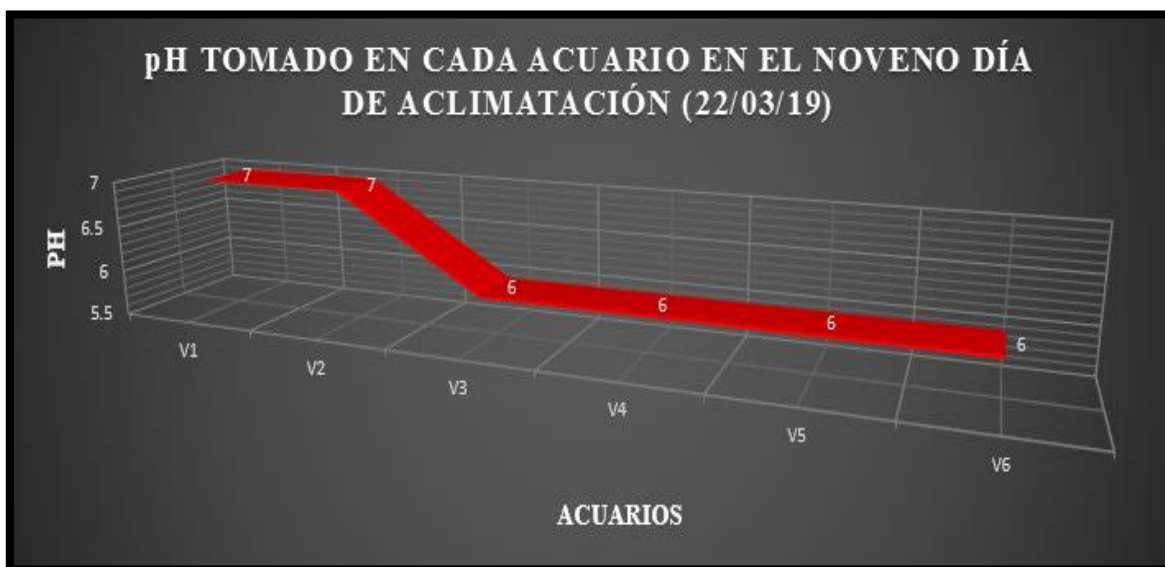


Figura 215. pH tomado en cada acuario en el noveno día de aclimatación.

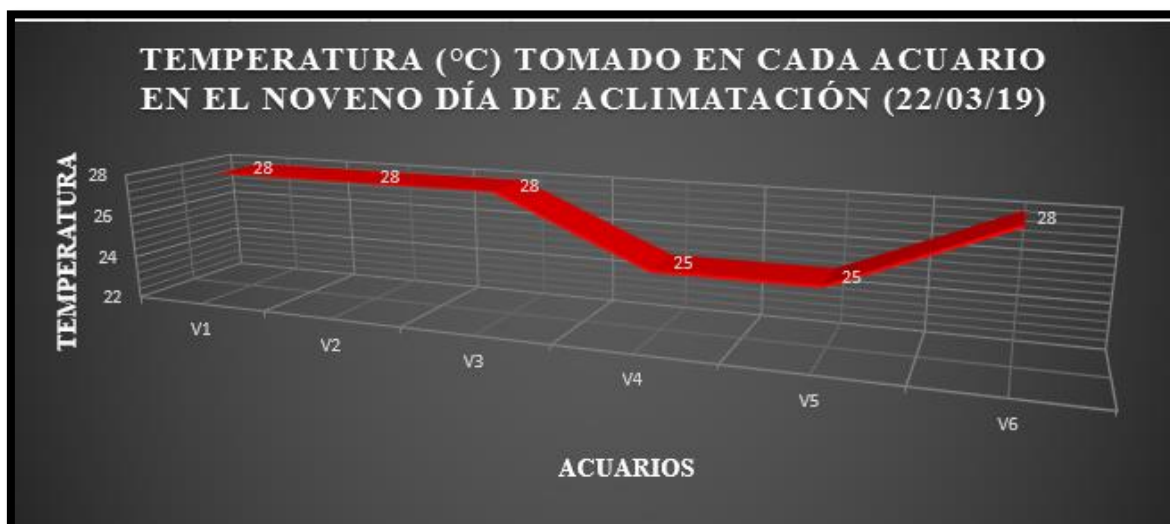


Figura 216. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el noveno día de aclimatación.



Figura 217. Nº peces muertos según cada acuario en el noveno día de aclimatación.

Tabla 31
Décimo día de aclimatación

Décimo día de aclimatación (23/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados pH	Temperatura del agua (°C)	Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
Acuarios de vidrio	V1	V1	7	28	0	Con termostato
	V2	V2	7	28	0	
	V3	V3	7	28	0	
	V4	V4	7	24	0	Sin termostato
	V5	V5	7	25	0	Con termostato
	V6	V6	7	28	0	Con termostato

Fuente: Elaboración propia

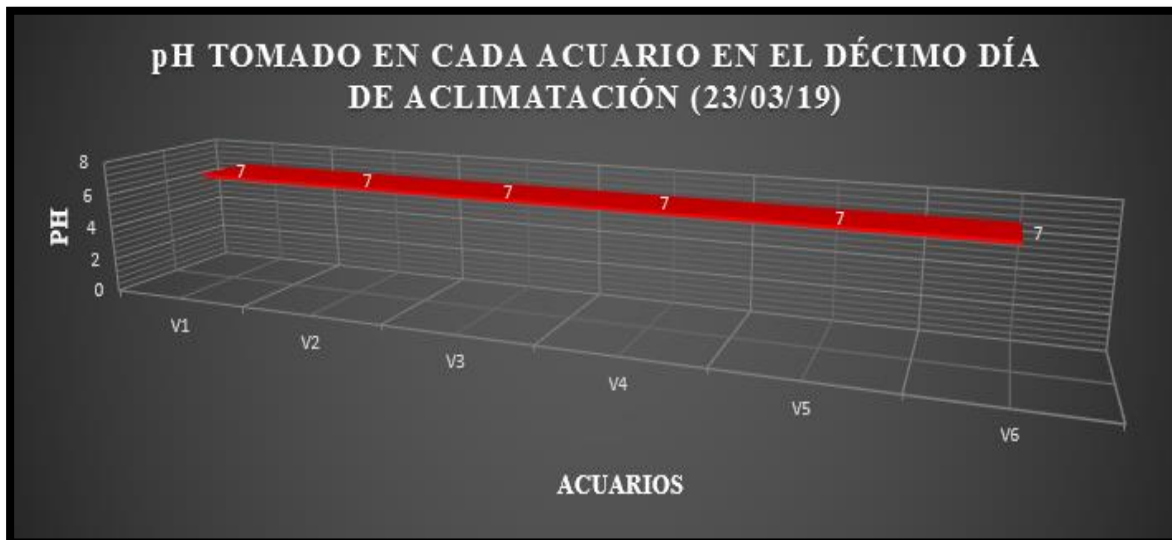


Figura 218. N° pH tomado en cada acuario en el décimo día de aclimatación.

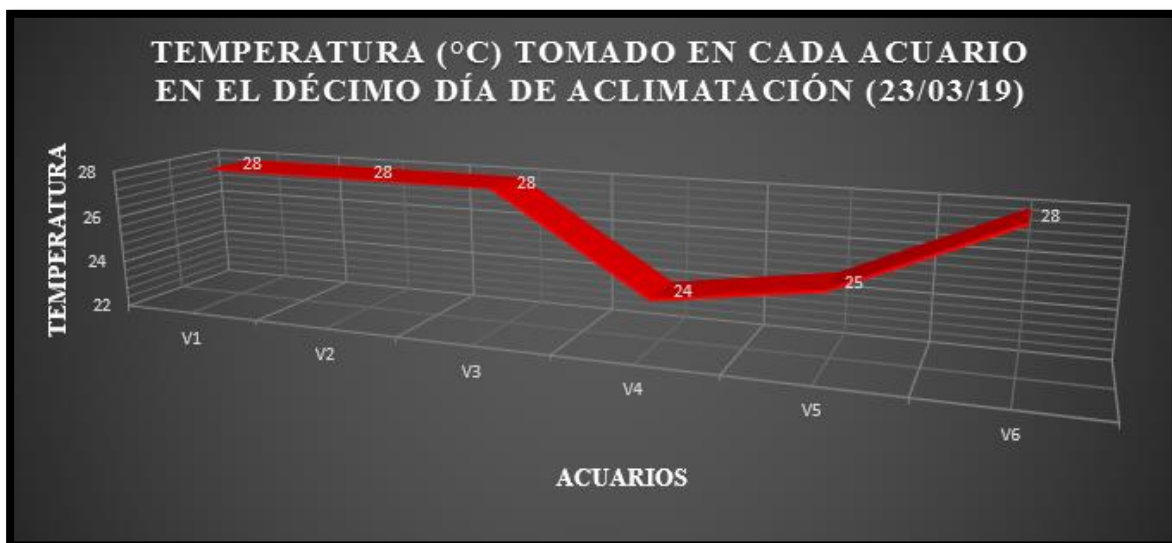


Figura 219. Temperatura (°C) tomado en cada acuario en el décimo día de aclimatación.



Figura 220. Nº peces muertos según cada acuario en el décimo día de aclimatación.

Tabla 32

Onceavo día de aclimatación

Onceavo día de aclimatación (24/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados pH	Temperatura del agua (°C)	Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
Tina	V1	Tina naranja	7	28	0	Con termostato
	V2	V12	7	28	0	
	V3	V11	7	28	0	
Contenedores de plástico	V4	S.N	6	24	0	Sin termostato
	V5	V9	7	24	0	
	V6	V10	7	28	0	

Fuente: Elaboración propia



Figura 221. pH tomado en cada contenedor en el onceavo día de aclimatación.

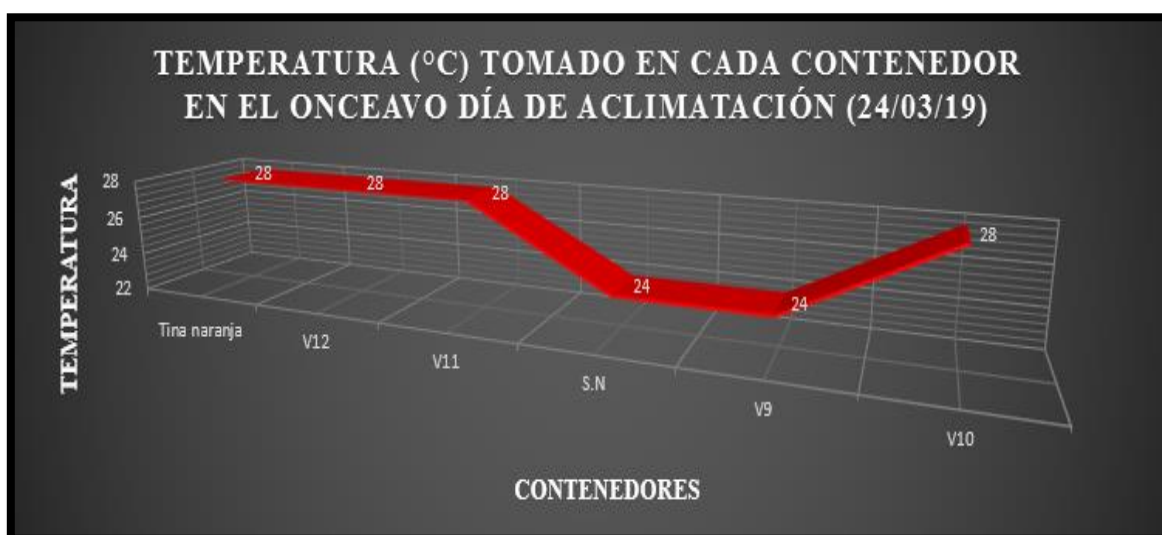


Figura 222. Temperatura (°C) tomado en cada contenedor en el onceavo día de aclimatación.



Figura 223. Nº peces muertos según cada contenedor en el onceavo día de aclimatación.

Tabla 33

Doceavo día de aclimatación

Doceavo día de aclimatación (25/03/2019)						
Recipientes	Ambiente inicial	Ambiente al cual fueron transferidos	Parámetros tomados		Nº de peces muertos	Regulador de temperatura
			pH	Temperatura del agua (°C)		
Tina	V1	Tina naranja	7	28	0	Con termostato
	V2	V12	7	28	0	
	V3	V11	7	28	0	
Contenedores de plástico	V4	S.N	6	24	0	Sin termostato
	V5	V9	7	24	0	Sin termostato
	V6	V10	7	28	0	Con termostato

Fuente: Elaboración propia



Figura 224. pH tomado en cada contenedor en el doceavo día de aclimatación.



Figura 225. Temperatura (°C) tomado en cada contenedor en el doceavo día de aclimatación.



Figura 226. Nº peces muertos según cada contenedor en el doceavo día de aclimatación¹

4.2 Ensayos

4.2.1 Ensayo preliminar

Tabla 34

Parámetros tomados a la primera hora del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 1 hora			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	28	Todas con termostato
V2	7	27	
V3	7	27	
V4	7	27	
V5	7	27	
V6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

¹ El oxígeno disuelto (O₂) promedio fue de 6,96 mg/l de los 12 días cumpliendo así con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecida por MINAM.

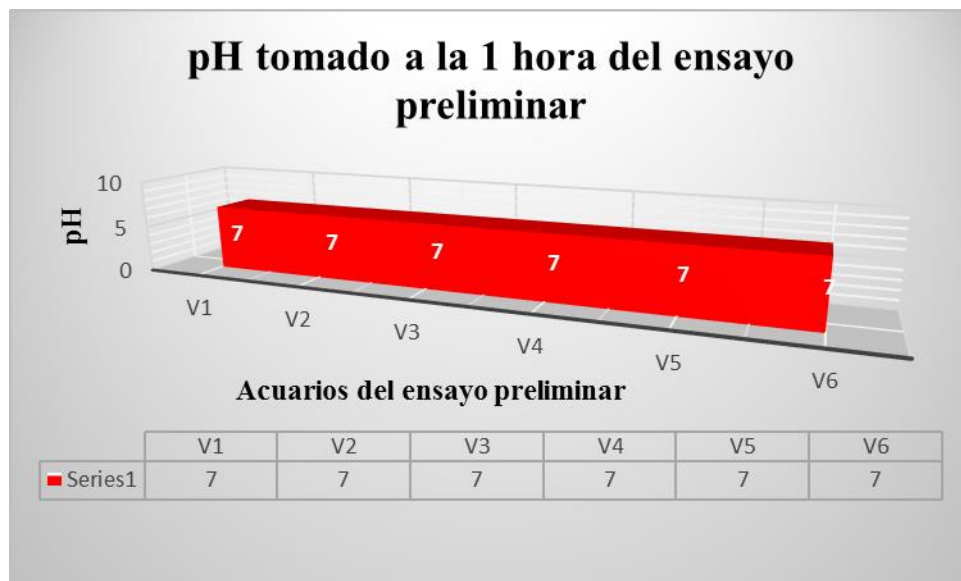


Figura 227. pH tomado a la 1 hora del ensayo preliminar.

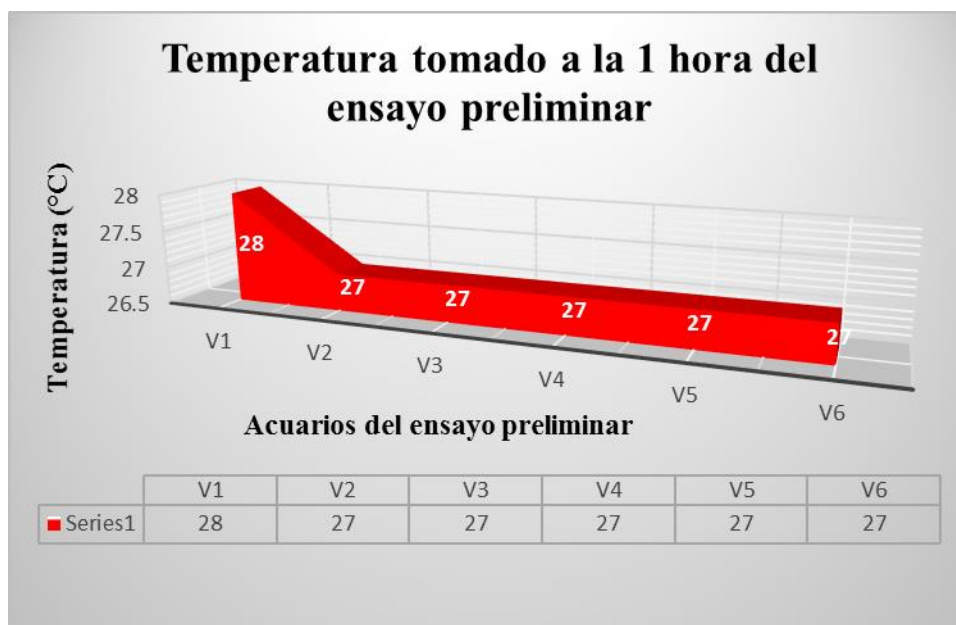


Figura 228. Temperatura tomada a la 1 hora del ensayo preliminar.

Tabla 35

Parámetros tomados a la segunda hora del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar			
2 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	28	Todas con termostato
V2	7	27	
V3	7	27	
V4	7	28	
V5	7	27	
V6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

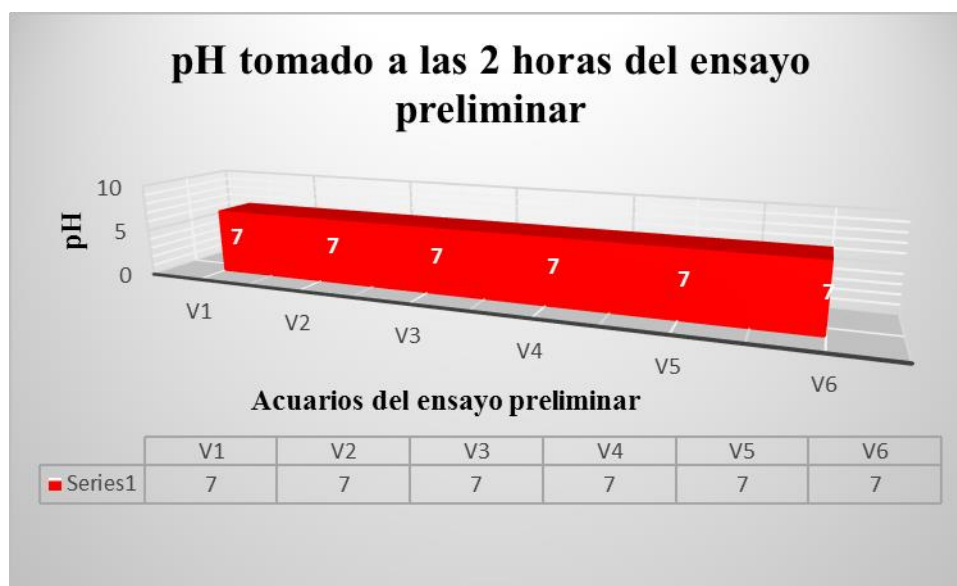


Figura 229. pH tomado a las 2 horas del ensayo preliminar.

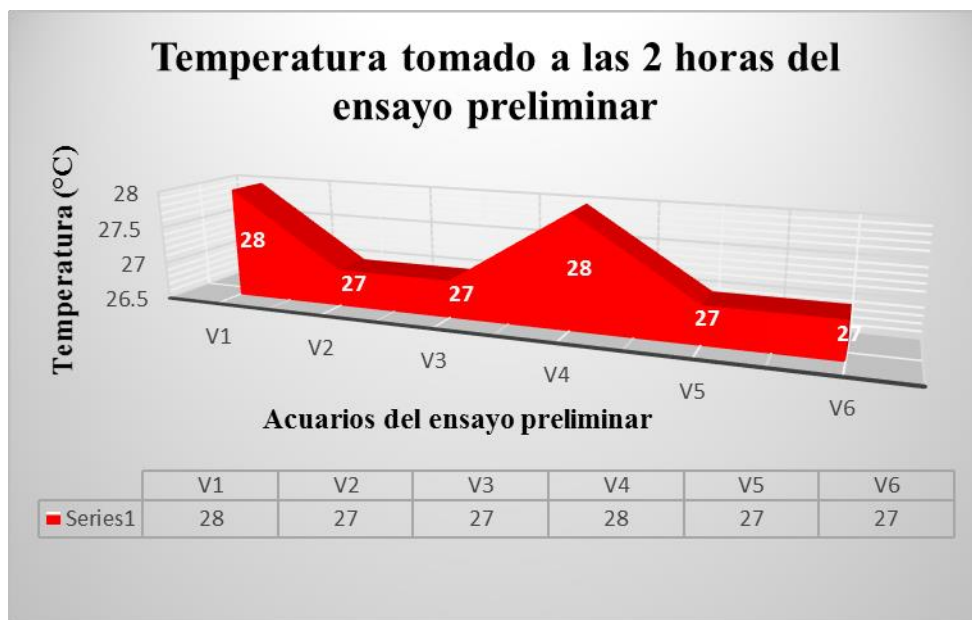


Figura 230. Temperatura tomada a las 2 horas del ensayo preliminar.

Tabla 36

Parámetros tomados a la tercera hora del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 3 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	28	Todas con termostato
V2	7	28	
V3	7	28	
V4	7	28	
V5	7	28	
V6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

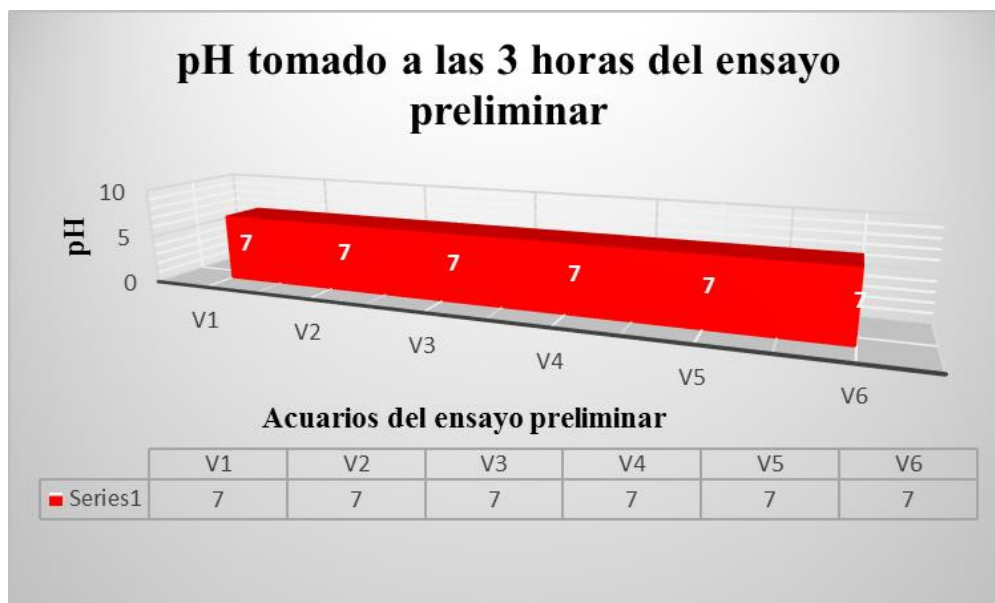


Figura 231. pH tomado a las 3 horas del ensayo preliminar.

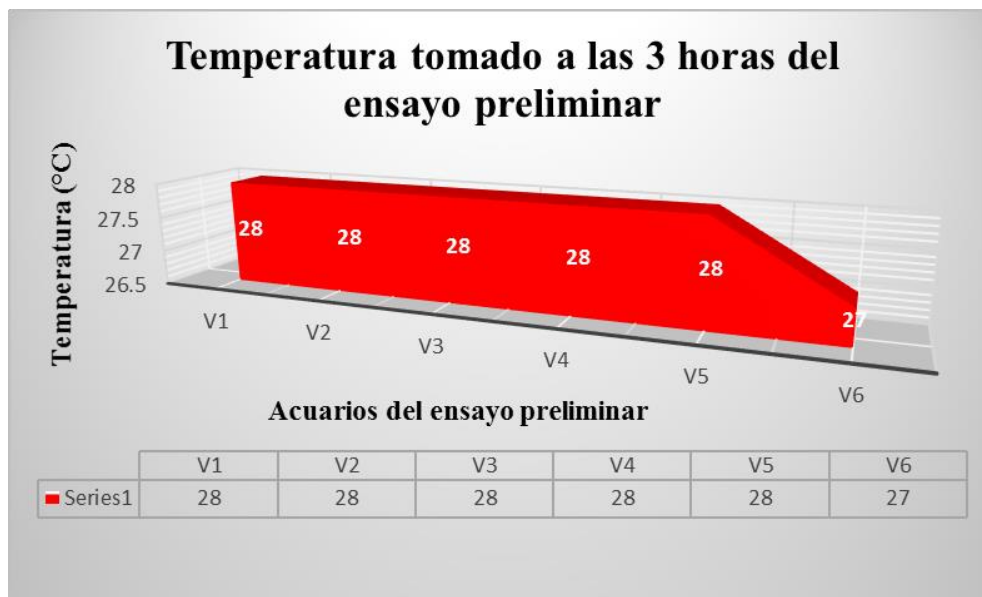


Figura 232. Temperatura tomada a las 3 horas del ensayo preliminar.

Tabla 37

Parámetros tomados a la cuarta hora del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 4 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	28	Todas con termostato
V2	7	28	
V3	7	27	
V4	7	28	
V5	7	28	
V6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

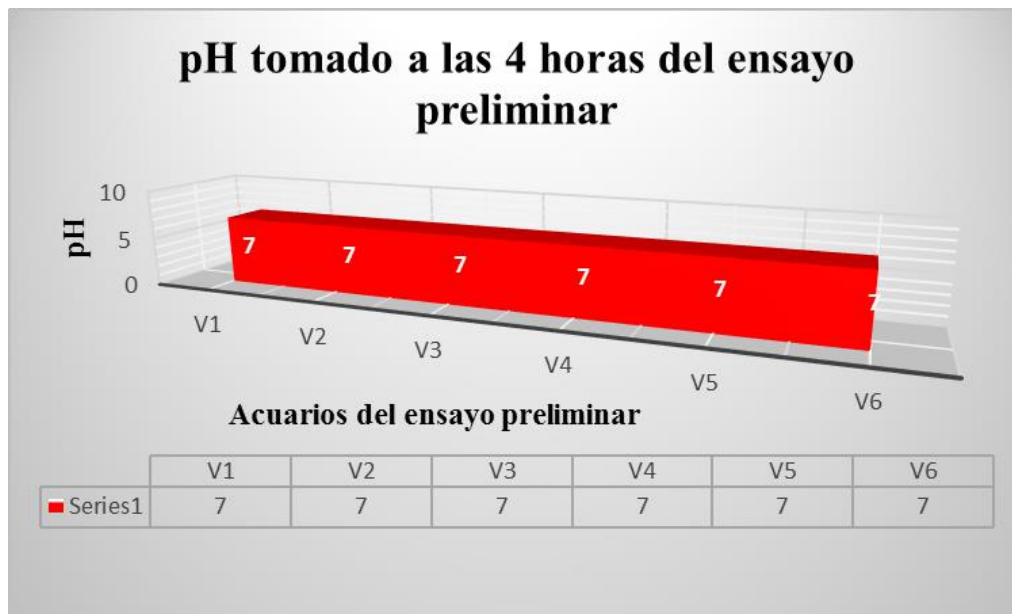


Figura 233. pH tomado a las 4 horas del ensayo preliminar.

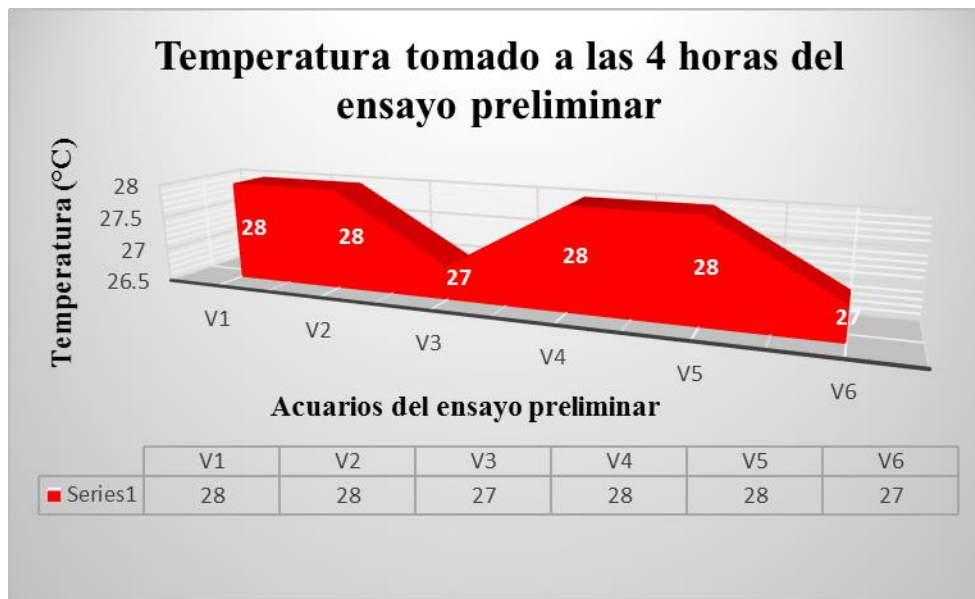


Figura 234. Temperatura tomada a las 4 horas del ensayo preliminar.

Tabla 38

Parámetros tomados a la octava hora del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 8 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	30	Todas con termostato
V2	7	29	
V3	7	29	
V4	7	29	
V5	7	29	
V6	7	28	

Fuente: Elaboración propia

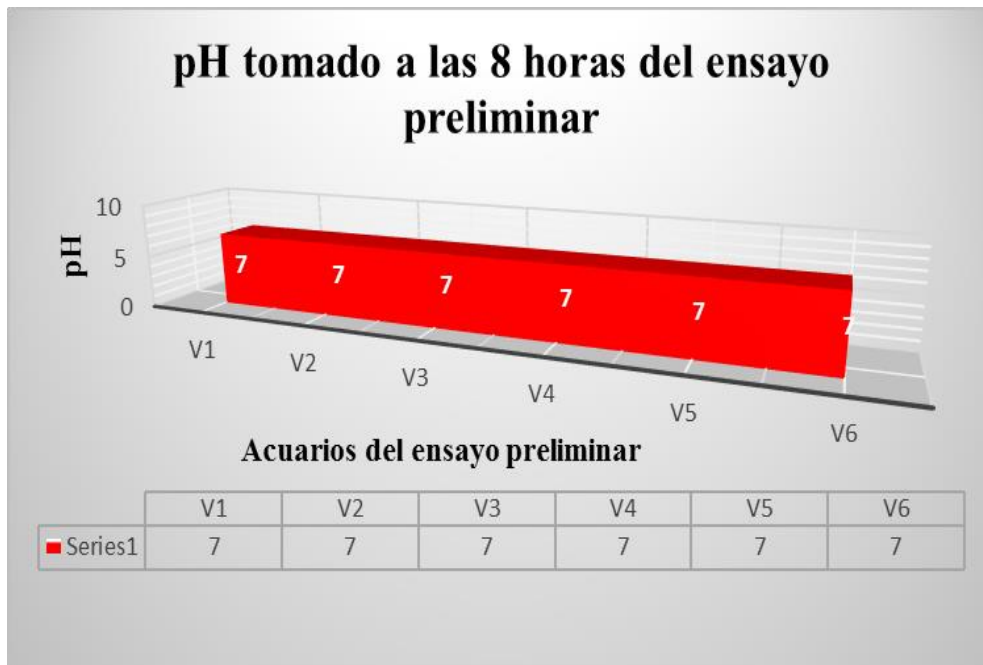


Figura 235. pH tomado a las 8 horas del ensayo preliminar.

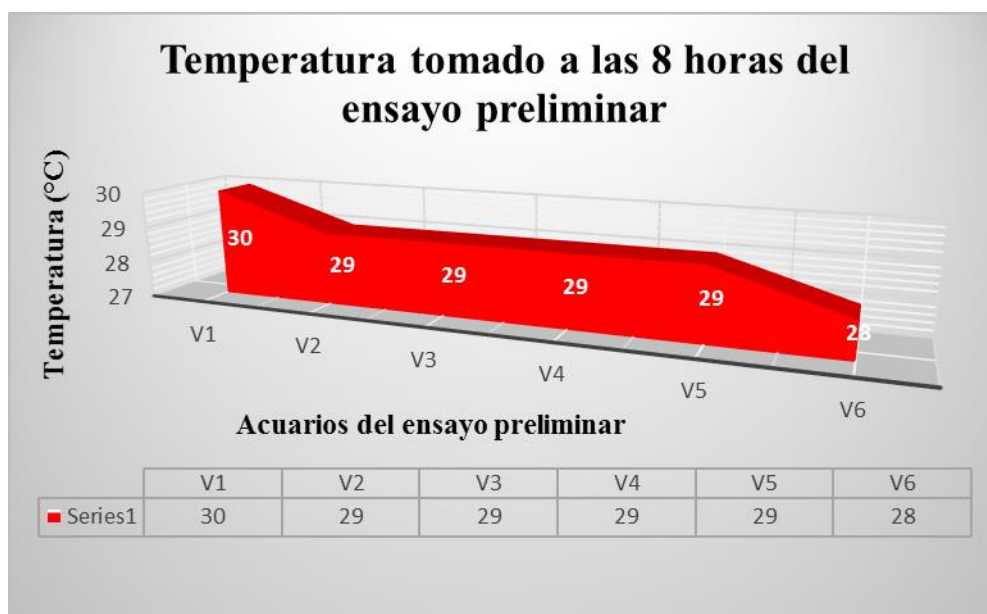


Figura 236. Temperatura tomada a las 8 horas del ensayo preliminar.

Tabla 39

Parámetros tomados a la décima hora del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 10 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	28	Todas con termostato
V2	7	29	
V3	7	30	
V4	7	30	
V5	7	29	
V6	7	28	

Fuente: Elaboración propia

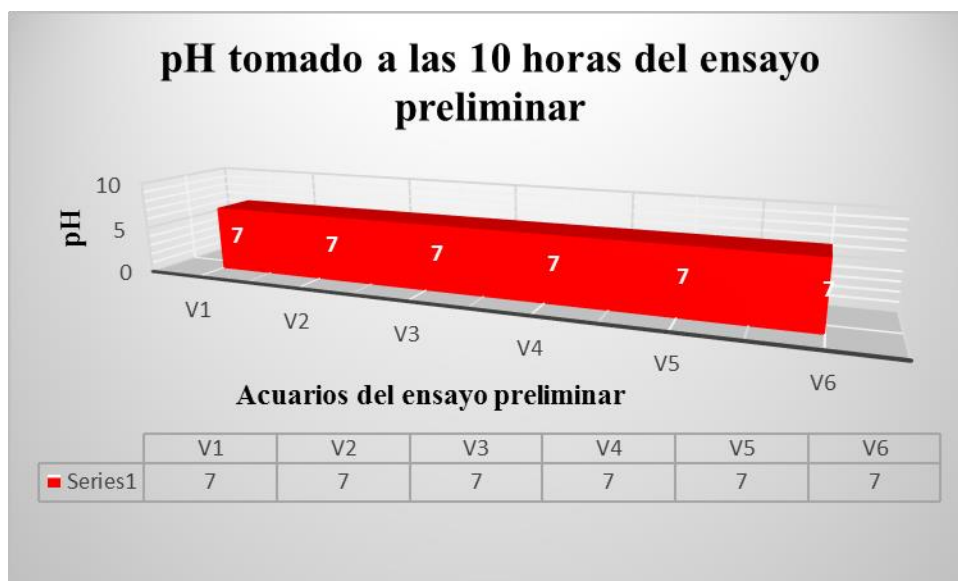


Figura 237. pH tomado a las 10 horas del ensayo preliminar.

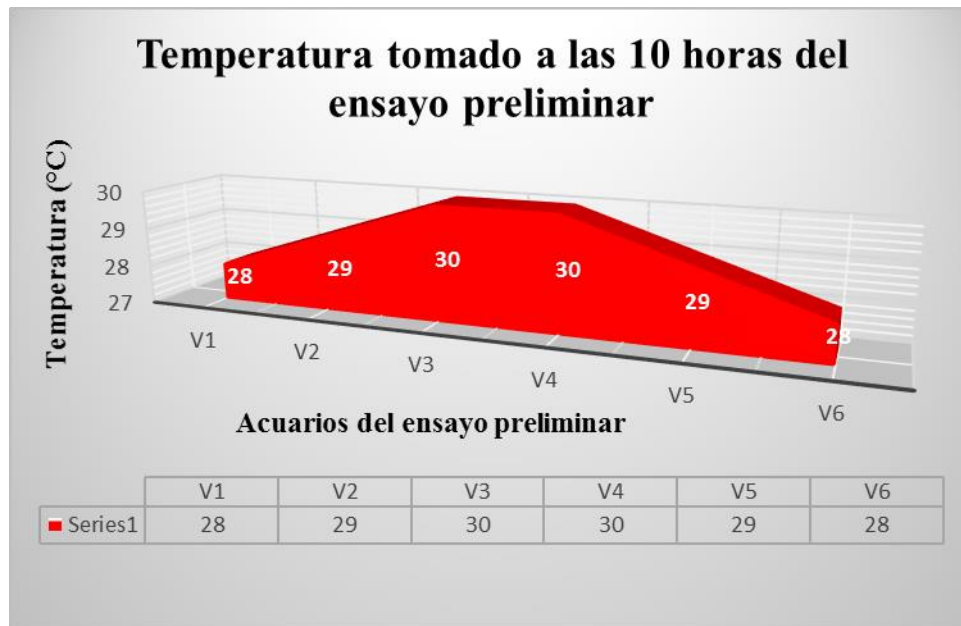


Figura 238. Temperatura tomada a las 10 horas del ensayo preliminar.

Tabla 40

Parámetros tomados a la doceava hora del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 12 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	30	Todas con termostato
V2	7	30	
V3	7	30	
V4	7	29	
V5	7	29	
V6	7	29	

Fuente: Elaboración propia

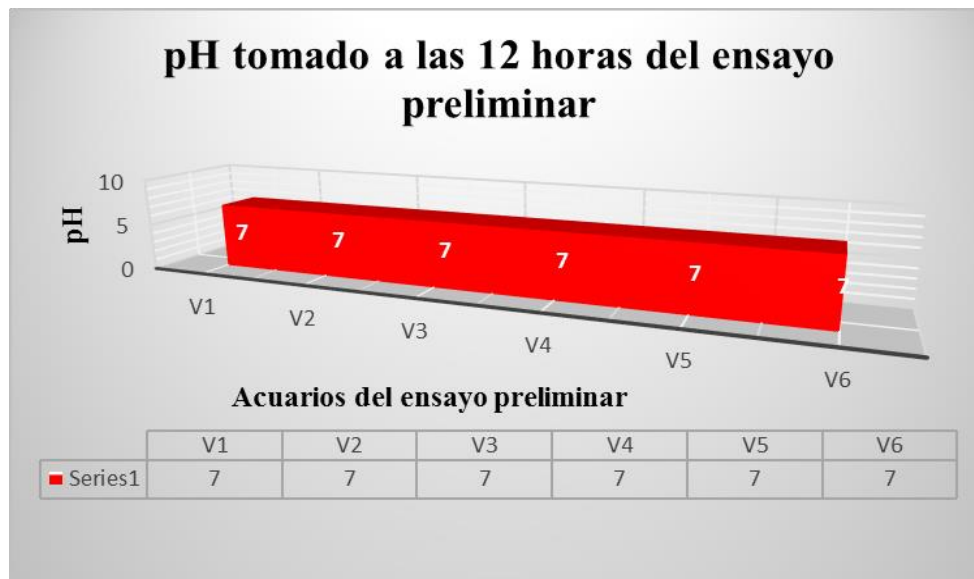


Figura 239. pH tomado a las 12 horas del ensayo preliminar.

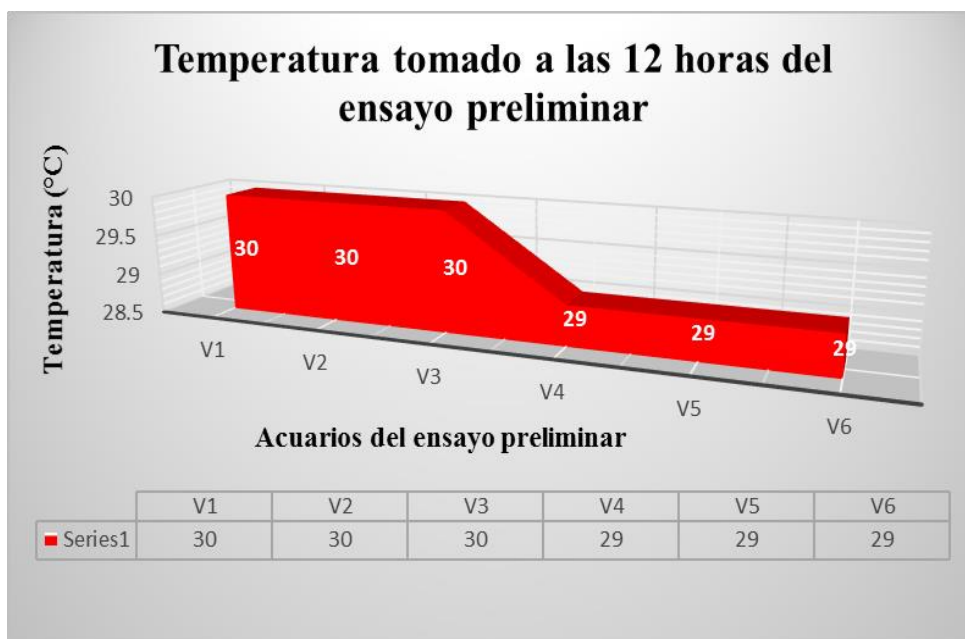


Figura 240. Temperatura tomada a las 12 horas del ensayo preliminar.

Tabla 41

Parámetros tomados a las veinticuatro horas del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 24 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	30	Todas con termostato
V2	7	30	
V3	7	30	
V4	7	30	
V5	7	30	
V6	7	29	

Fuente: Elaboración propia

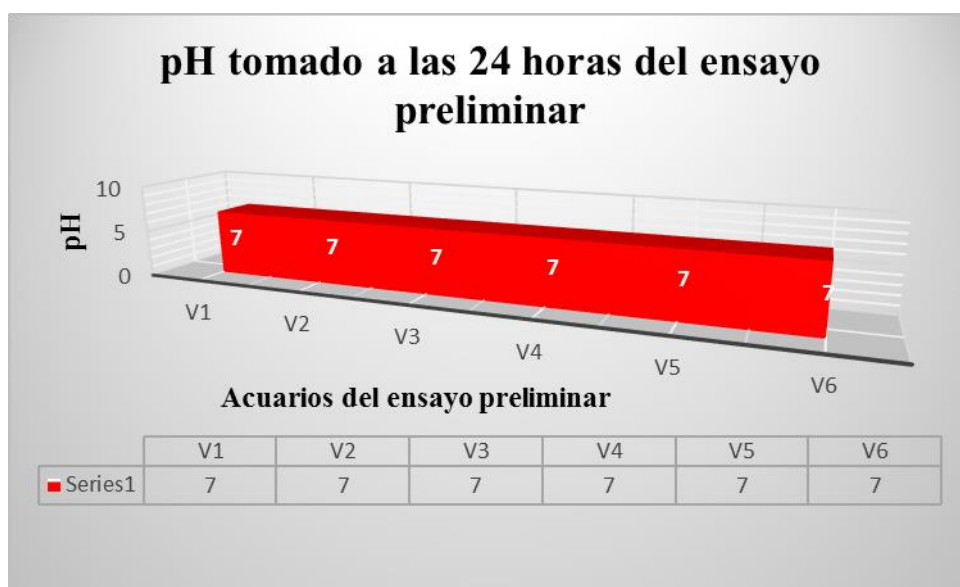


Figura 241. pH tomado a las 24 horas del ensayo preliminar.

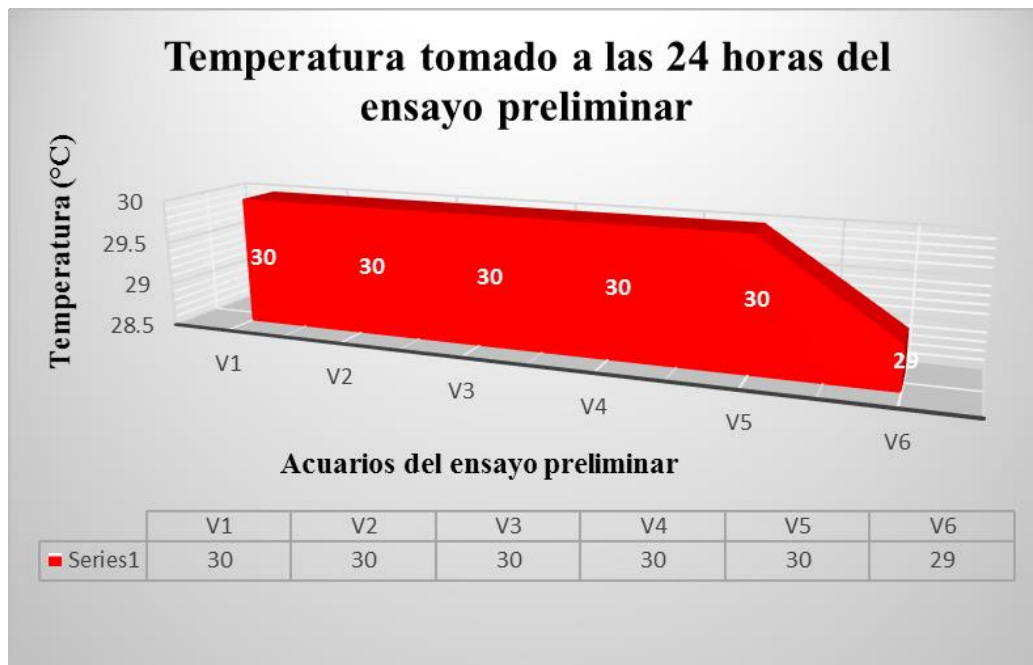


Figura 242. Temperatura tomada a las 24 horas del ensayo preliminar.

Tabla 42

Parámetros tomados a las cuarenta y ocho horas del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 48 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	30	Todas con termostato
V2	7	30	
V3	7	30	
V4	7	28	
V5	7	30	
V6	7	29	

Fuente: Elaboración propia

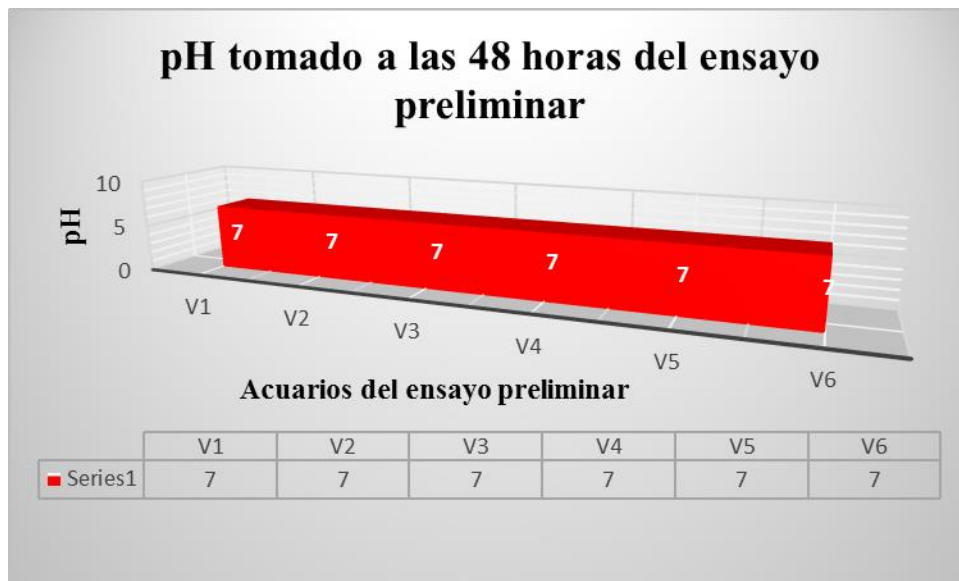


Figura 243. pH tomado a las 48 horas del ensayo preliminar.

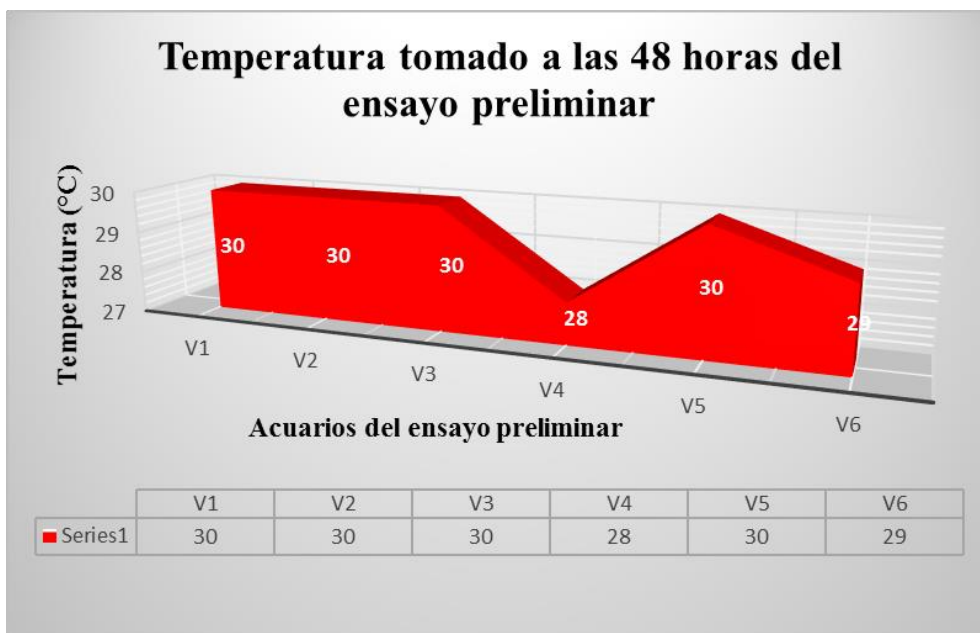


Figura 244. Temperatura tomada a las 48 horas del ensayo preliminar.

Tabla 43

Parámetros tomados a las setenta y dos horas del ensayo preliminar

Ensayo Preliminar 72 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
V1	7	30	Con termostato
V2	7	30	
V3	7	30	
V4	7	29	Sin termostato
V5	7	24	
V6	7	24	

Fuente: Elaboración propia

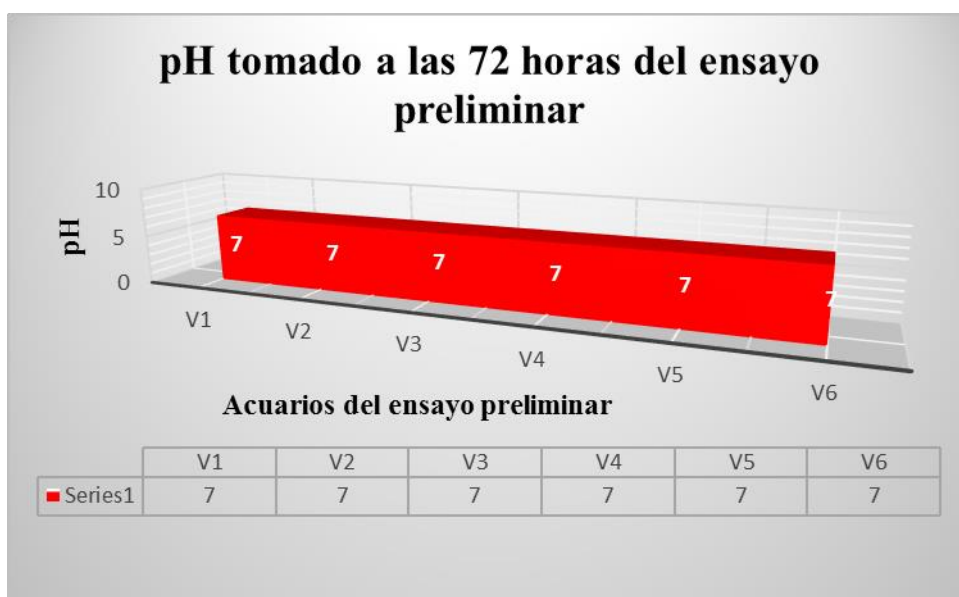


Figura 245. pH tomado a las 72 horas del ensayo preliminar.

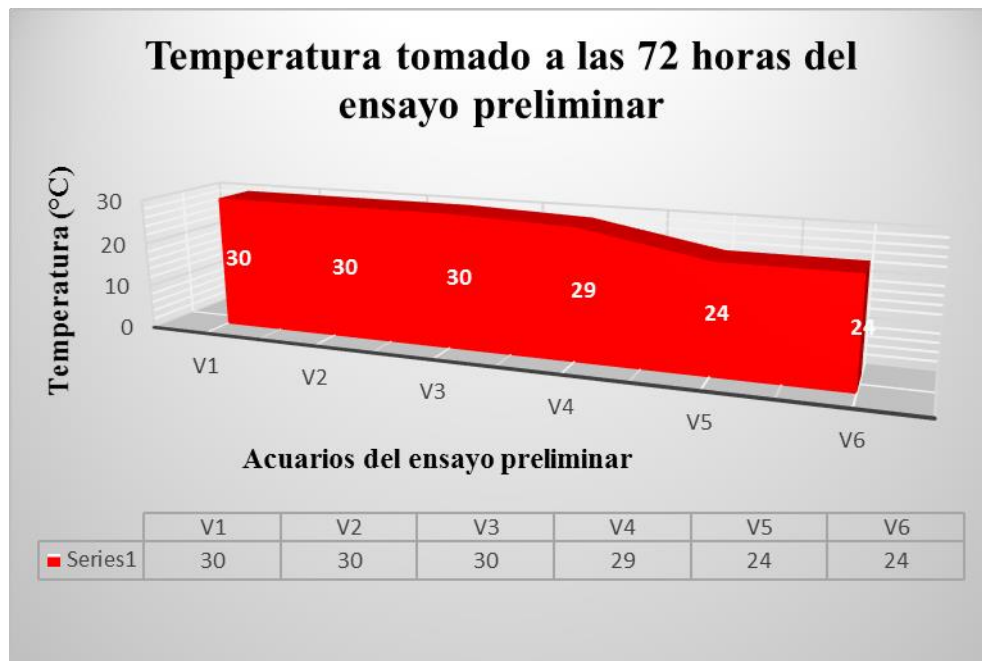


Figura 246. Temperatura tomada a las 72 horas del ensayo preliminar.

Tabla 44

Parámetros tomados a las noventa y seis horas del ensayo preliminar

Acuarios	Ensayo Preliminar 96 horas		Equipo
	Parámetros tomados		
	pH	Temperatura	
V1	7	30	Con termostato
V2	7	28	
V3	7	29	
V4	7	29	
V5	7	23	Sin termostato
V6	6	23	

Fuente: Elaboración propia

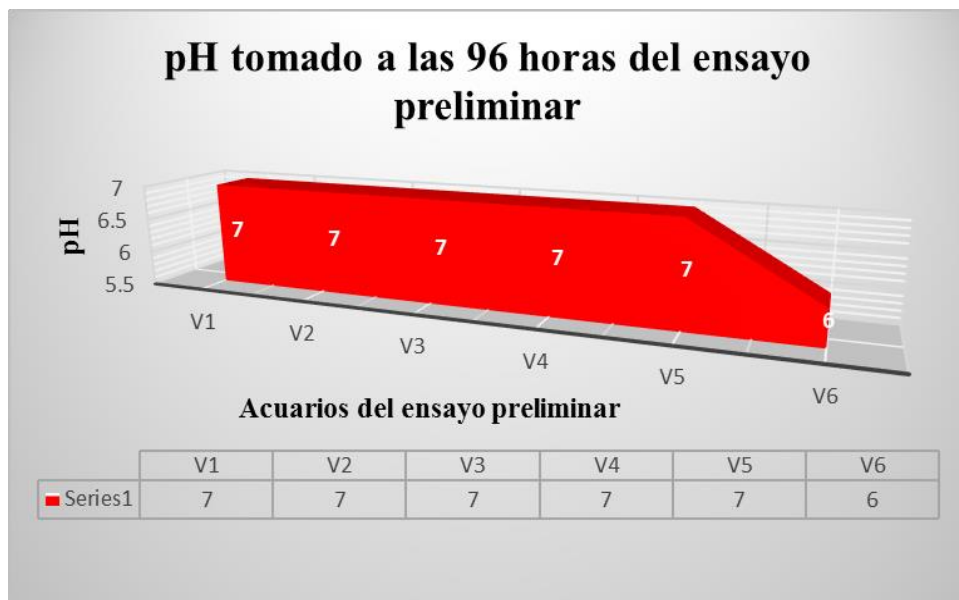


Figura 247. pH tomado a las 96 horas del ensayo preliminar.

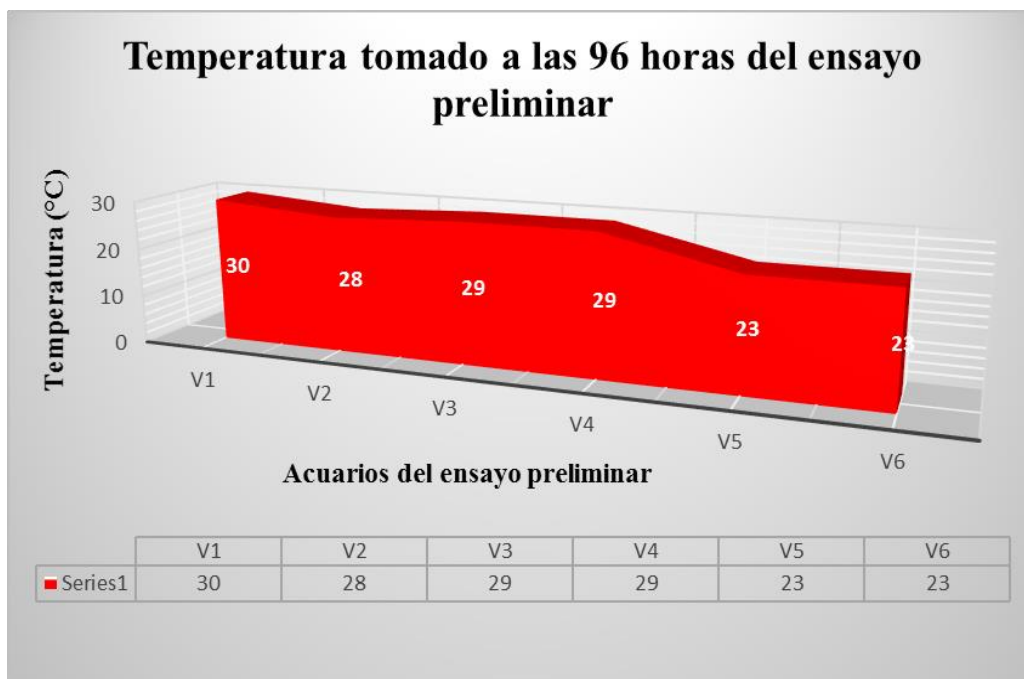


Figura 248. Temperatura tomada a las 96 horas del ensayo preliminar.

Tabla 45
Control del ensayo preliminar por horas

Hora	Ensayo Preliminar					
	Acuario V1	Acuario V2	Acuario V3	Acuario V4	Acuario V5	Acuario V6
	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
	0	0,001	0,01	0,1	1	10
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	5
2	0	0	1	0	3	1
3	0	0	0	0	3	2
4	0	0	2	0	1	1
8	0	3	0	0	3	1
10	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0
N° de peces muertos a las 96 horas	0	3	3	0	10	10
% de mortalidad a las 96 horas	0%	30%	30%	0%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46
Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	0
V3	0,01	0
V4	0,1	0
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

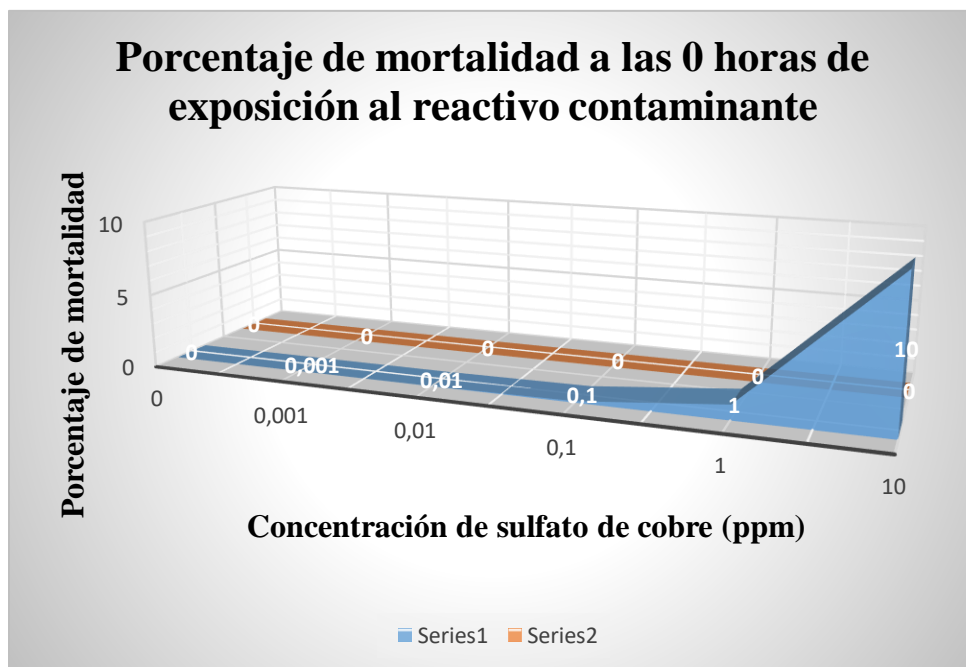


Figura 249. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 47

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas

Acuarios	A la 0 hora		
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia	
V1	0	100	
V2	0,001	100	
V3	0,01	100	
V4	0,1	100	
V5	1	100	
V6	10	100	

Fuente: Elaboración propia

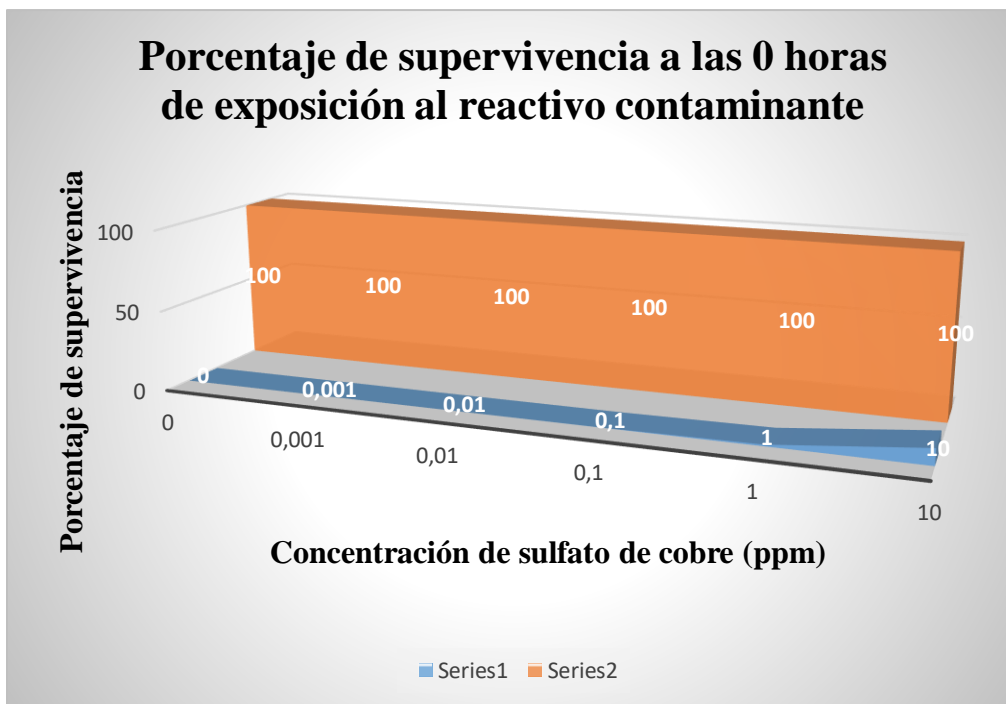


Figura 250. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 48

Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	0
V3	0,01	0
V4	0,1	0
V5	1	0
V6	10	50

Fuente: Elaboración propia

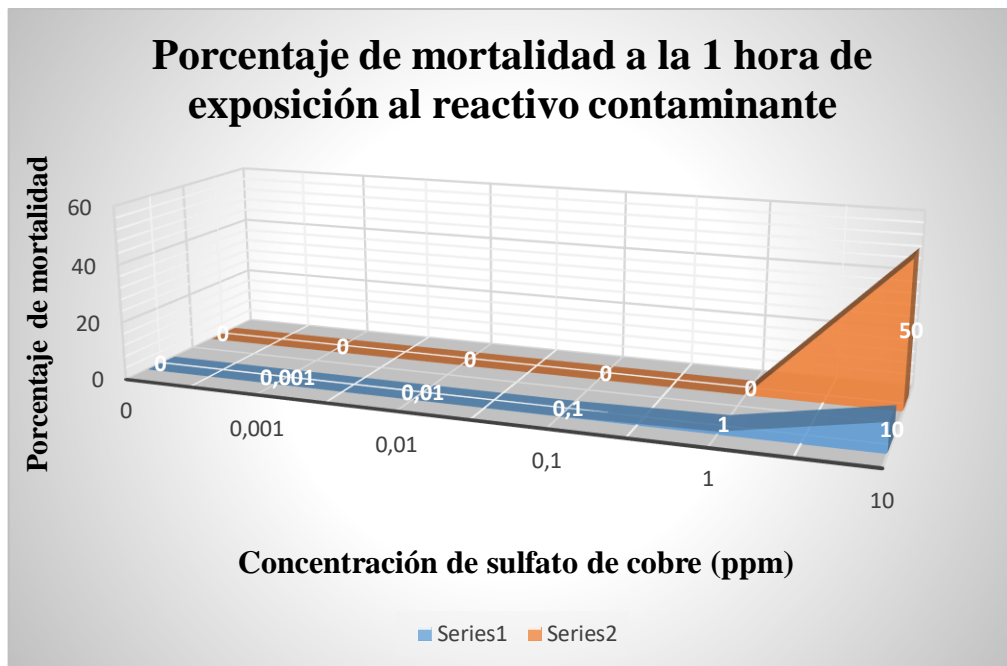


Figura 251. Porcentaje de mortalidad a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 49

Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/L)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	100
V3	0,01	100
V4	0,1	100
V5	1	100
V6	10	50

Fuente: Elaboración propia

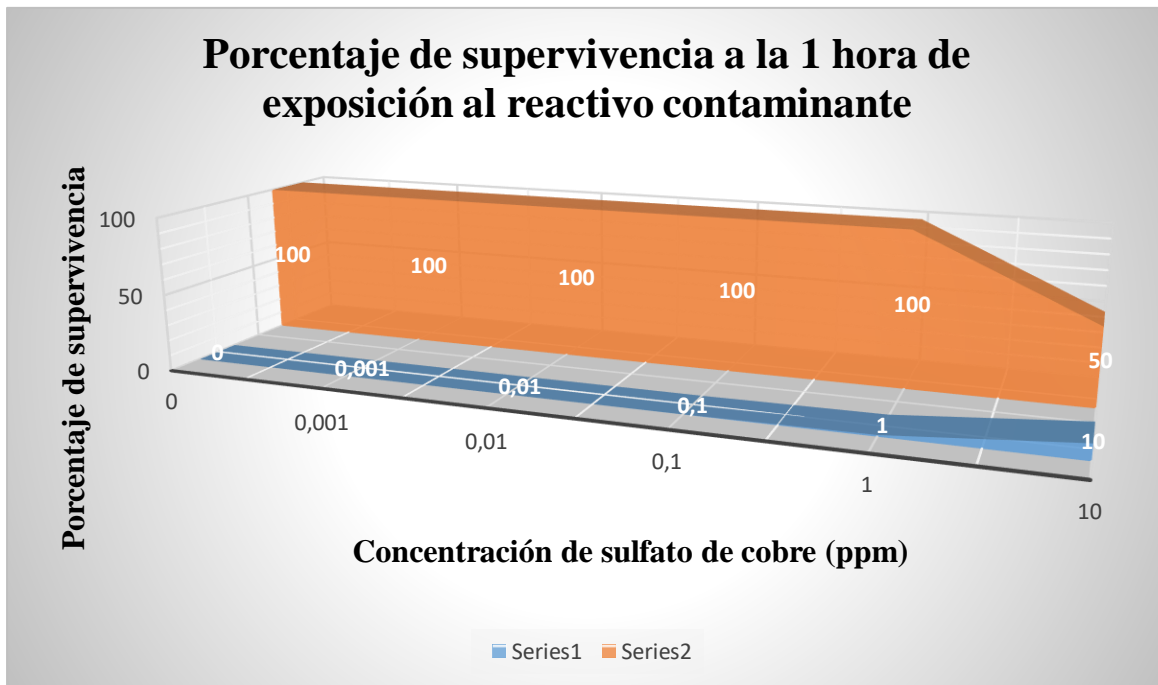


Figura 252. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 50

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	0
V3	0,01	10
V4	0,1	0
V5	1	30
V6	10	60

Fuente: Elaboración propia

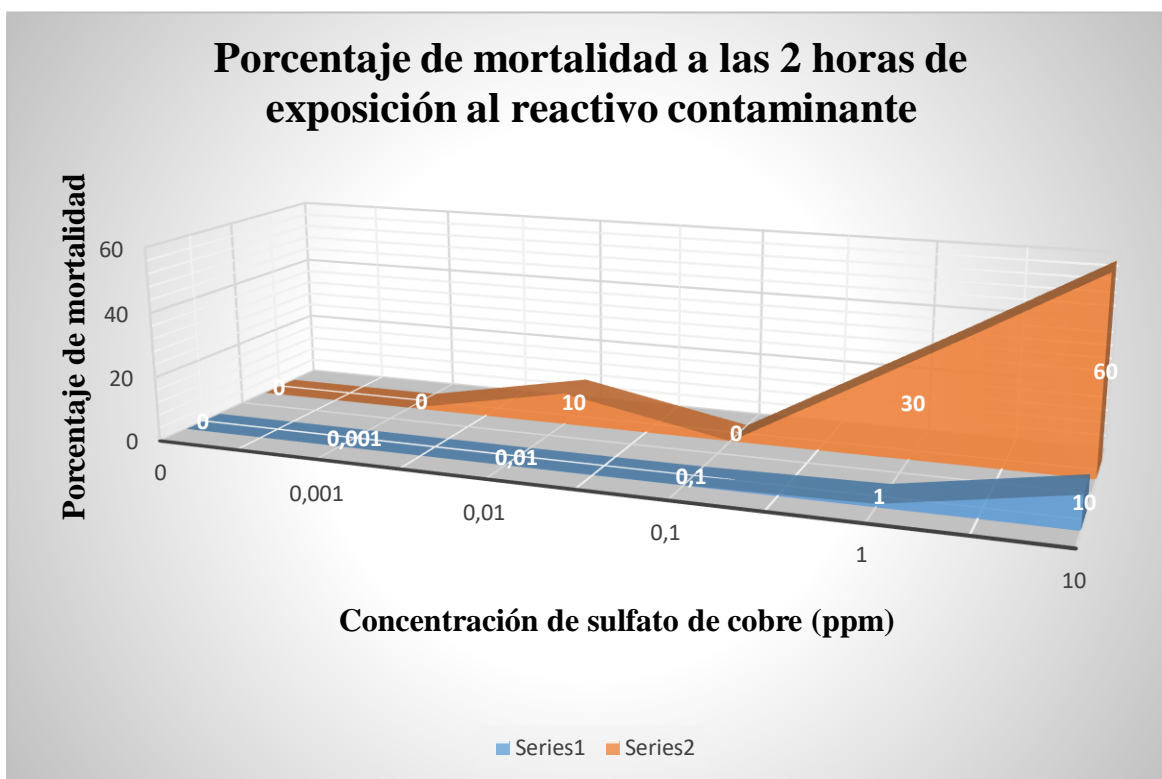


Figura 253. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 51

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	100
V3	0,01	90
V4	0,1	100
V5	1	70
V6	10	40

Fuente: Elaboración propia

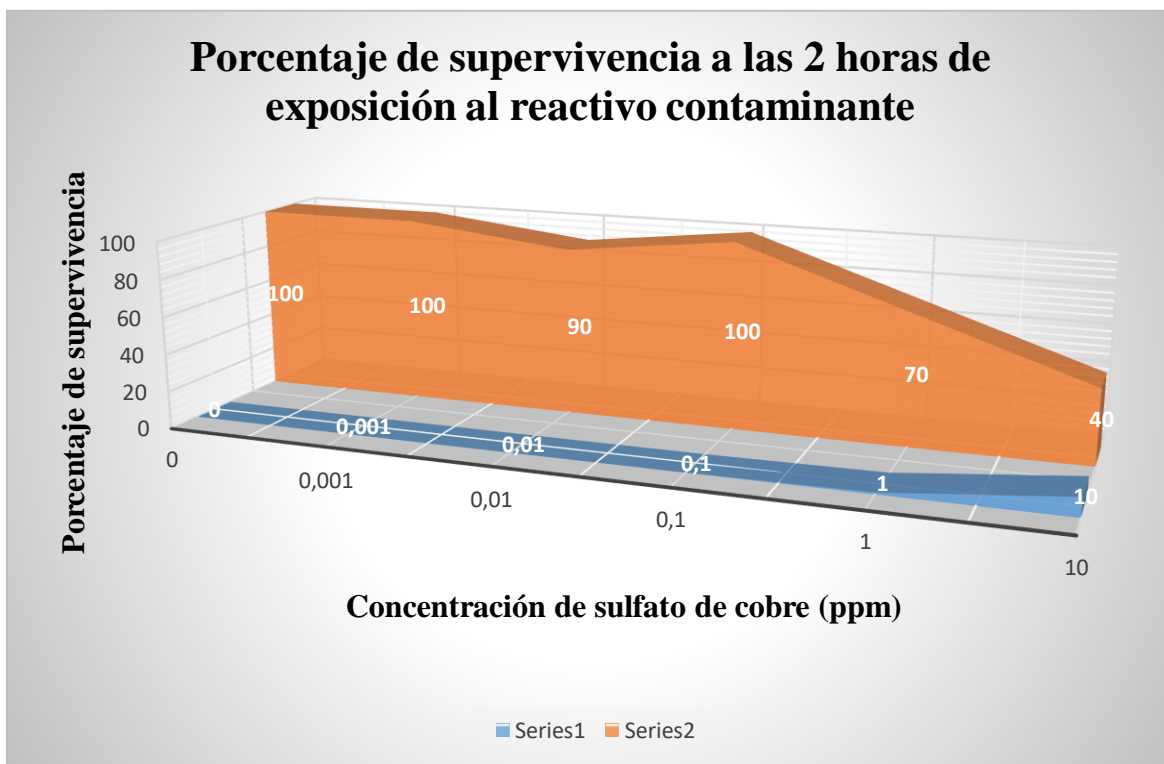


Figura 254. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 52

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	0
V3	0,01	10
V4	0,1	0
V5	1	60
V6	10	80

Fuente: Elaboración propia

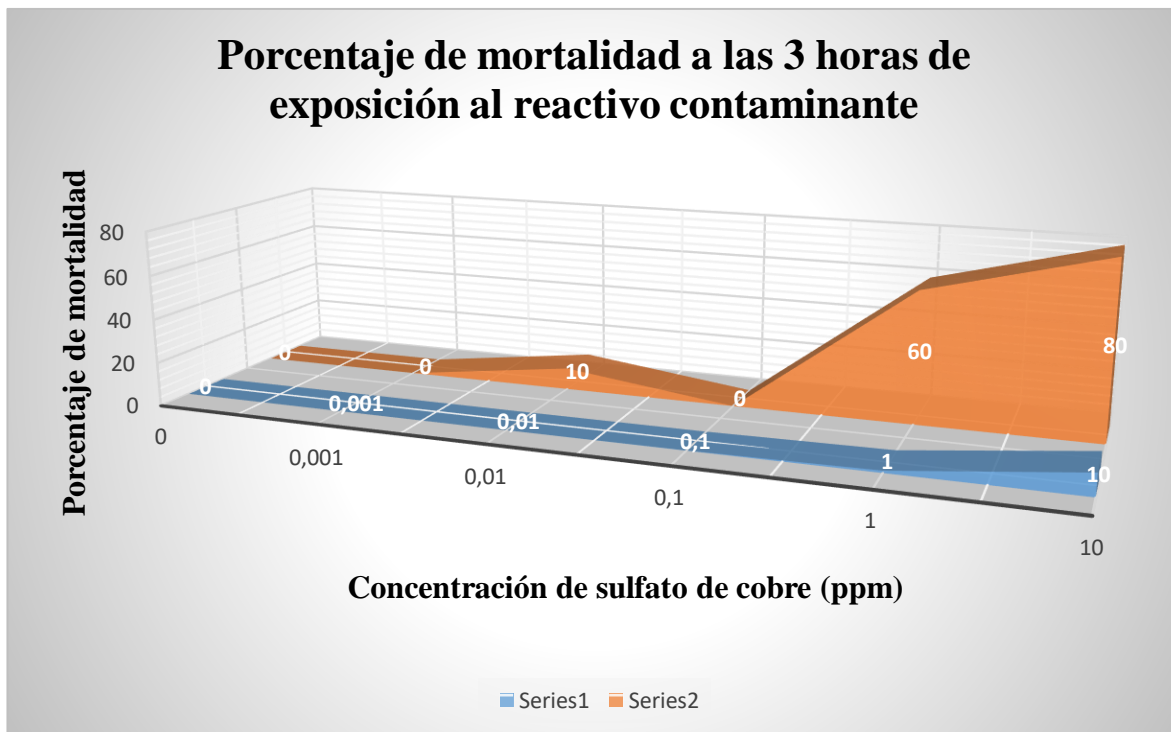


Figura 255. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 53

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	100
V3	0,01	90
V4	0,1	100
V5	1	40
V6	10	20

Fuente: Elaboración propia

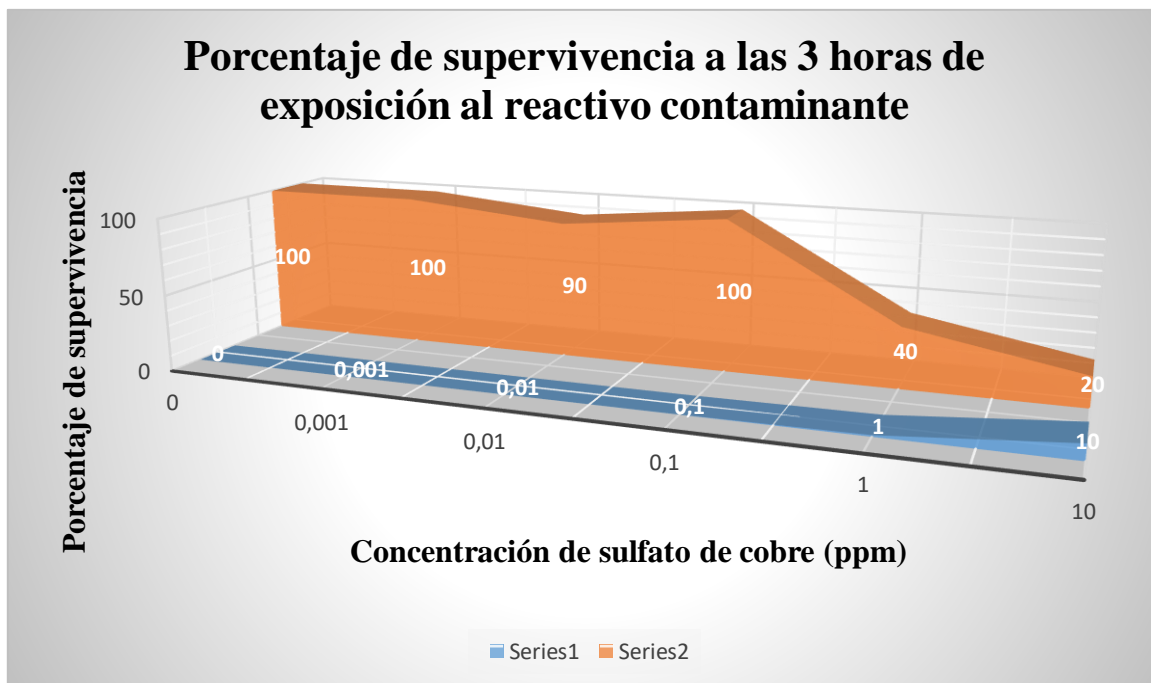


Figura 256. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 54

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas

Acuarios	A las 4 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	0
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	70
V6	10	90

Fuente: Elaboración propia

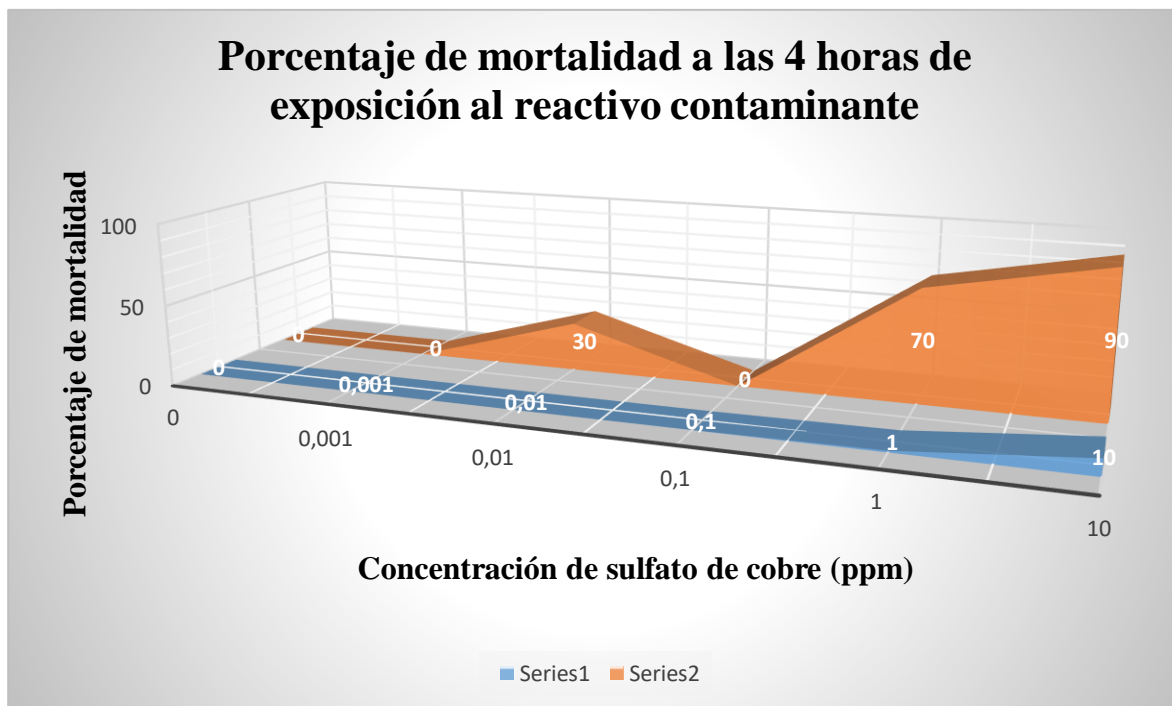


Figura 257. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 55

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas

Acuarios	A las 4 horas		Y % supervivencia
	X Concentración ppm (mg/l)		
V1	0		100
V2	0,001		100
V3	0,01		70
V4	0,1		100
V5	1		30
V6	10		10

Fuente: Elaboración propia

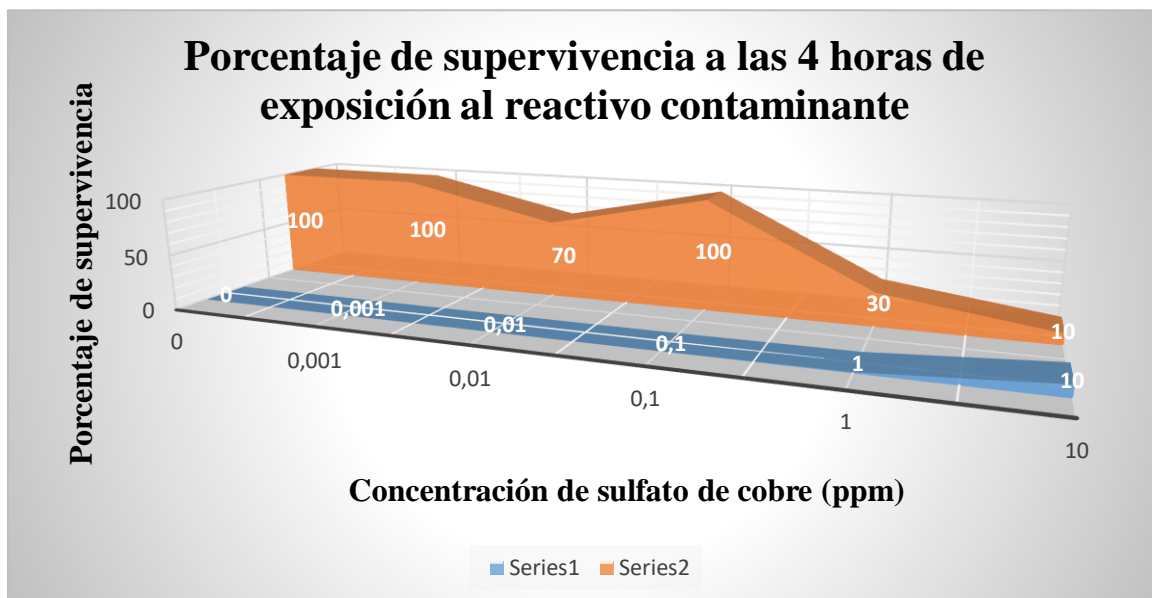


Figura 258. Porcentaje de supervivencia a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 56

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	30
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	100
V6	10	100

Fuente: Elaboración propia

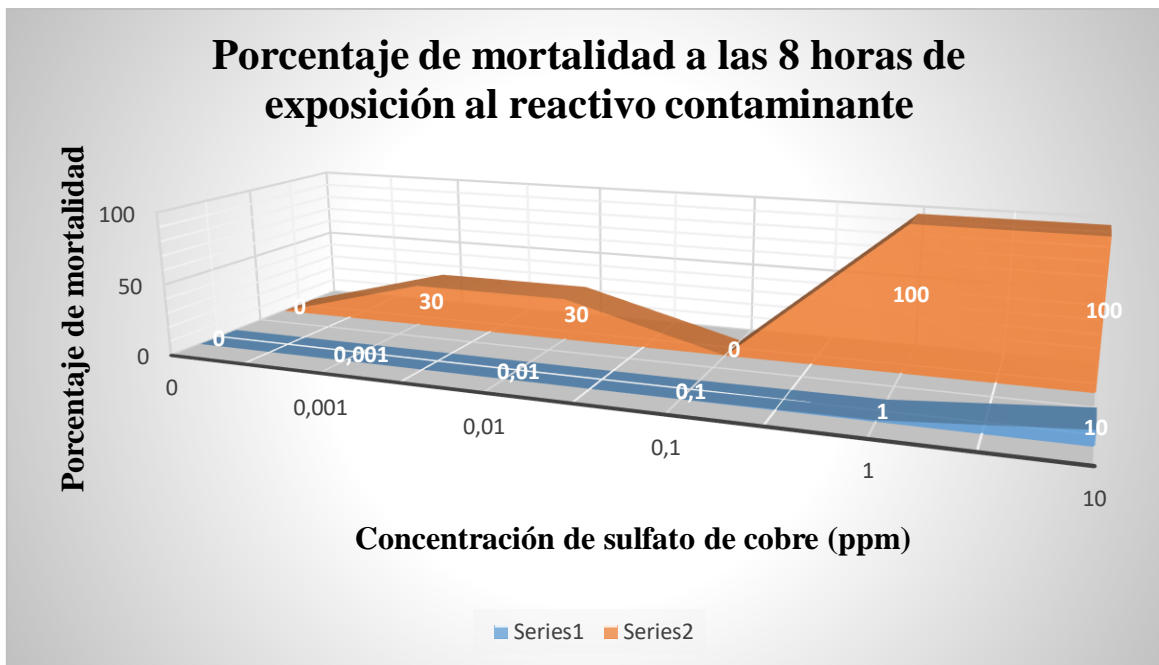


Figura 259. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 57

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	70
V3	0,01	70
V4	0,1	100
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

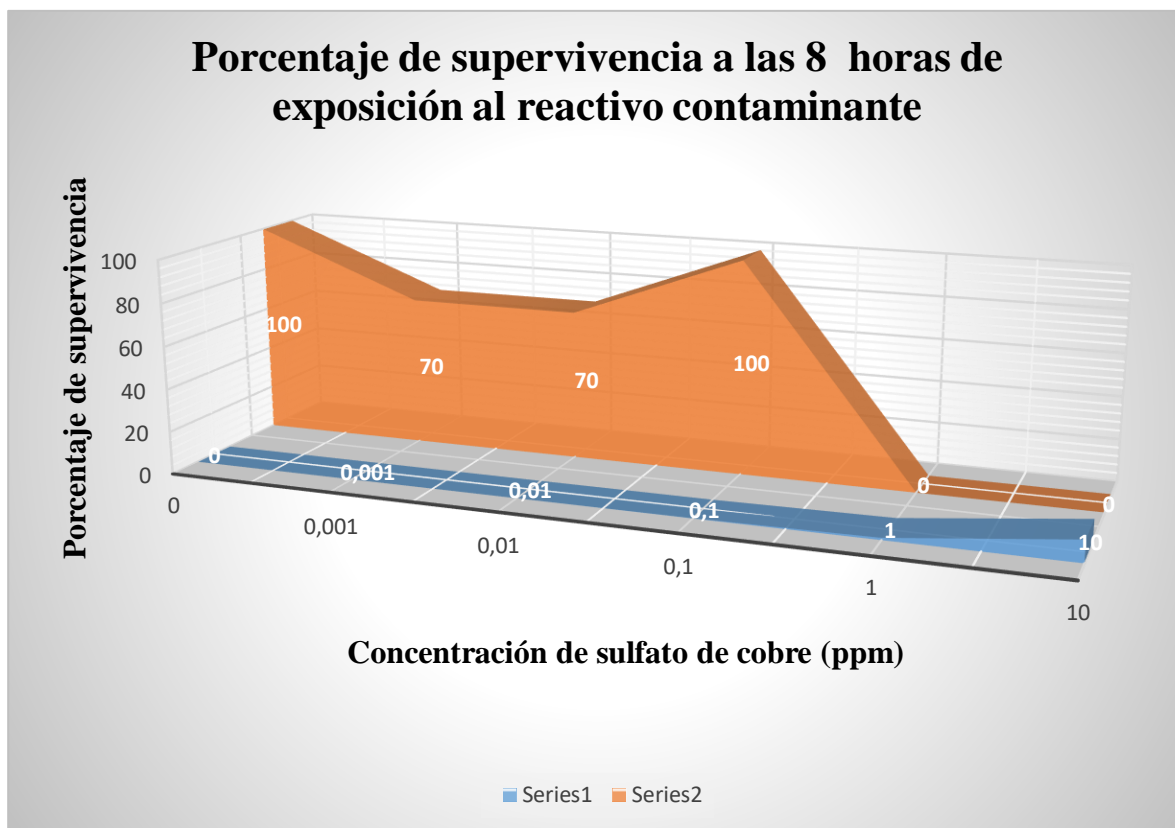


Figura 260. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 58

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	30
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	100
V6	10	100

Fuente: Elaboración propia

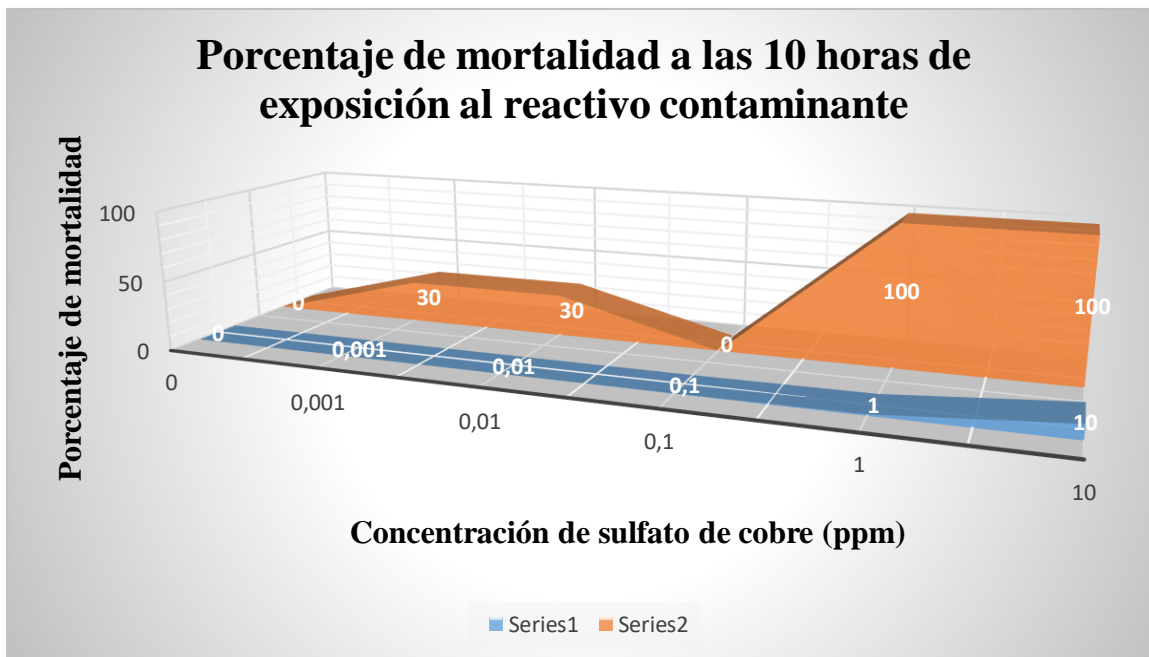


Figura 261. Porcentaje de mortalidad las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 59

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	70
V3	0,01	70
V4	0,1	100
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

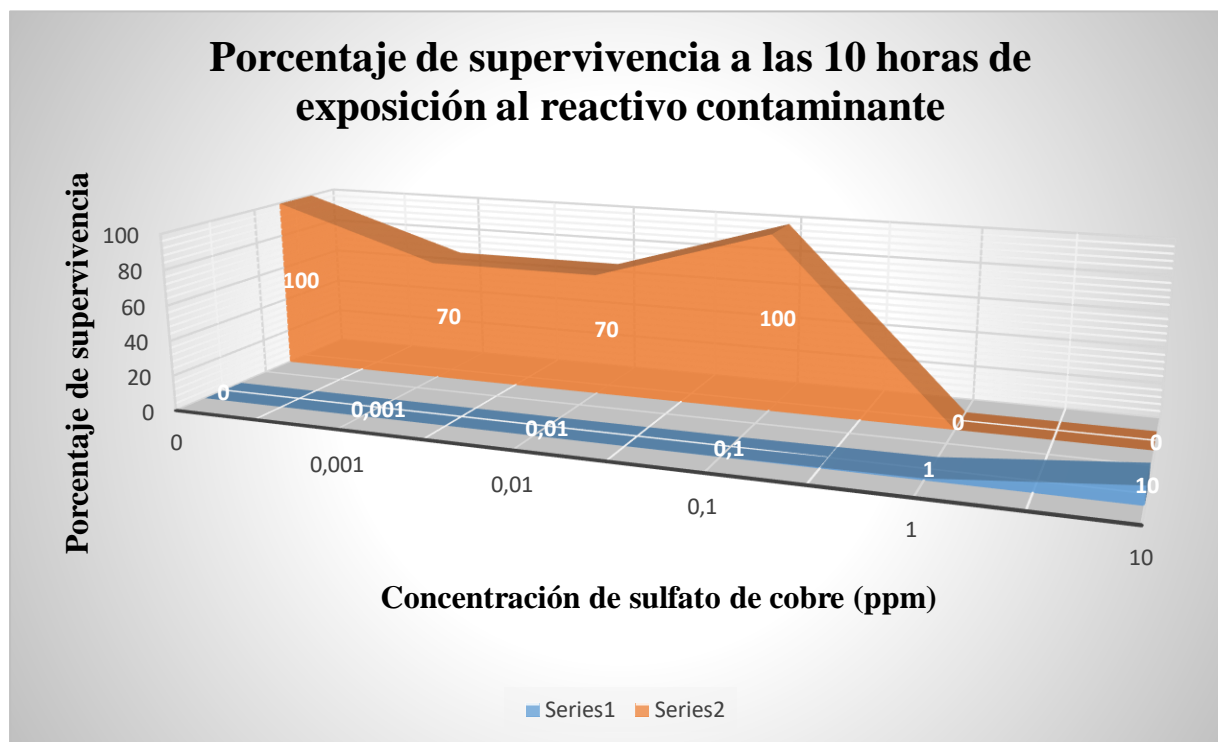


Figura 262. Porcentaje de supervivencia las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 60

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	30
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	100
V6	10	100

Fuente: Elaboración propia

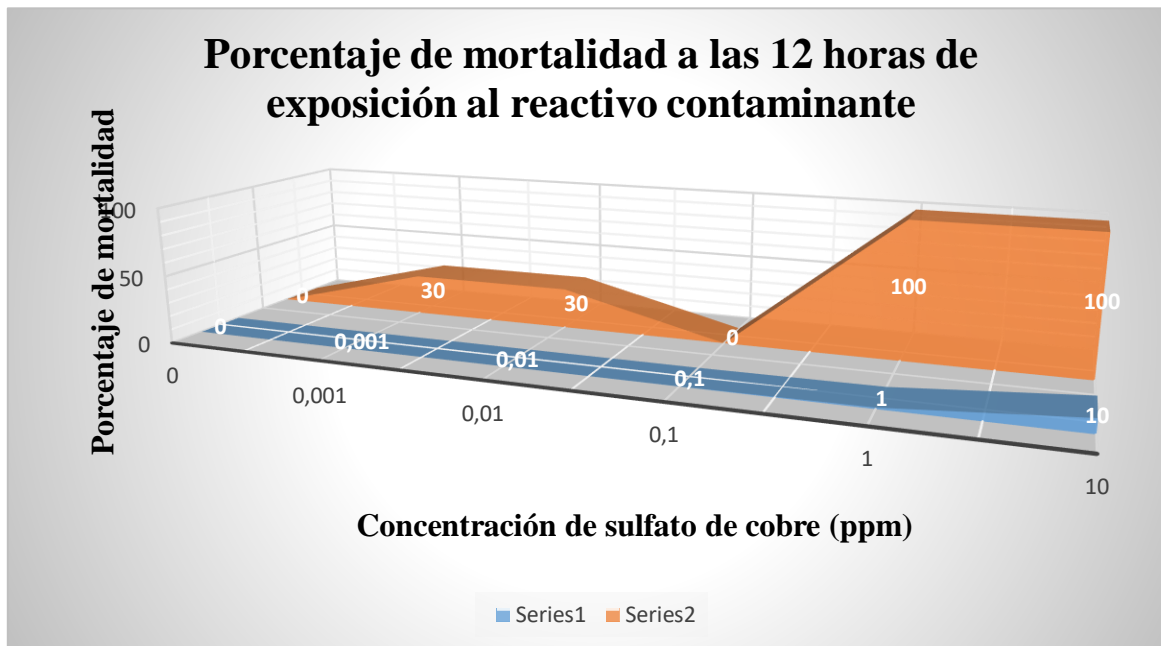


Figura 263. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 61

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	70
V3	0,01	70
V4	0,1	100
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

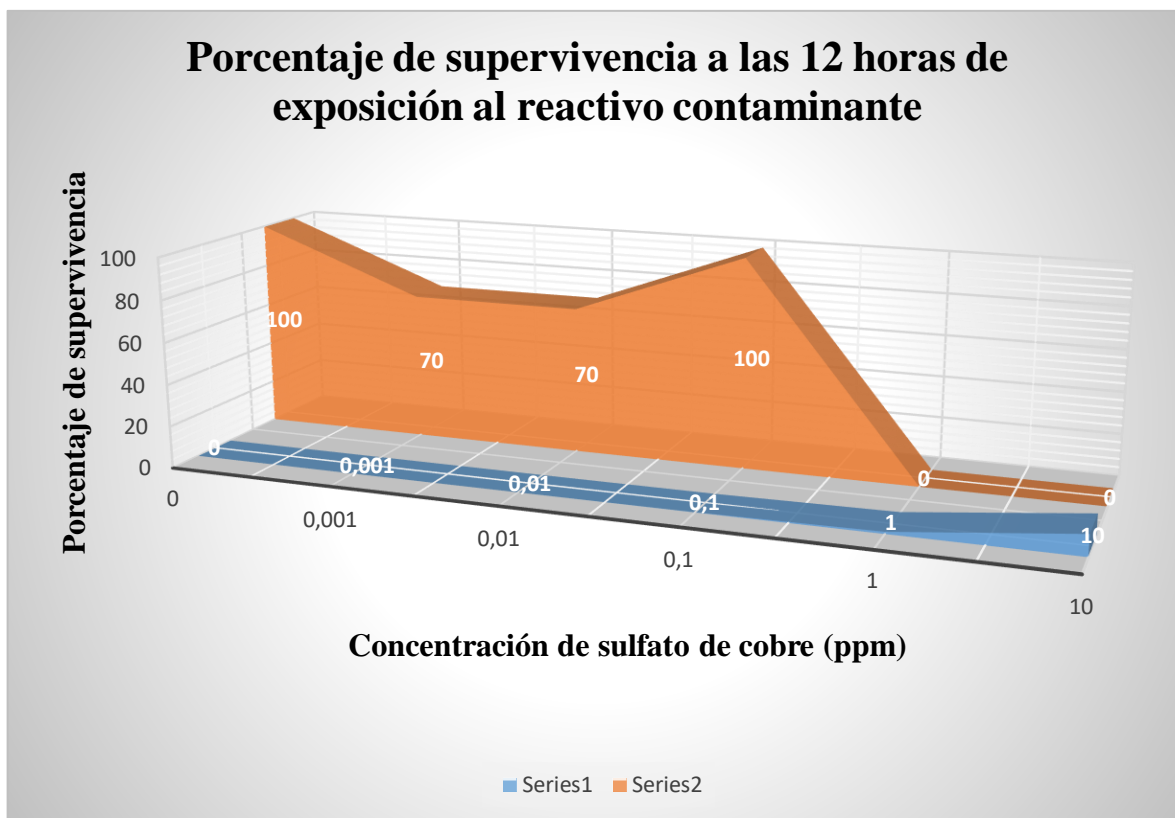


Figura 264. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 62

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	30
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	100
V6	10	100

Fuente: Elaboración propia

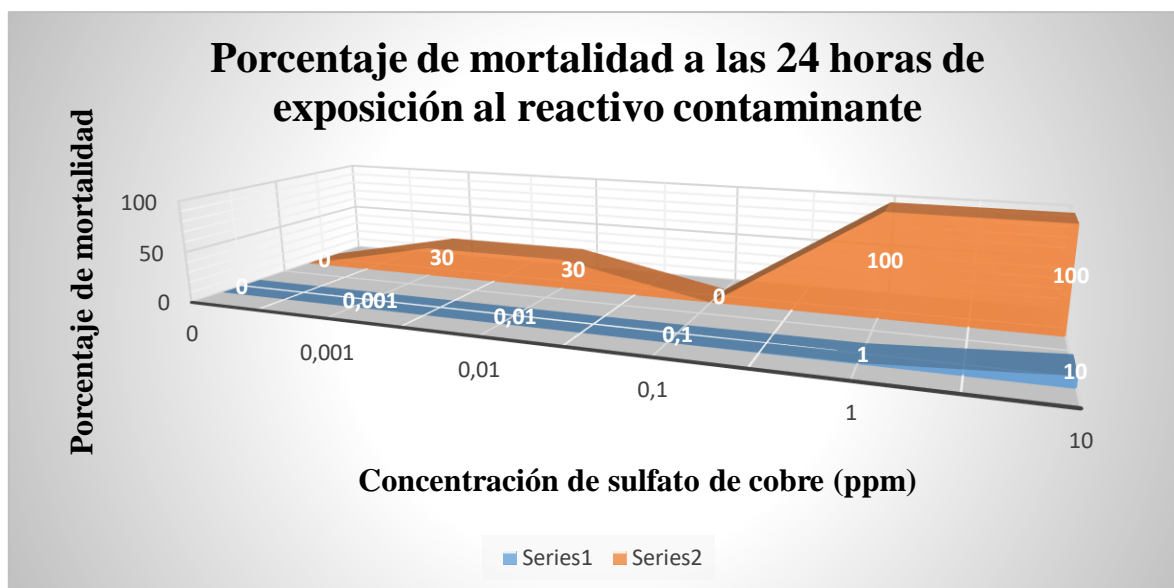


Figura 265. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 63

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	70
V3	0,01	70
V4	0,1	100
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

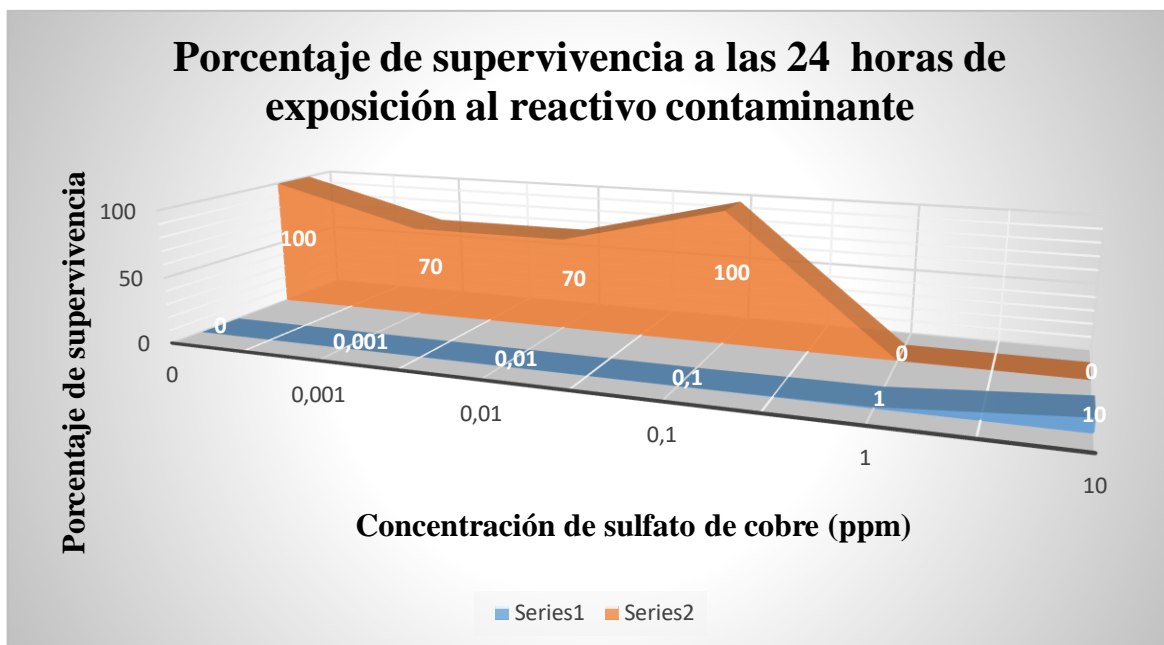


Figura 266. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 64

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	30
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	100
V6	10	100

Fuente: Elaboración propia

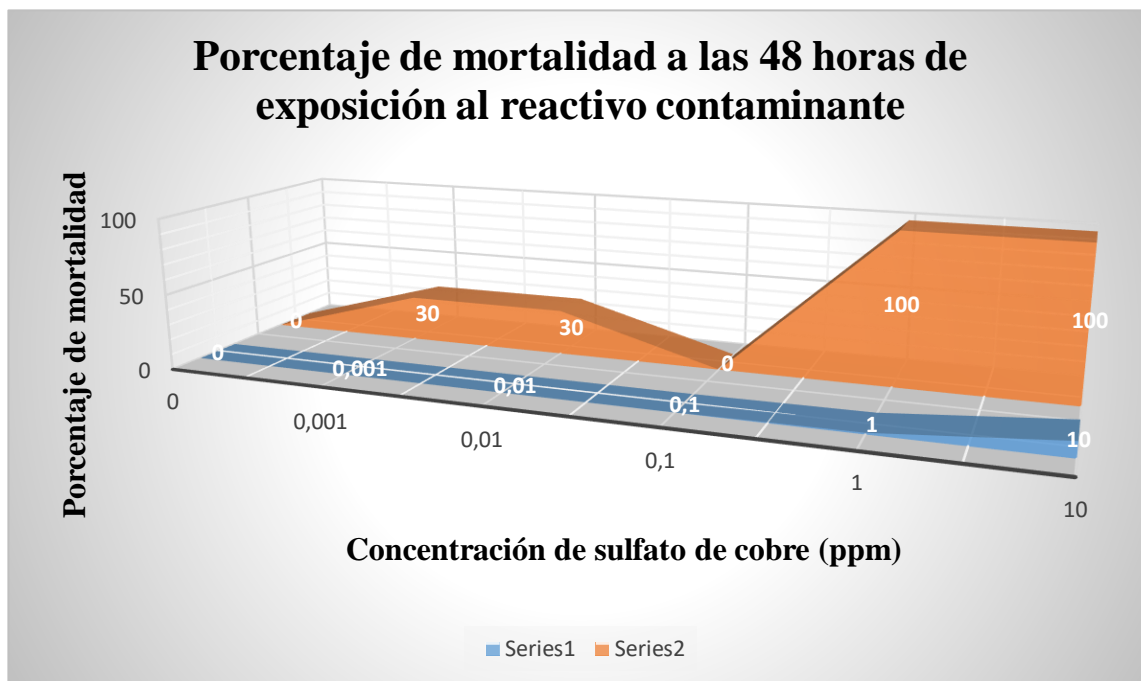


Figura 267. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 65

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	70
V3	0,01	70
V4	0,1	100
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

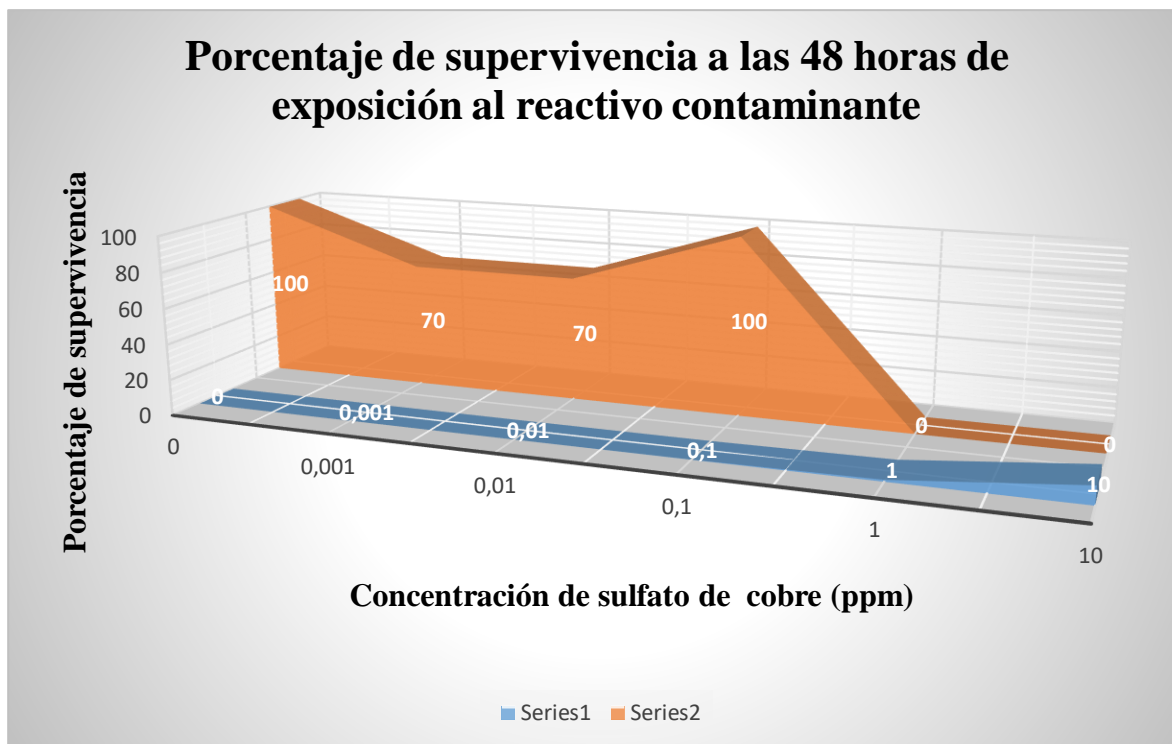


Figura 268. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 66

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	30
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	100
V6	10	100

Fuente: Elaboración propia

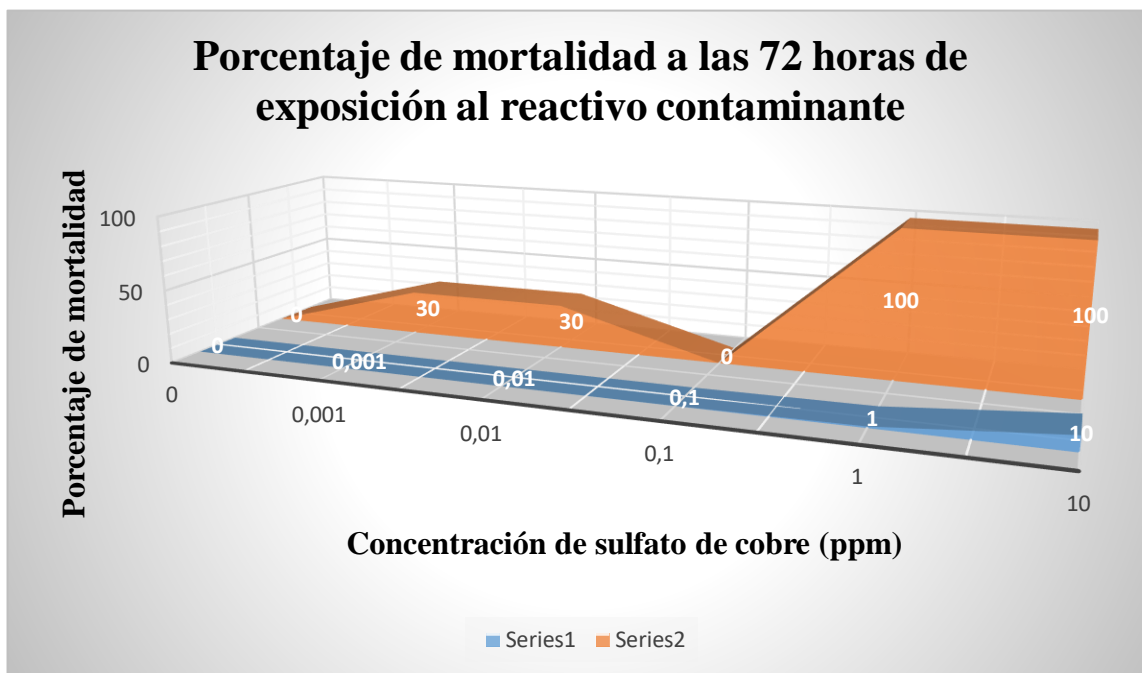


Figura 269. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 67

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	70
V3	0,01	70
V4	0,1	100
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

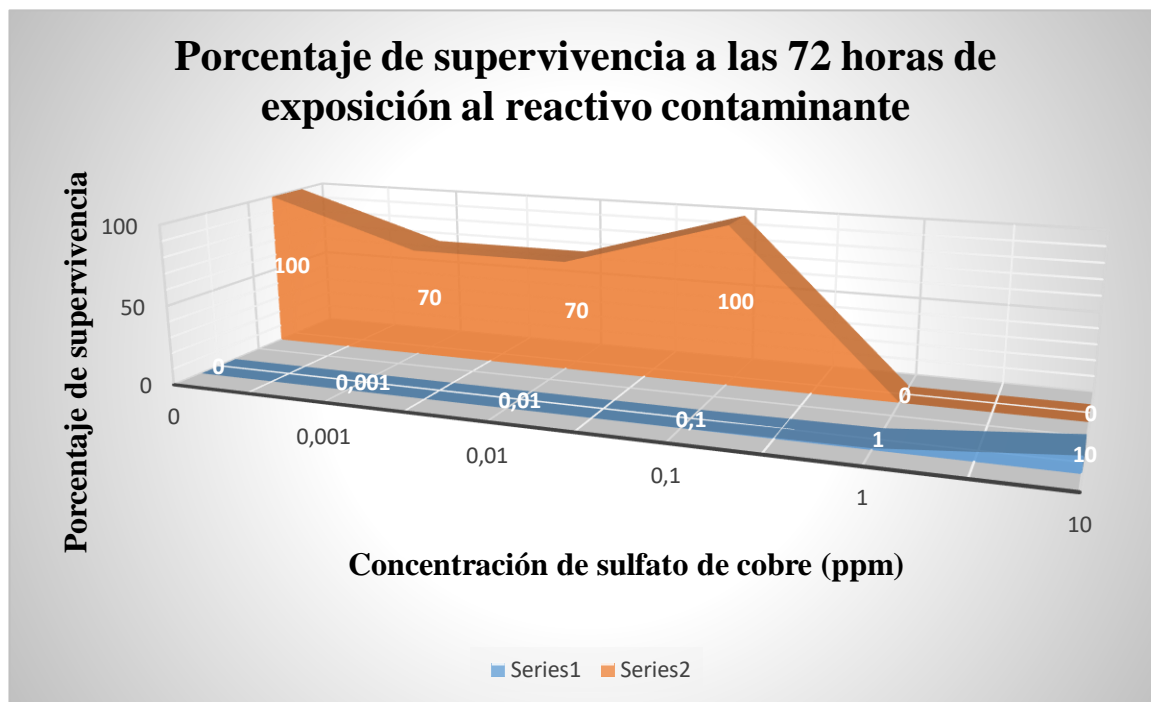


Figura 270. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 68

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
V1	0	0
V2	0,001	30
V3	0,01	30
V4	0,1	0
V5	1	100
V6	10	100

Fuente: Elaboración propia

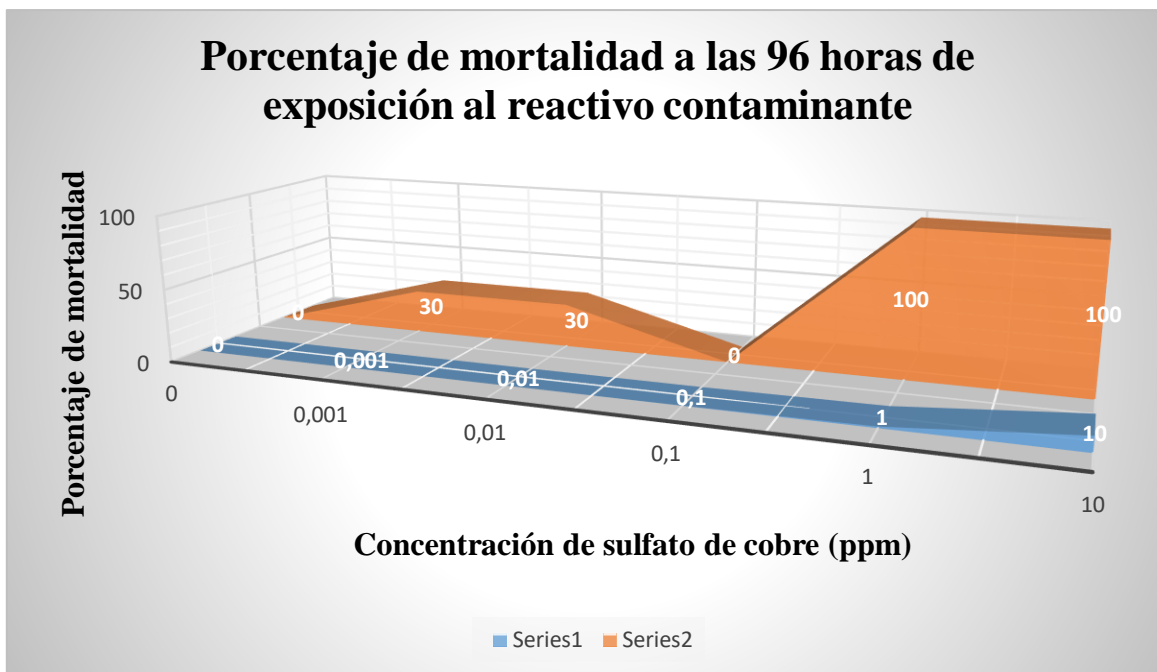


Figura 271. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 69

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
V1	0	100
V2	0,001	70
V3	0,01	70
V4	0,1	100
V5	1	0
V6	10	0

Fuente: Elaboración propia

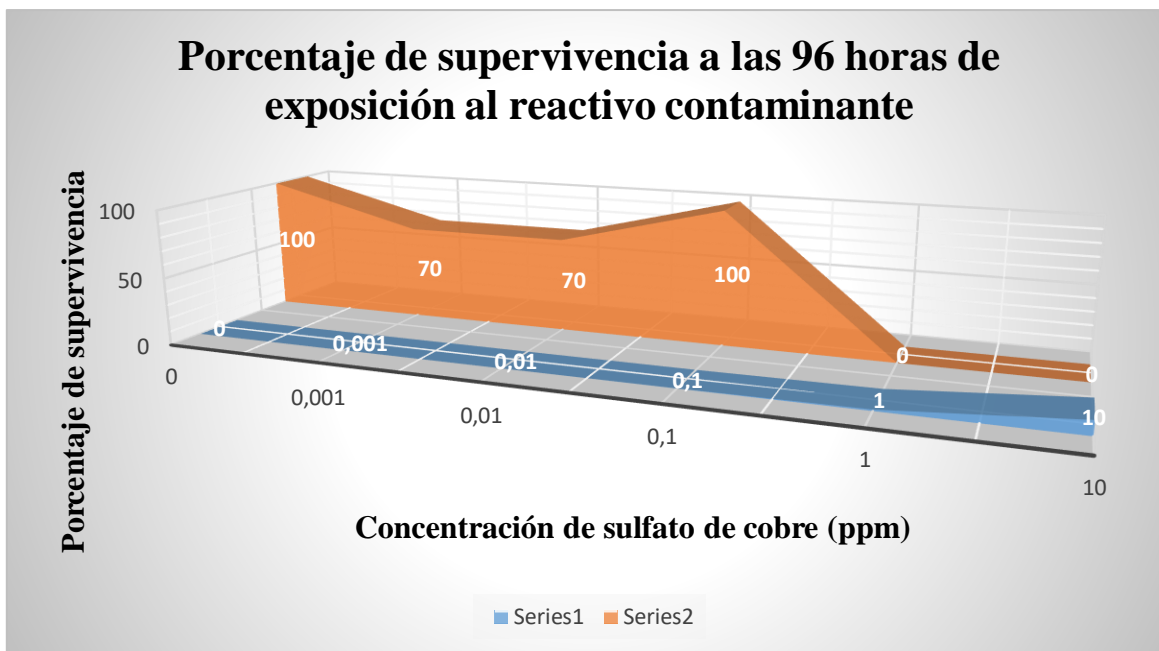


Figura 272. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.

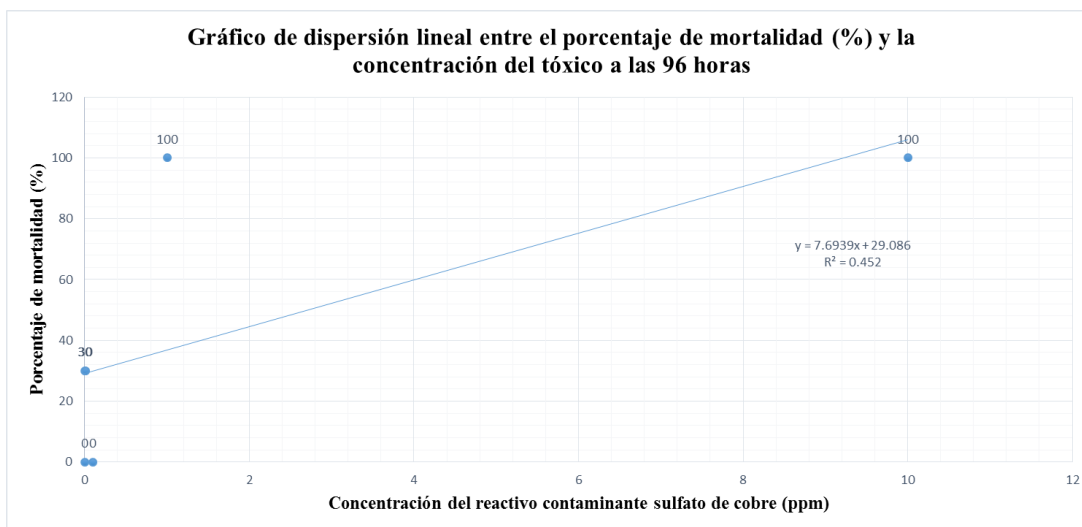


Figura 273. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

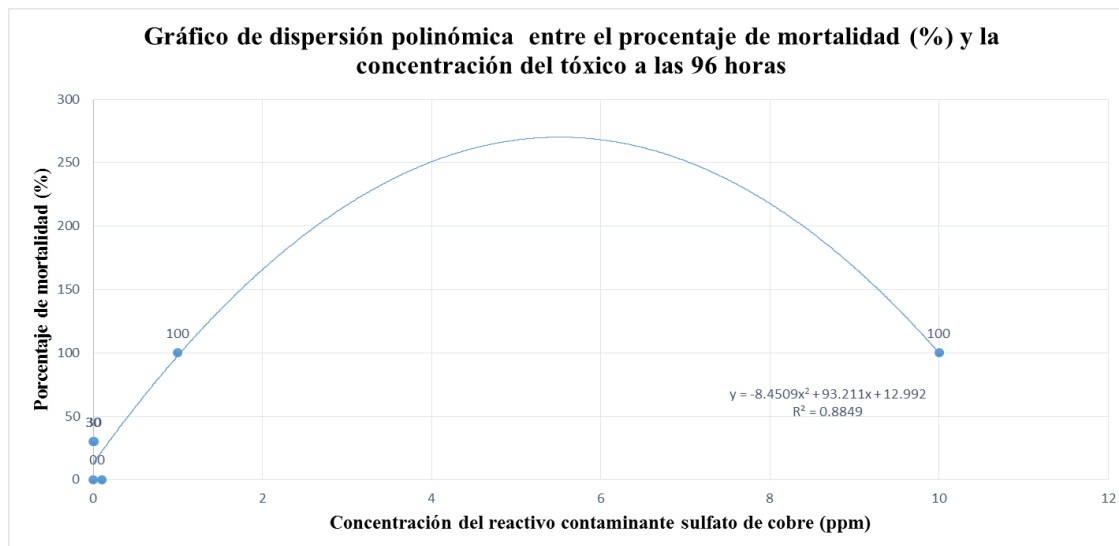


Figura 274. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

4.2.2 Ensayo N°1

Tabla 70

Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°1

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	26	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	26	
H3	7	26	
H4	7	26	
H5	7	26	
H6	7	26	

Fuente: Elaboración propia

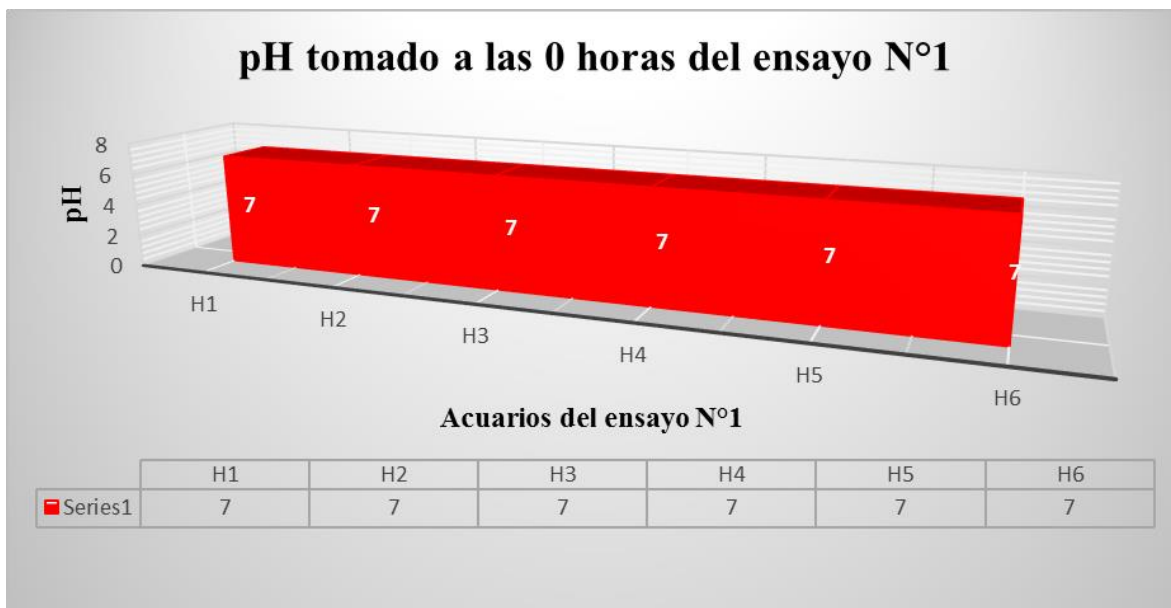


Figura 275. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°1.

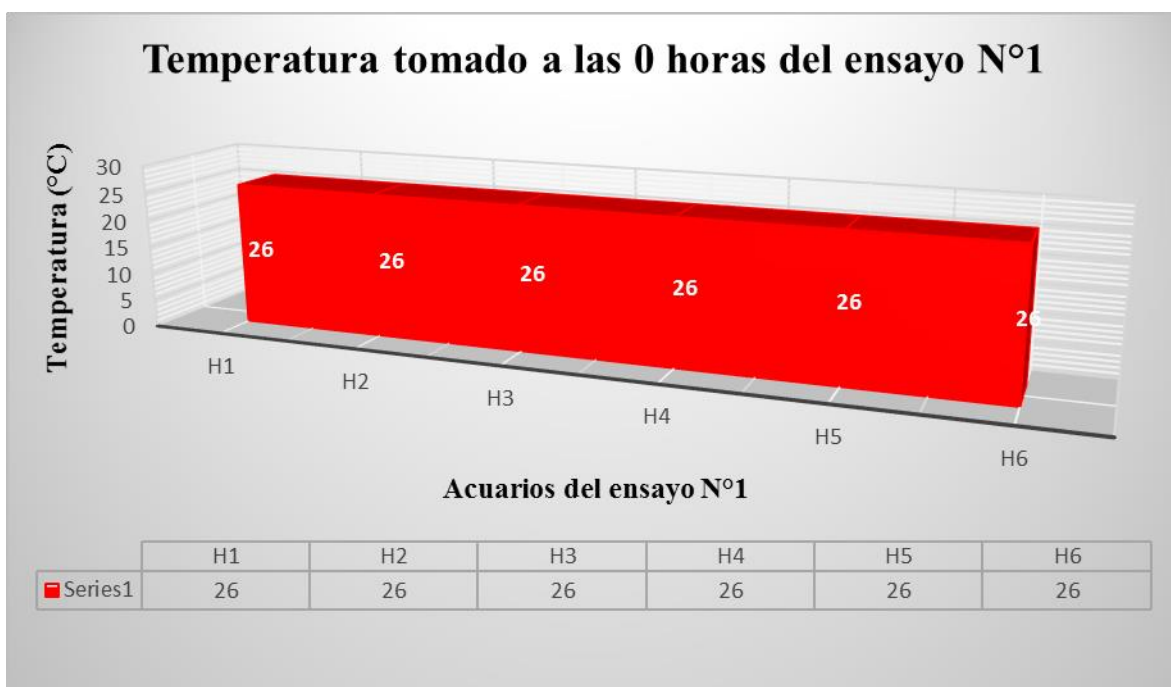


Figura 276. Temperatura tomada a las 0 horas del ensayo N°1.

Tabla 71
Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°1

Ensayo N°1 1 hora			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	25	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	25	
H3	7	25	
H4	7	25	
H5	7	24	
H6	7	24	

Fuente: Elaboración propia

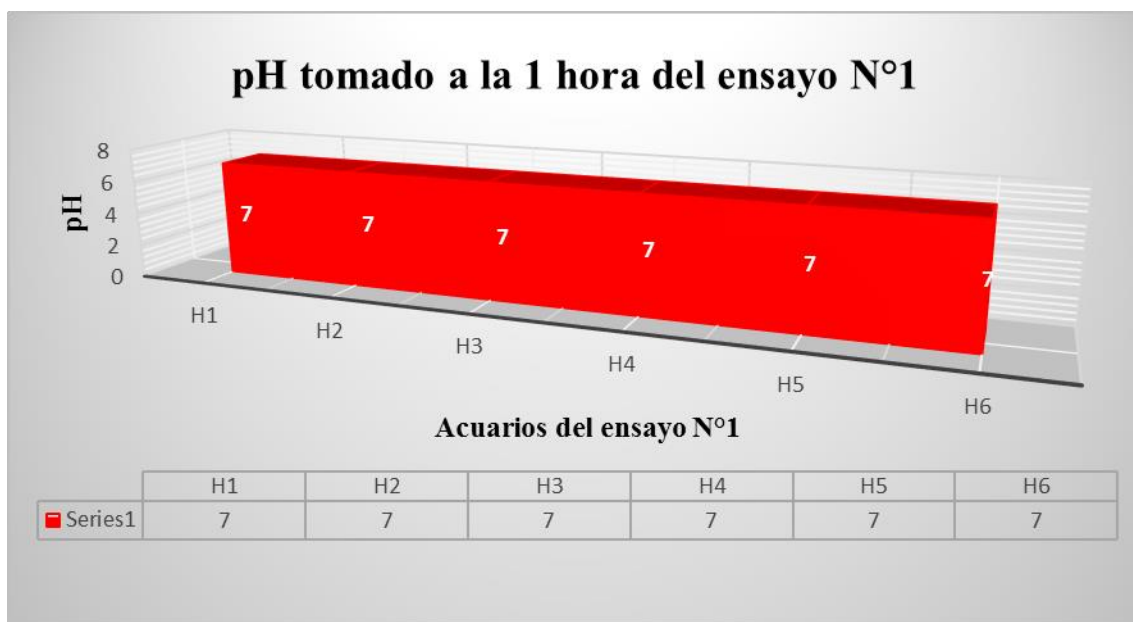


Figura 277. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°1.

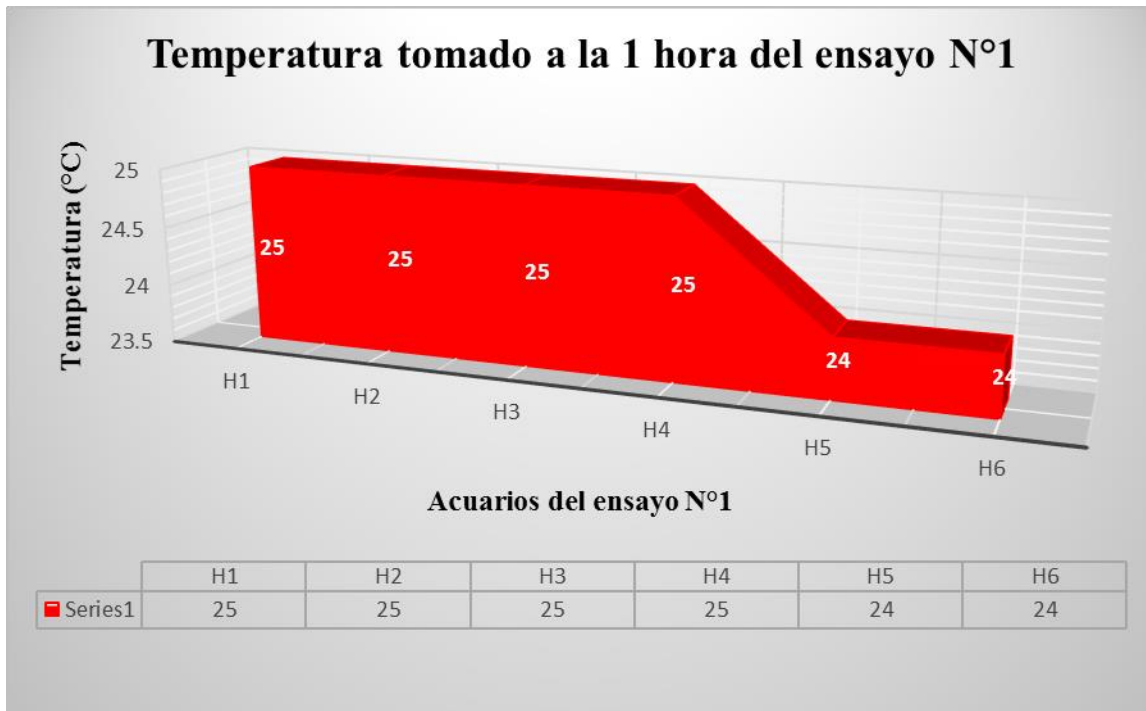


Figura 278. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°1.

Tabla 72

Parámetros tomados a las 2 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1 2 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	27	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	28	
H3	7	27	
H4	7	26	
H5	7	25	
H6	7	25	

Fuente: Elaboración propia

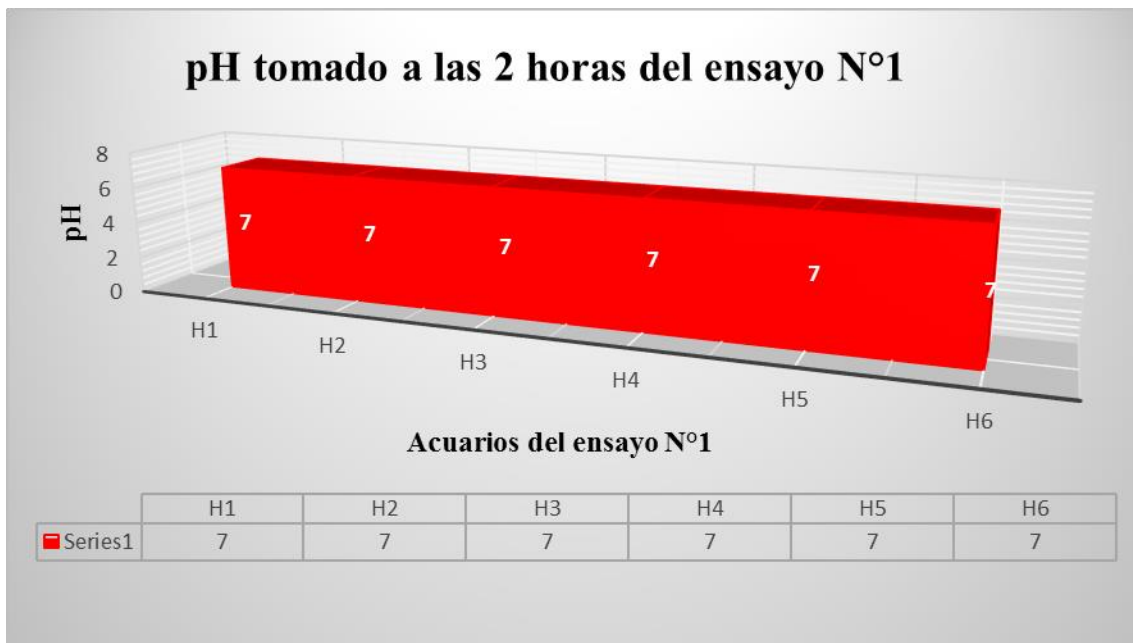


Figura 279. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°1.

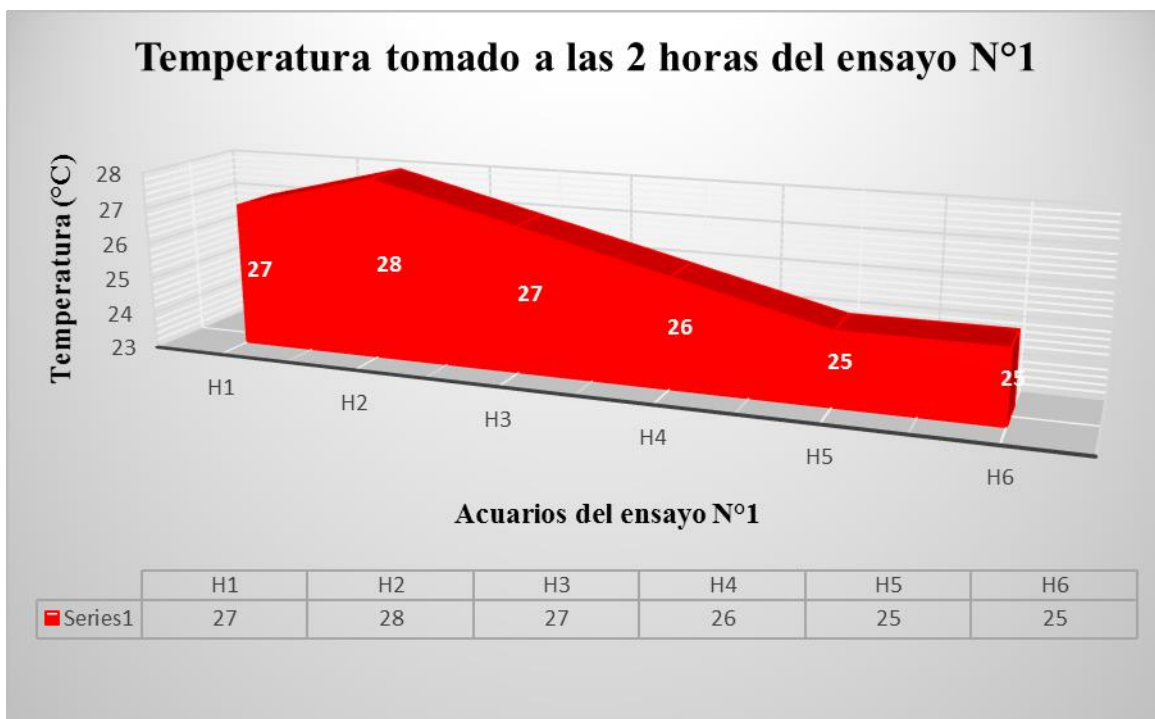


Figura 280. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°1.

Tabla 73
Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1 3 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	28	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	28	
H3	7	27	
H4	7	26	
H5	7	25	
H6	7	25	

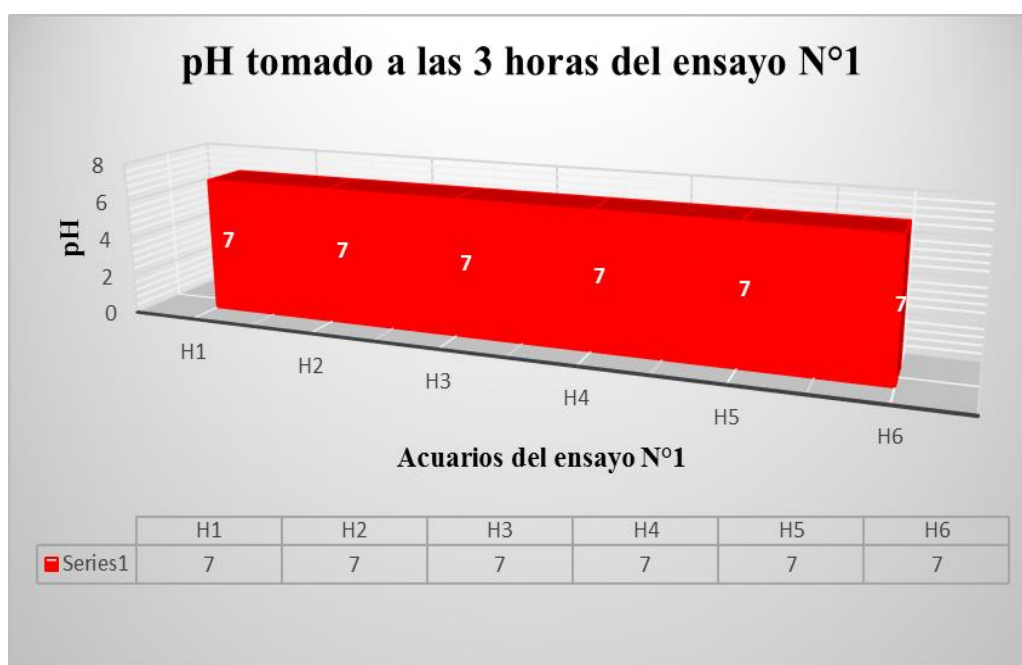


Figura 281. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°1.

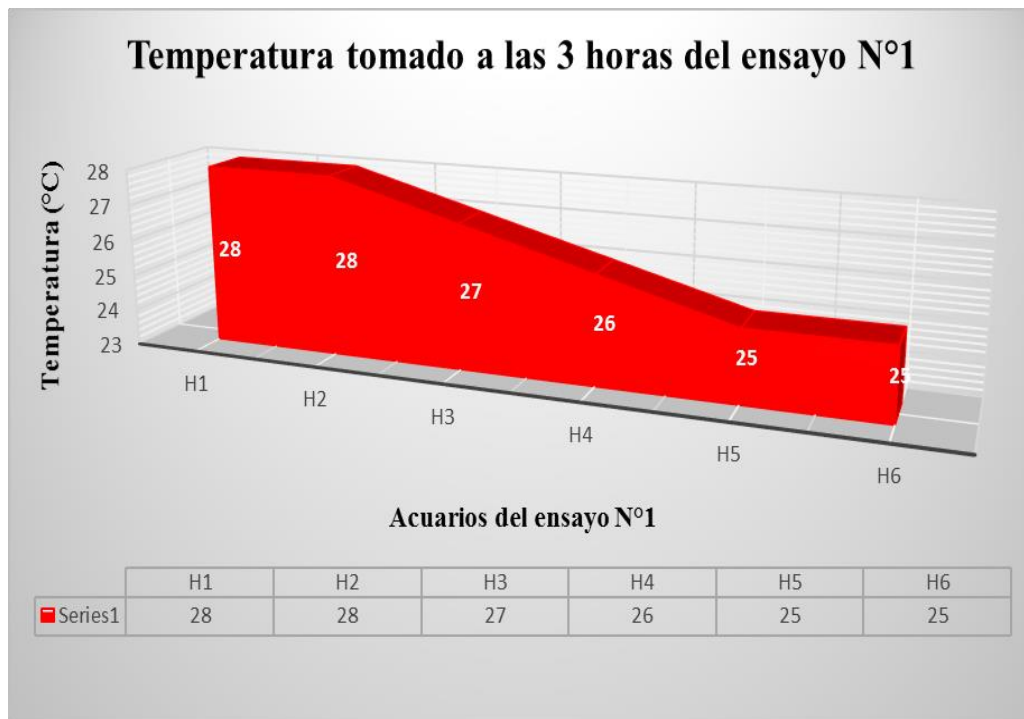


Figura 282. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°1.

Tabla 74

Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°1

Ensayo Preliminar N°1			
4 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	29	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	29	
H3	7	28	
H4	7	27	
H5	7	27	
H6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

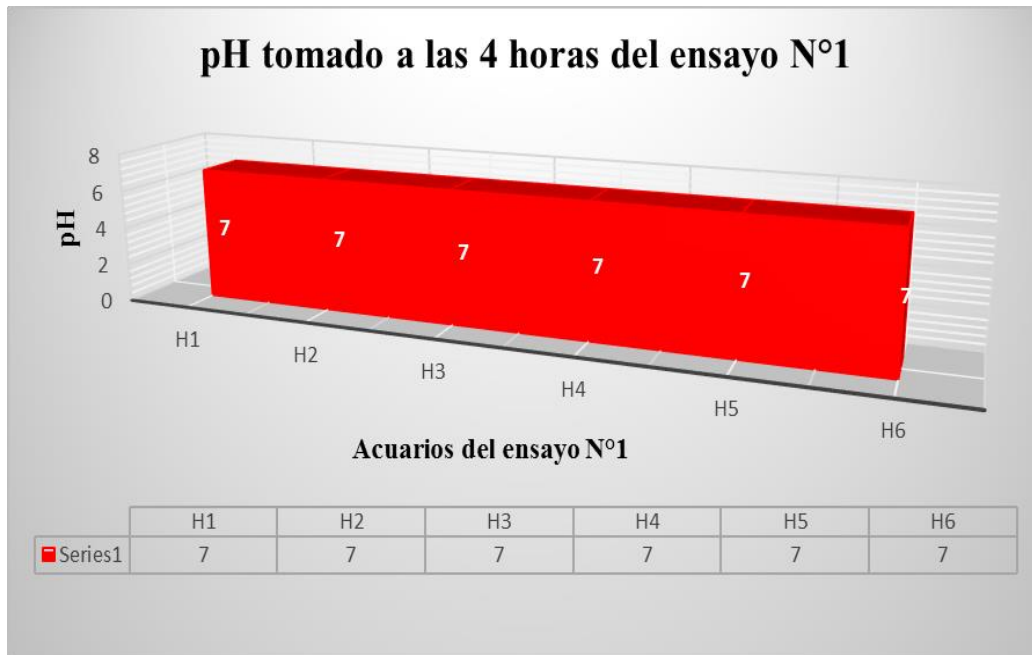


Figura 283. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°1.

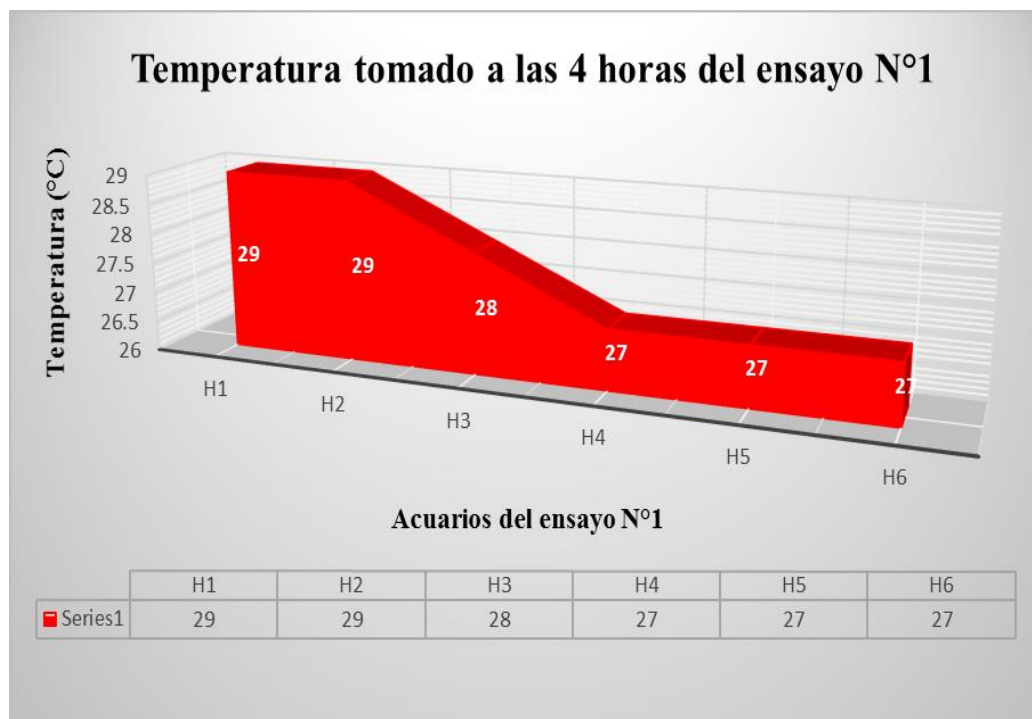


Figura 284. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°1

Tabla 75
Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1 8 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	30	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	29	
H3	7	28	
H4	7	27	
H5	7	28	
H6	7	26	

Fuente: Elaboración propia

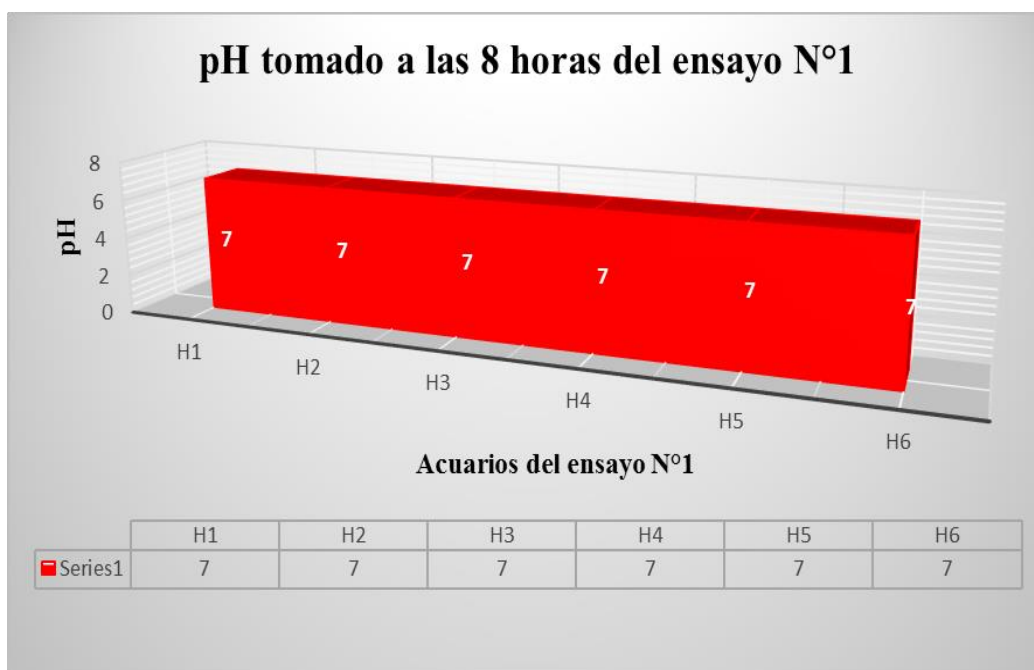


Figura 285. *pH tomado a las 8 horas del ensayo N°1*

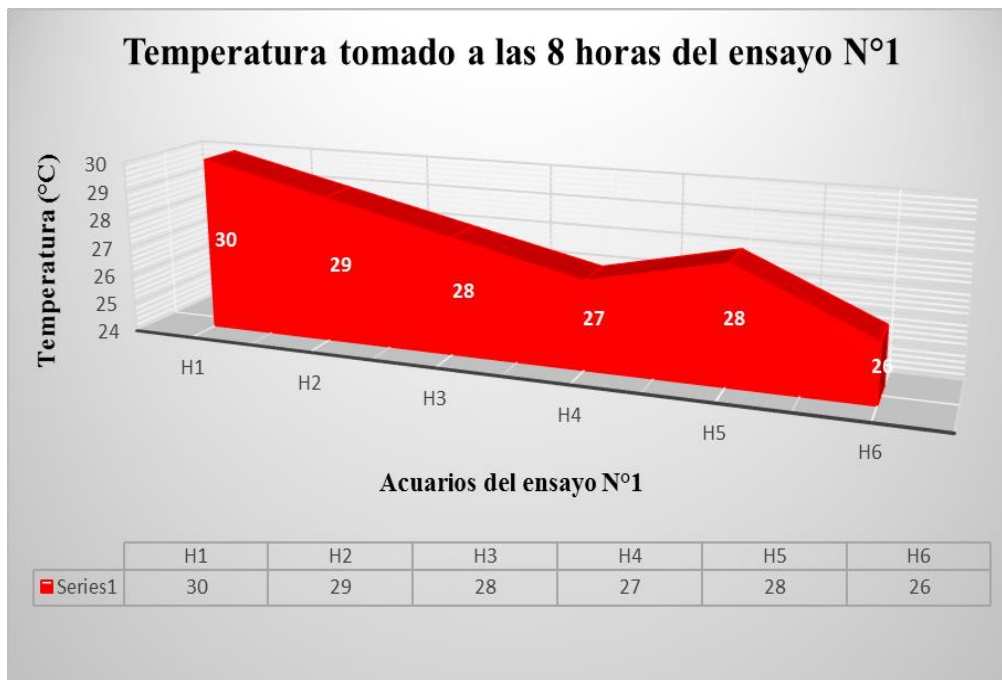


Figura 286. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°1

Tabla 76

Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1			
10 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	30	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	29	
H3	7	29	
H4	7	28	
H5	7	27	
H6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

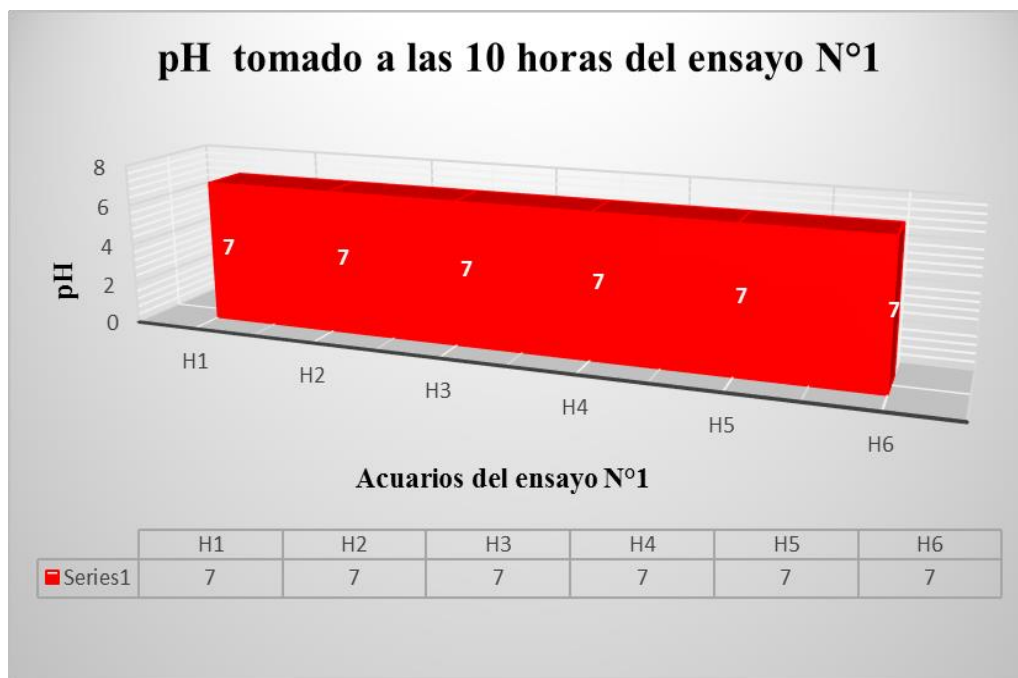


Figura 287. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°1.

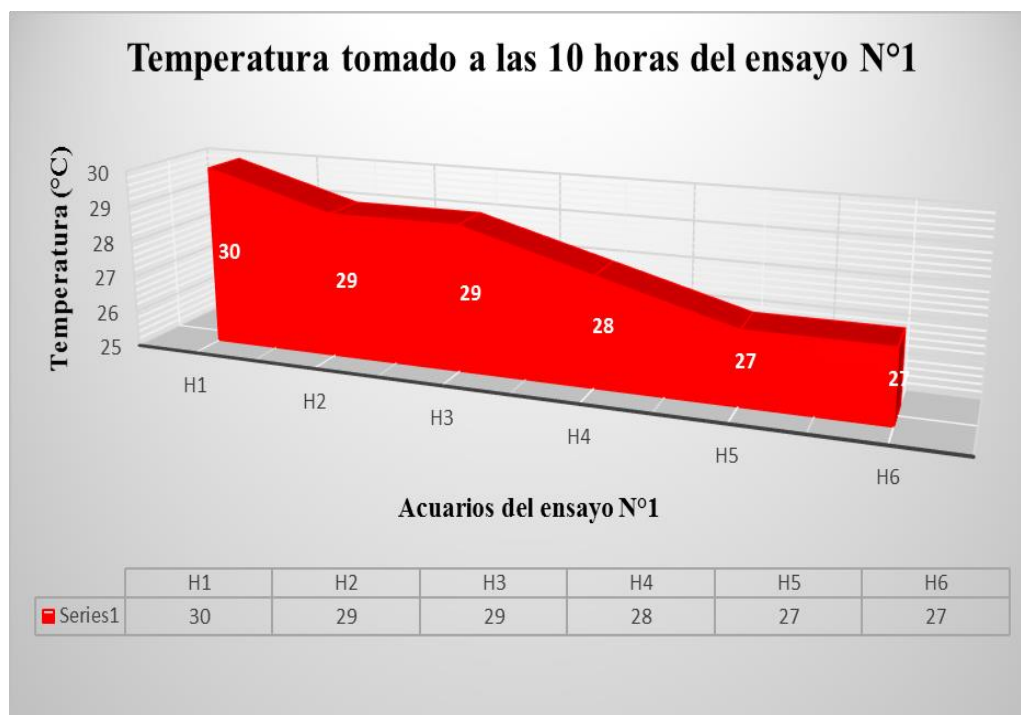


Figura 288. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°1.

Tabla 77

Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1 12 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	30	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	29	
H3	7	29	
H4	7	28	
H5	7	28	
H6	7	26	

Fuente: Elaboración propia

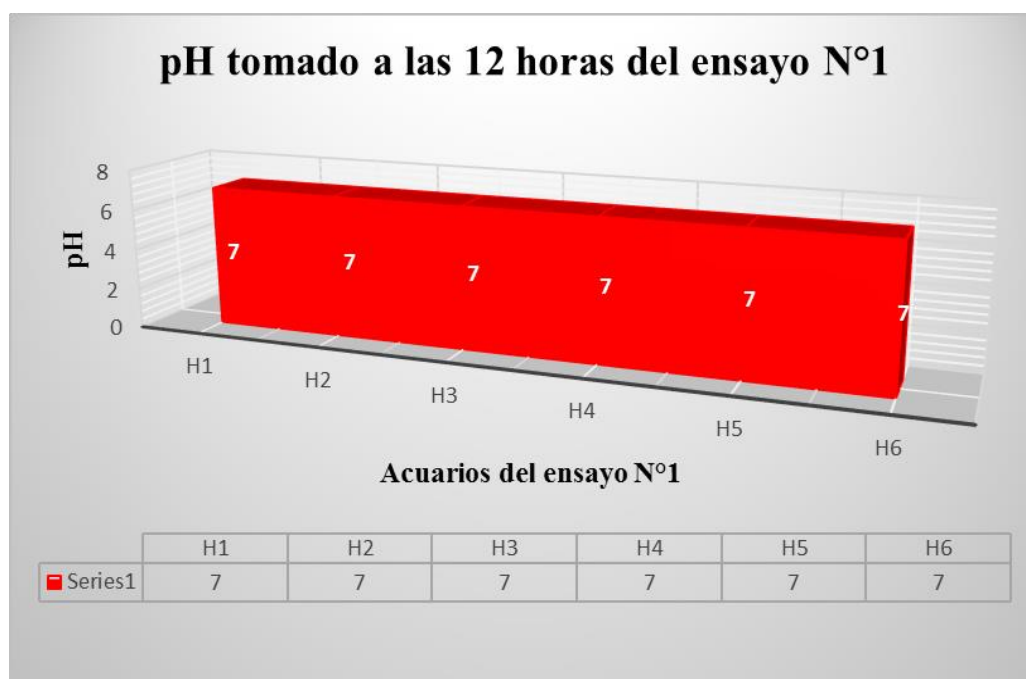


Figura 289. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°1.

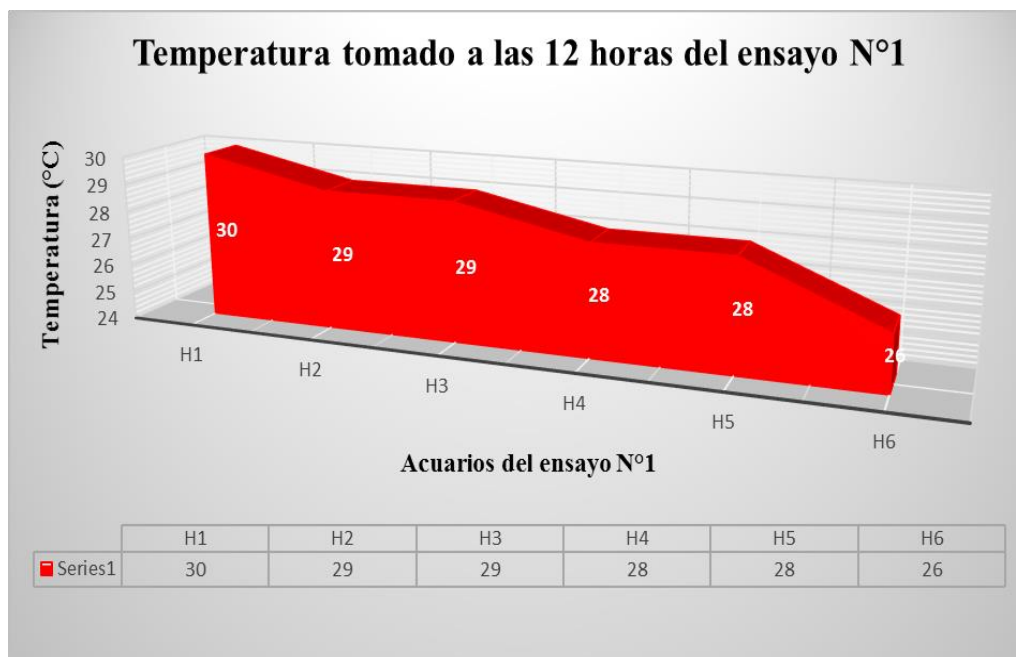


Figura 290. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°1.

Tabla 78

Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1 24 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	6	30	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	6	30	
H3	6	29	
H4	6	28	
H5	6	28	
H6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

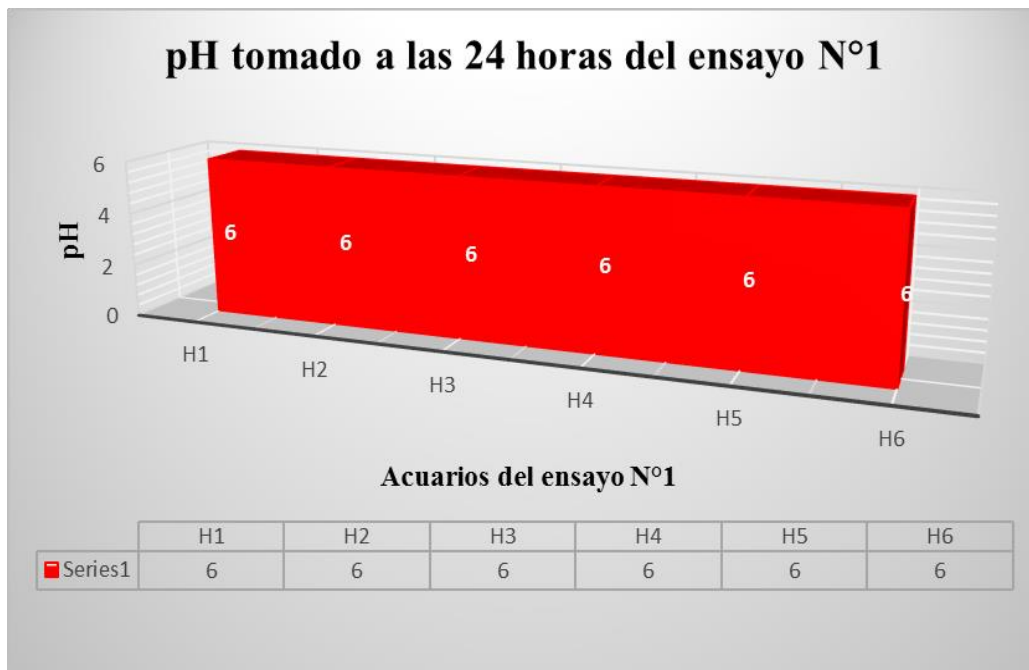


Figura 291. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°1.

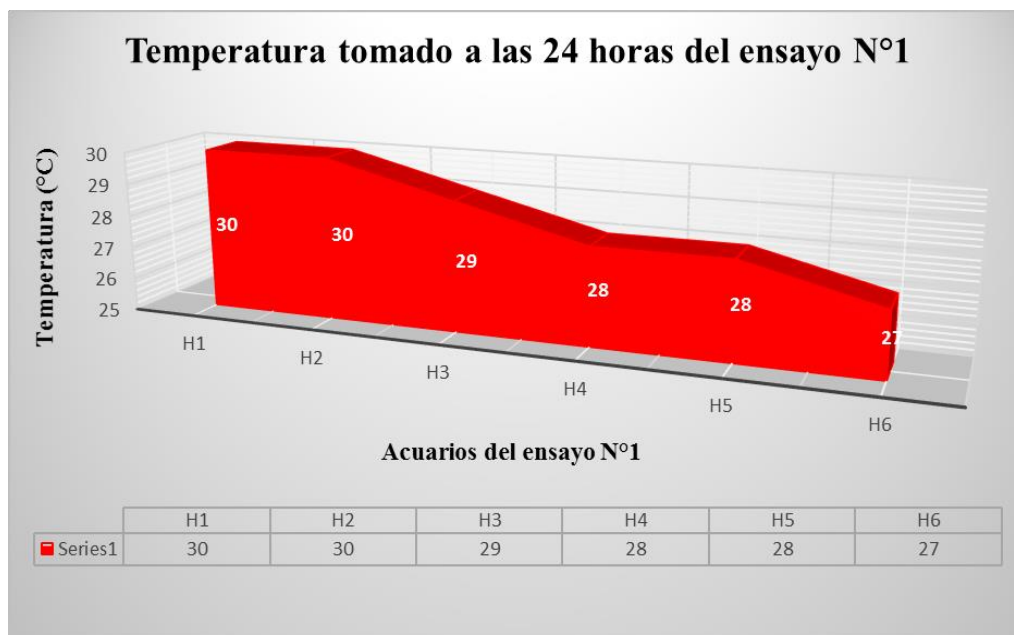


Figura 292. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°1.

Tabla 79

Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1 48 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	6	30	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	30	
H3	6	30	
H4	6	30	
H5	6	29	
H6	6	28	

Fuente: Elaboración propia

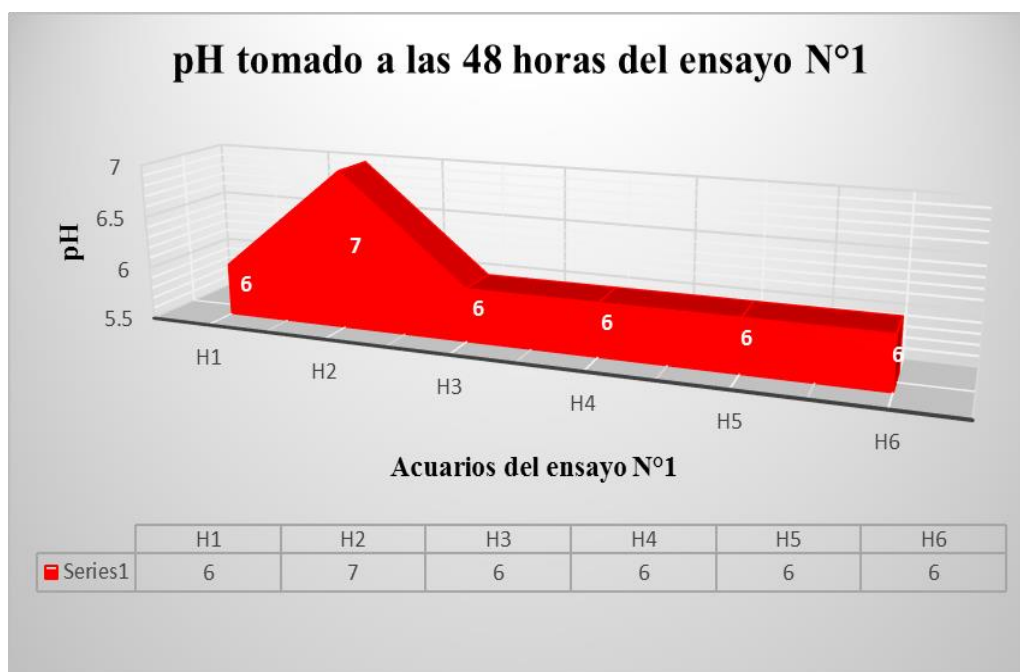


Figura 293. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°1.

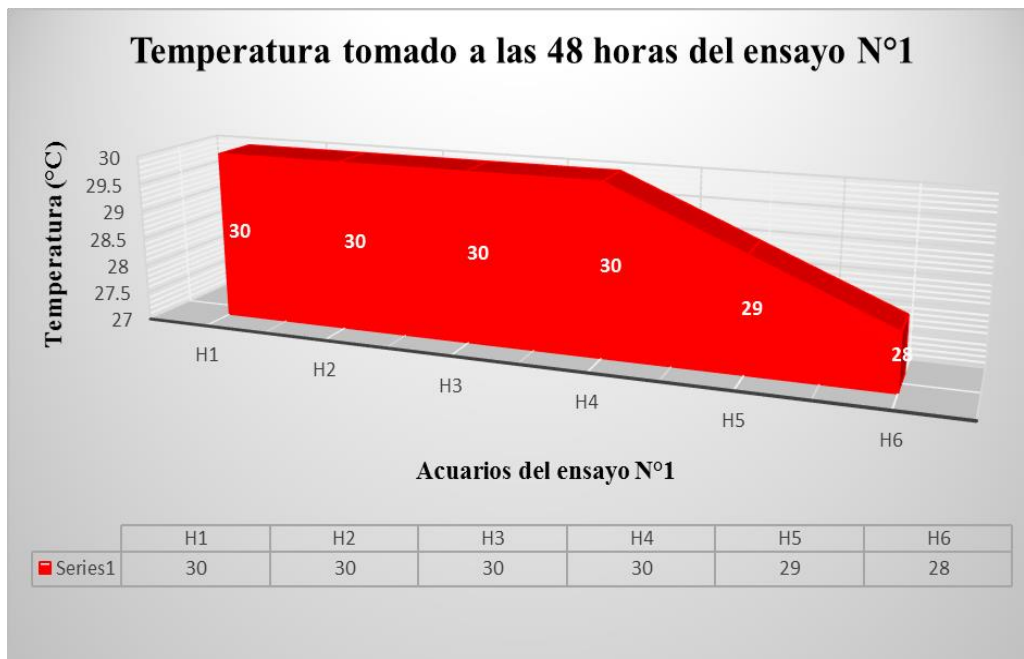


Figura 294. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°1.

Tabla 80

Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°1

Ensayo N°1			
72 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	7	29	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	7	29	
H3	7	28	
H4	7	27	
H5	7	27	
H6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

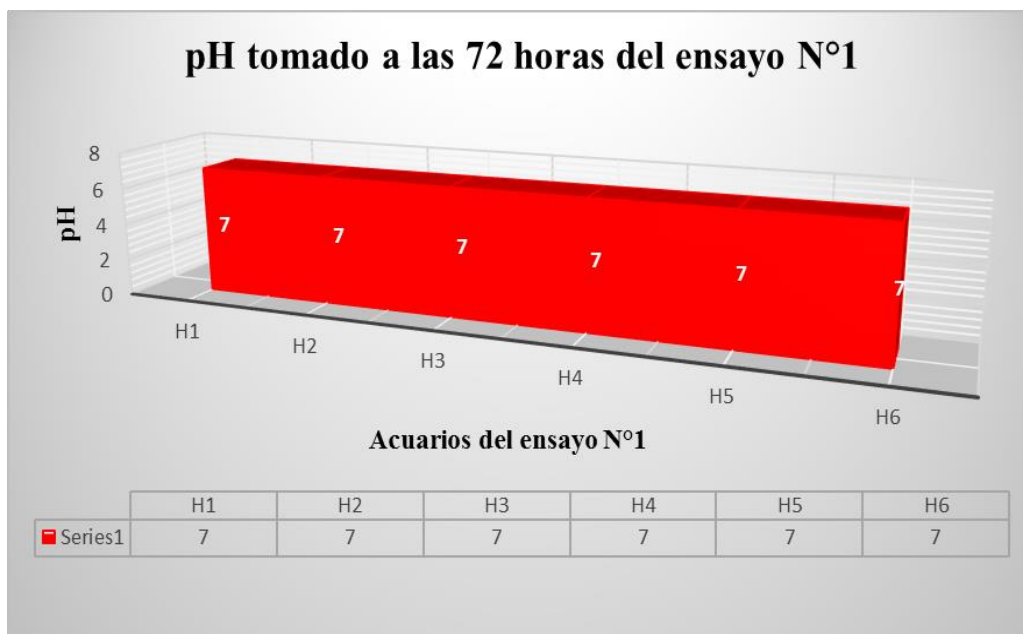


Figura 295. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°1.

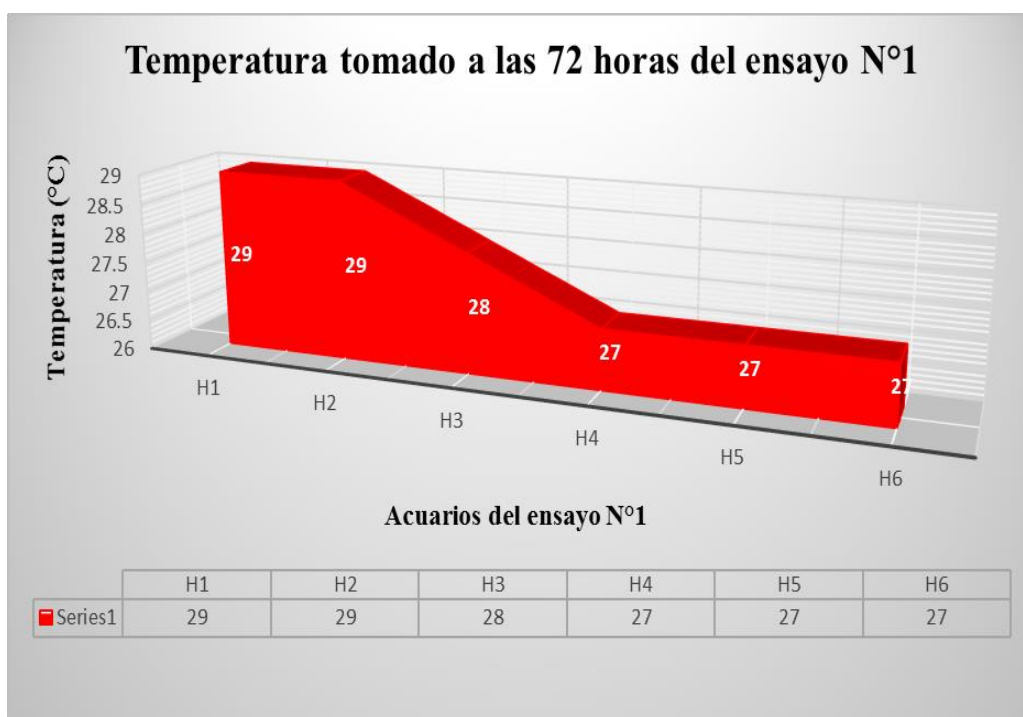


Figura 296. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°1.

Tabla 81

Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°1²

Ensayo N°1 96 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
H1	6	29	Todos con termostato regulados a 26 °C
H2	6	29	
H3	6	28	
H4	6	27	
H5	7	27	
H6	7	27	

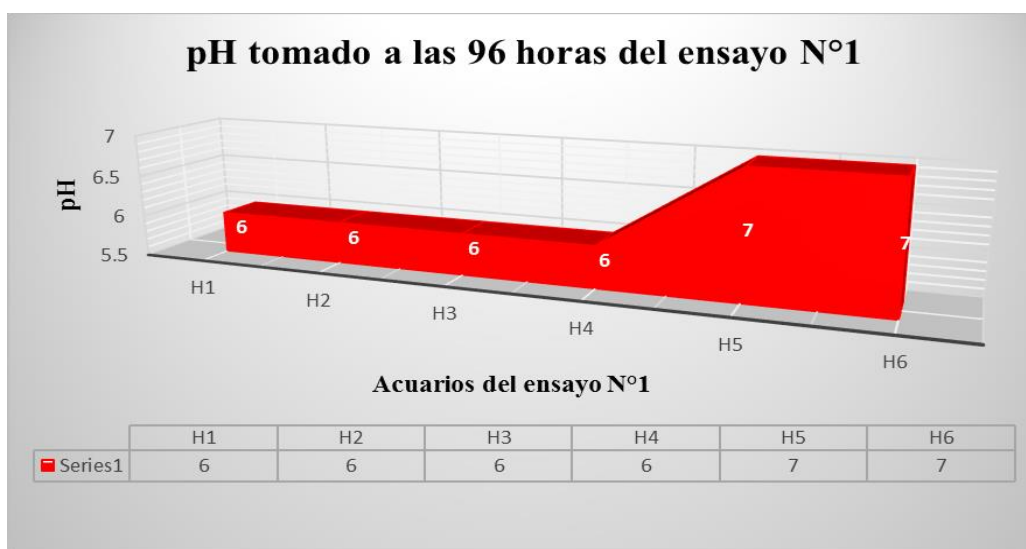


Figura 297. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°1.

² El oxígeno disuelto (O₂) se mantuvo entre 7,60 y 7,83 mg/l en todos los acuarios H1,H2, H3, H4, H5 y H6 estando estos valores dentro del rango establecido por el D.S N° 004-2017 MINAM

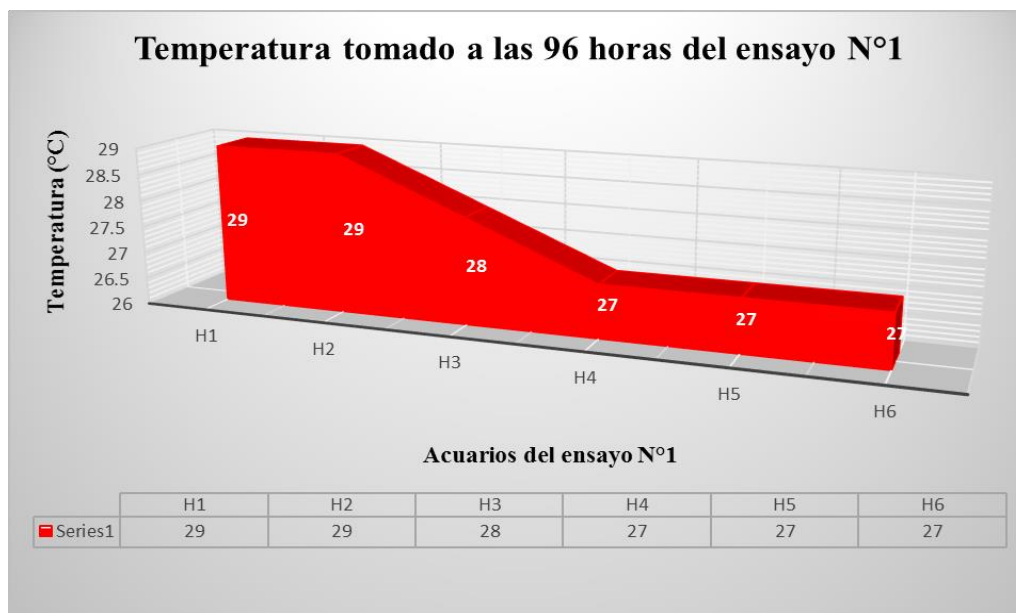


Figura 298. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°1

Tabla 82

Control del ensayo N°1 por horas

Hora	ENSAYO N°1					
	Acuario H1	Acuario H2	Acuario H3	Acuario H4	Acuario H5	Acuario H6
	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
0	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0
N° de peces muertos a las 96 horas	0	0	0	0	0	0
% de mortalidad a las 96 horas	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°1

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
H1	0	0
H2	0,2	0
H3	0,4	0
H4	0,6	0
H5	0,8	0
H6	1	0

Fuente: Elaboración propia

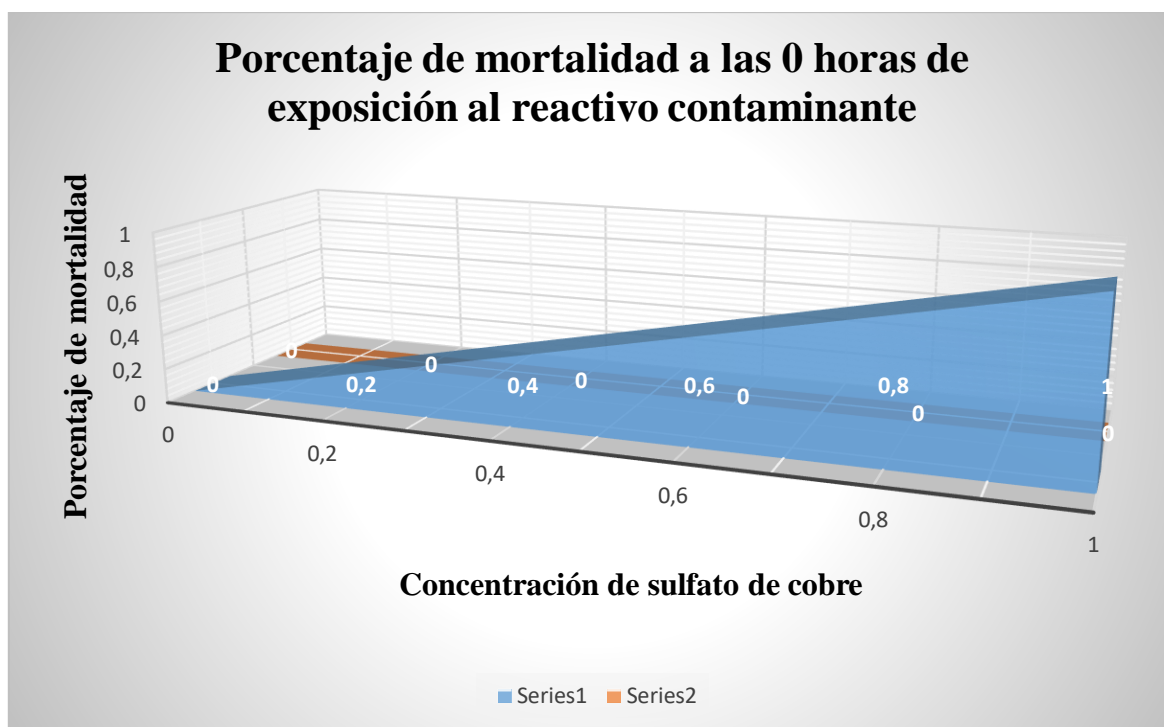


Figura 299. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 84

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°1

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
H1	0	100
H2	0,2	100
H3	0,4	100
H4	0,6	100
H5	0,8	100
H6	1	100

Fuente: Elaboración propia

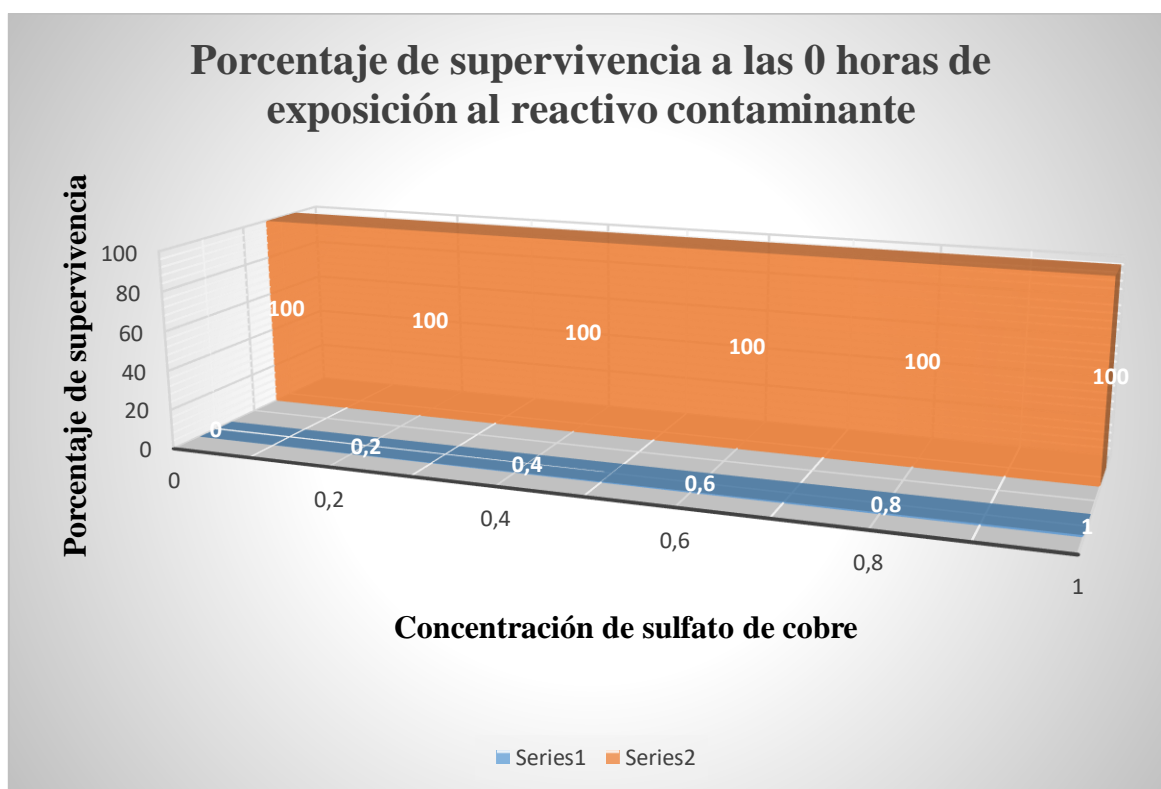


Figura 300. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

4.2.3 Ensayo N°2

Tabla 85

Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2 0 hora			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	7	26	Todas con termostato regulados a 24°C
I2	6	26	
I3	6	26	
I4	6	26	
I5	7	26	
I6	6	26	

Fuente: Elaboración propia

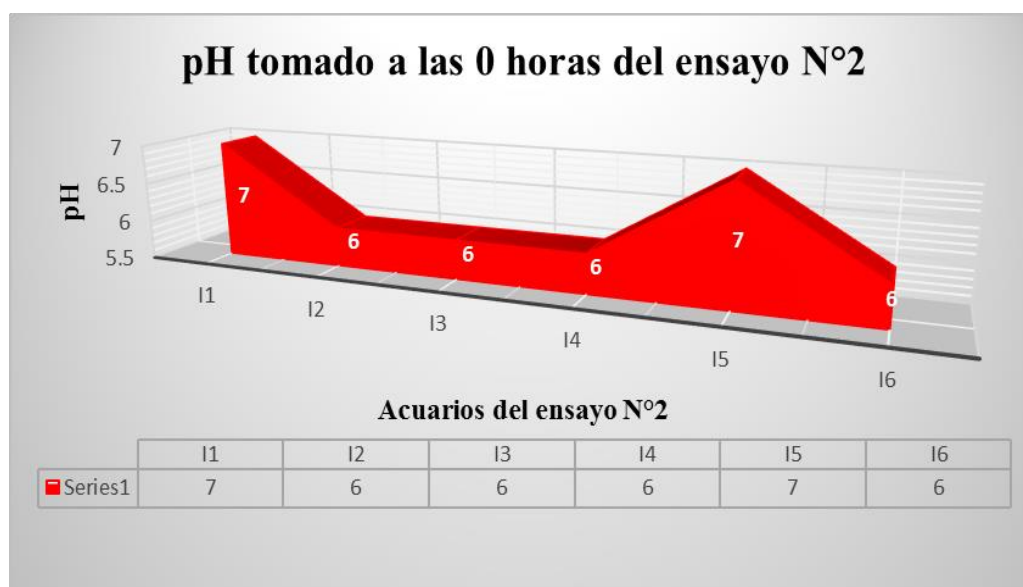


Figura 301. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°2.

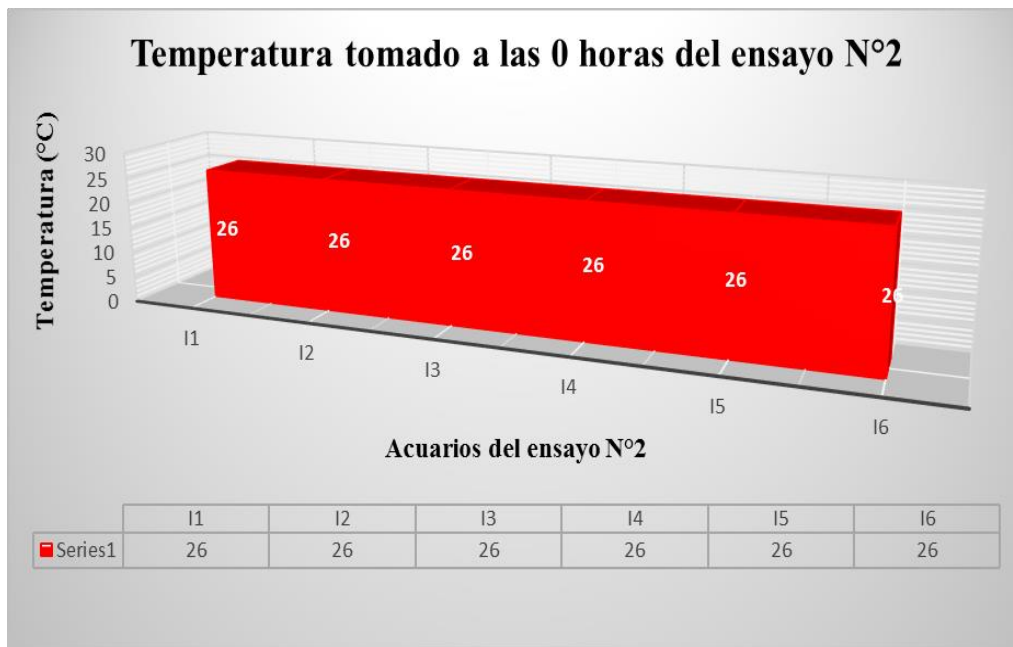


Figura 302. Temperatura tomado a las 0 horas del ensayo N°2.

Tabla 86

Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°2

Ensayo N°2 1 hora			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	27	Todas con termostato regulados a 24°C
I2	6	27	
I3	6	27	
I4	6	27	
I5	6	27	
I6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

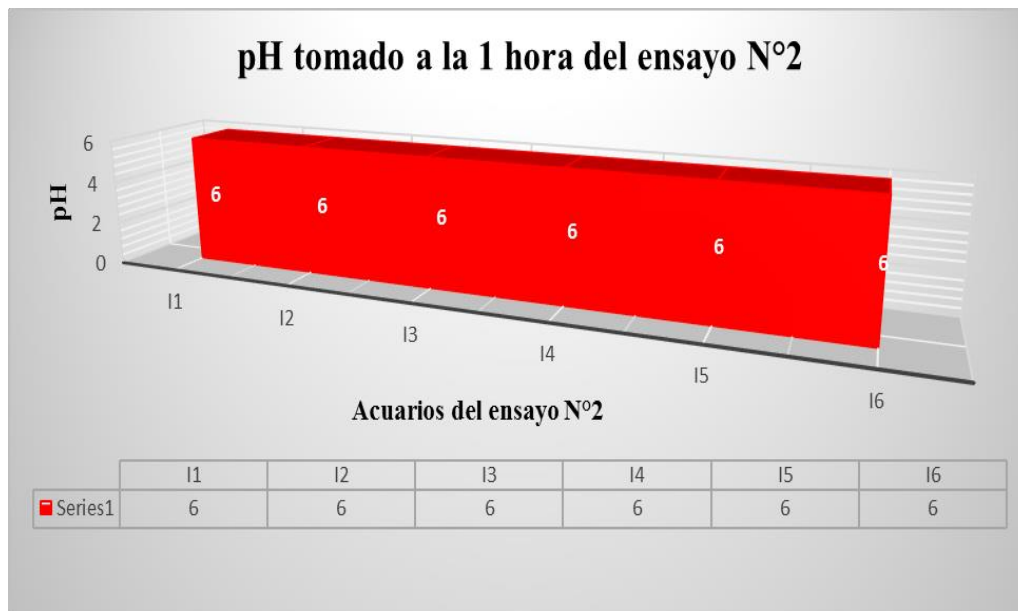


Figura 303. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°2.

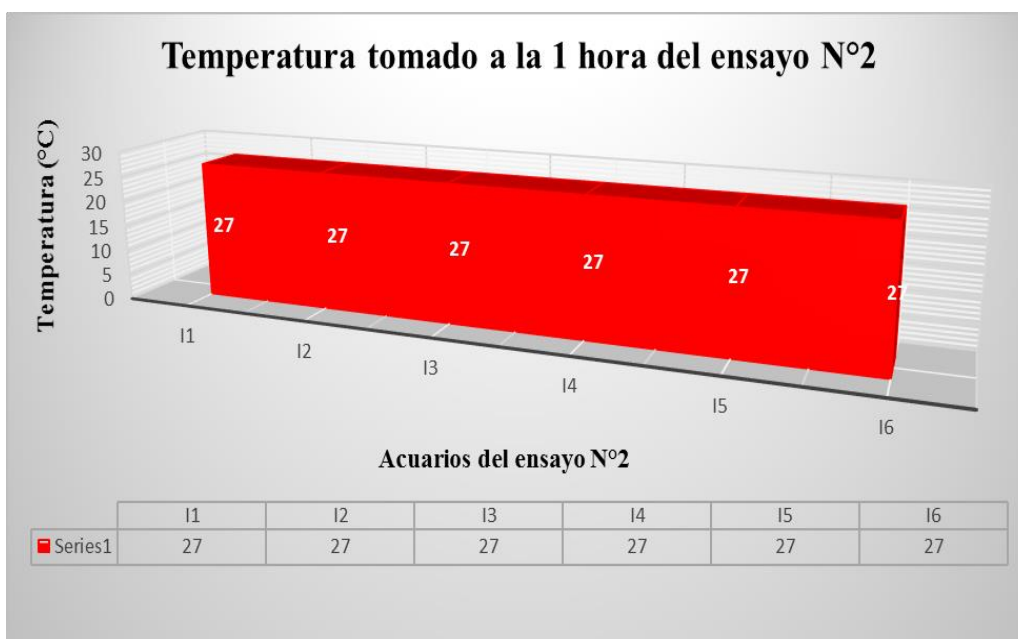


Figura 304. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°2

Tabla 87

Parámetros tomados a las 2 hora del ensayo N°2

Acuarios	Ensayo N°2 2 horas		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	27	Todas con termostato regulados a 24°C
I2	6	27	
I3	6	27	
I4	6	27	
I5	6	27	
I6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

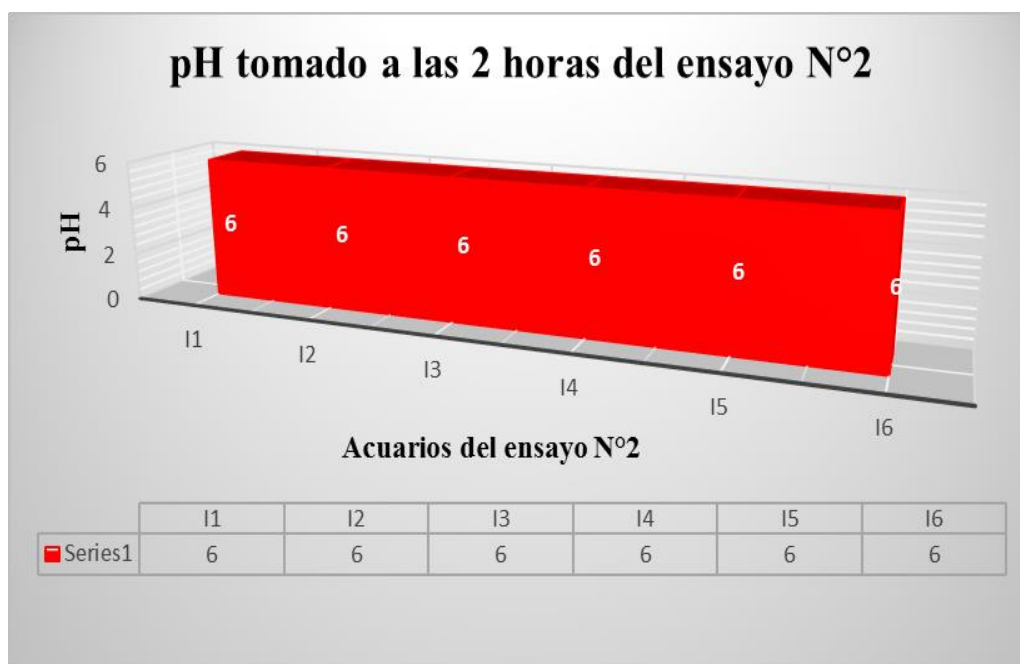


Figura 305. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°2

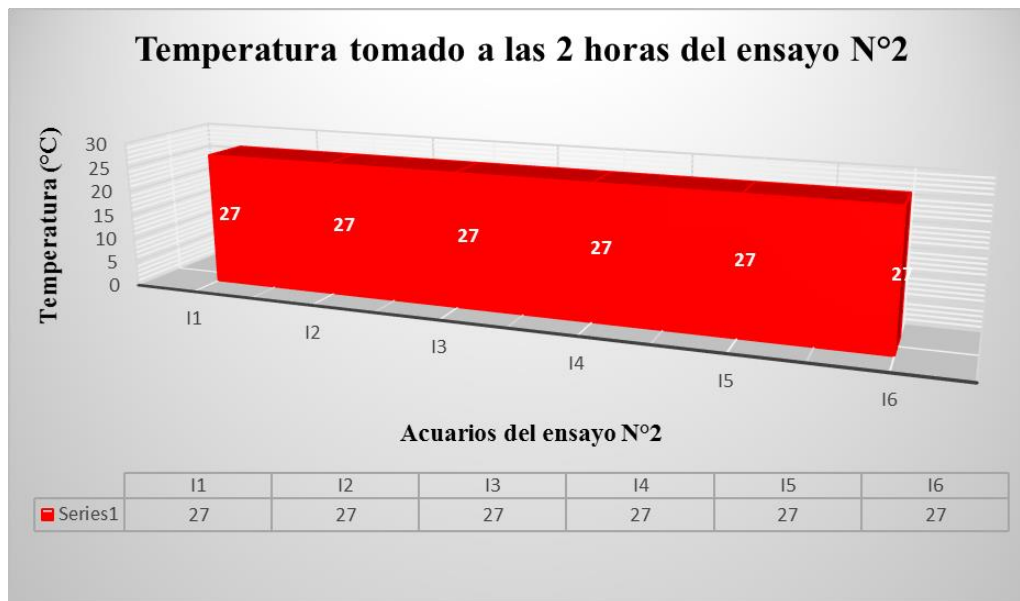


Figura 306. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°2

Tabla 88

Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2			
3 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
I2	7	28	
I3	6	27	
I4	6	27	
I5	6	27	
I6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

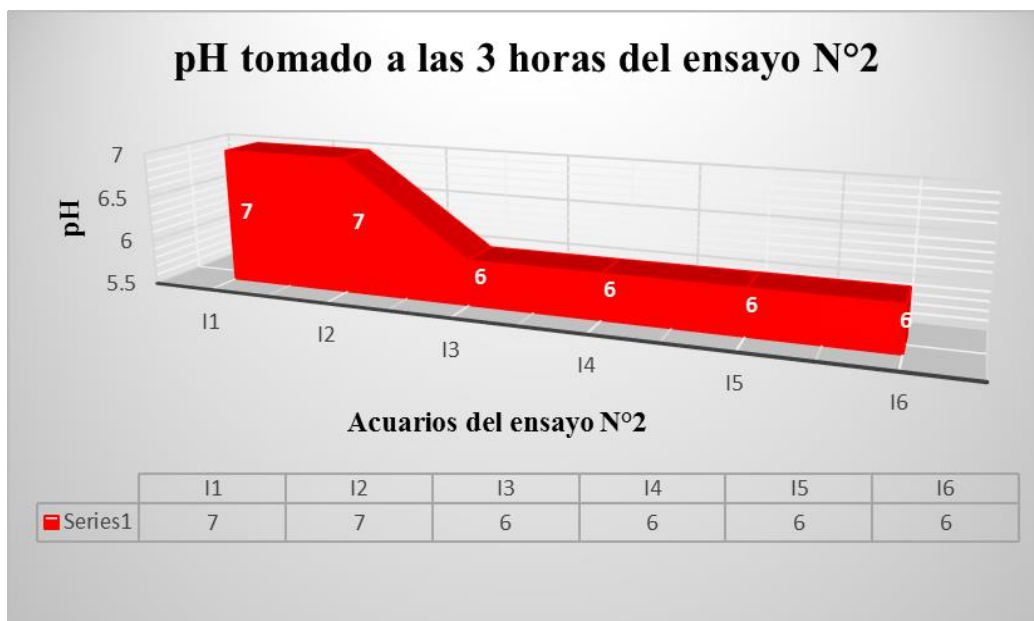


Figura 307. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°2

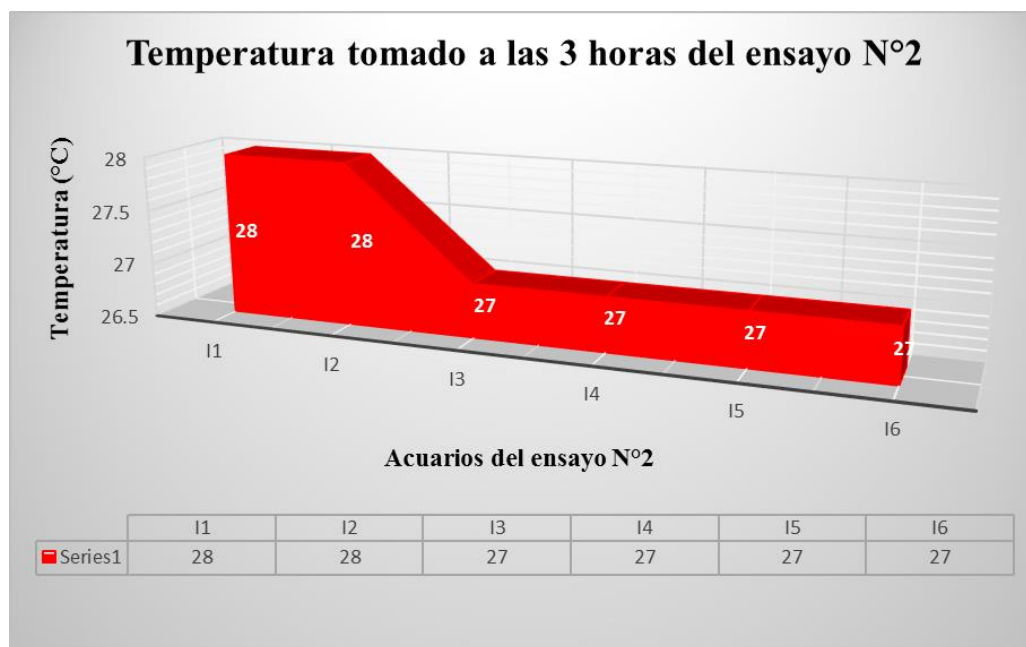


Figura 308. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°2

Tabla 89
Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2 4 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	28	Todas con termostato regulados a 24°C
I2	6	28	
I3	6	28	
I4	6	27	
I5	6	27	
I6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

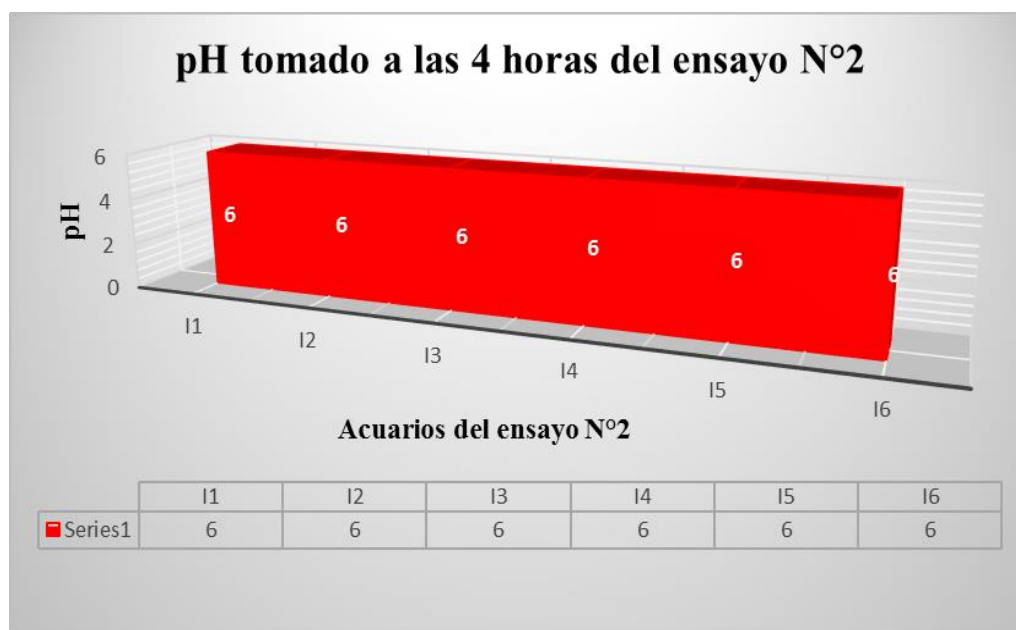


Figura 309. *pH tomado a las 4 horas del ensayo N°2*

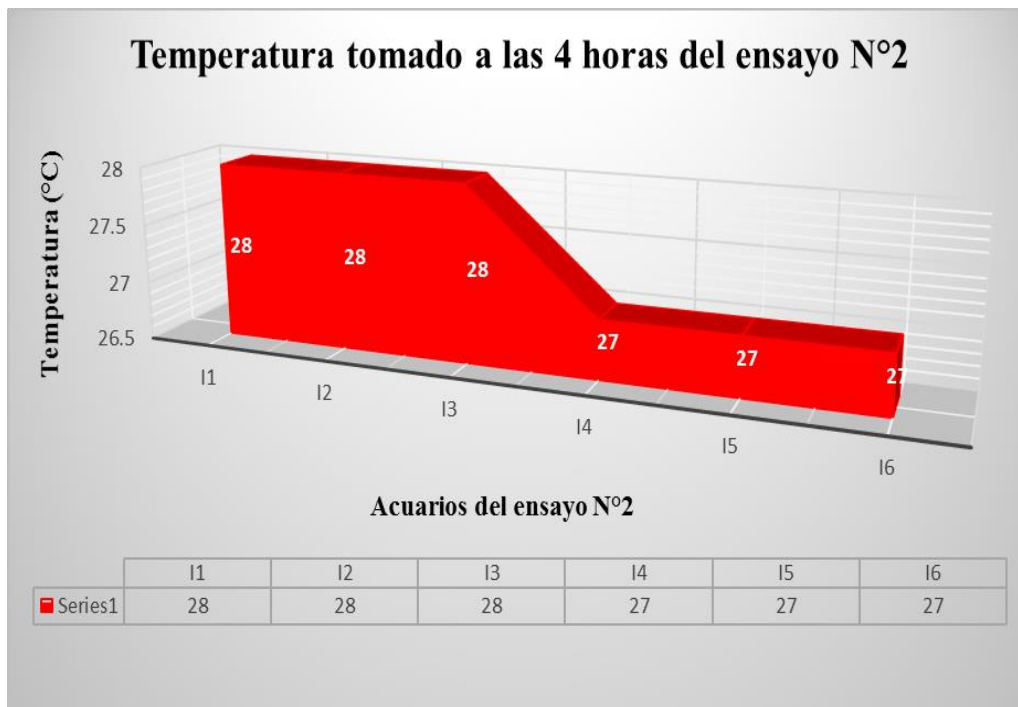


Figura 310. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°2

Tabla 90

Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2			
8 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	29	Con termostato regulados a 24 °C
I2	6	28	
I3	7	28	
I4	7	27	
I5	6	26	Sin termostato
I6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

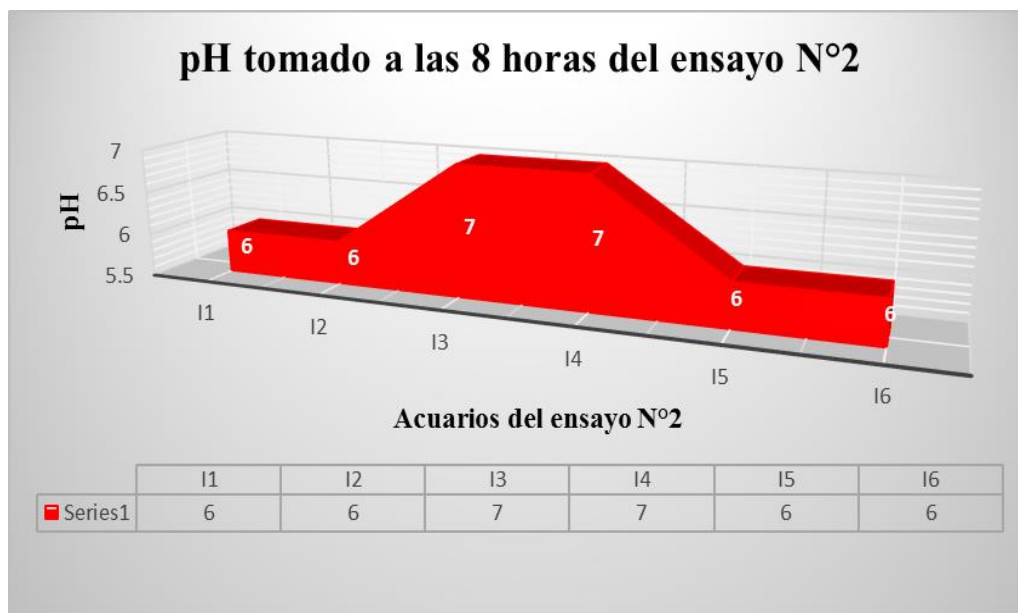


Figura 311. pH tomado a las 8 horas del ensayo N°2.

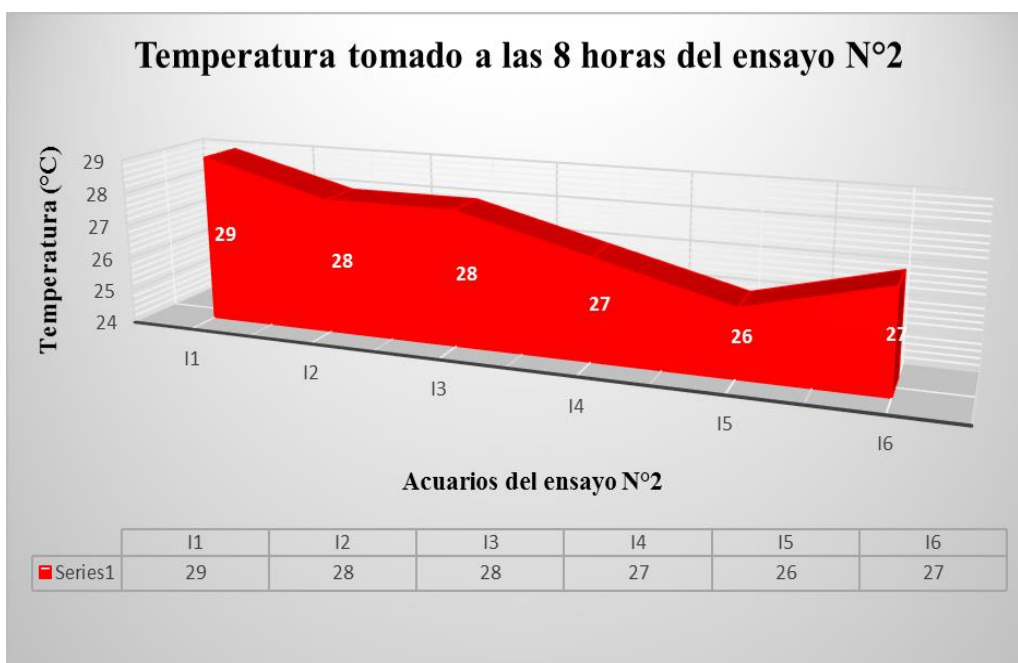


Figura 312. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°2.

Tabla 91
Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2 10 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	29	Con termostato regulados a 24 °C
I2	6	28	
I3	6	28	
I4	6	28	
I5	6	24	Sin termostato
I6	6	25	

Fuente: Elaboración propia

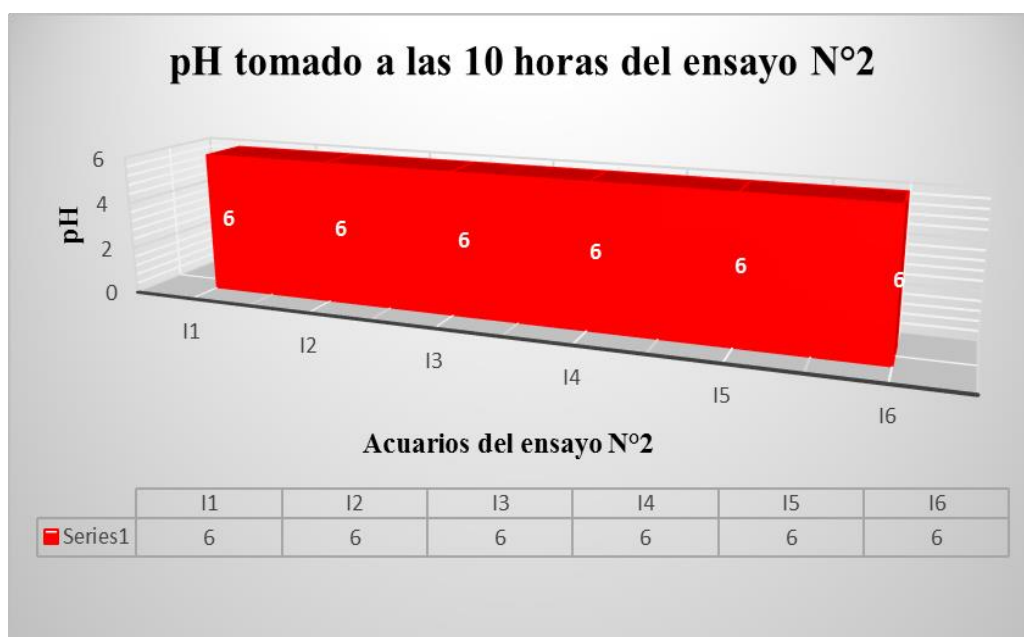


Figura 313. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°2.

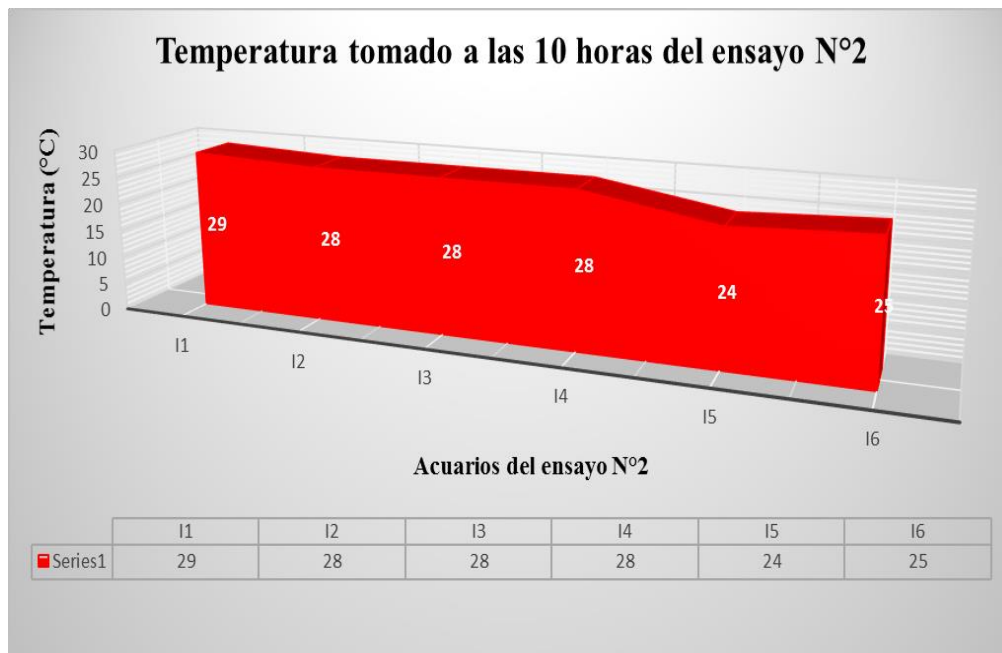


Figura 314. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°2.

Tabla 92

Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2 12 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	7	29	Con termostato regulados a 24 °C
I2	6	29	
I3	6	29	
I4	6	28	
I5	6	24	Sin termostato
I6	6	24	

Fuente: Elaboración propia

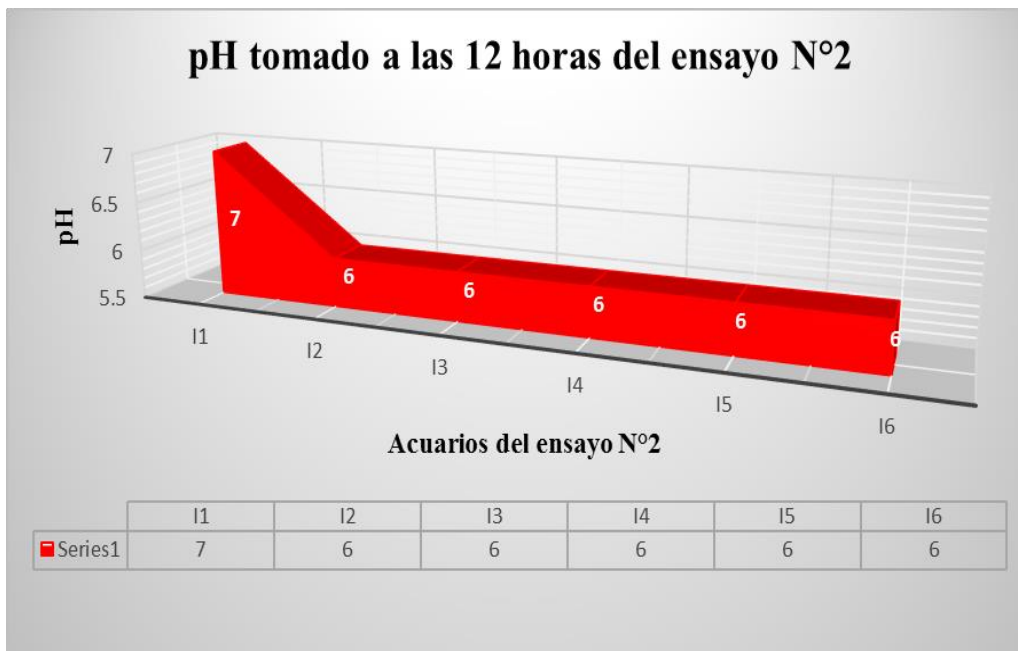


Figura 315. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°2.

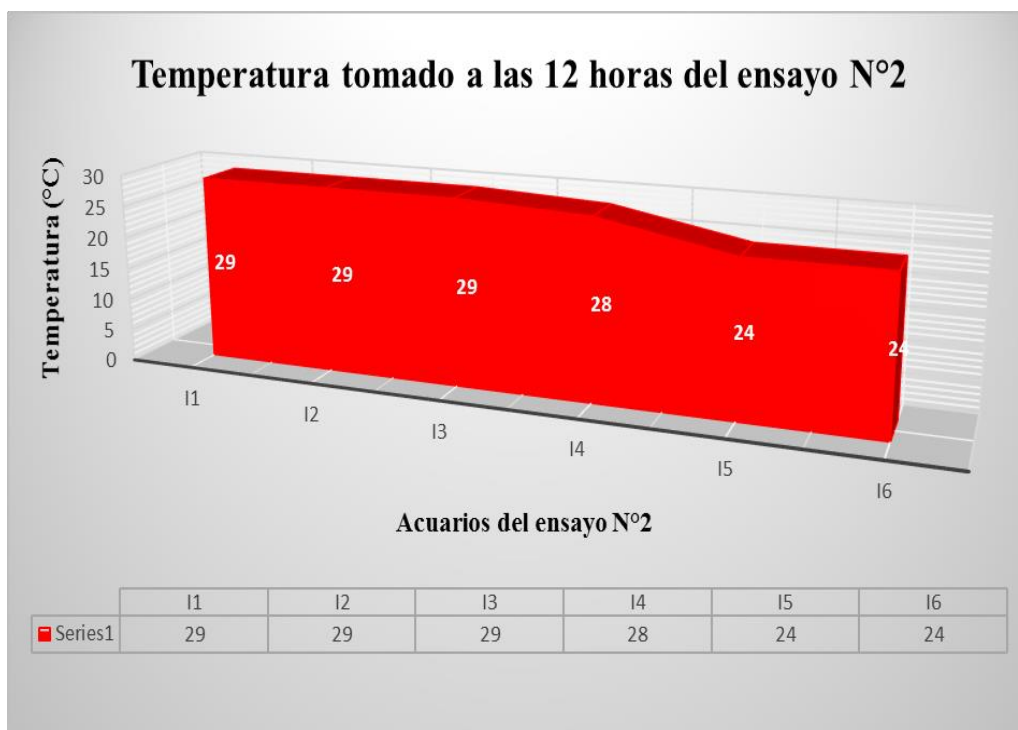


Figura 316. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°2.

Tabla 93
Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°2

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	29	Con termostato regulados a 24 °C
I2	6	28	
I3	6	28	
I4	6	27	
I5	6	24	Sin termostato
I6	6	24	

Fuente: Elaboración propia

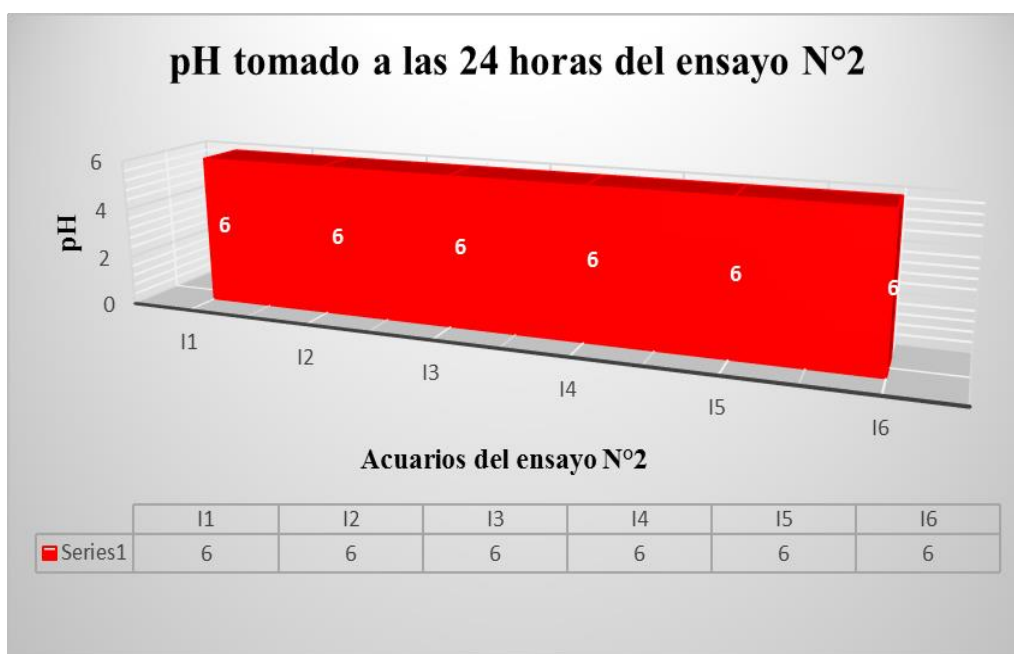


Figura 317. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°2.

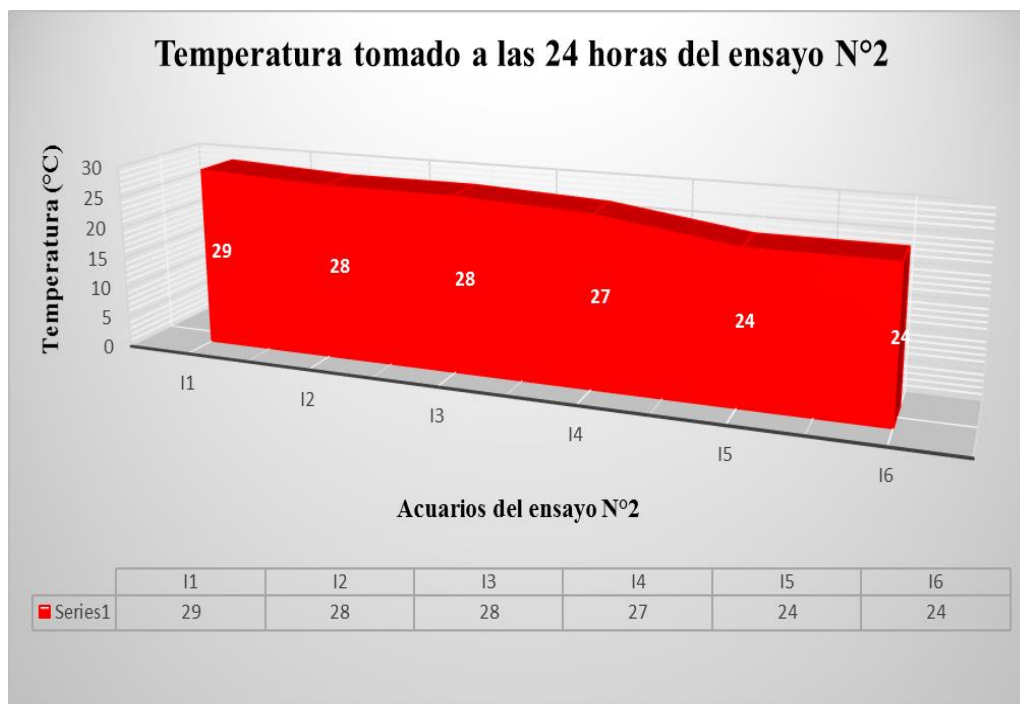


Figura 318. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°2.

Tabla 94

Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2 48 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	29	Con termostato regulados a 24 °C
I2	6	28	
I3	6	28	
I4	6	27	
I5	6	24	Sin termostato
I6	6	24	

Fuente: Elaboración propia

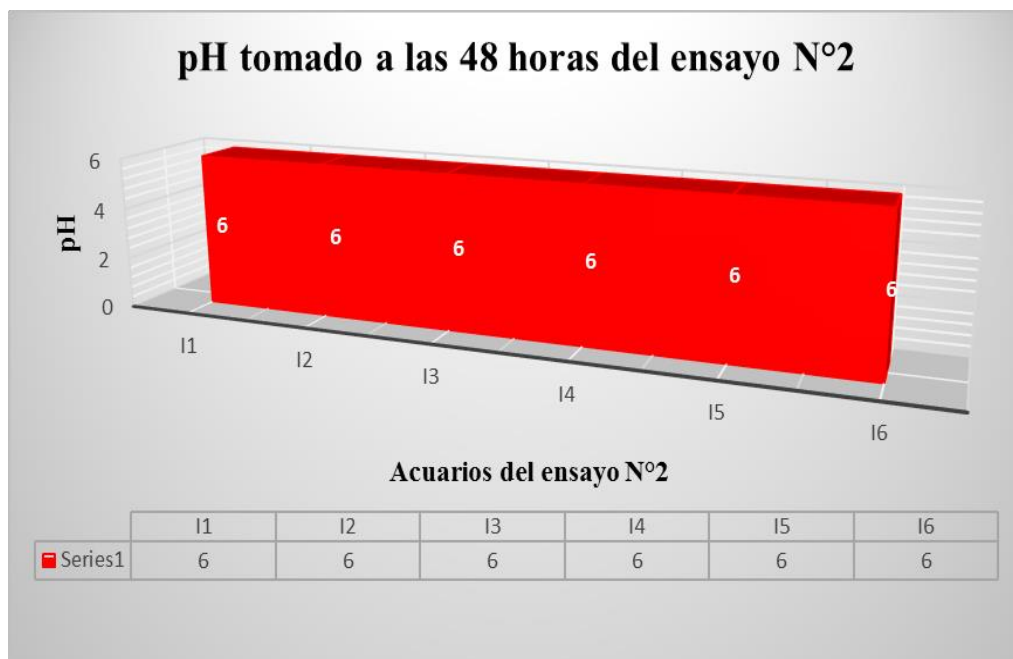


Figura 319. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°2.

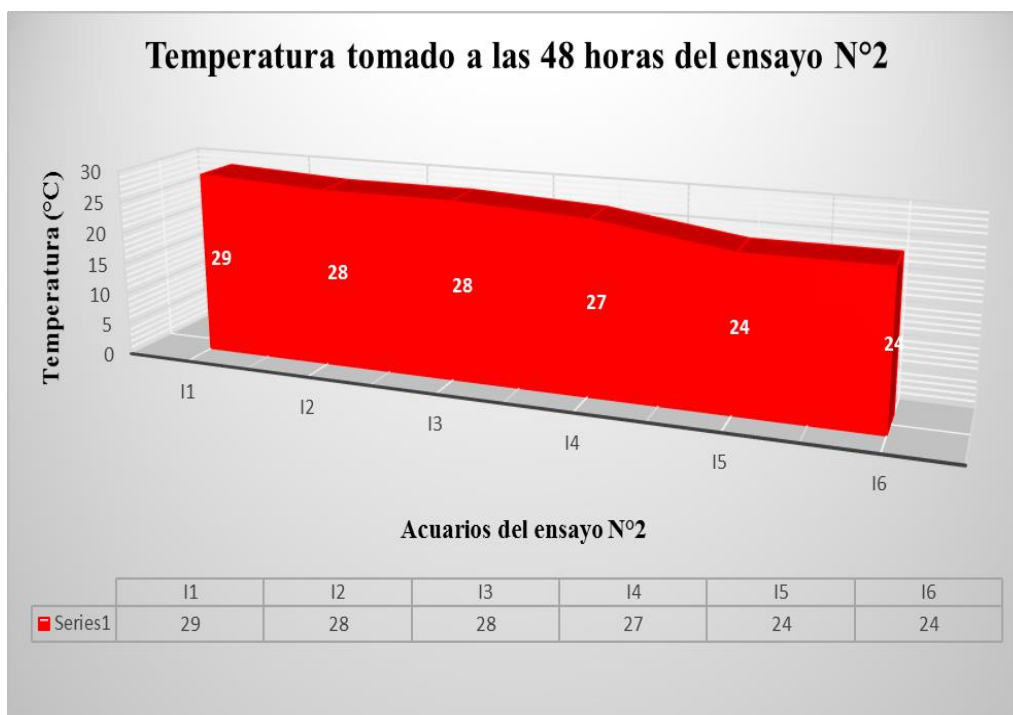


Figura 320. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°2.

Tabla 95
Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2 72 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	6	28	Con termostato regulados a 24 °C
I2	6	28	
I3	6	28	
I4	6	27	
I5	6	23	
I6	5	23	Sin termostato

Fuente: Elaboración propia

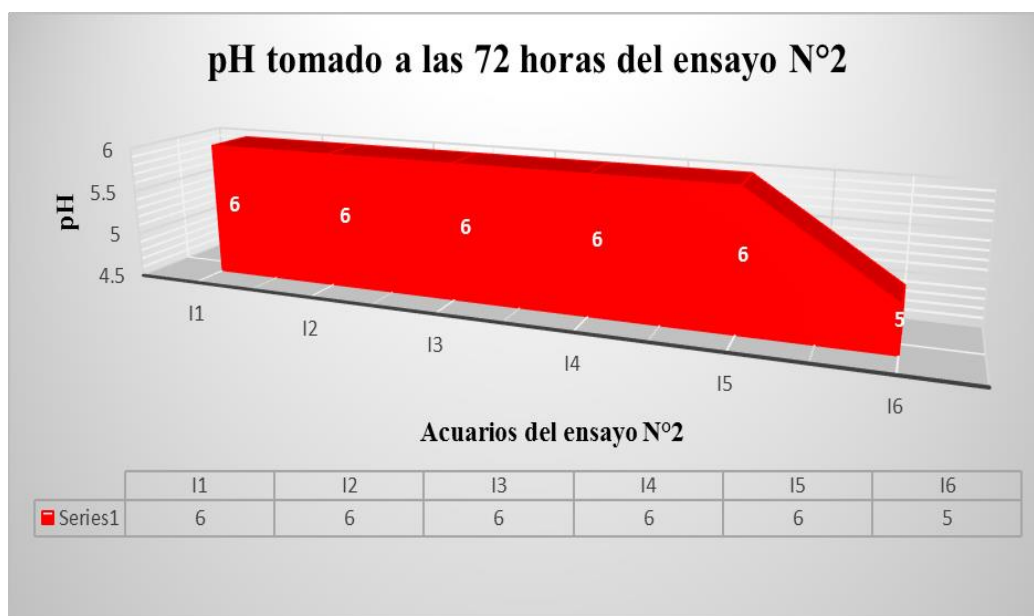


Figura 321. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°2.

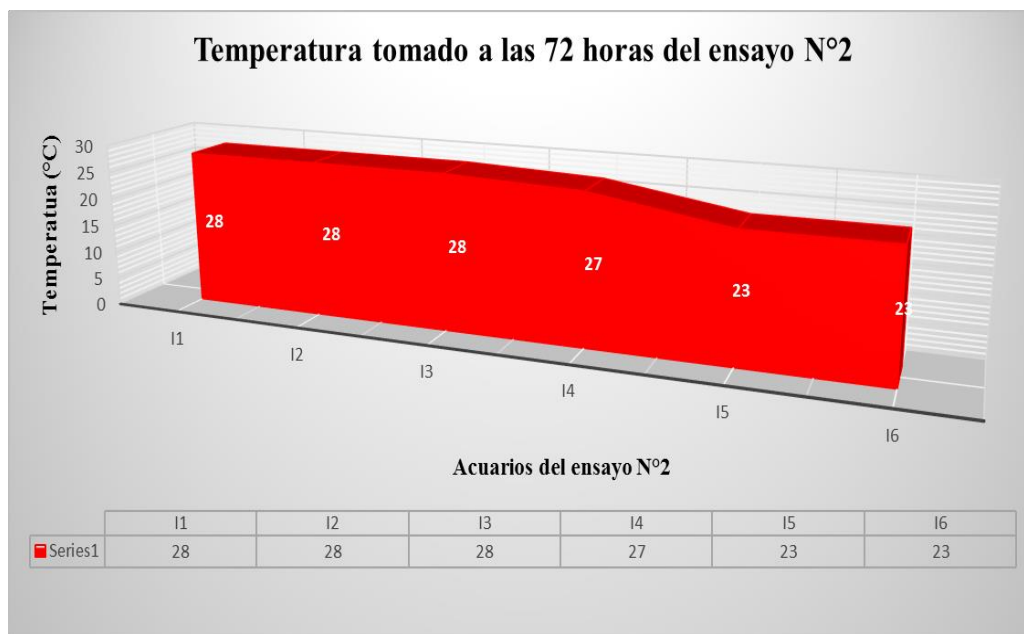


Figura 322. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°2.

Tabla 96

Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°2

Ensayo N°2			
96 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
I1	7	28	Con termostato regulados a 24 °C
I2	7	28	
I3	7	28	
I4	7	27	
I5	6	23	Sin termostato
I6	6	23	

Fuente: Elaboración propia

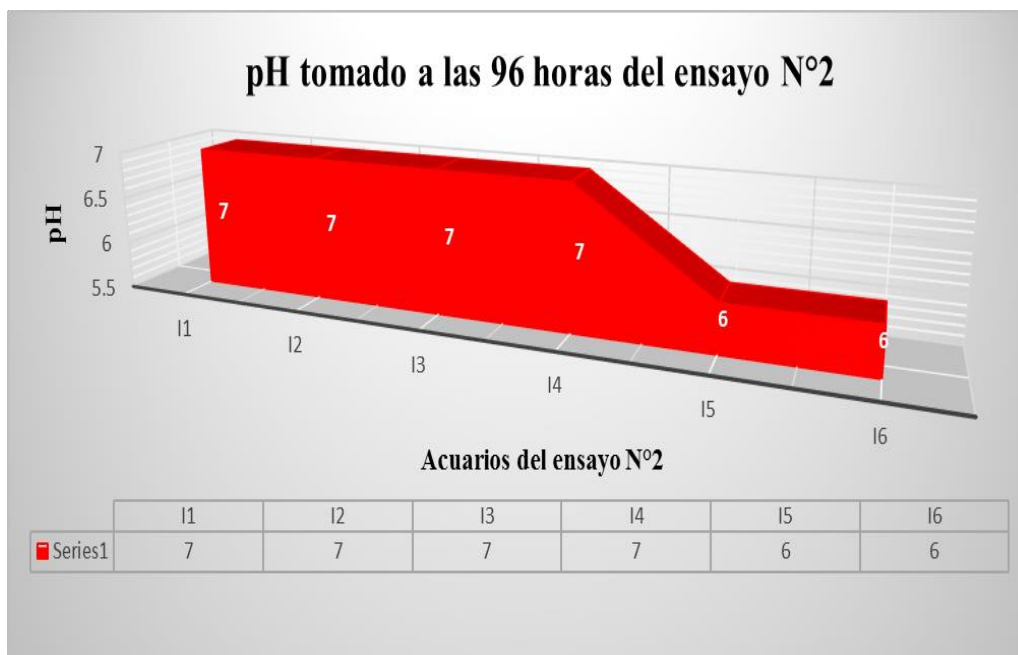


Figura 323. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°2.

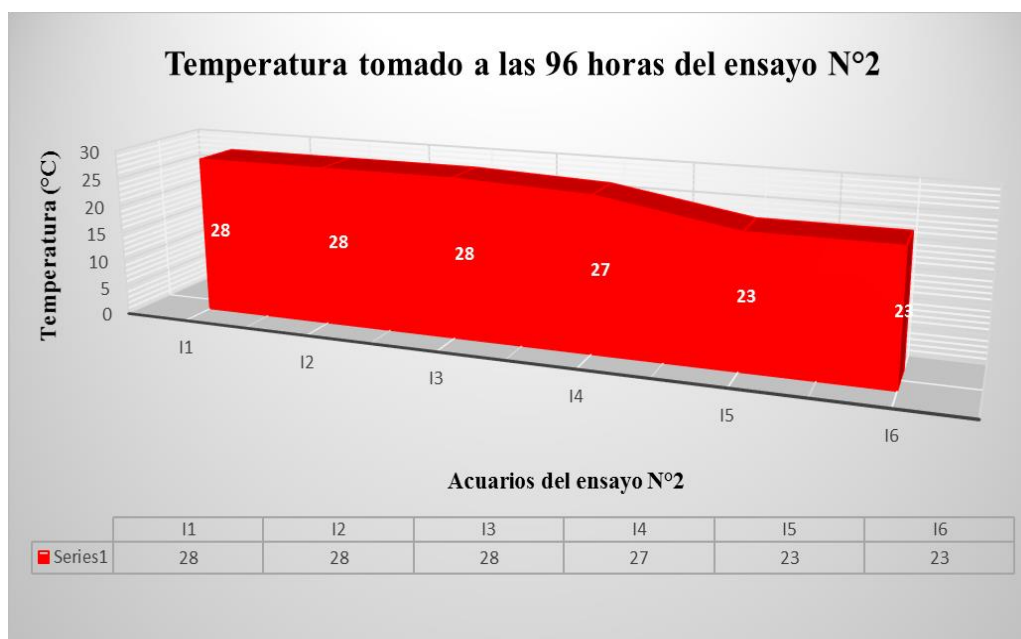


Figura 324. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°2.

Tabla 97
Control del ensayo N°2 por horas

Hora	ENSAYO N°2					
	Acuario I1	Acuario I2	Acuario I3	Acuario I4	Acuario I5	Acuario I6
	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
	0	1	3	5	7	9
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	2	1	10	10
2	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	3	0	0
4	0	0	3	1	0	0
8	0	0	1	3	0	0
10	0	2	1	1	0	0
12	0	1	0	0	0	0
24	0	0	1	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0
N° de peces muertos a las 96 horas	0	3	9	9	10	10
% de mortalidad a las 96 horas	0%	30%	90%	90%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98
Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°2

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	0
I3	3	0
I4	5	0
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

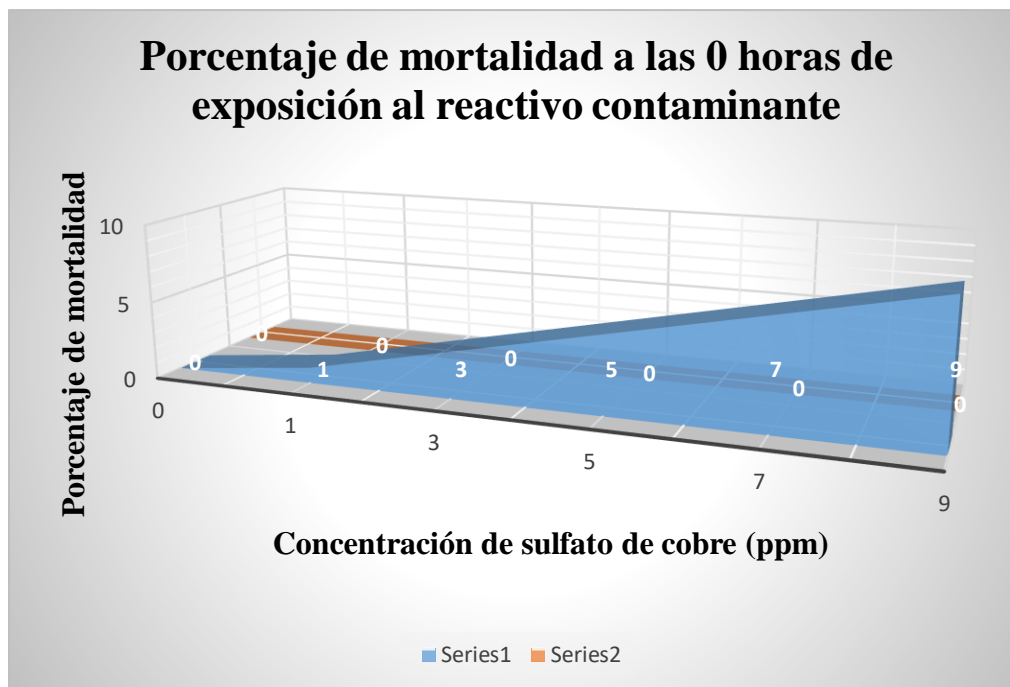


Figura 325. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 99

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°2

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	100
I3	3	100
I4	5	100
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

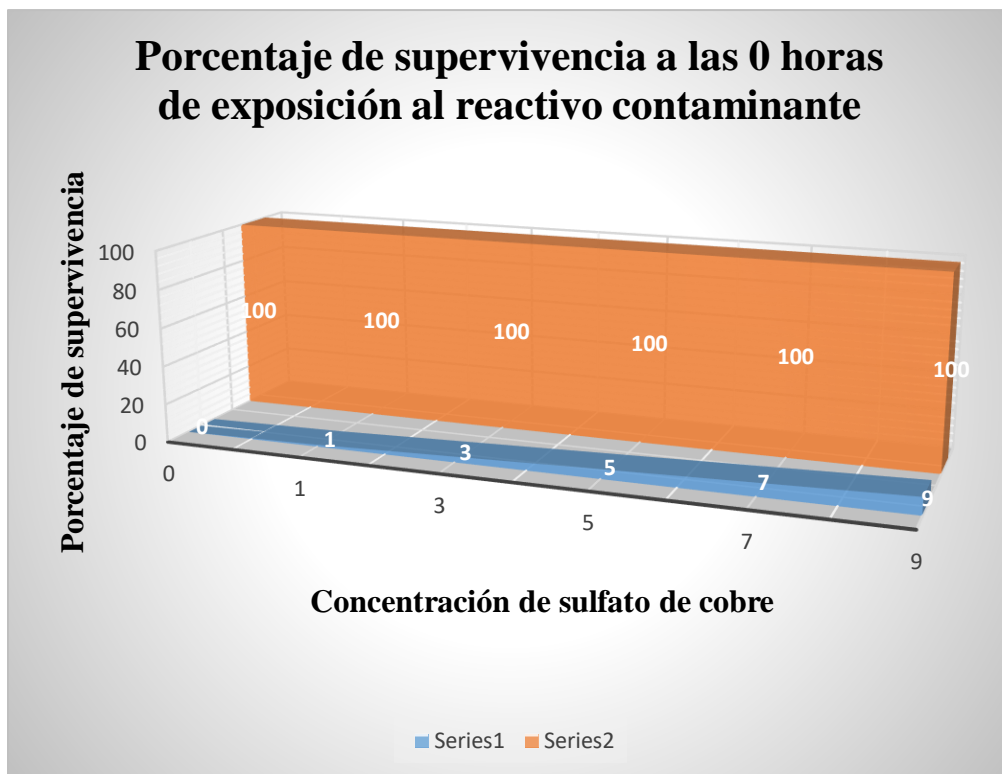


Figura 326. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 100

Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora del ensayo N°2

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad a la 1 hora
I1	0	0
I2	1	0
I3	3	20
I4	5	10
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

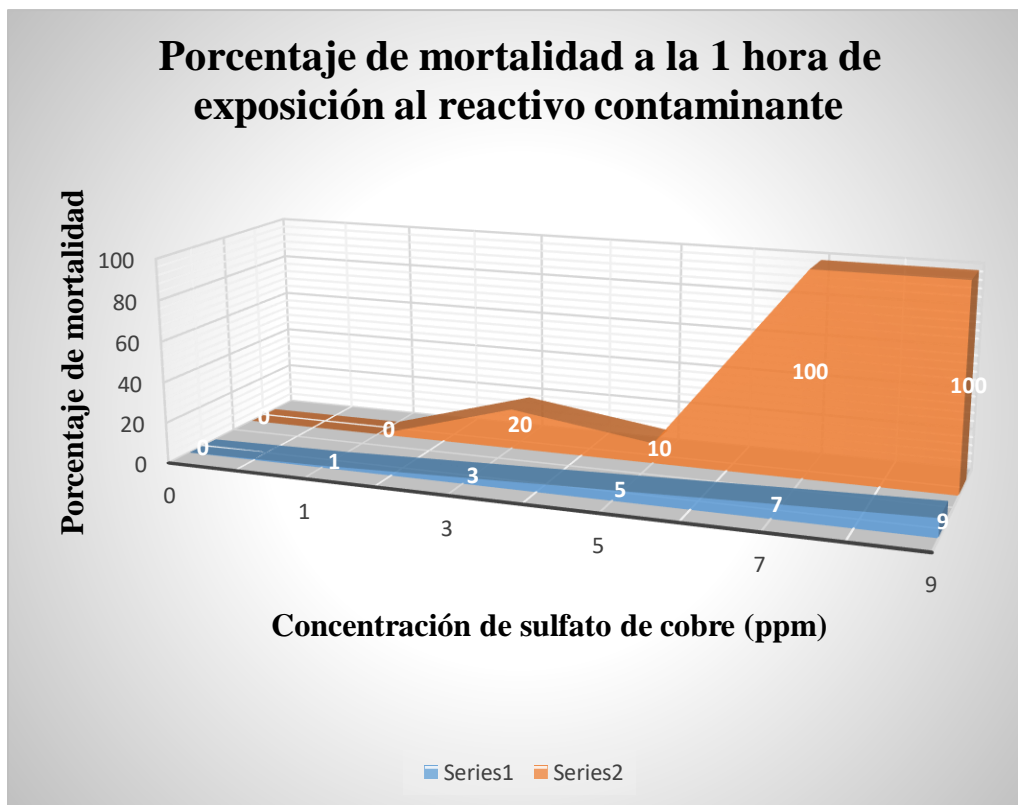


Figura 327. Porcentaje de mortalidad a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante

Tabla 101

Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora del ensayo N°2

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	100
I3	3	80
I4	5	90
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

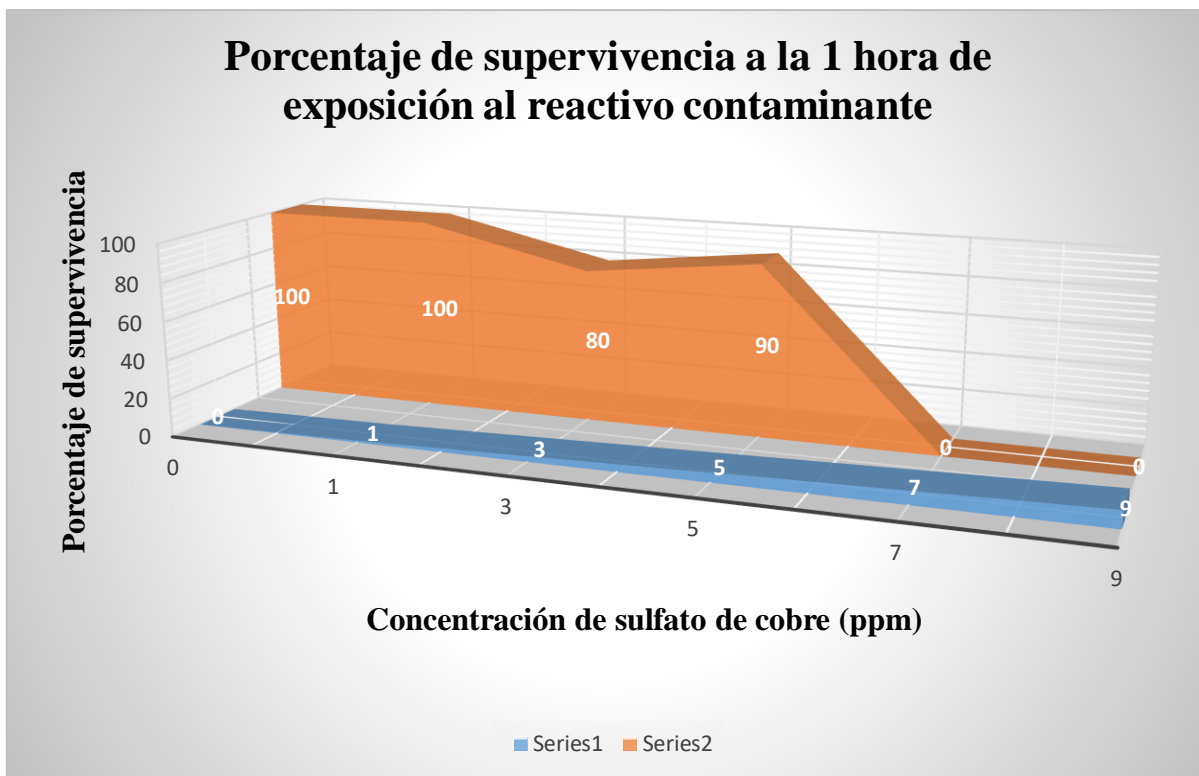


Figura 328. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 102

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	0
I3	3	30
I4	5	10
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

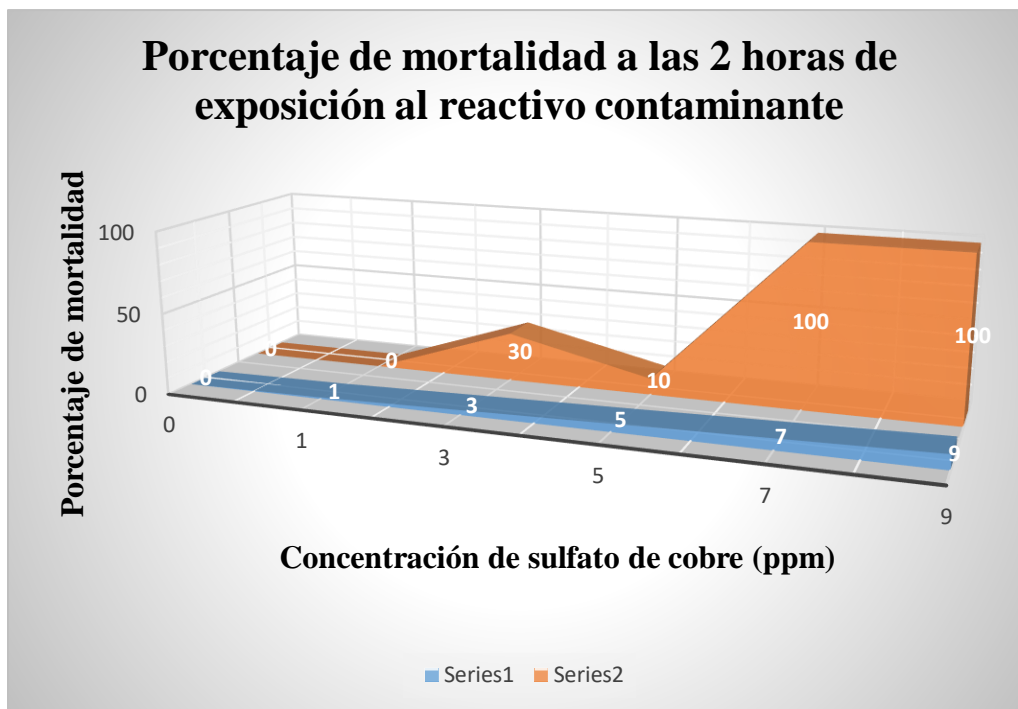


Figura 329. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 103

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	100
I3	3	70
I4	5	90
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

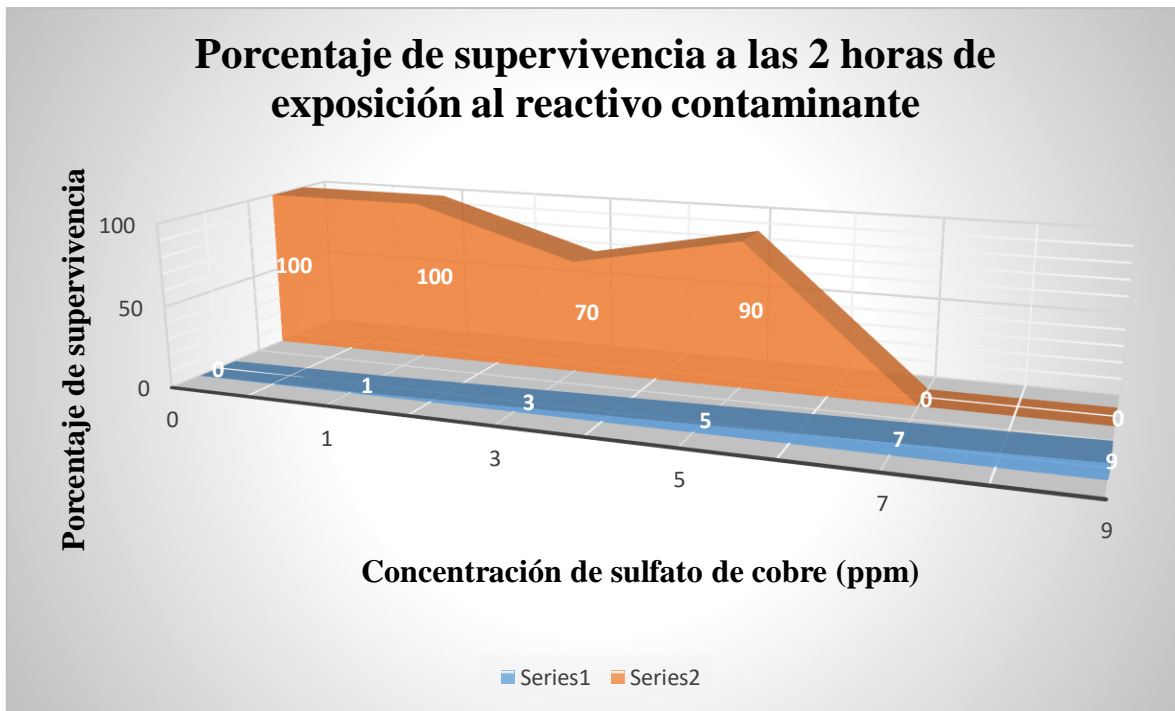


Figura 330. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 104

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	0
I3	3	30
I4	5	40
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

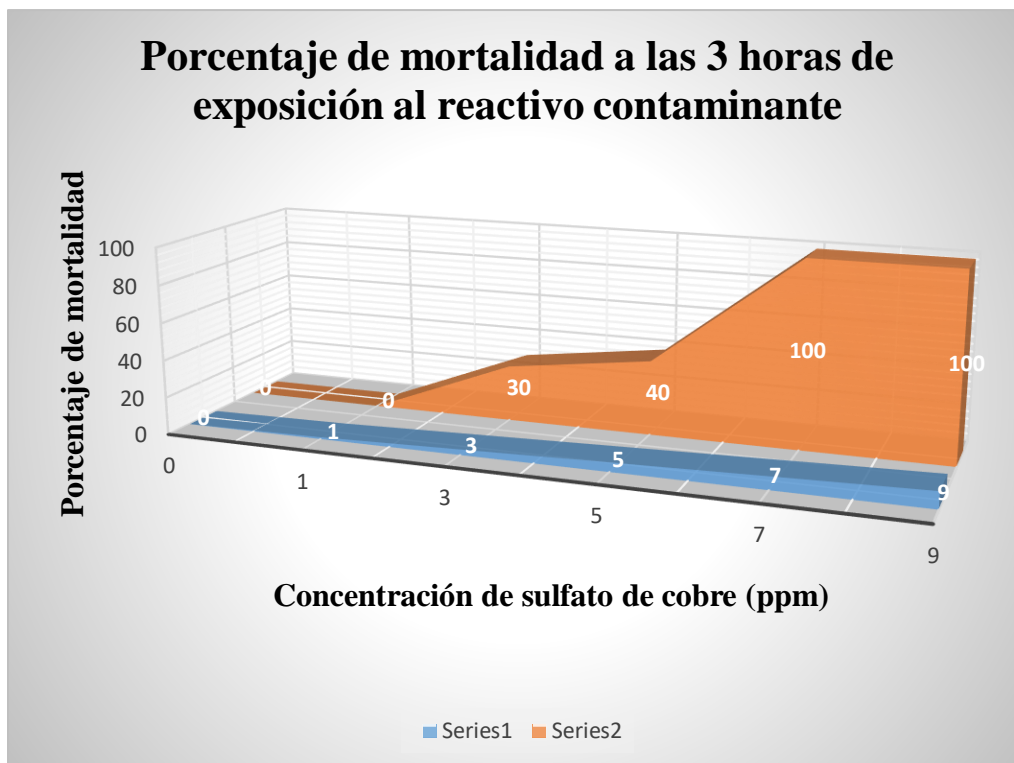


Figura 331. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante

Tabla 105

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	100
I3	3	70
I4	5	60
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

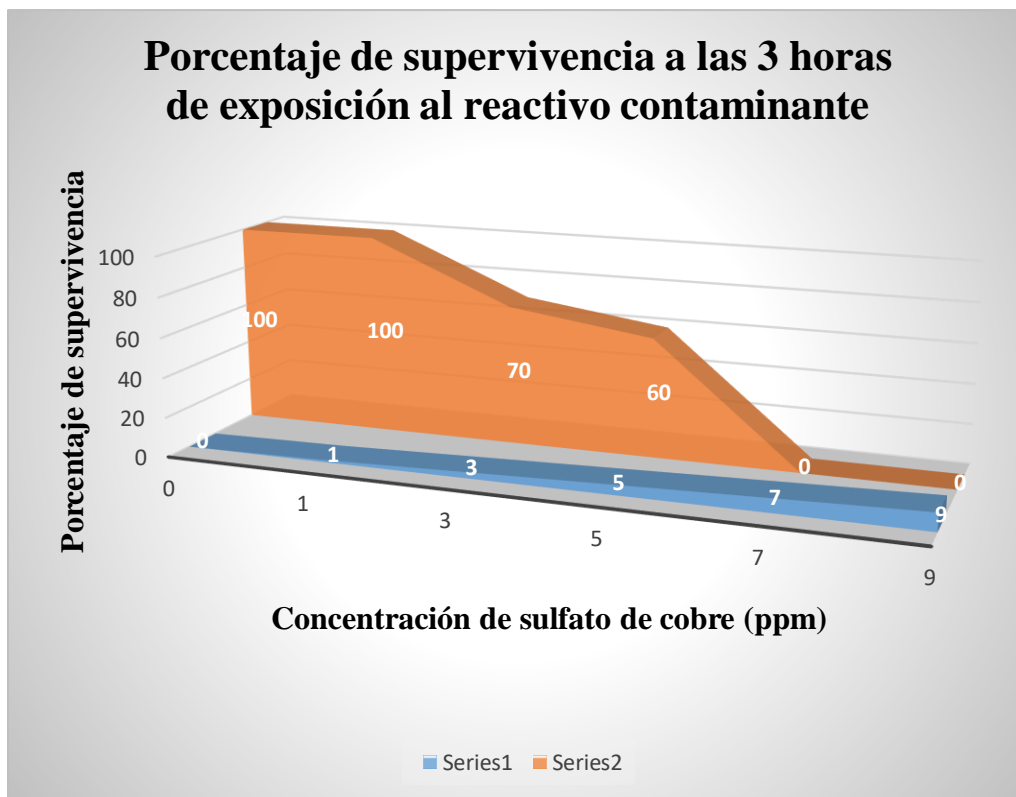


Figura 332. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 106

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 4 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	0
I3	3	60
I4	5	50
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

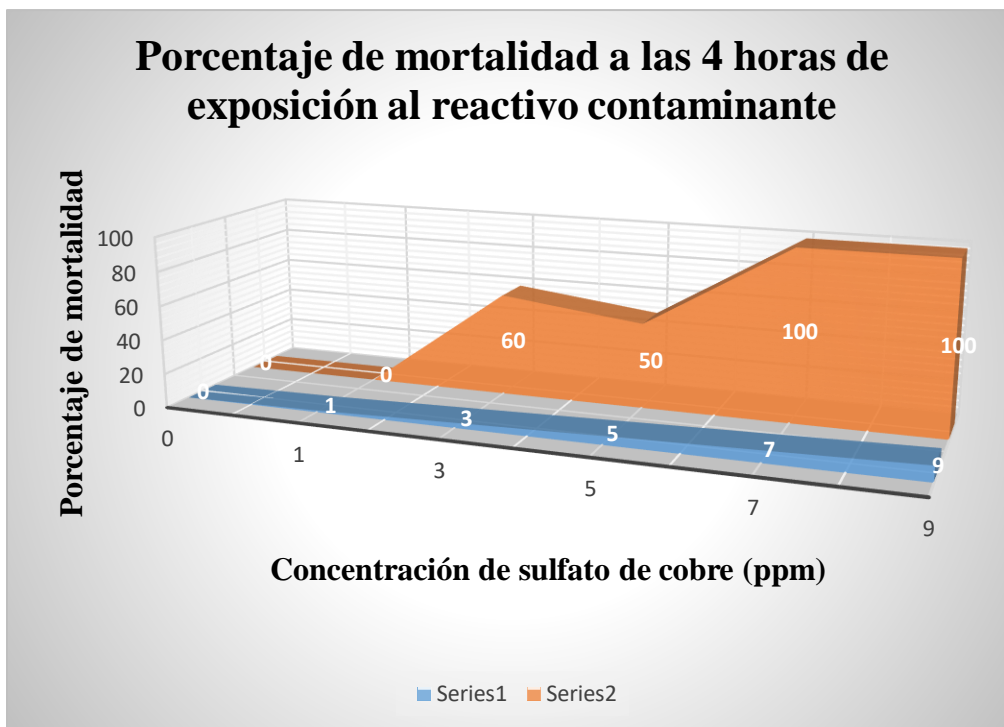


Figura 333. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 107

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 4 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	100
I3	3	40
I4	5	50
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

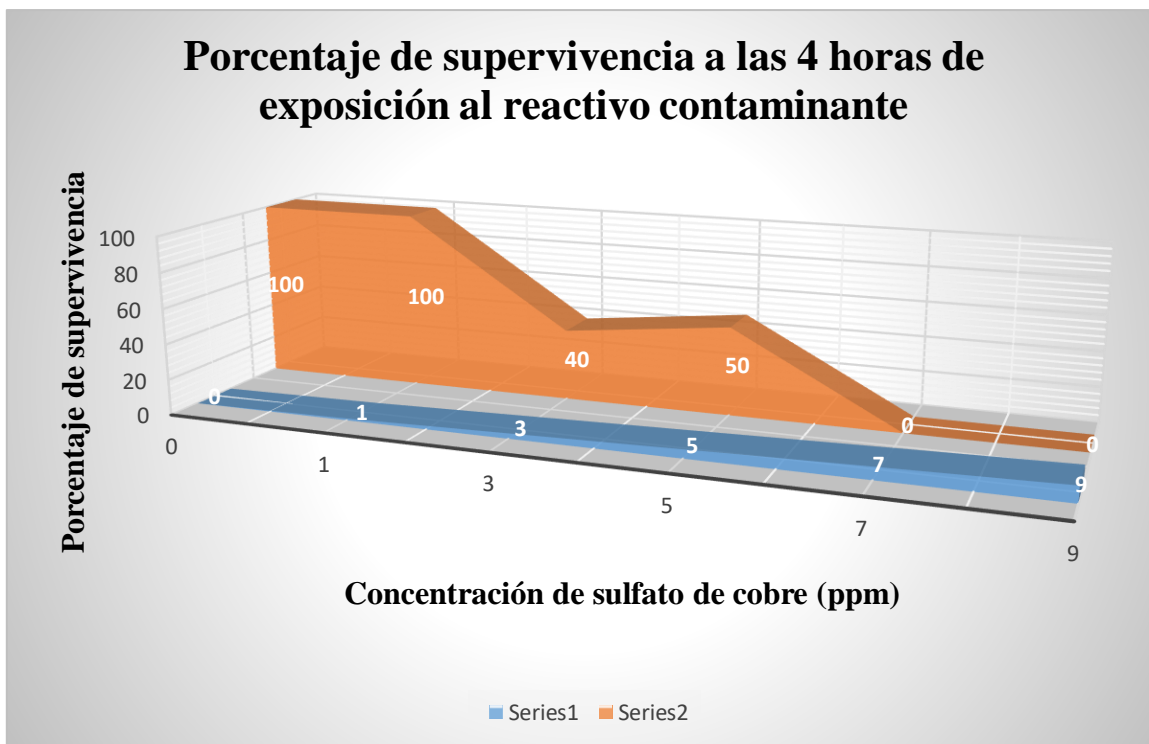


Figura 334. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 108

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	0
I3	3	70
I4	5	80
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

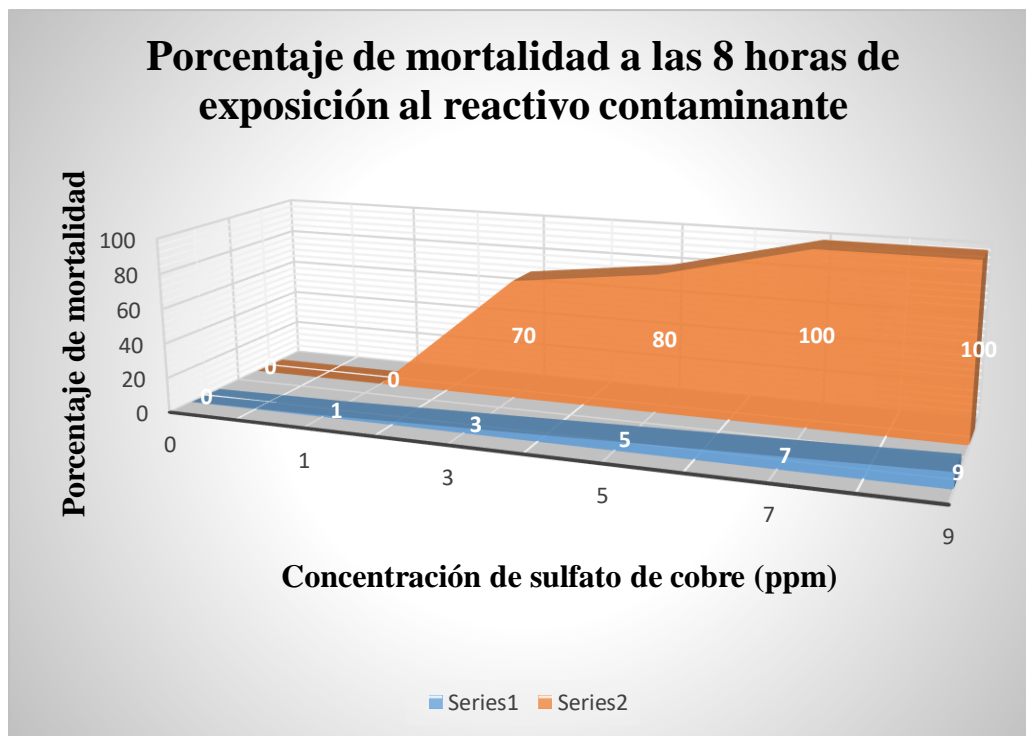


Figura 335. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 109

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	100
I3	3	30
I4	5	20
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

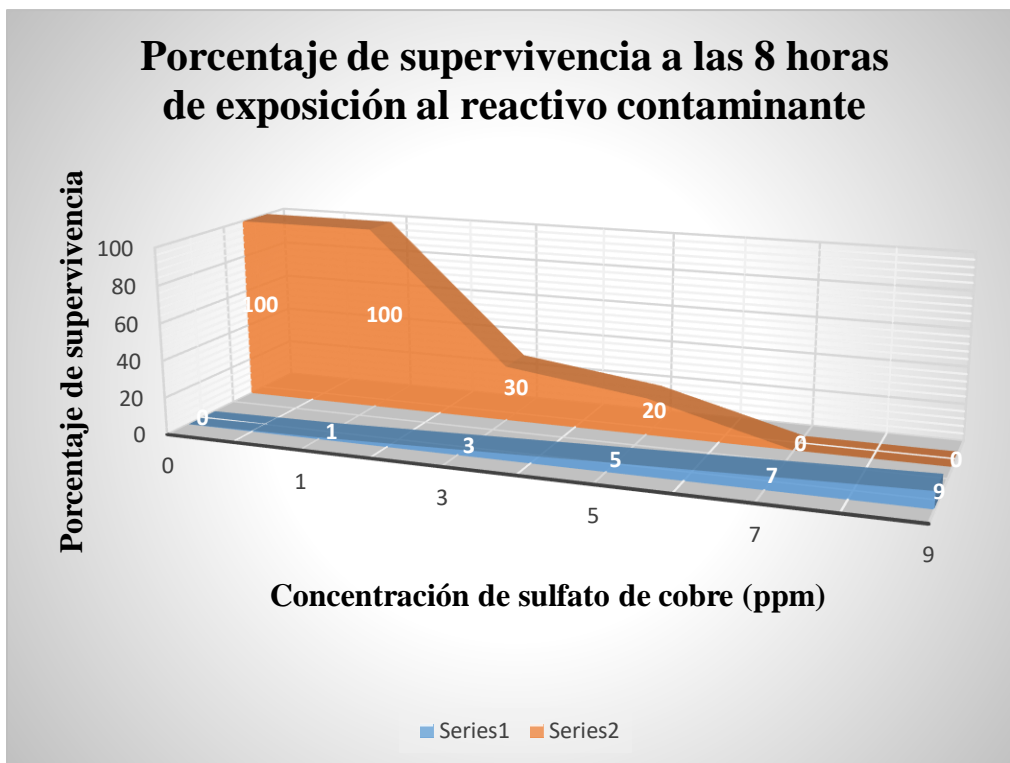


Figura 336. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 110

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	20
I3	3	80
I4	5	90
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

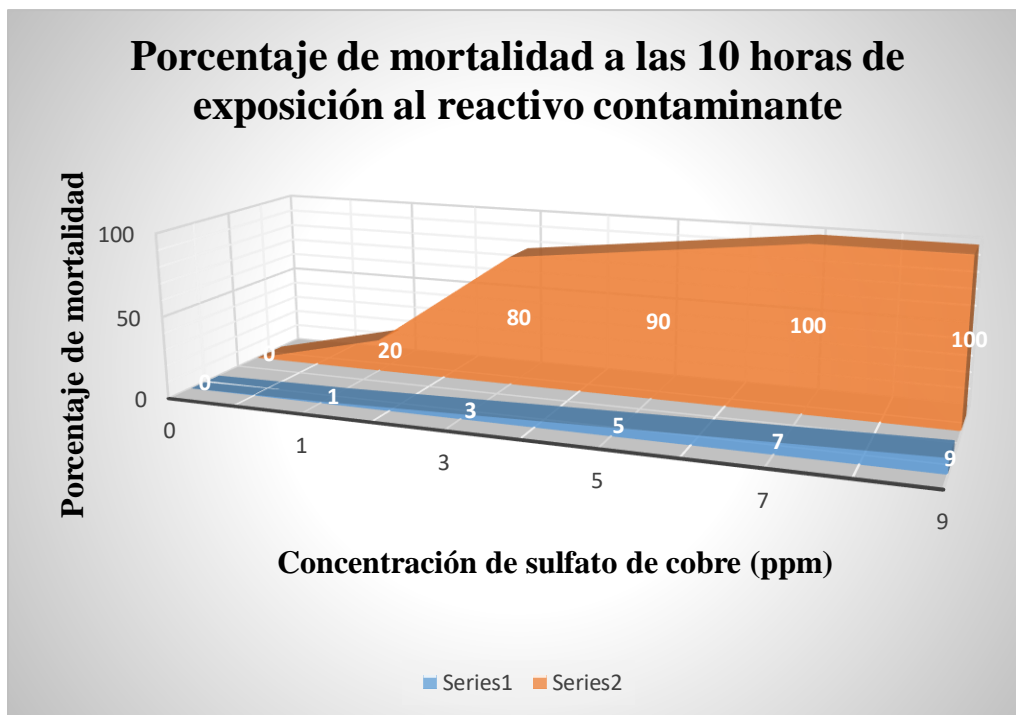


Figura 337. Porcentaje de mortalidad a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 111

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	80
I3	3	20
I4	5	10
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

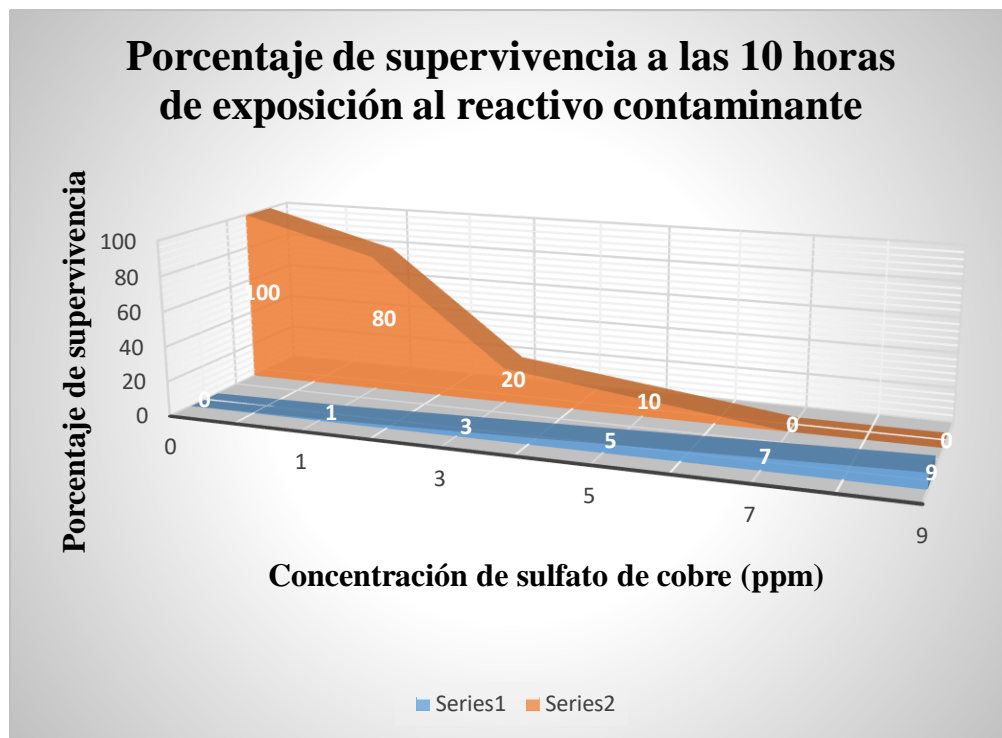


Figura 338. Porcentaje de supervivencia a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 112

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	30
I3	3	80
I4	5	90
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

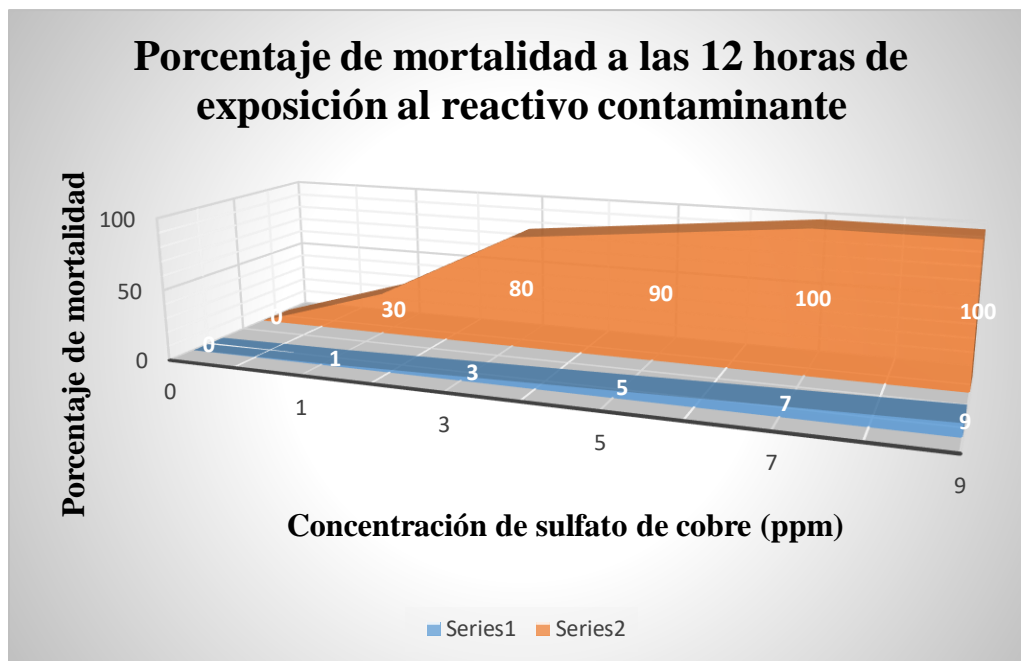


Figura 339. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 113

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y %supervivencia
I1	0	100
I2	1	70
I3	3	20
I4	5	10
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

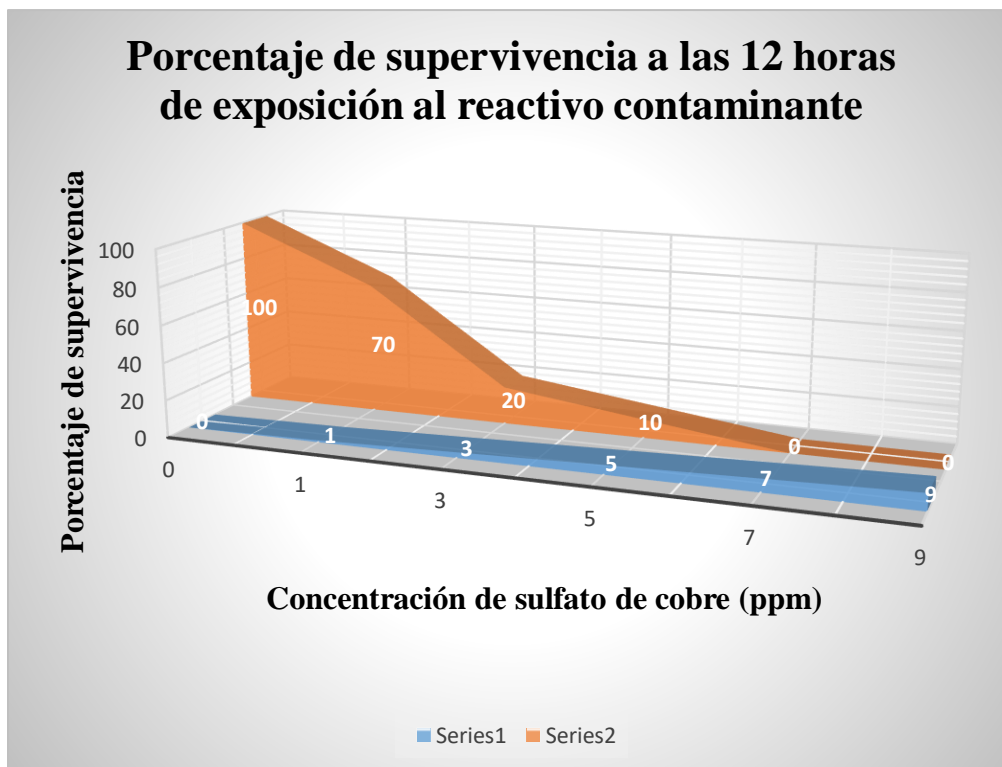


Figura 340. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 114

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	30
I3	3	90
I4	5	90
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

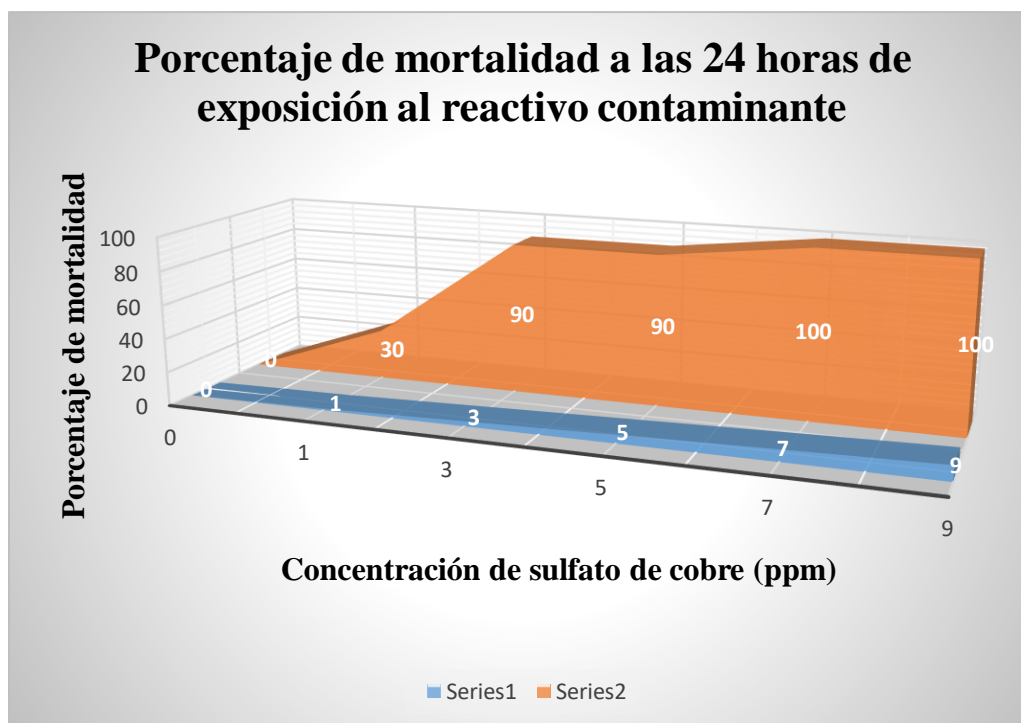


Figura 341. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 115

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	70
I3	3	10
I4	5	10
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

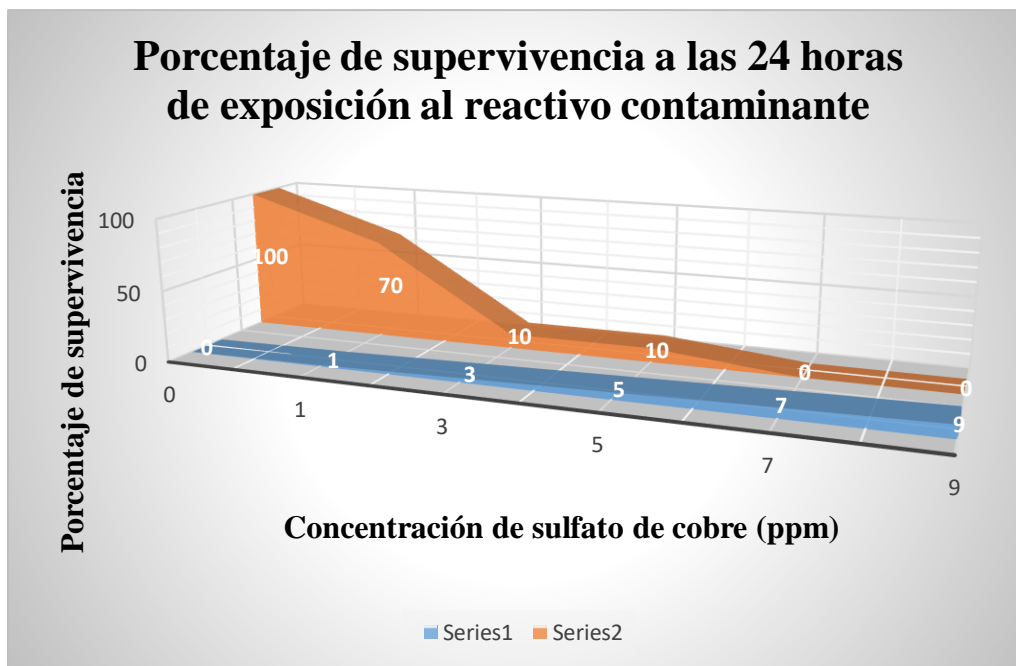


Figura 342. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 116

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	30
I3	3	90
I4	5	90
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

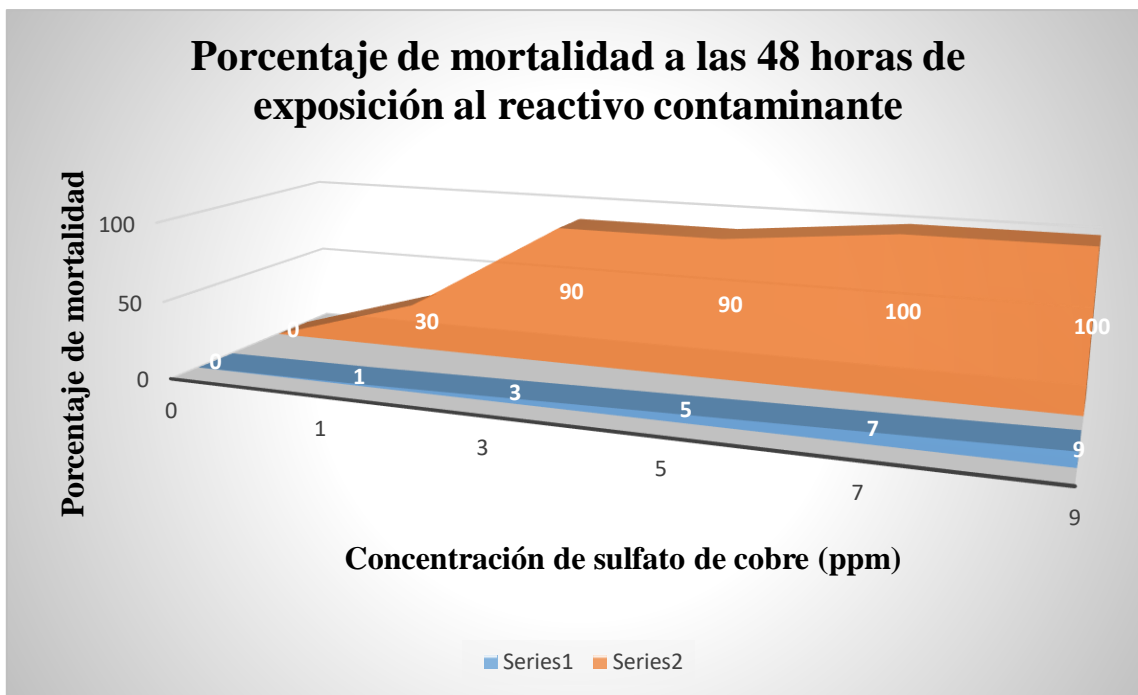


Figura 343. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 117

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	70
I3	3	10
I4	5	10
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

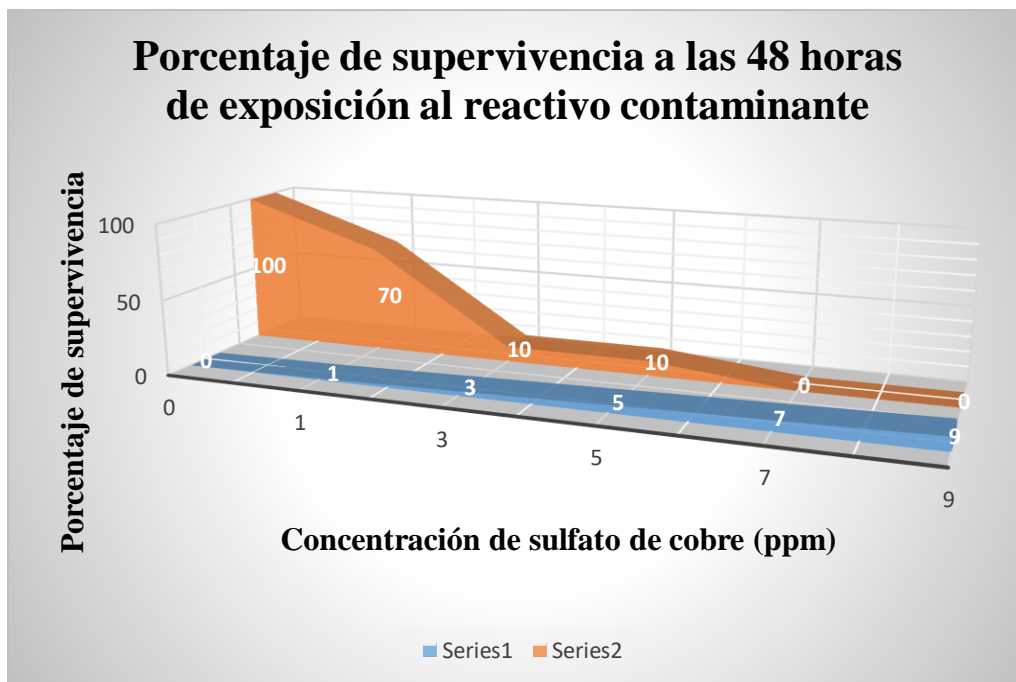


Figura 344. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 118

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	30
I3	3	90
I4	5	90
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

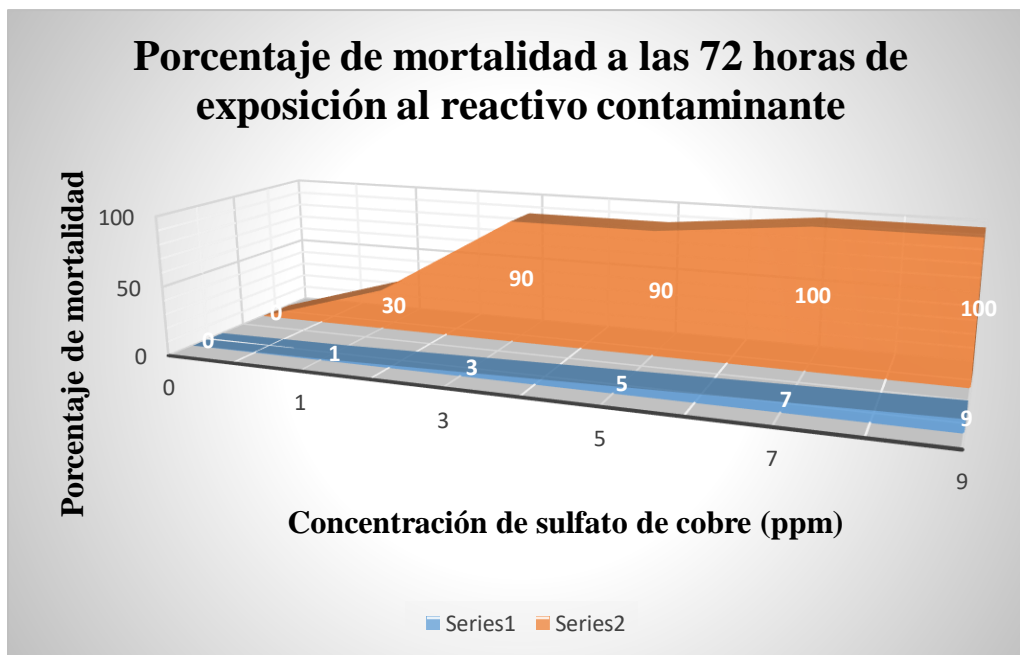


Figura 345. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 119

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	70
I3	3	10
I4	5	10
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

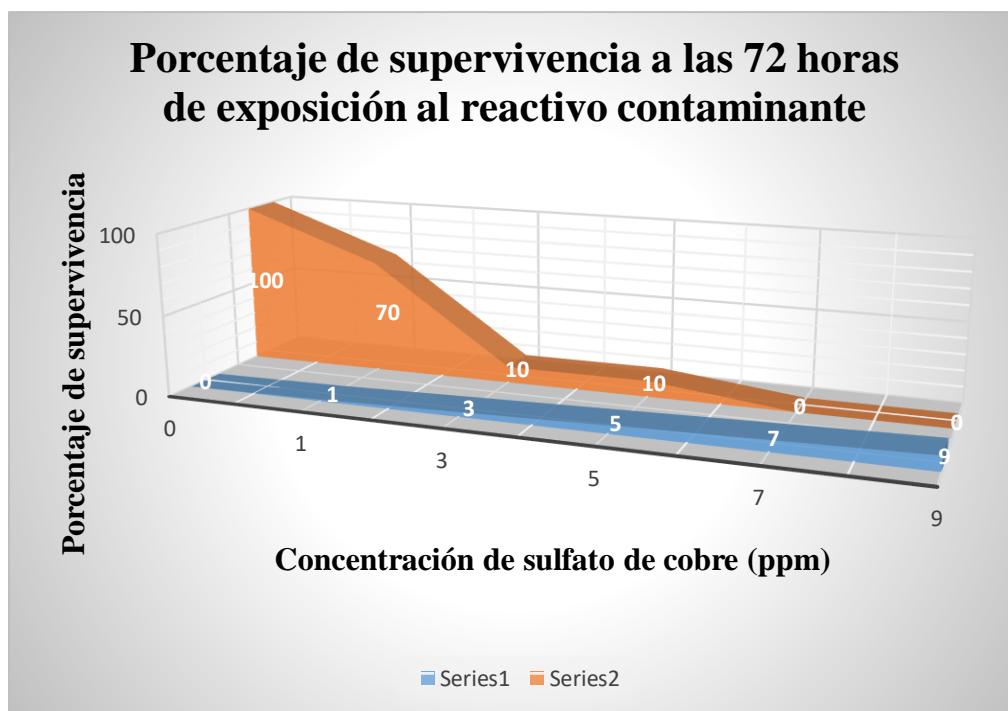


Figura 346. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 120

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
I1	0	0
I2	1	30
I3	3	90
I4	5	90
I5	7	100
I6	9	100

Fuente: Elaboración propia

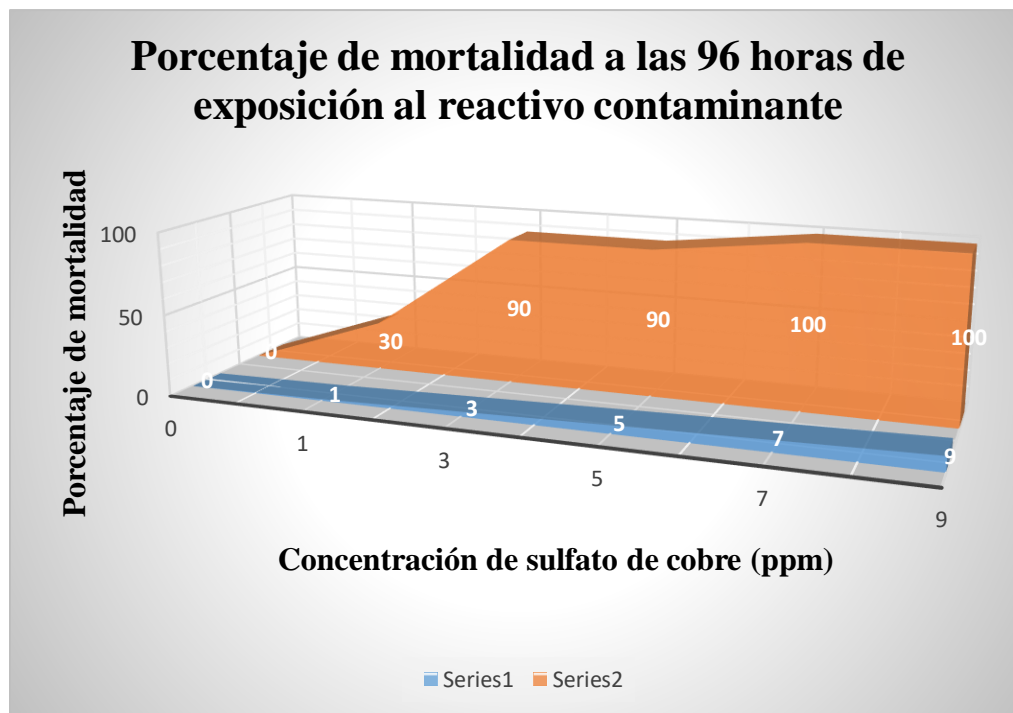


Figura 347. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 121

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas del ensayo N°2

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
I1	0	100
I2	1	70
I3	3	10
I4	5	10
I5	7	0
I6	9	0

Fuente: Elaboración propia

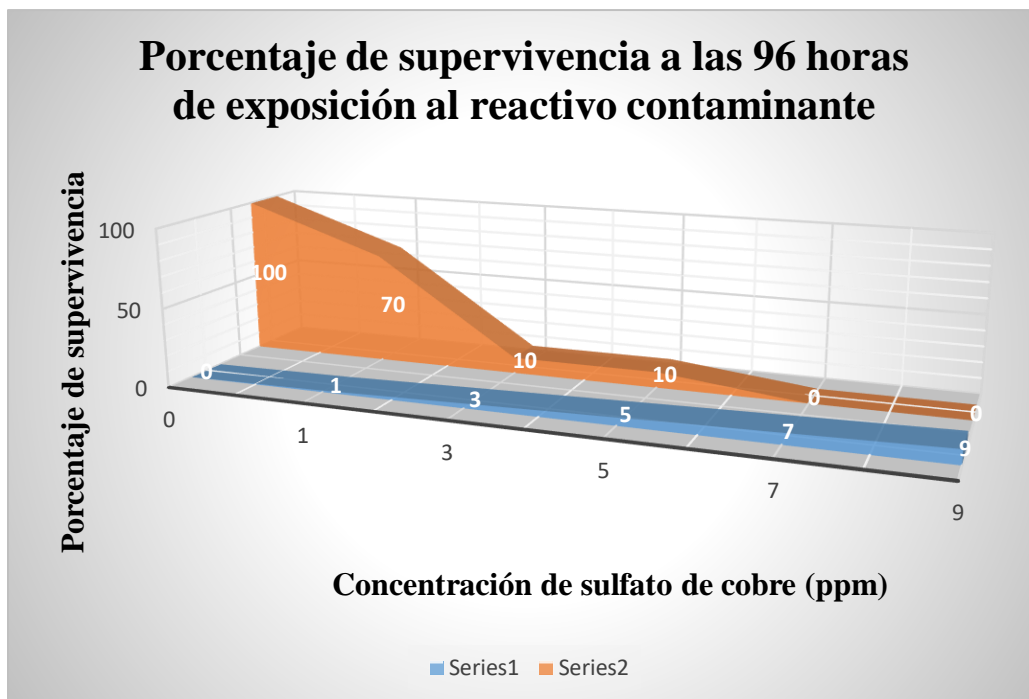


Figura 348. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.

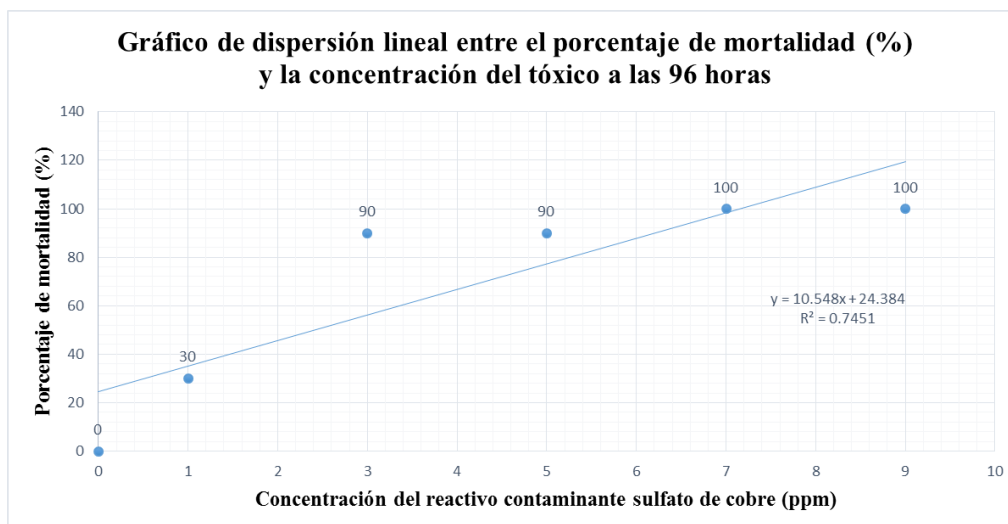


Figura 349. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

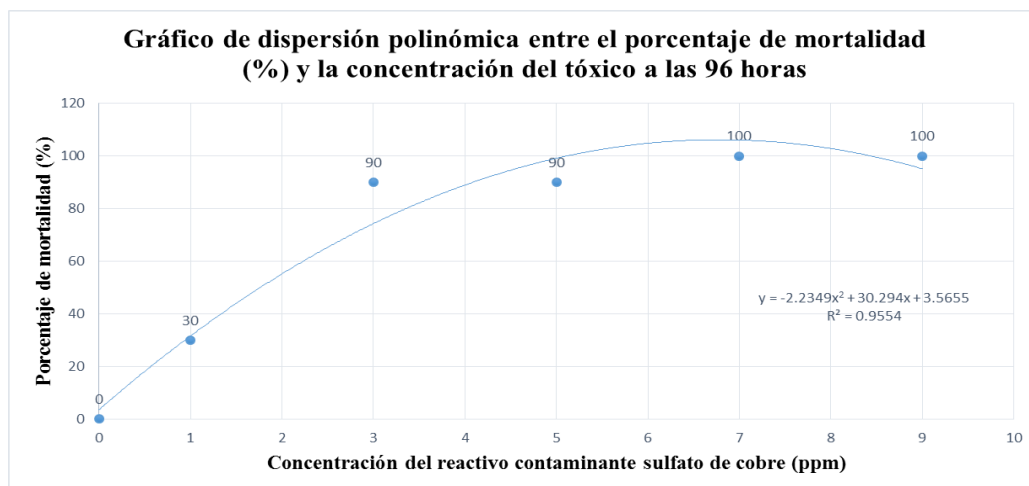


Figura 350. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

4.2.4 Ensayo N°3

Tabla 122

Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°3

Ensayo N°3 0 hora			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	6	23	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	6	23	
J3	6	23	
J4	6	23	
J5	6	23	
J6	6	23	

Fuente: Elaboración propia

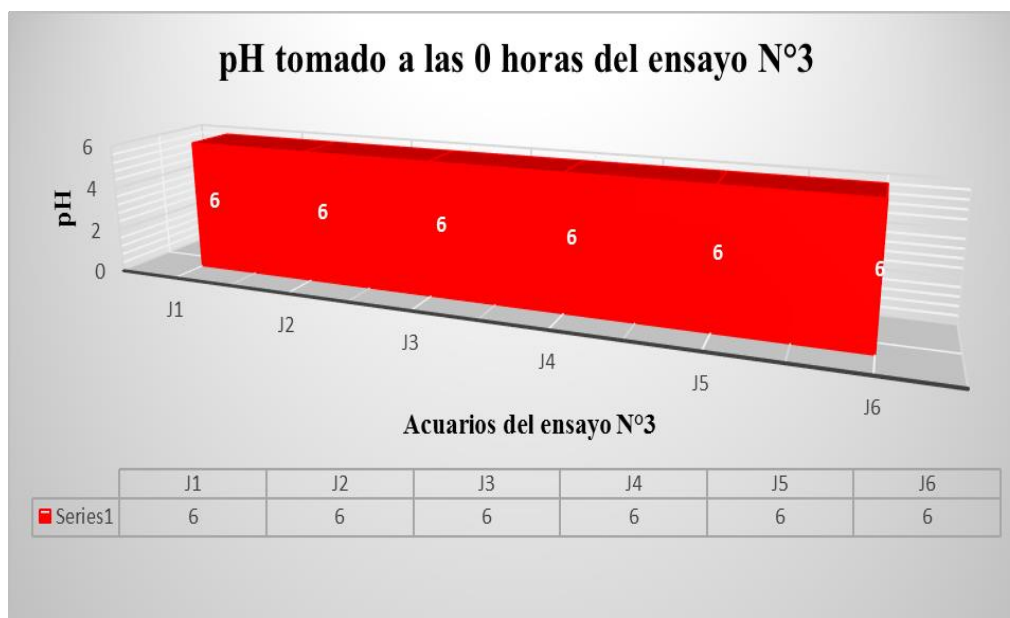


Figura 351. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°3.

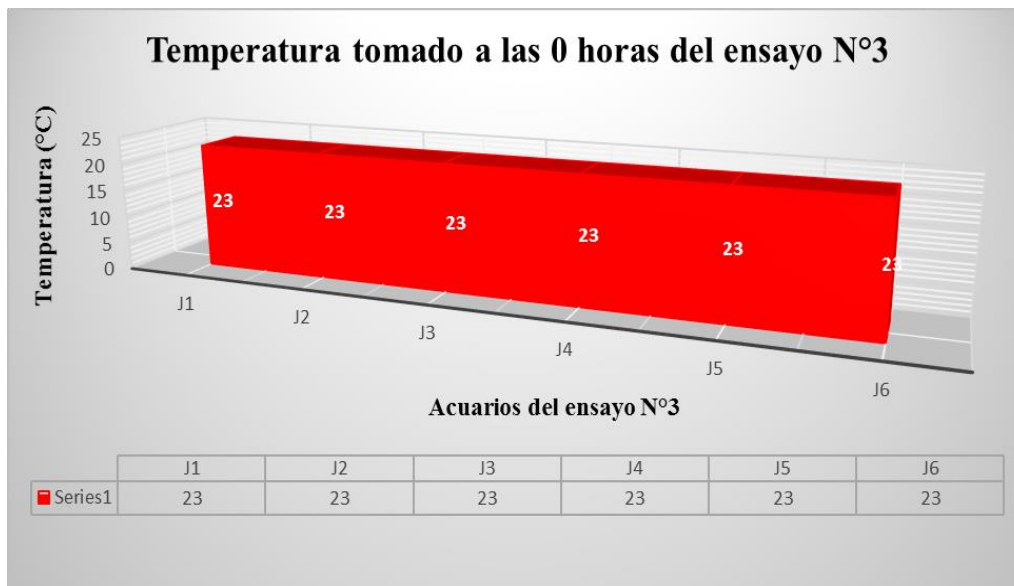


Figura 352. Temperatura tomado a las 0 horas del ensayo N°3.

Tabla 123

Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°3

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	24	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	24	
J3	7	24	
J4	7	24	
J5	7	24	
J6	7	24	

Fuente: Elaboración propia

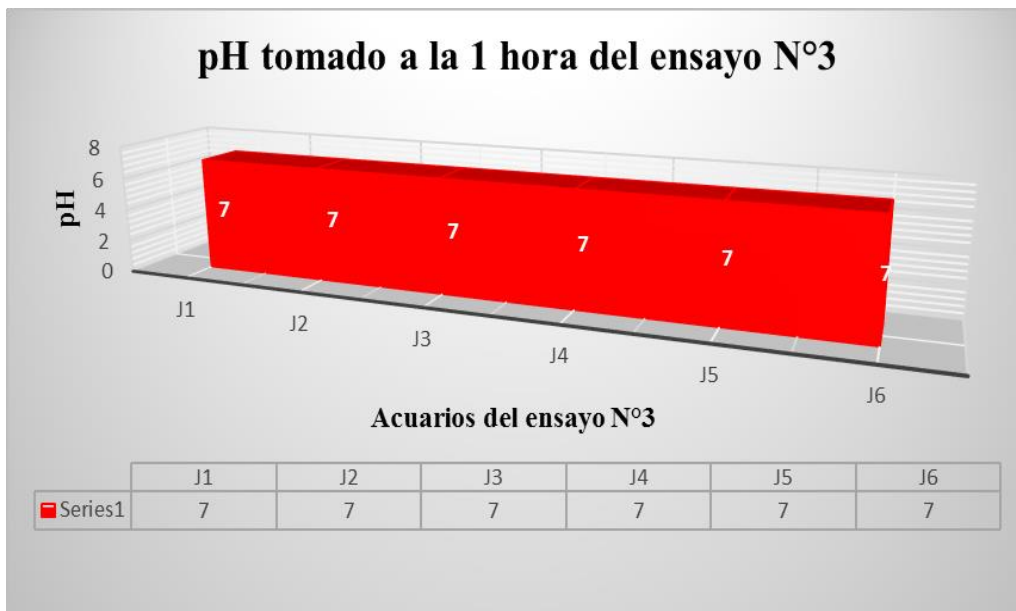


Figura 353. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°3.

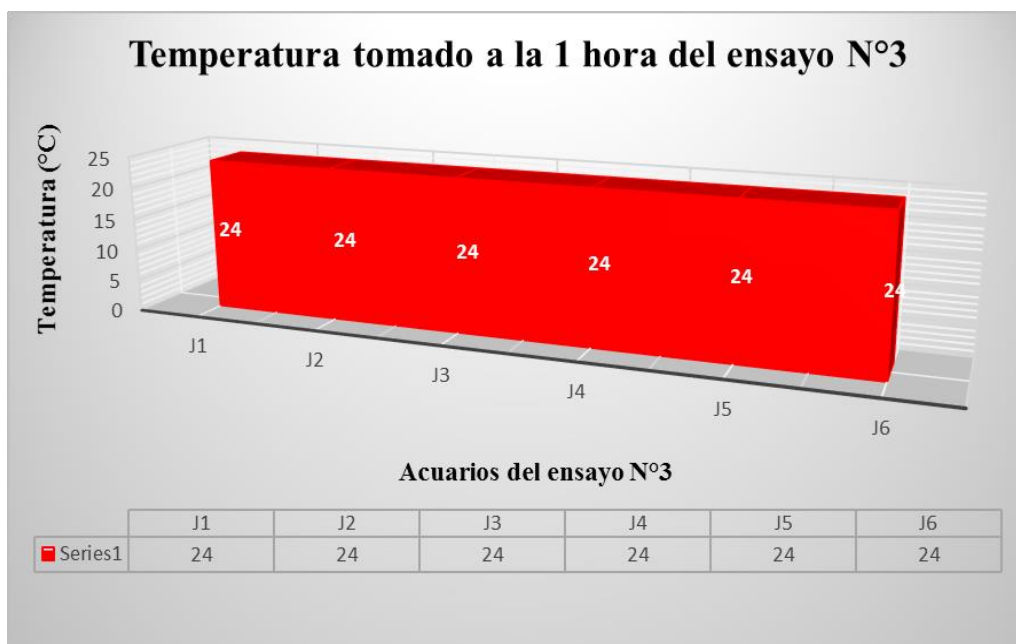


Figura 354. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°3.

Tabla 124
Parámetros tomados a las 2 horas del ensayo N°3

Ensayo N°3 2 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	6	26	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	6	26	
J3	6	25	
J4	6	25	
J5	6	25	
J6	6	25	

Fuente: Elaboración propia

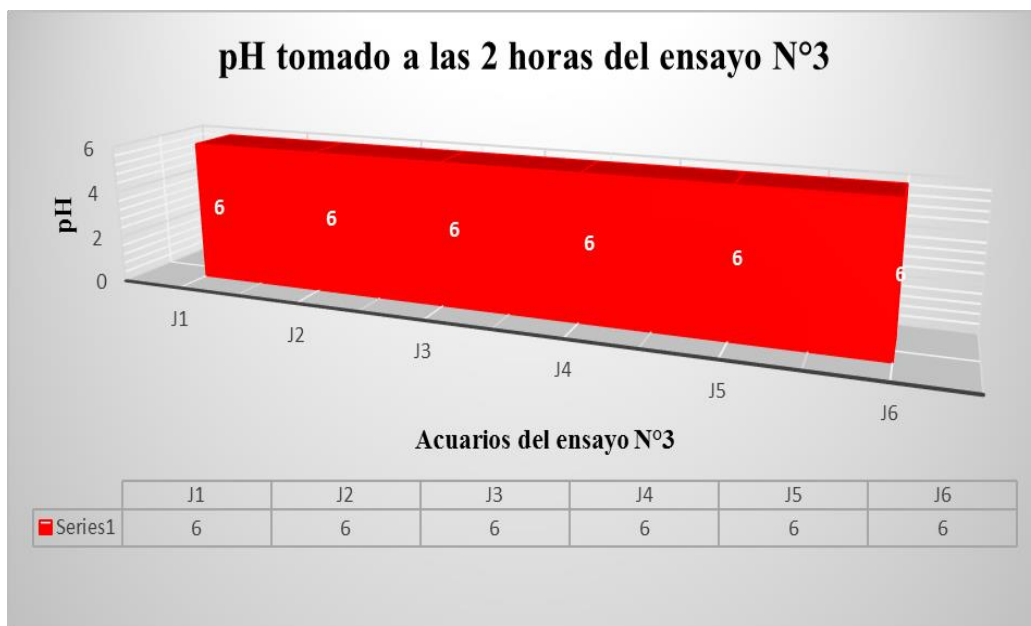


Figura 355. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°3.

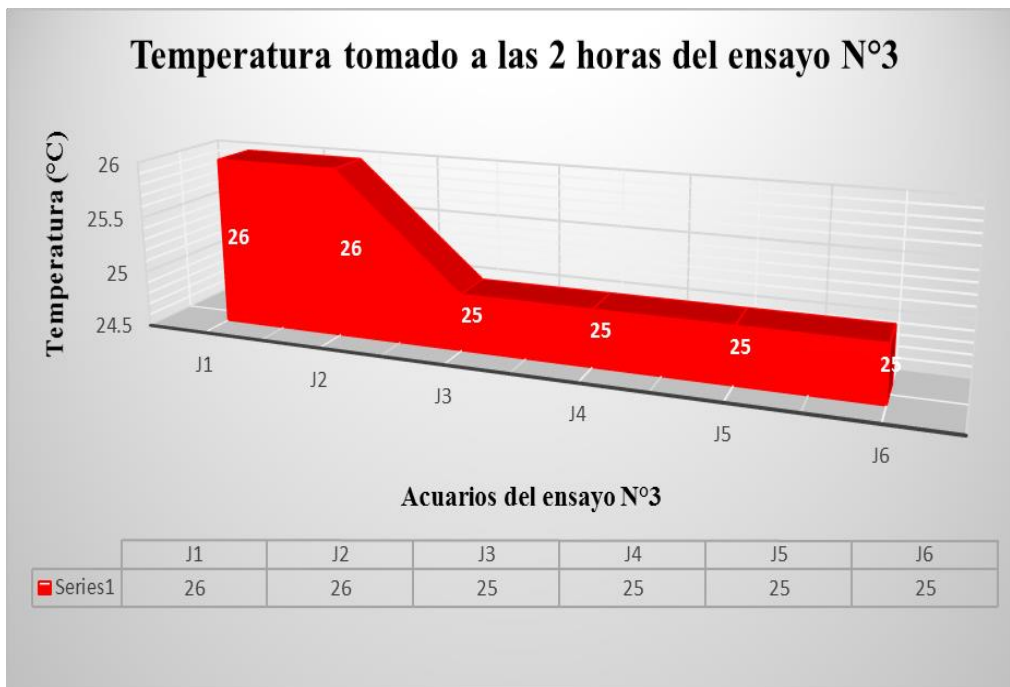


Figura 356. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°3.

Tabla 125

Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°3

Ensayo N°3 3 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	6	26	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	6	26	
J3	6	25	
J4	6	25	
J5	6	25	
J6	6	25	

Fuente: Elaboración propia

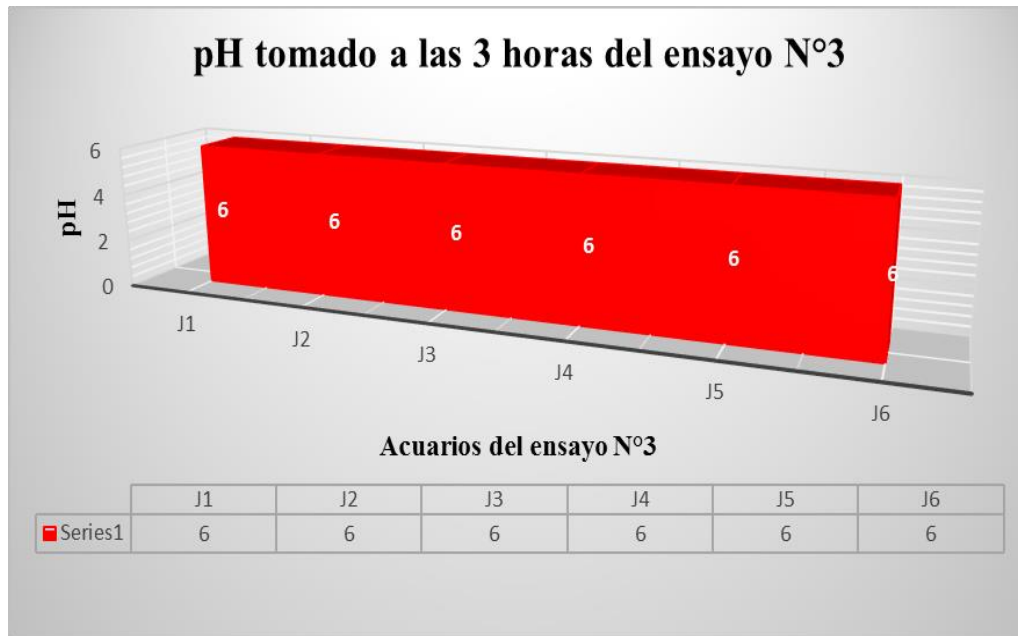


Figura 357. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°3.

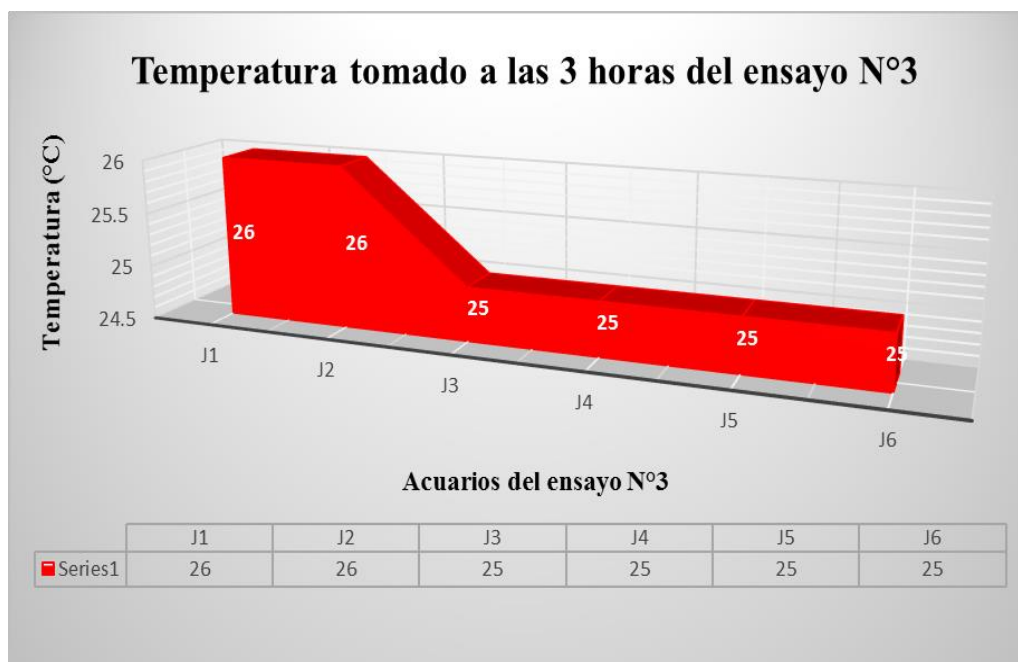


Figura 358. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°3.

Tabla 126
Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°3

Ensayo N°3 4 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	25	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	26	
J3	6	25	
J4	6	26	
J5	7	25	
J6	7	25	

Fuente: Elaboración propia

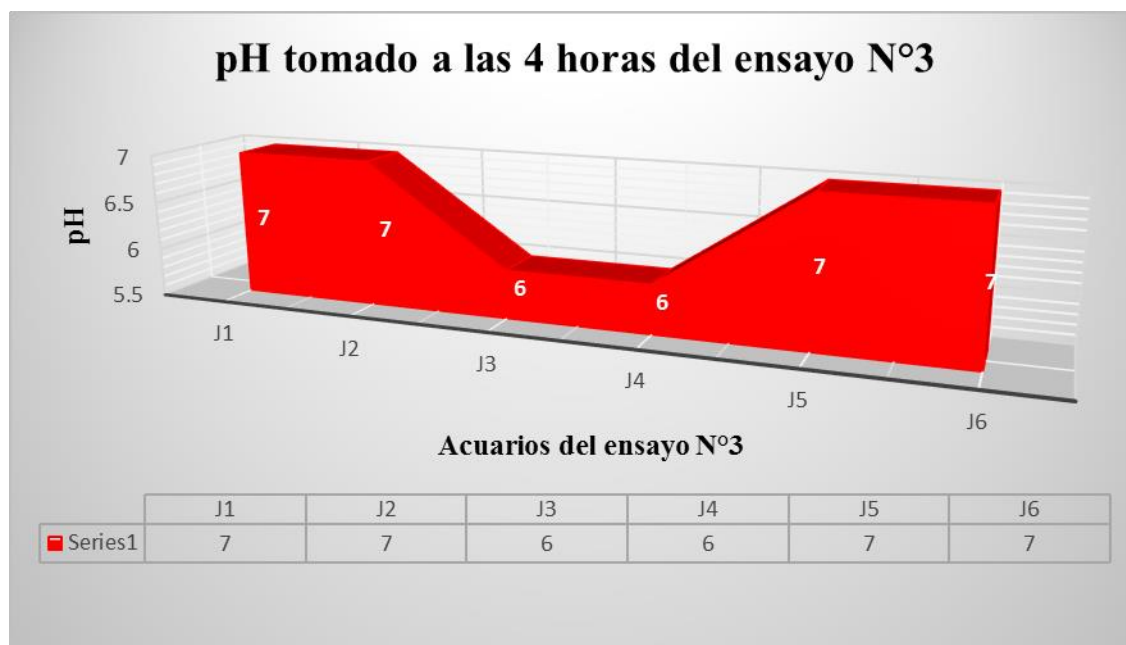


Figura 359. pH tomado a las 4 horas del ensayo N°3.

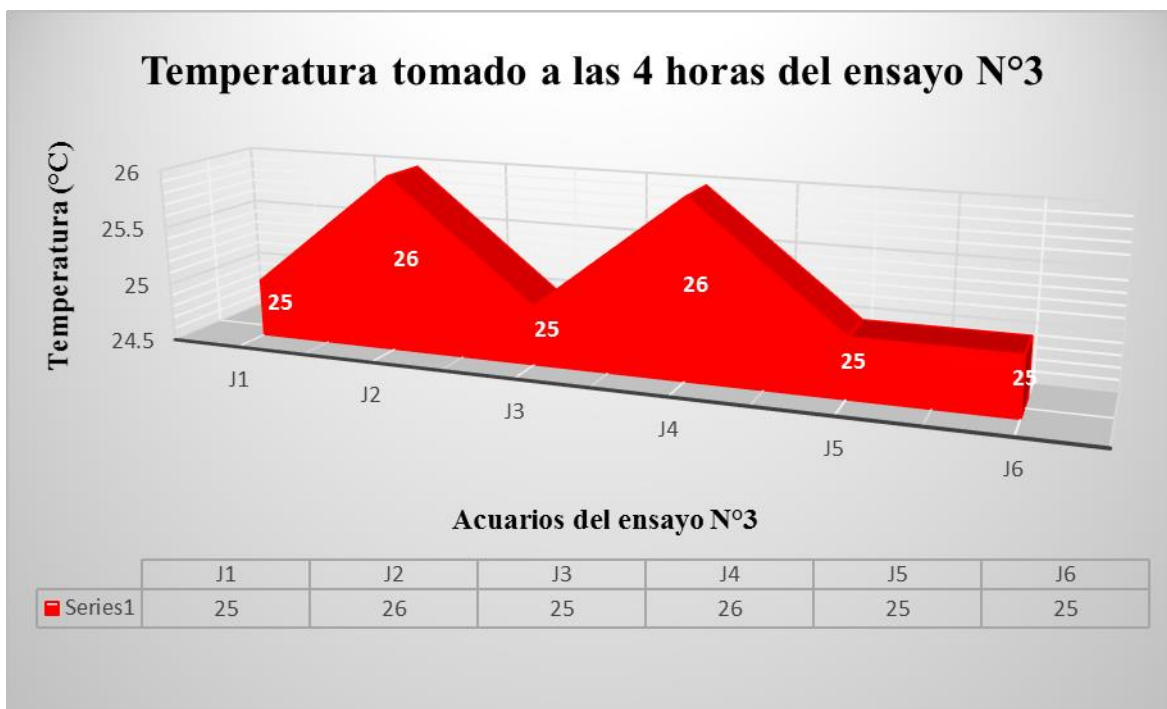


Figura 360. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°3.

Tabla 127

Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°3

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	28	
J3	7	27	
J4	7	27	
J5	6	27	
J6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

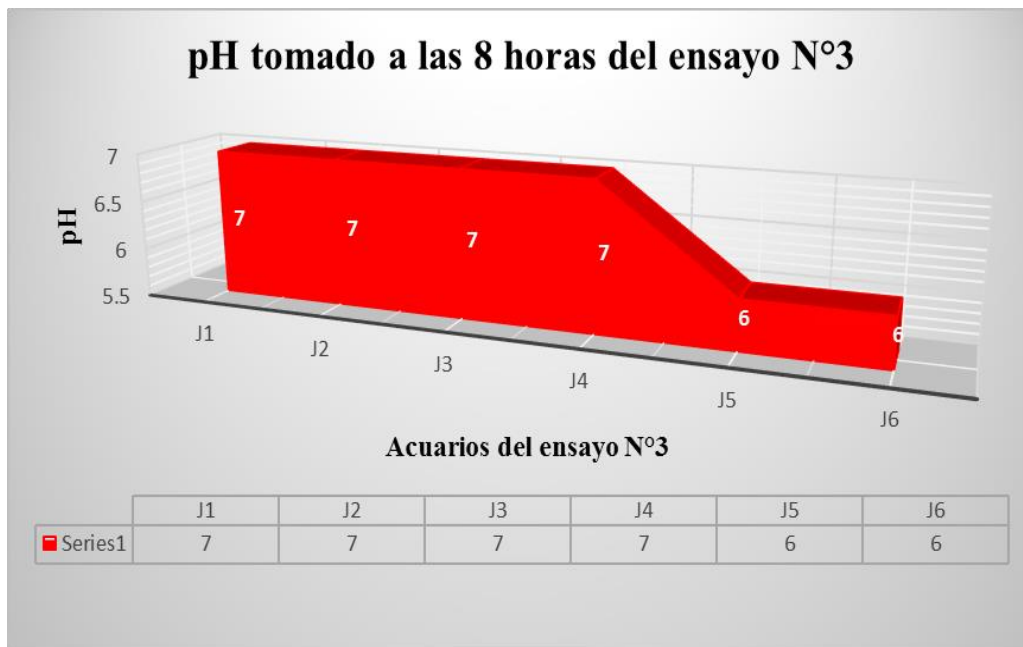


Figura 361. pH tomado a las 8 horas del ensayo N°3.

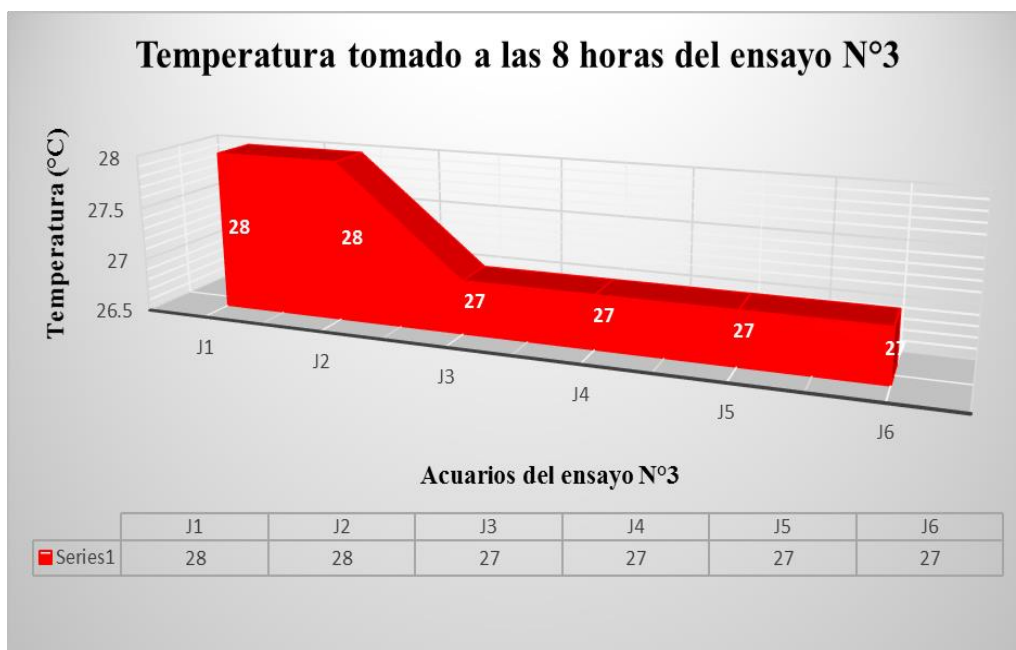


Figura 362. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°3.

Tabla 128

Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°3

Ensayo N°3 10 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	28	
J3	7	28	
J4	6	27	
J5	7	28	
J6	6	27	

Fuente: Elaboración propia

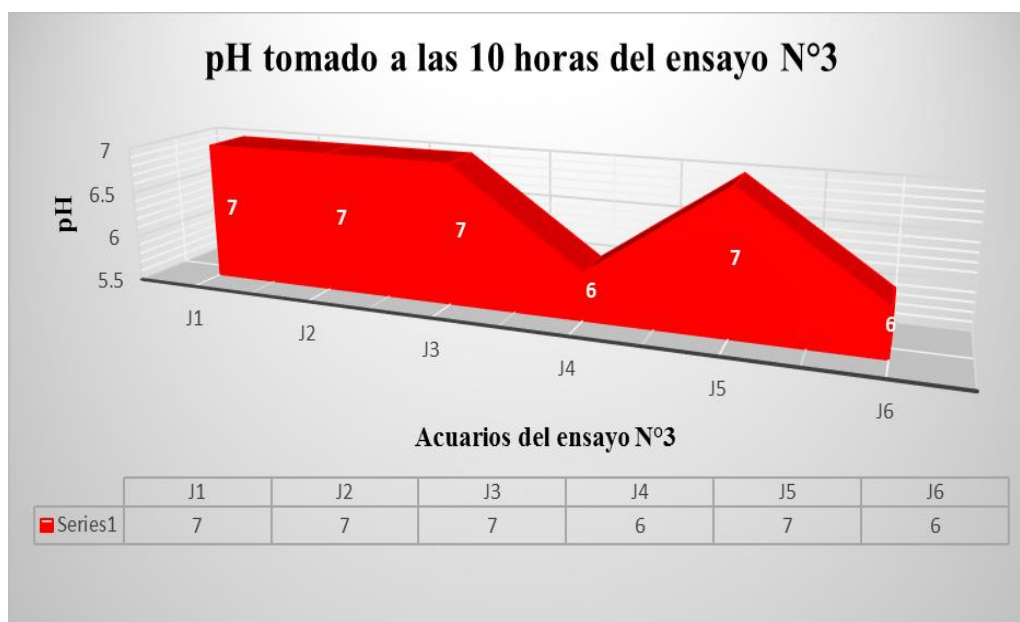


Figura 363. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°3.

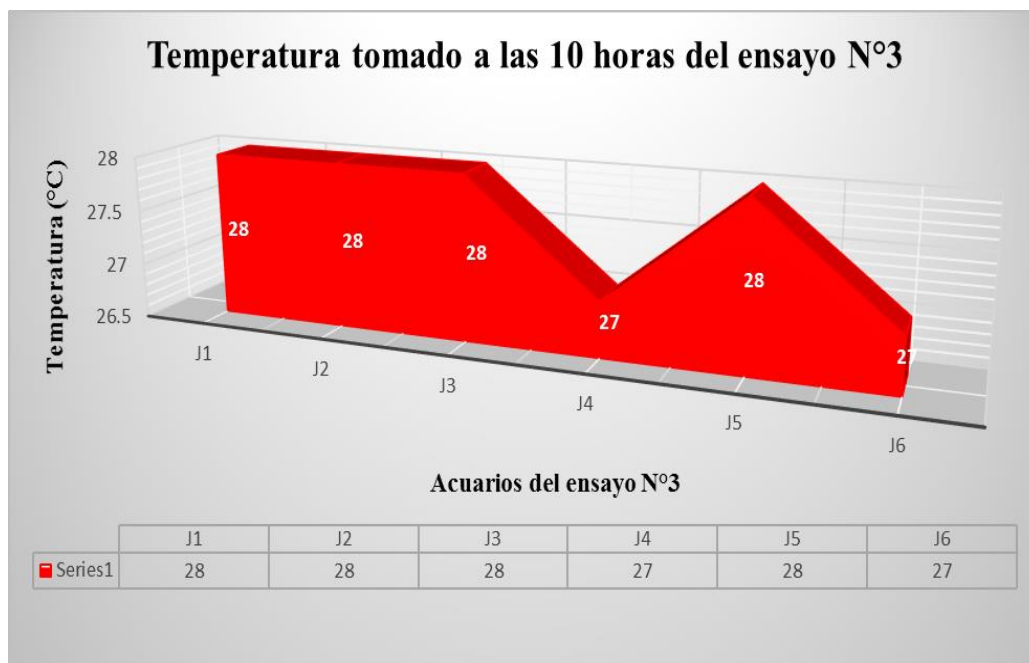


Figura 364. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°3.

Tabla 129

Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°3

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	6	28	
J3	7	28	
J4	6	27	
J5	7	28	
J6	6	26	

Fuente: Elaboración propia

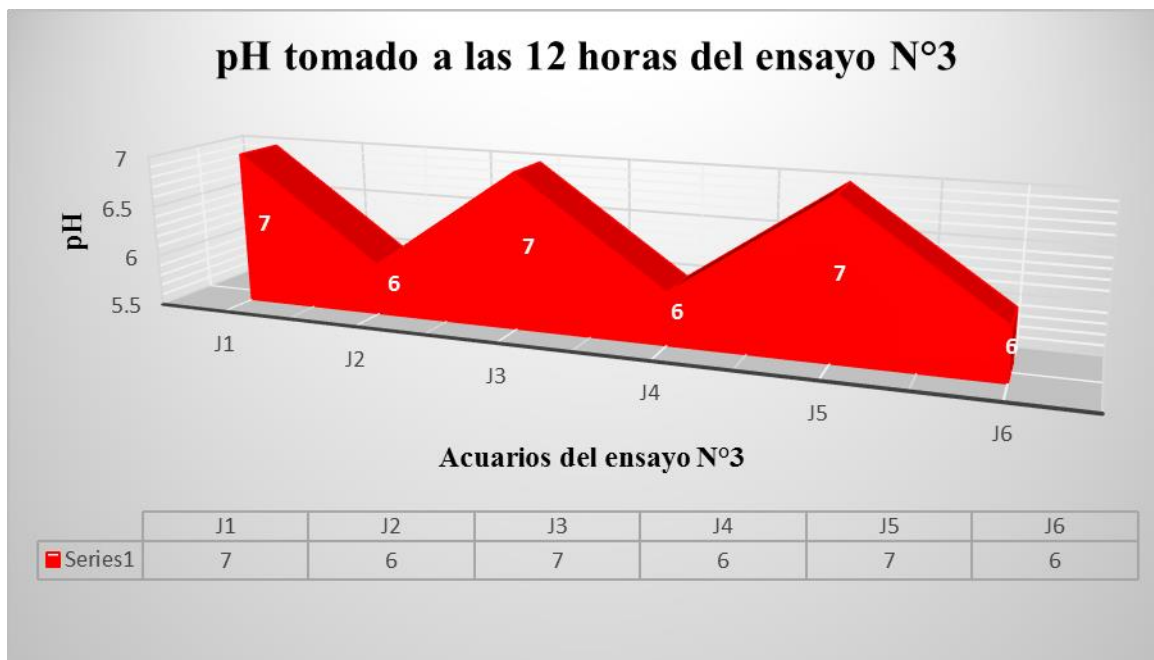


Figura 365. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°3.

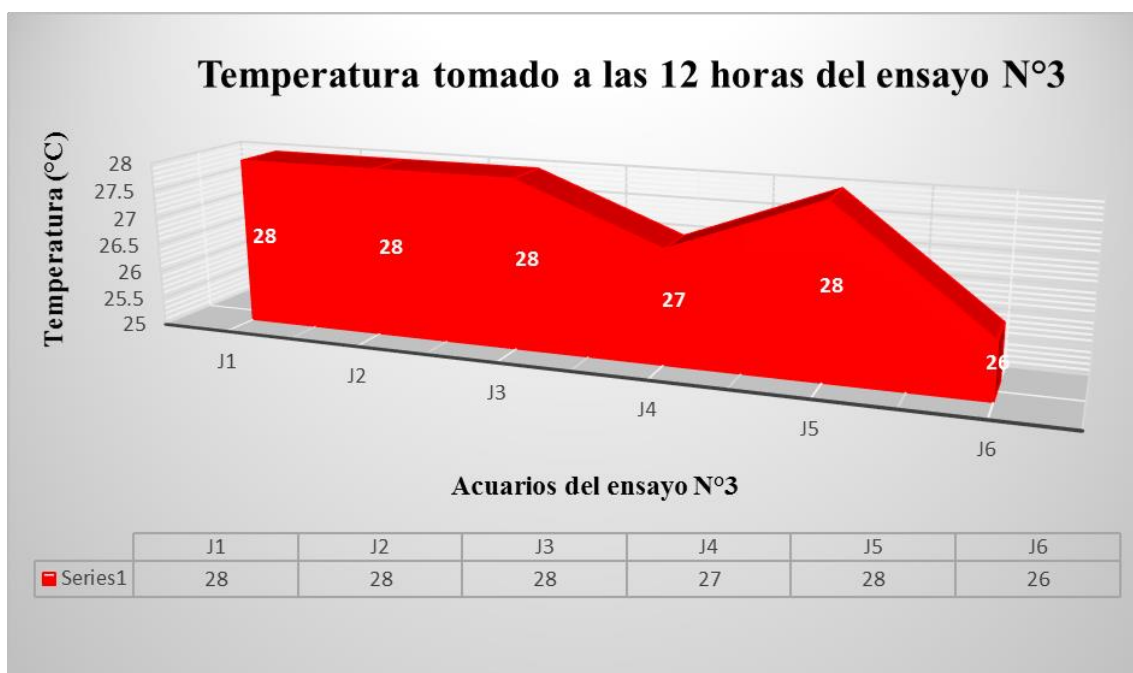


Figura 366. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°3.

Tabla 130

Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°3

Ensayo N°3 24 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	28	
J3	6	28	
J4	6	28	
J5	7	28	
J6	6	28	

Fuente: Elaboración propia

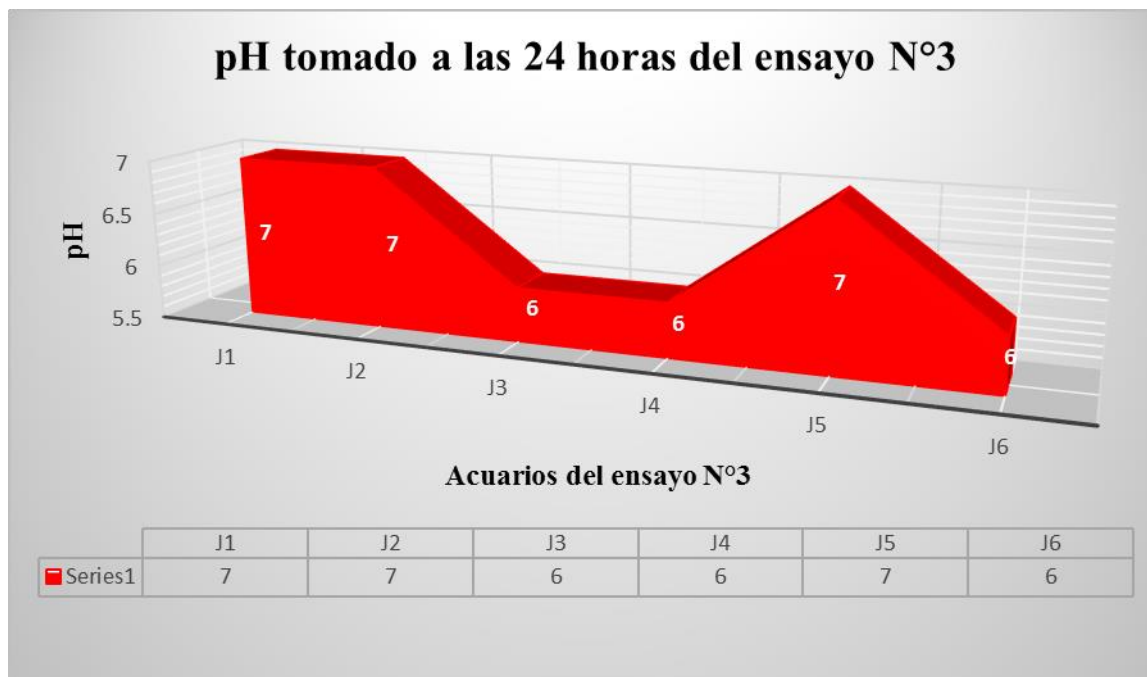


Figura 367. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°3

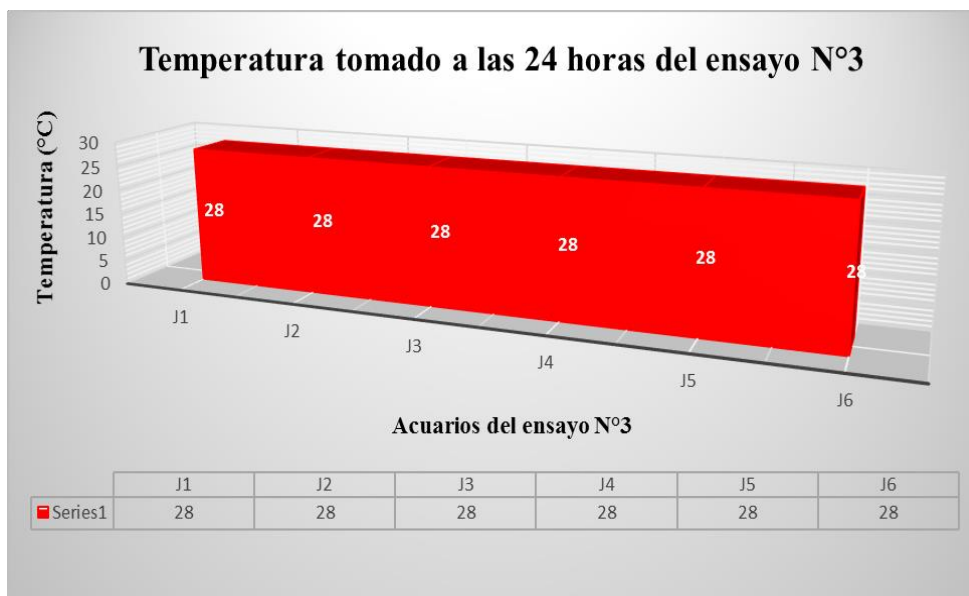


Figura 368. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°3

Tabla 131

Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°3

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	29	
J3	7	28	
J4	7	28	
J5	7	28	
J6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

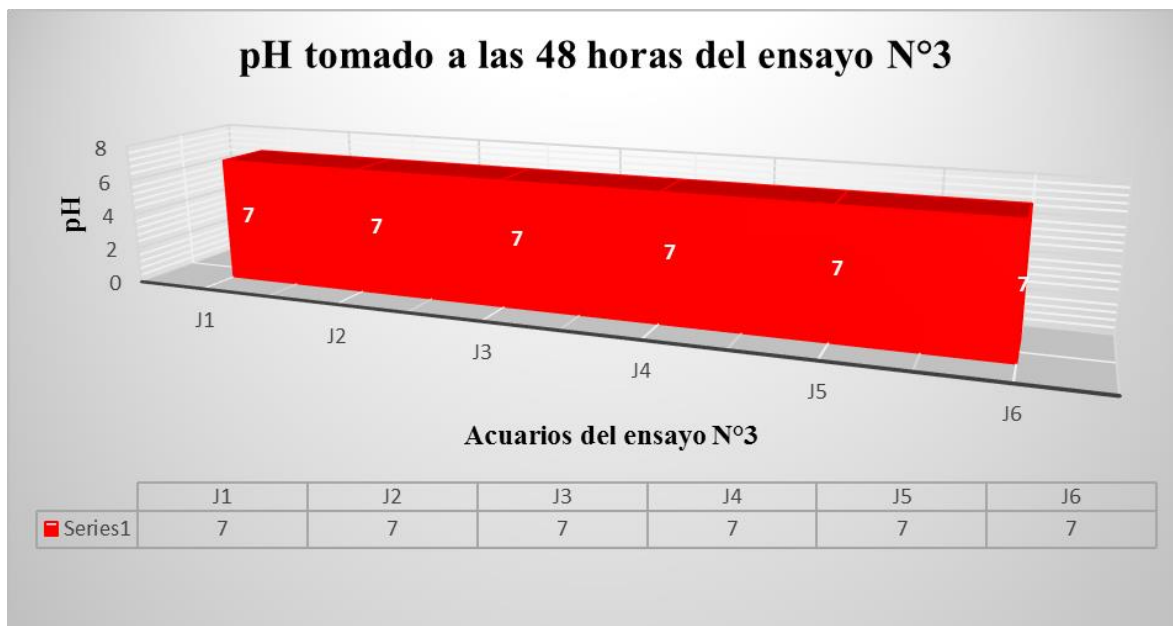


Figura 369. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°3.

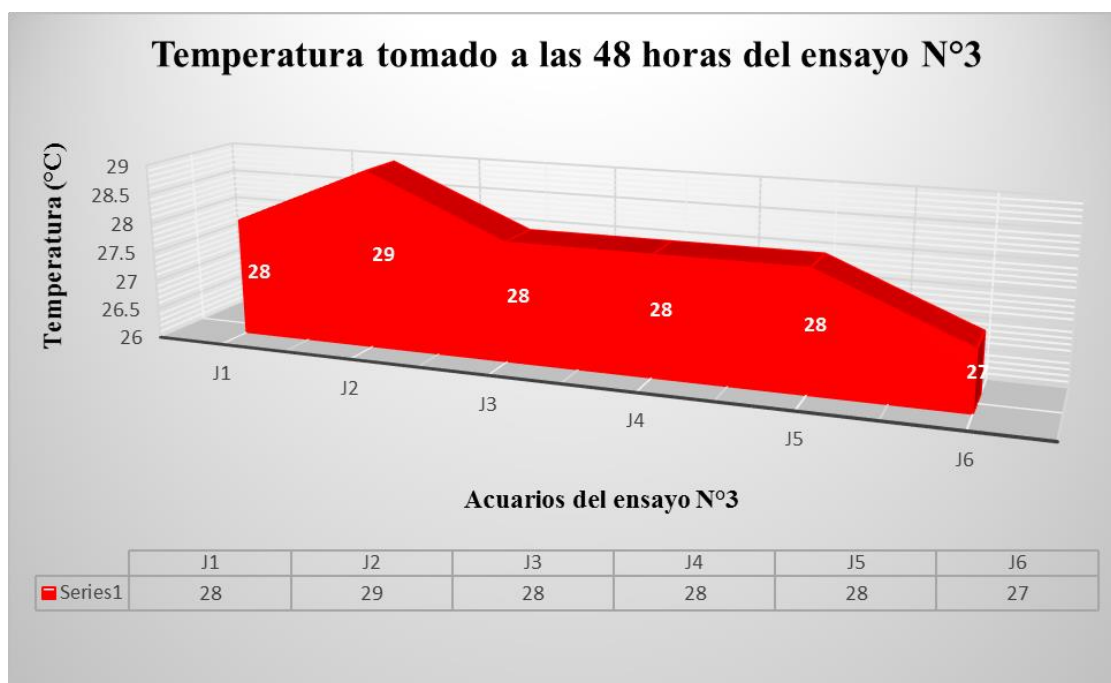


Figura 370. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°3.

Tabla 132

Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°3

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	29	
J3	7	28	
J4	7	28	
J5	7	28	
J6	7	27	

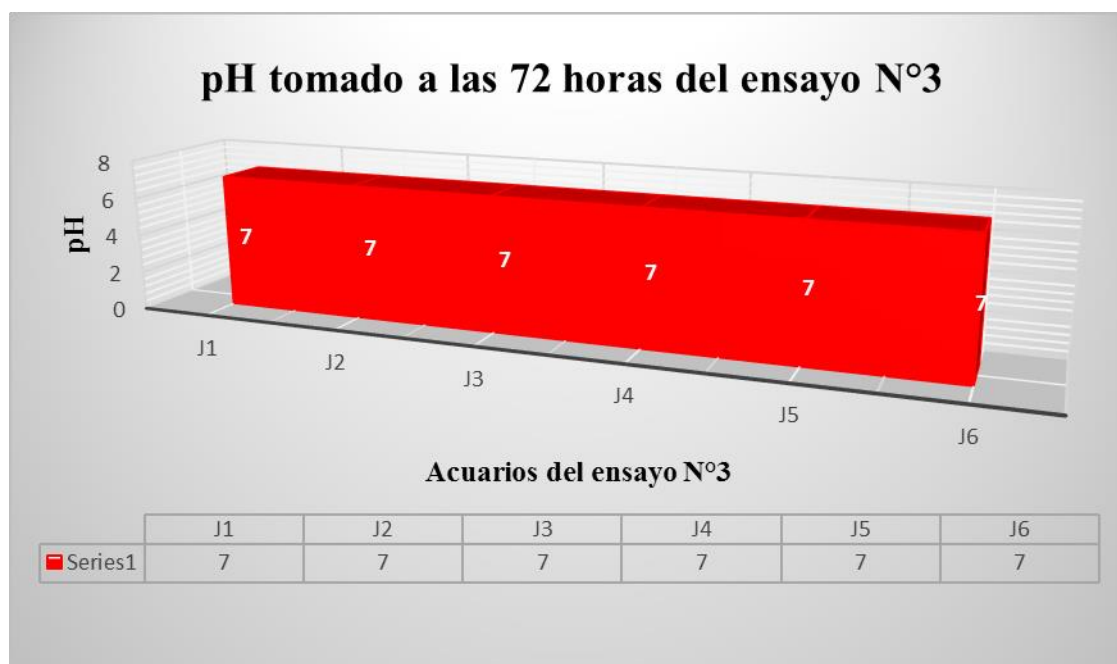


Figura 371. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°3

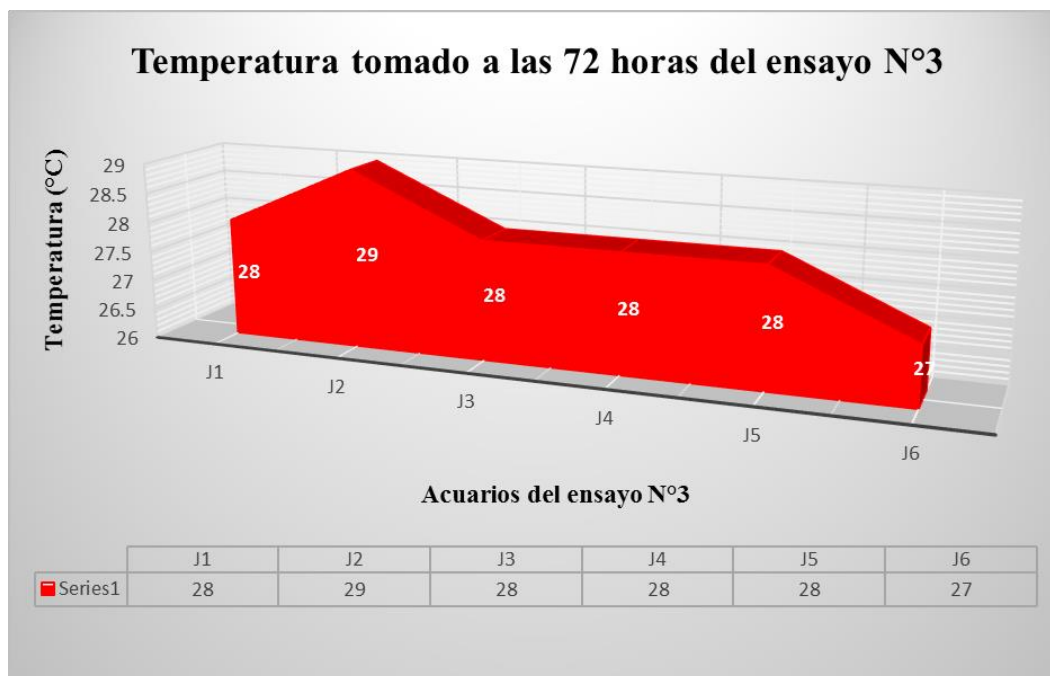


Figura 372. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°3

Tabla 133

Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°3

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
J1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
J2	7	28	
J3	7	28	
J4	7	27	
J5	7	27	
J6	7	27	

Fuente: Elaboración propia

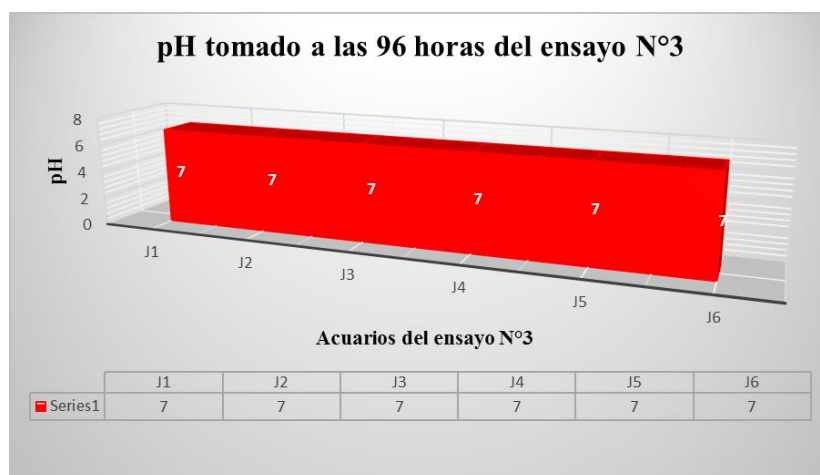


Figura 373. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°3

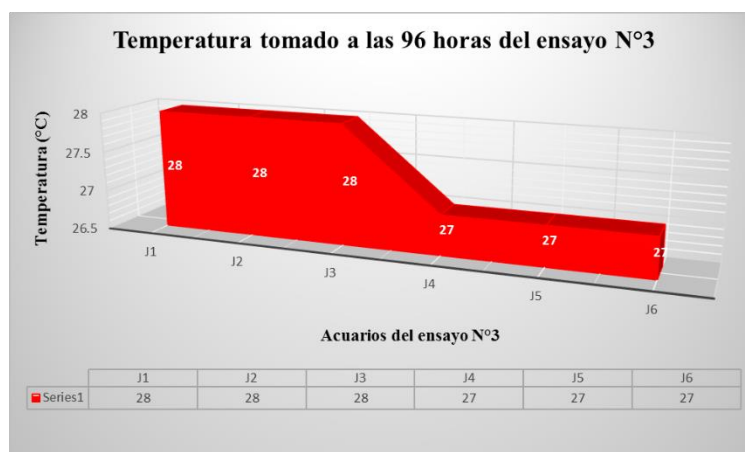


Figura 374. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°3³

³ El oxígeno disuelto (O₂) fue tomado con el multiparametro de la marca HACH (HQ 40d) y este oscilo de 7,49 mg/l a 7,58 mg/l en los acuarios J1, J2, J3, J4, J5 y J6 encontrándose dentro del rango establecido por el D.S 004-2017 MINAM

Tabla 134
Control del ensayo N°3 por horas

ENSAYO N°3						
Hora	Acuario J1	Acuario J2	Acuario J3	Acuario J4	Acuario J5	Acuario J6
	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
	0	1	3	5	7	9
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	0	0	3
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	4	2	2
10	0	0	0	2	0	0
12	0	0	0	1	0	0
24	0	0	0	1	1	0
48	0	0	1	0	0	0
72	0	0	0	1	0	0
96	0	0	0	0	0	0
N° de peces muertos a las 96 horas	0	0	1	9	5	7
% de mortalidad a las 96 horas	0%	0%	10%	90%	50%	70%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 135
Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°3

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	0
J5	7	0
J6	9	0

Fuente: Elaboración propia

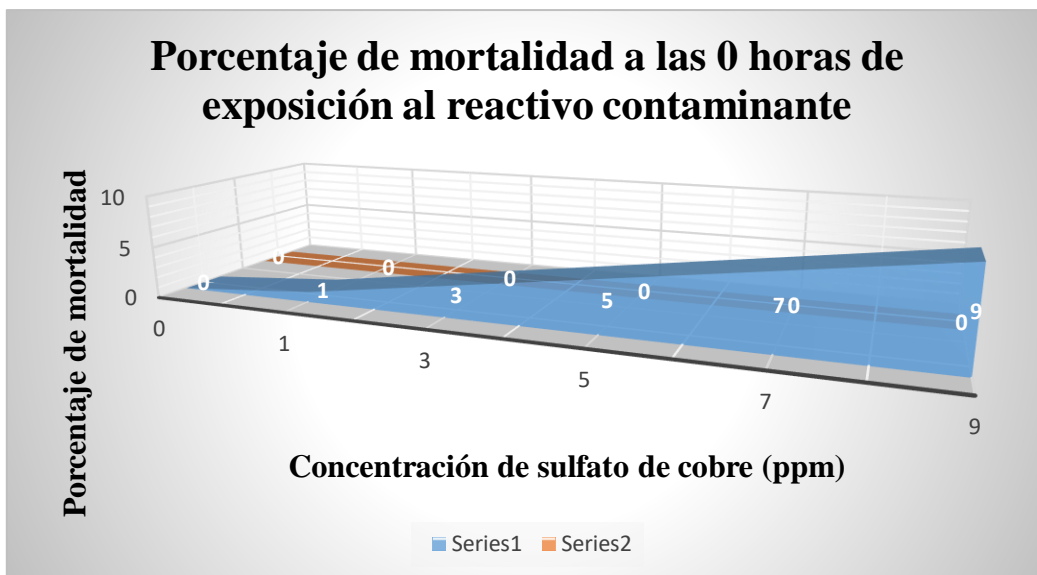


Figura 375. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 136

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°3

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	100
J5	7	100
J6	9	100

Fuente: Elaboración propia

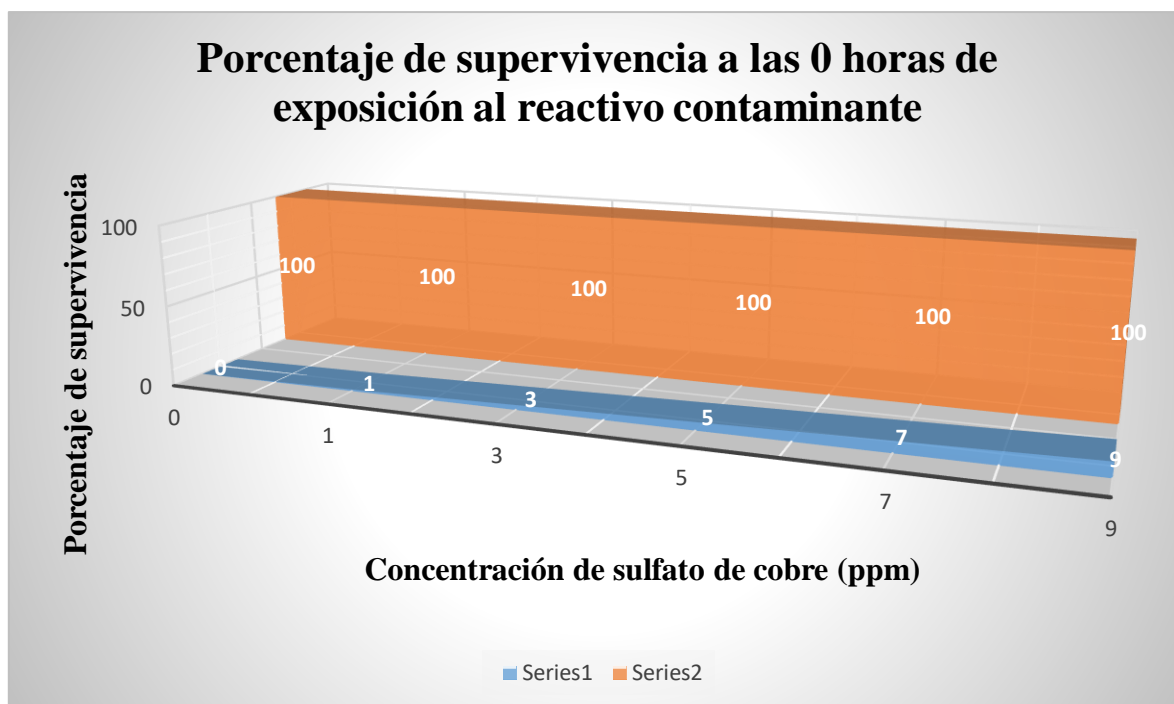


Figura 376. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 137

Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora del ensayo N°3

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	0
J5	7	10
J6	9	10

Fuente: Elaboración propia

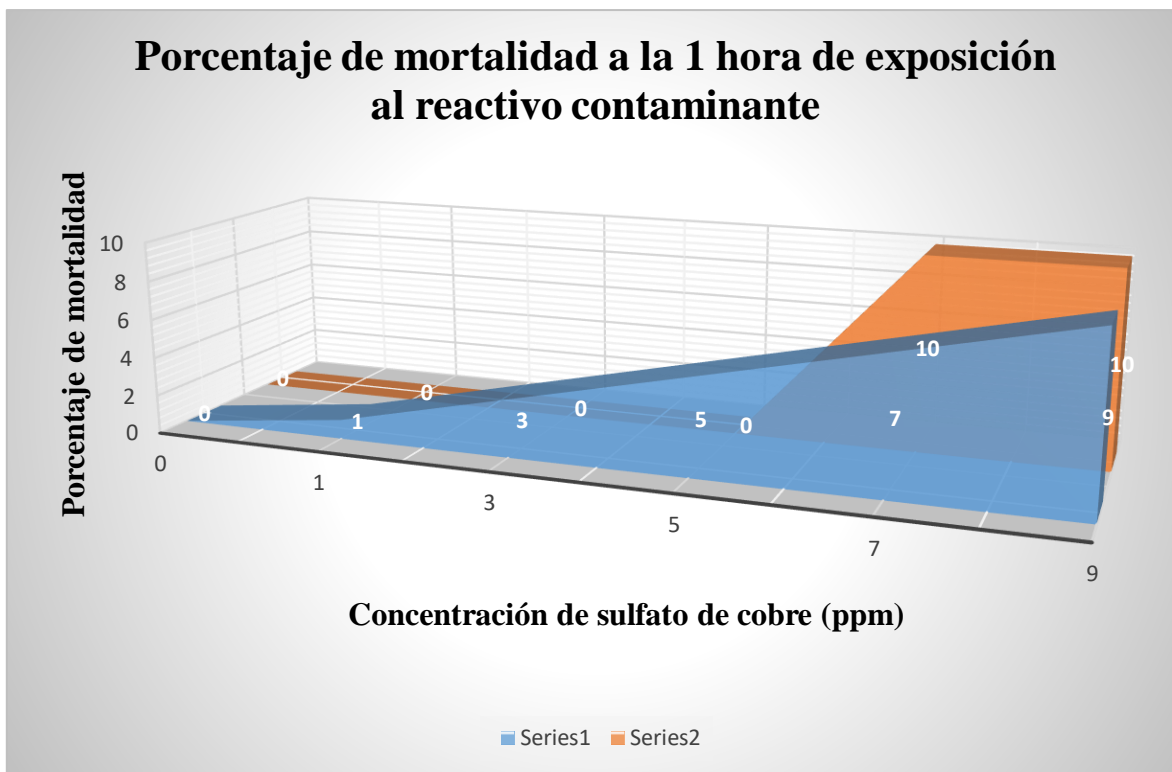


Figura 377. Porcentaje de mortalidad a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 138

Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora del ensayo N°3

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	100
J5	7	90
J6	9	90

Fuente: Elaboración propia

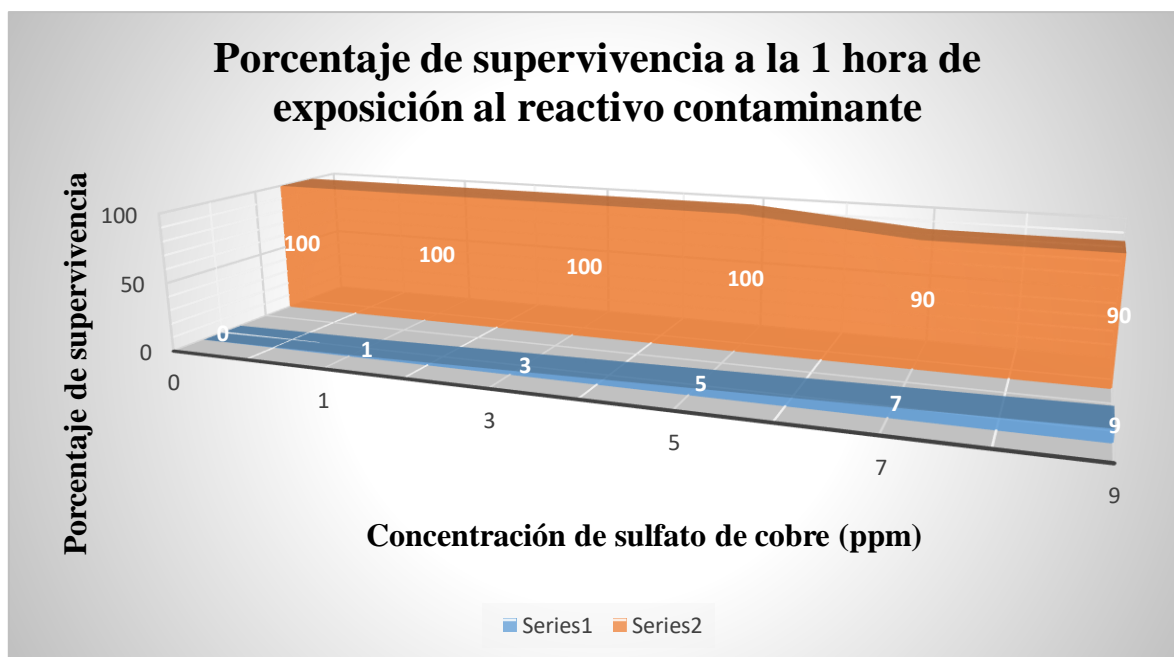


Figura 378. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 139

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	0
J5	7	10
J6	9	40

Fuente: Elaboración propia

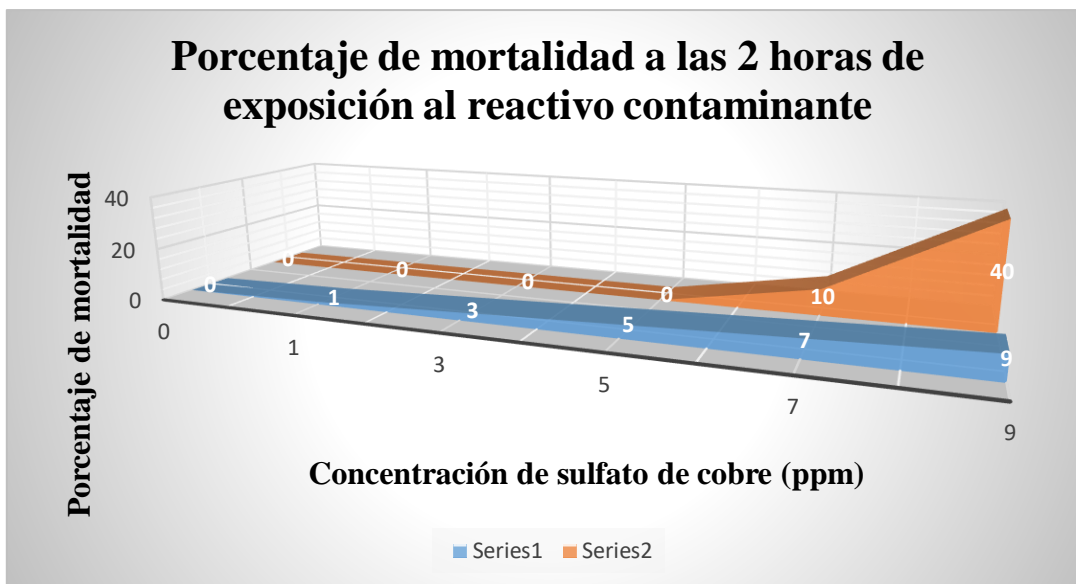


Figura 379. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 140

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	100
J5	7	90
J6	9	60

Fuente: Elaboración propia

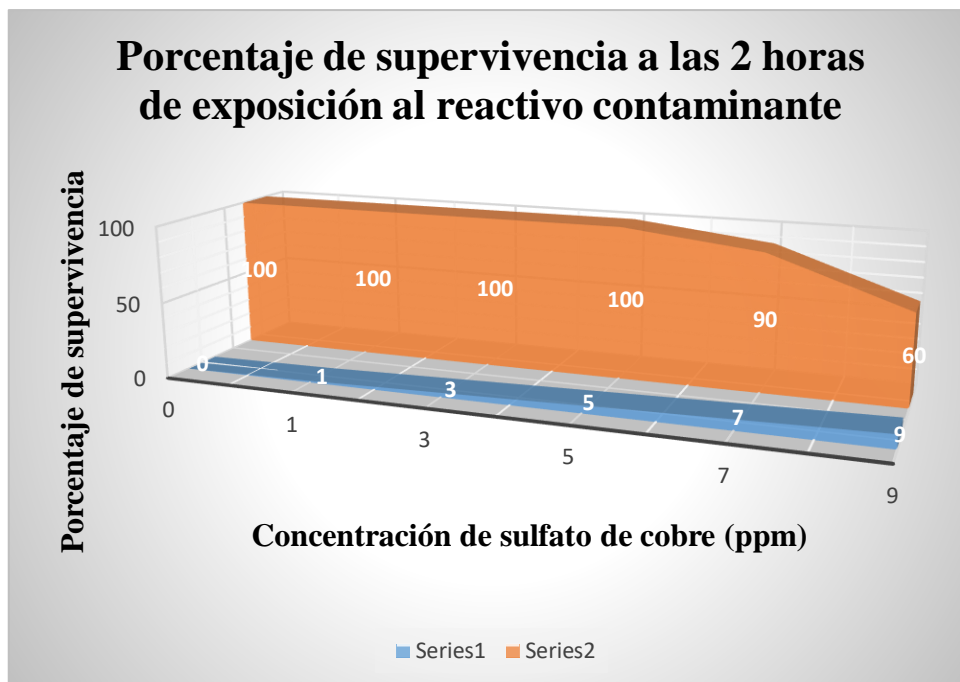


Figura 380. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 141

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	0
J5	7	20
J6	9	40

Fuente: Elaboración propia

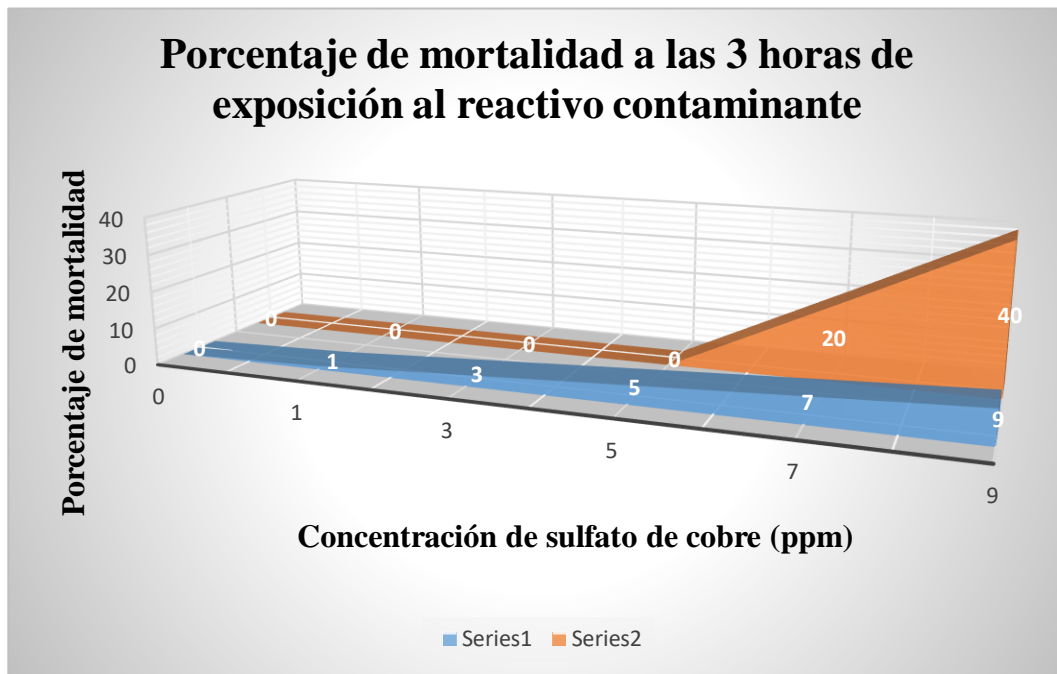


Figura 381. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 142

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	100
J5	7	80
J6	9	60

Fuente: Elaboración propia

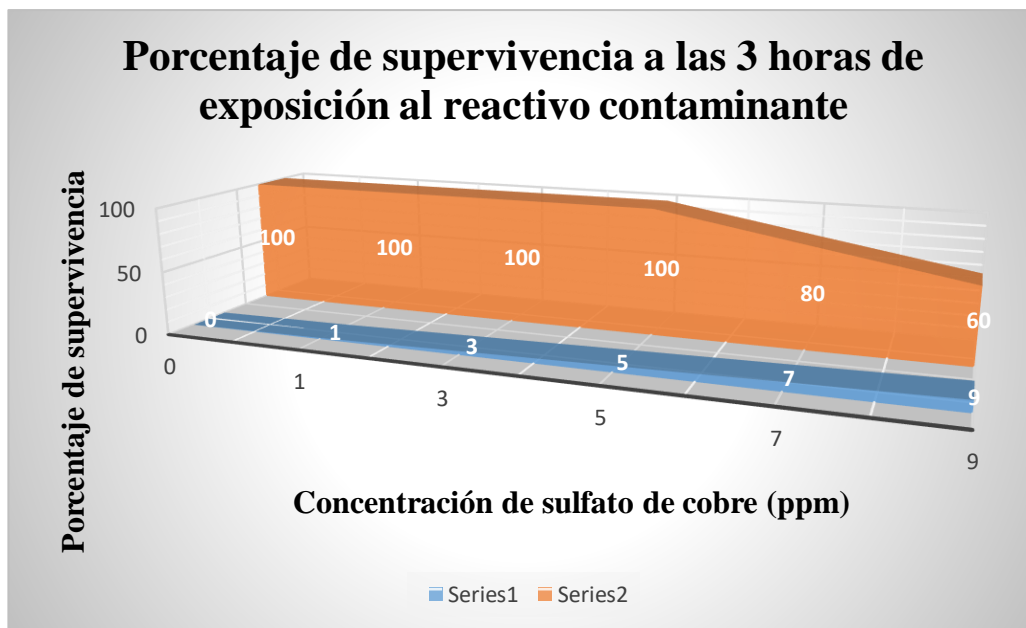


Figura 382. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 143

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 4 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	0
J5	7	20
J6	9	50

Fuente: Elaboración propia

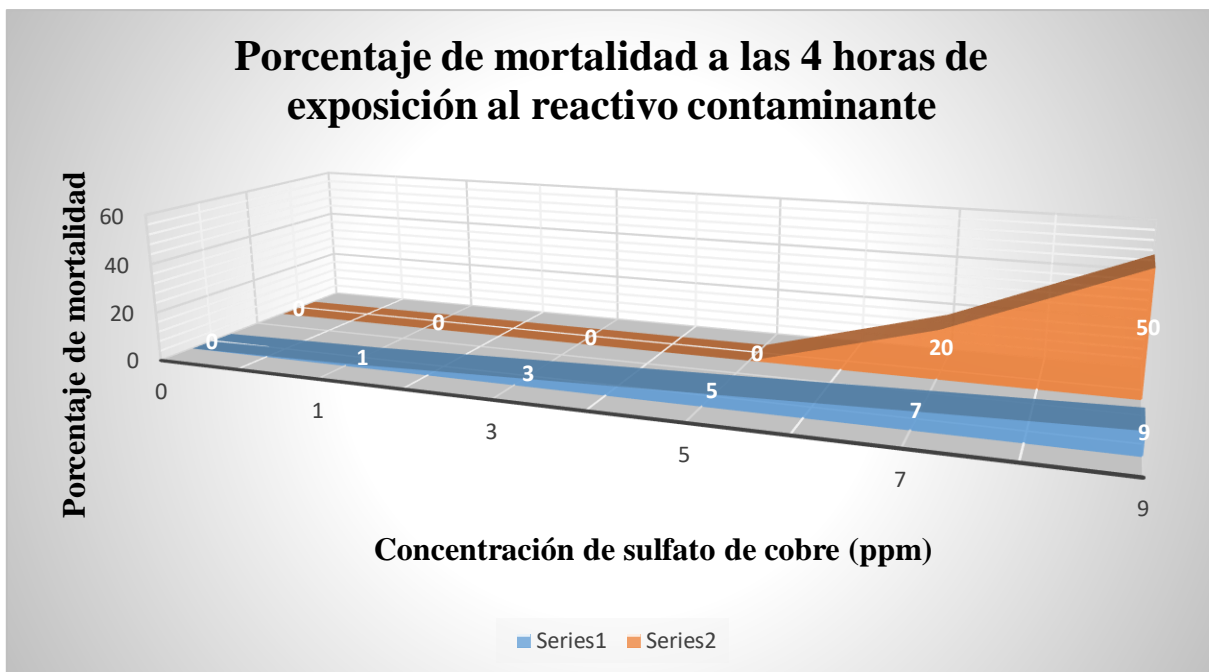


Figura 383. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 144

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 4 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y %supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	100
J5	7	80
J6	9	50

Fuente: Elaboración propia

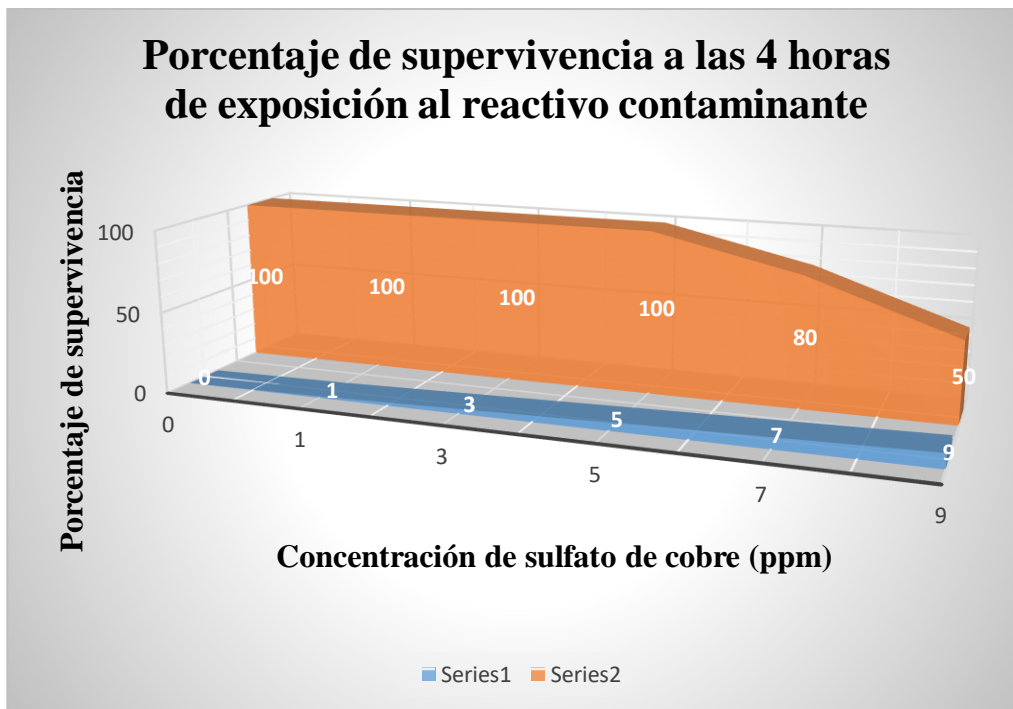


Figura 384. Porcentaje de supervivencia a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 145

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	40
J5	7	40
J6	9	70

Fuente: Elaboración propia

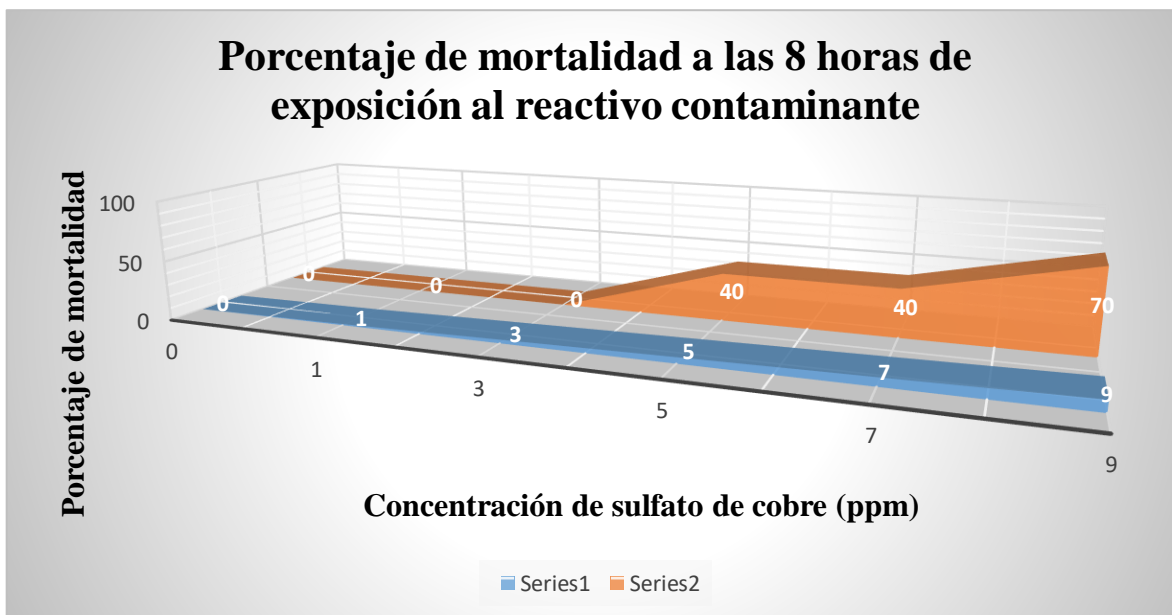


Figura 385. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 146

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	60
J5	7	60
J6	9	30

Fuente: Elaboración propia

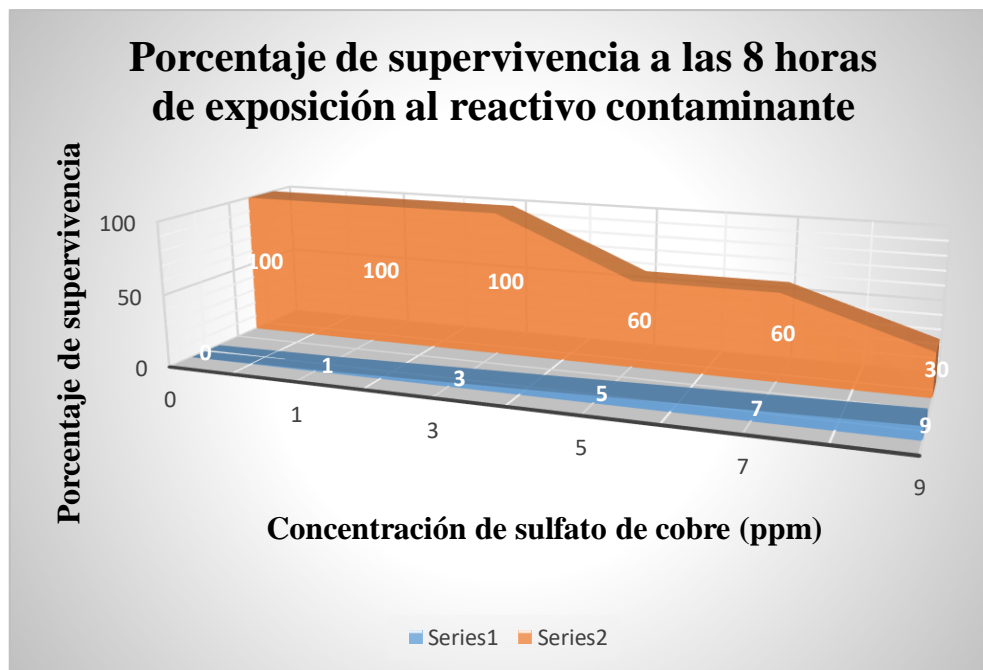


Figura 386. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 147

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	60
J5	7	40
J6	9	70

Fuente: Elaboración propia

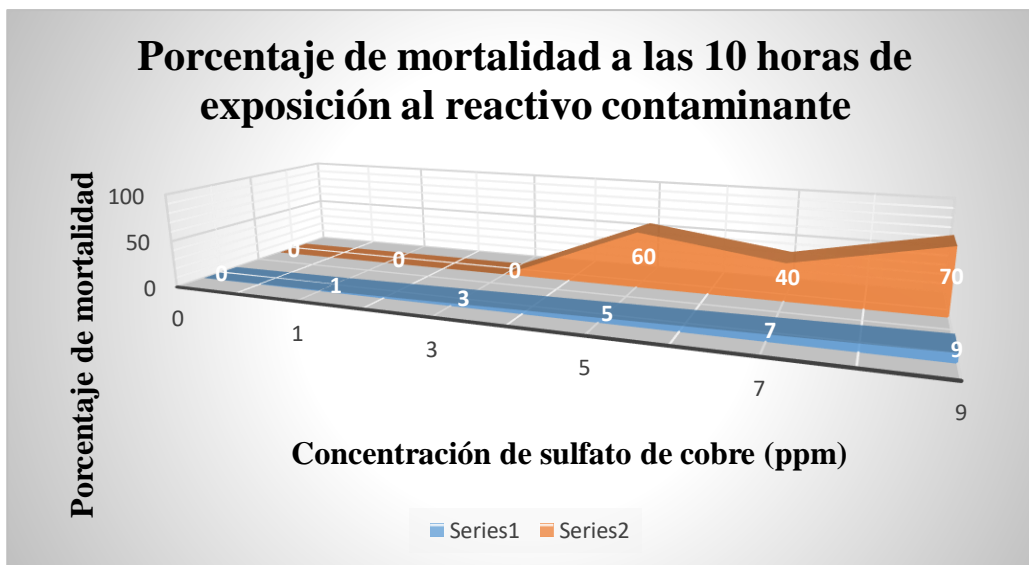


Figura 387. Porcentaje de mortalidad a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 148

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	40
J5	7	60
J6	9	30

Fuente: Elaboración propia

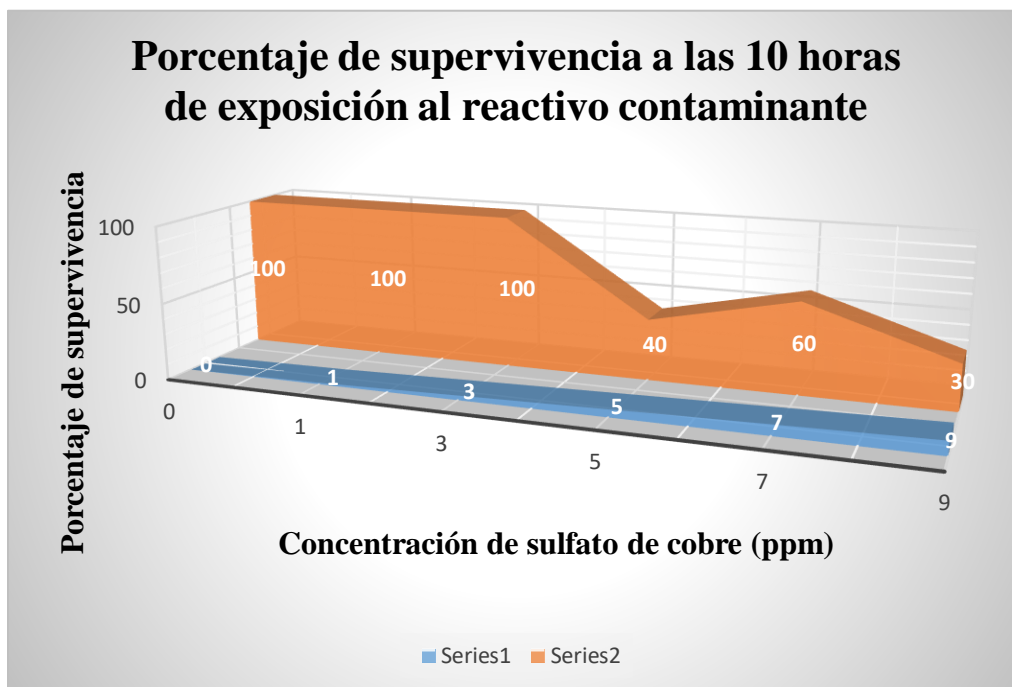


Figura 388. Porcentaje de supervivencia a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 149

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	70
J5	7	40
J6	9	70

Fuente: Elaboración propia

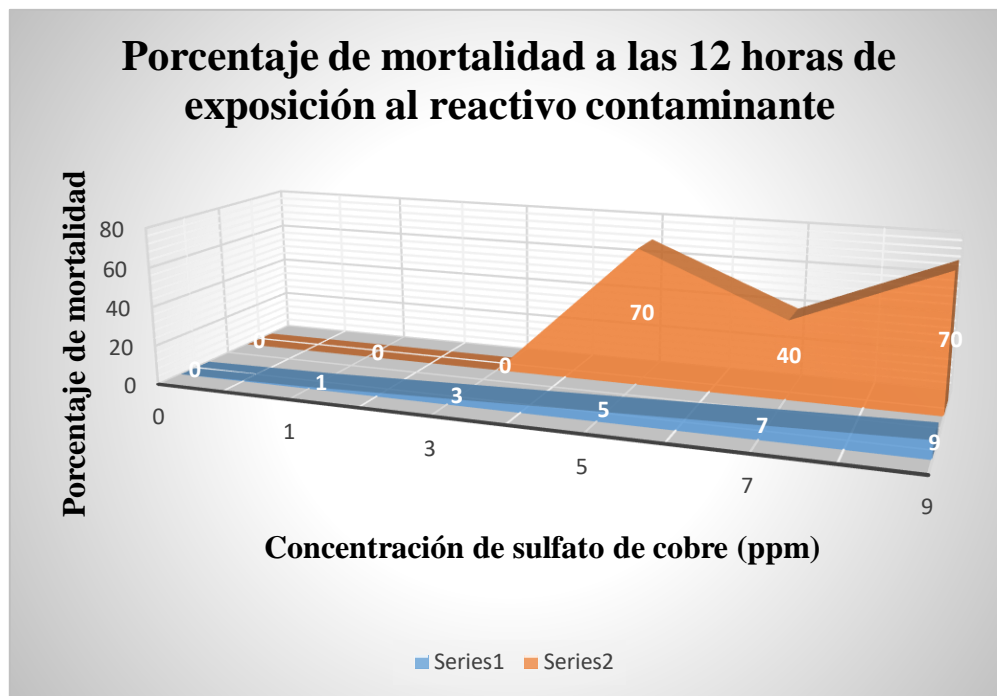


Figura 389. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 150

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	30
J5	7	60
J6	9	30

Fuente: Elaboración propia

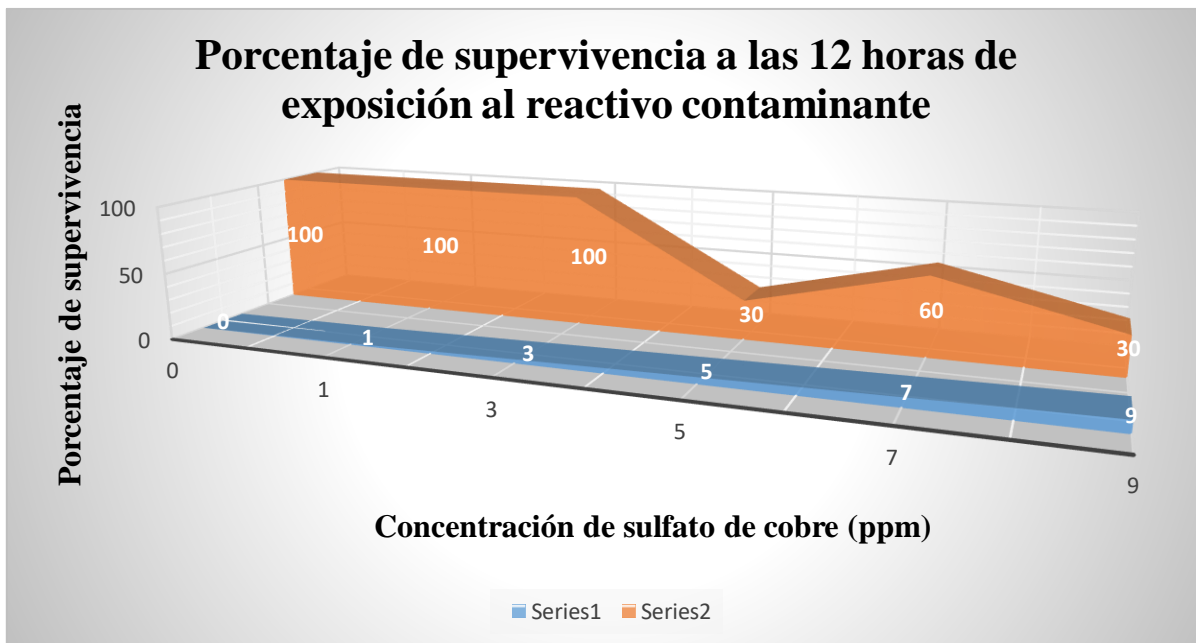


Figura 390. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 151

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	0
J4	5	80
J5	7	50
J6	9	70

Fuente: Elaboración propia

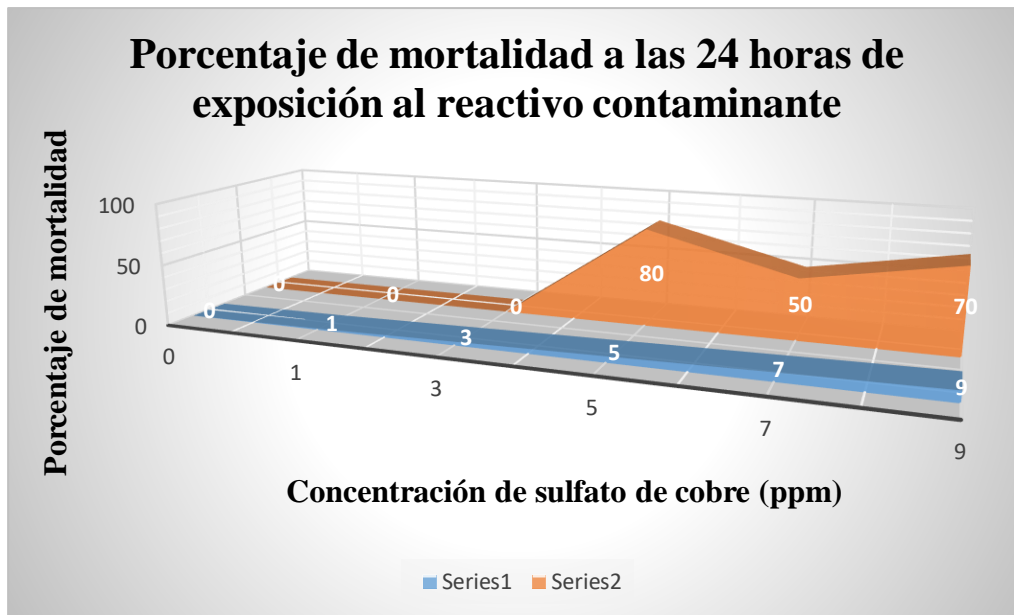


Figura 391. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 152

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	100
J4	5	20
J5	7	50
J6	9	30

Fuente: Elaboración propia

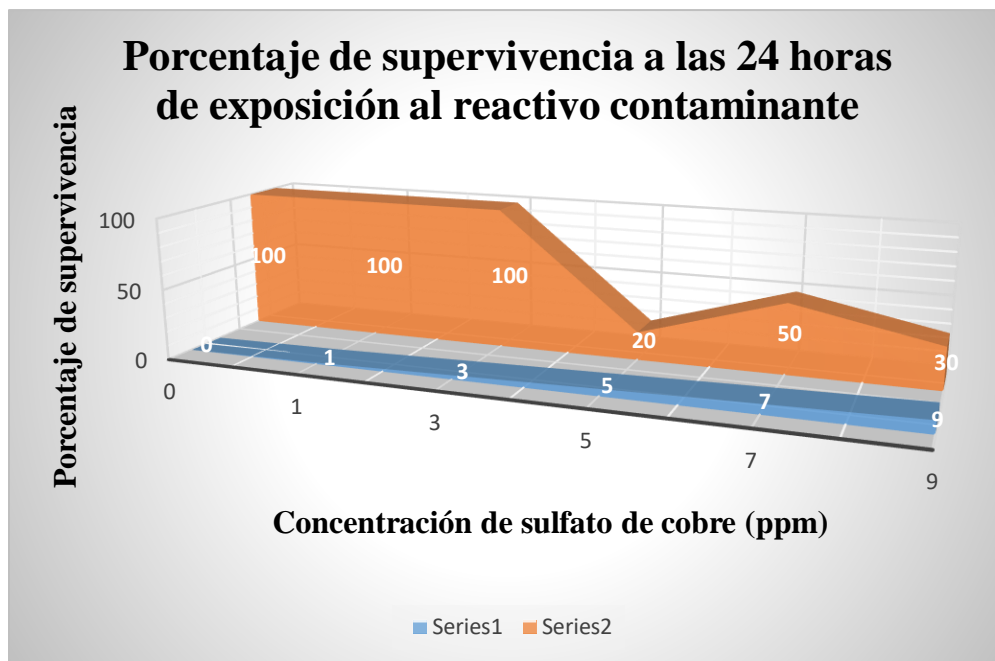


Figura 392. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 153

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	10
J4	5	80
J5	7	50
J6	9	70

Fuente: Elaboración propia

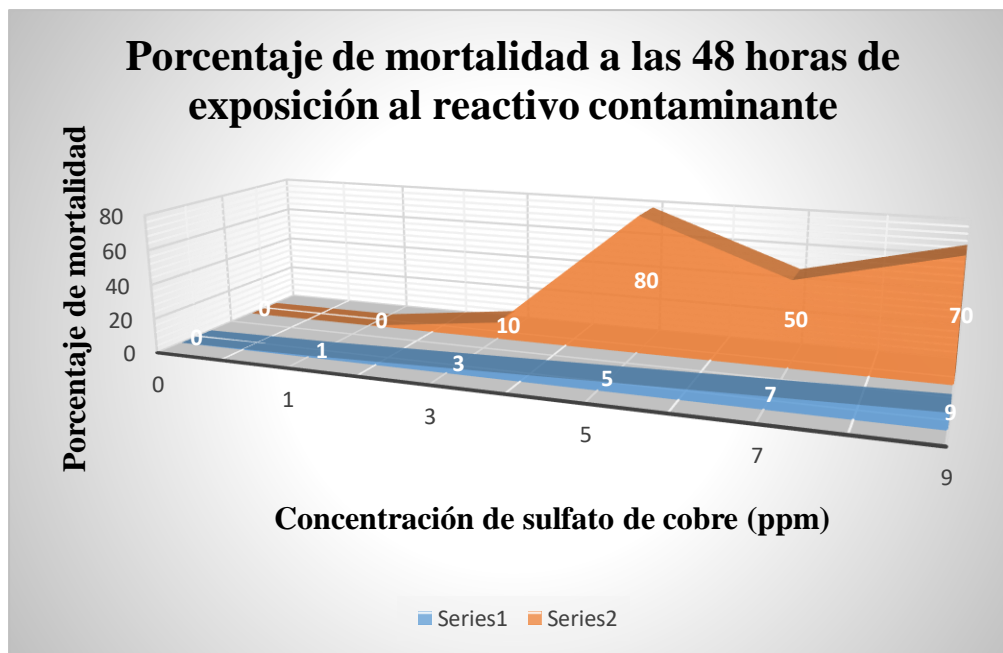


Figura 393. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 154

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	90
J4	5	20
J5	7	50
J6	9	30

Fuente: Elaboración propia

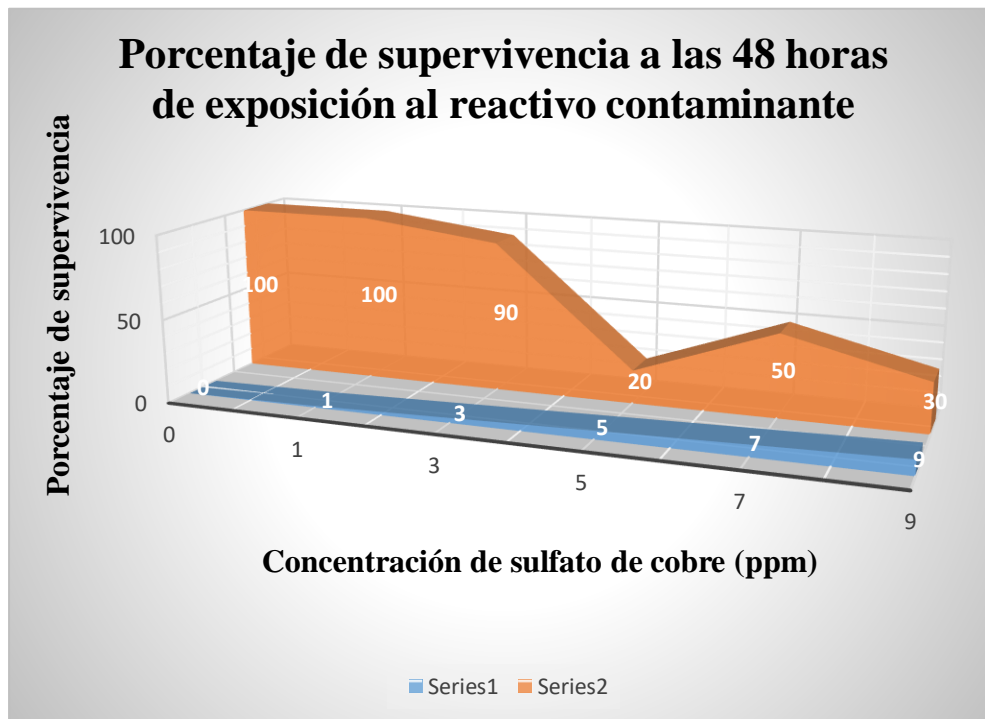


Figura 394. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 155

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	10
J4	5	90
J5	7	50
J6	9	70

Fuente: Elaboración propia

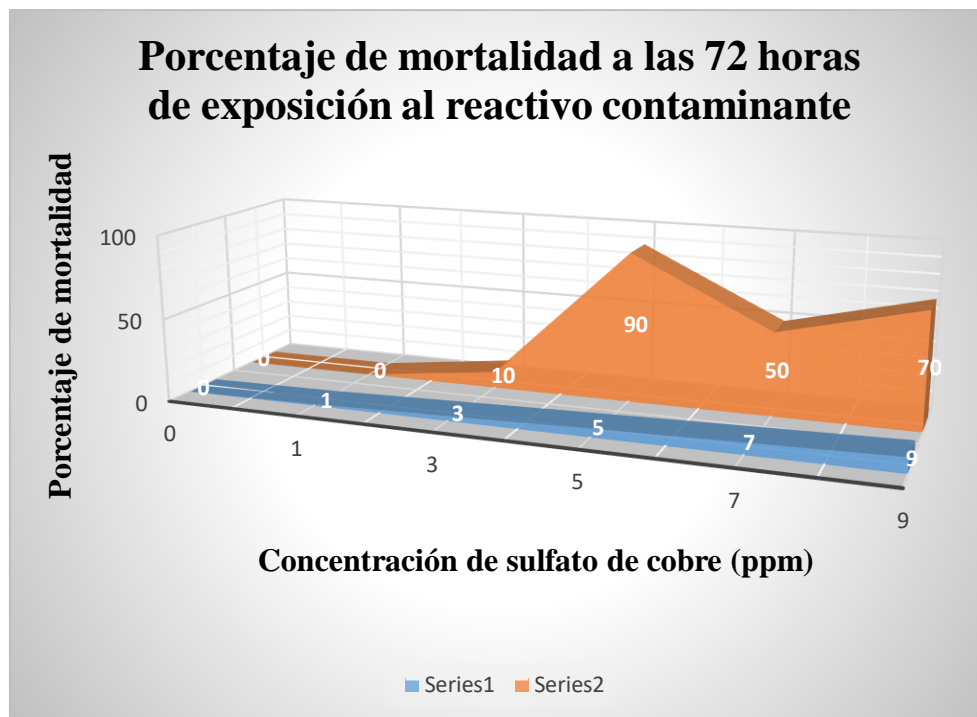


Figura 395. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 156

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	90
J4	5	10
J5	7	50
J6	9	30

Fuente: Elaboración propia

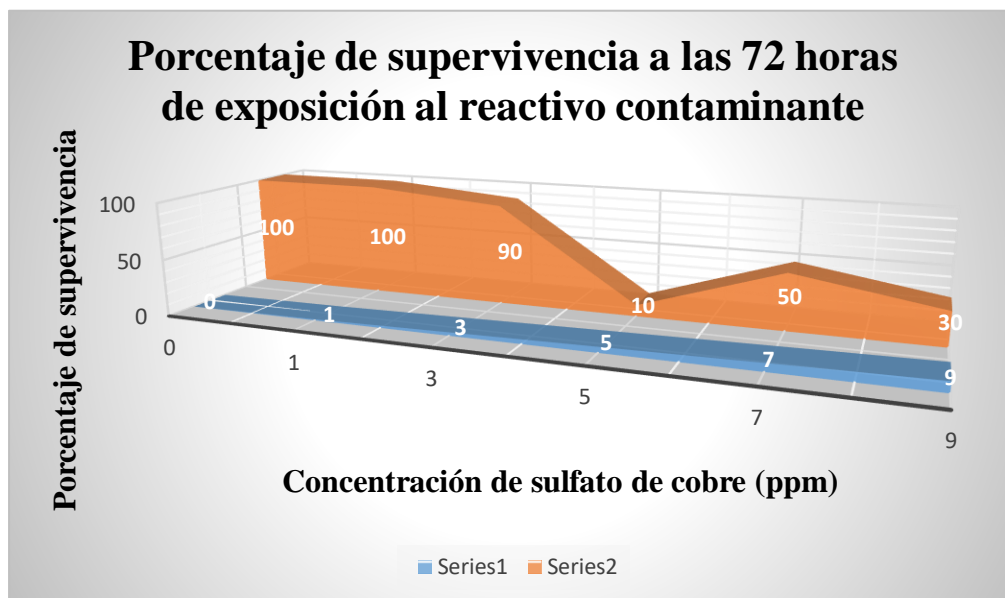


Figura 396. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 157

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
J1	0	0
J2	1	0
J3	3	10
J4	5	90
J5	7	50
J6	9	70

Fuente: Elaboración propia

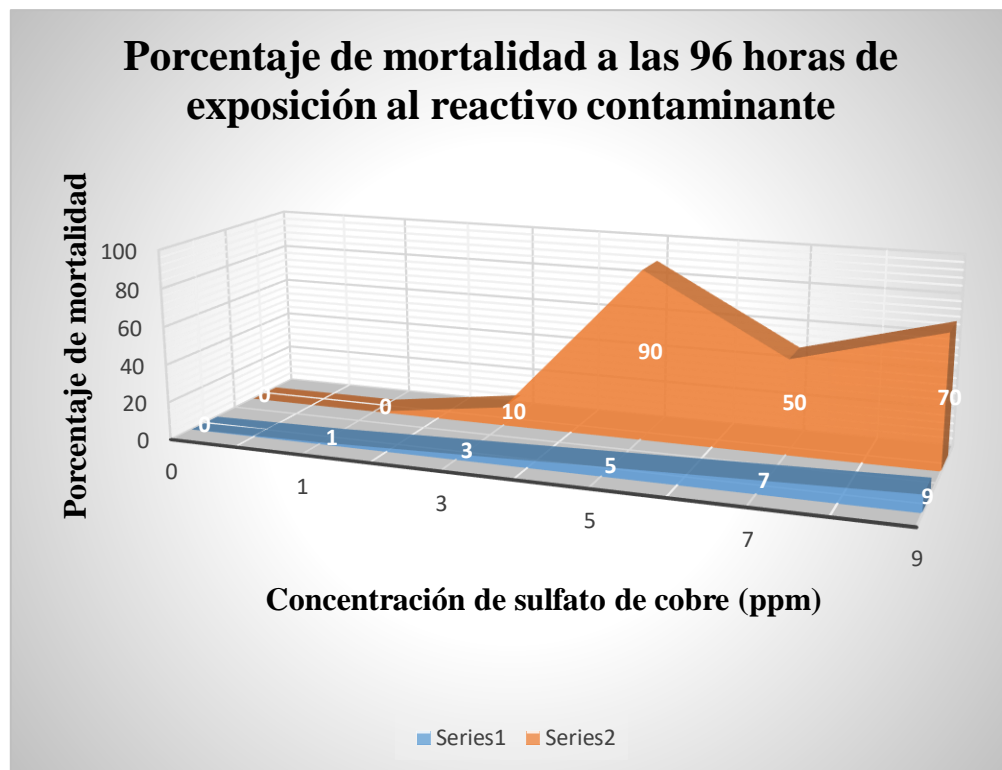


Figura 397. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 158

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas del ensayo N°3

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
J1	0	100
J2	1	100
J3	3	90
J4	5	10
J5	7	50
J6	9	30

Fuente: Elaboración propia

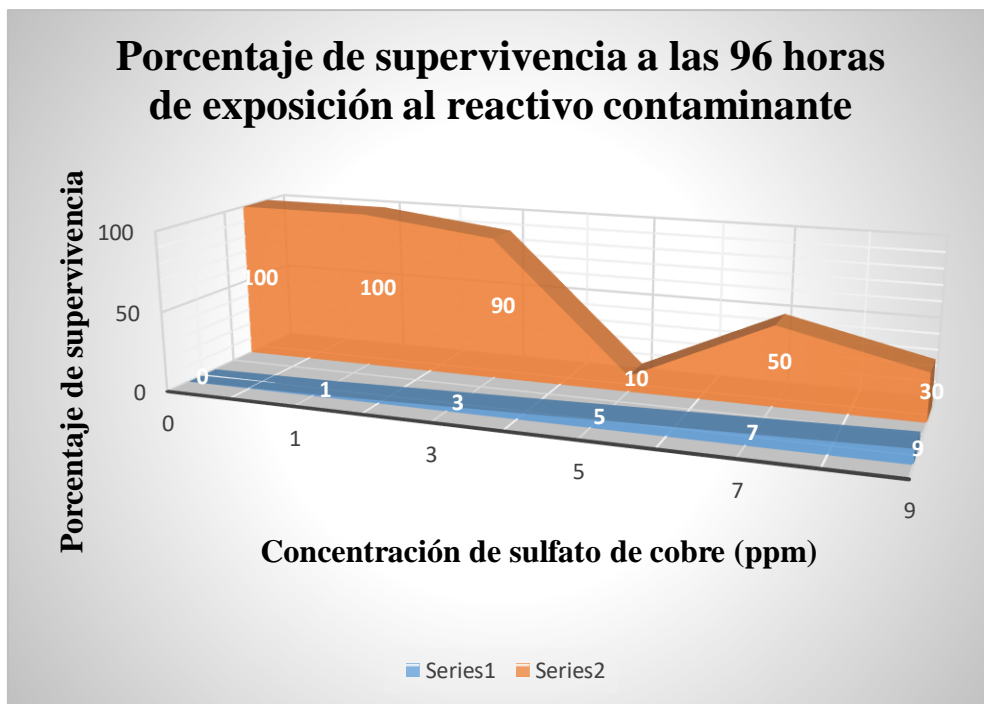


Figura 398. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.

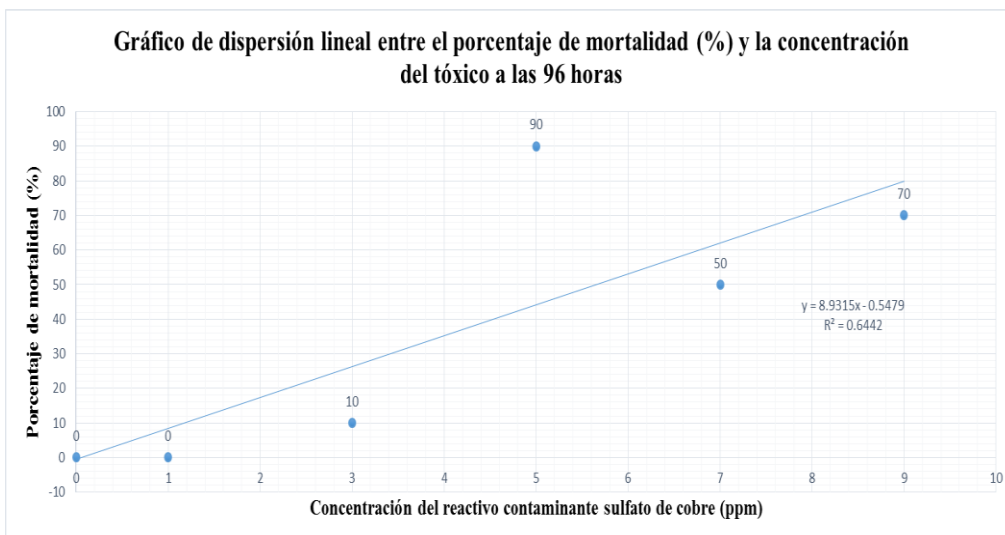


Figura 399. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

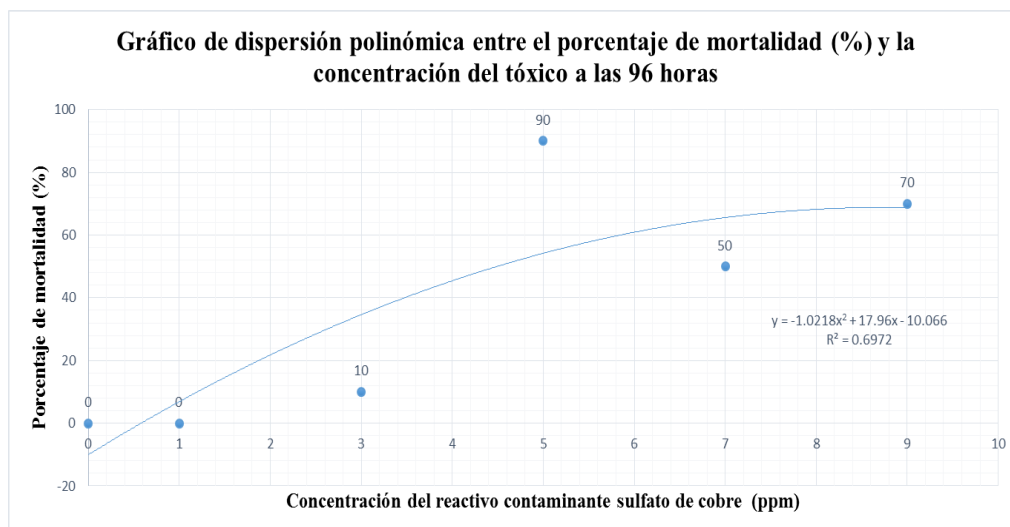


Figura 400. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

4.2.5 Ensayo N°4

Tabla 159

Parámetros tomados a las 0 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4			
0 hora			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	7	26	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	7	23	
K3	7	23	
K4	7	23	
K5	7	23	
K6	7	24	

Fuente: Elaboración propia

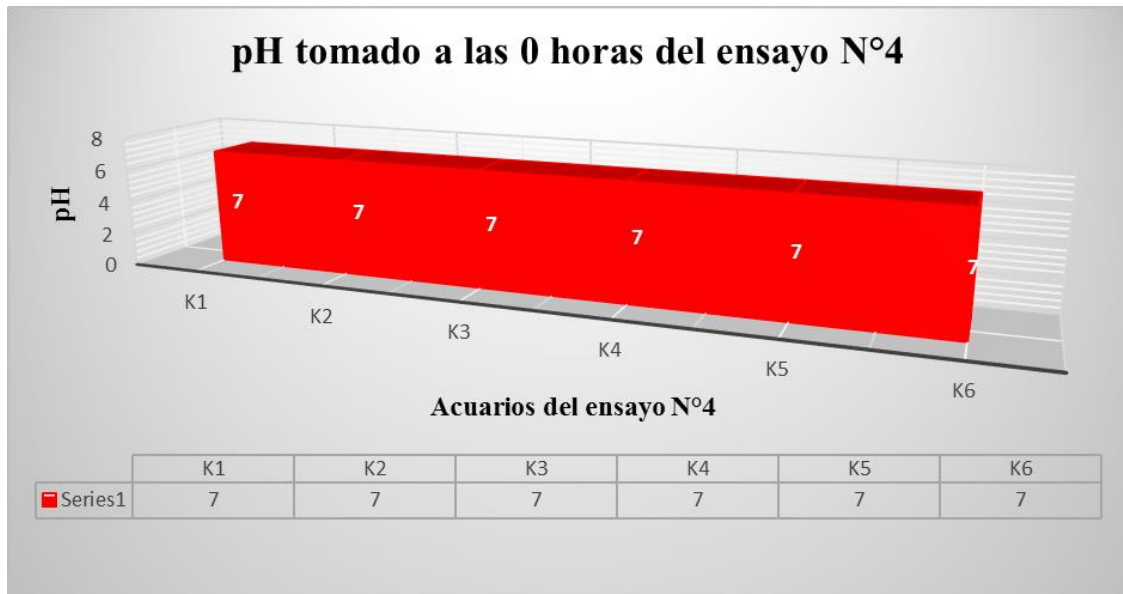


Figura 401. pH tomado a las 0 horas del ensayo N°4.

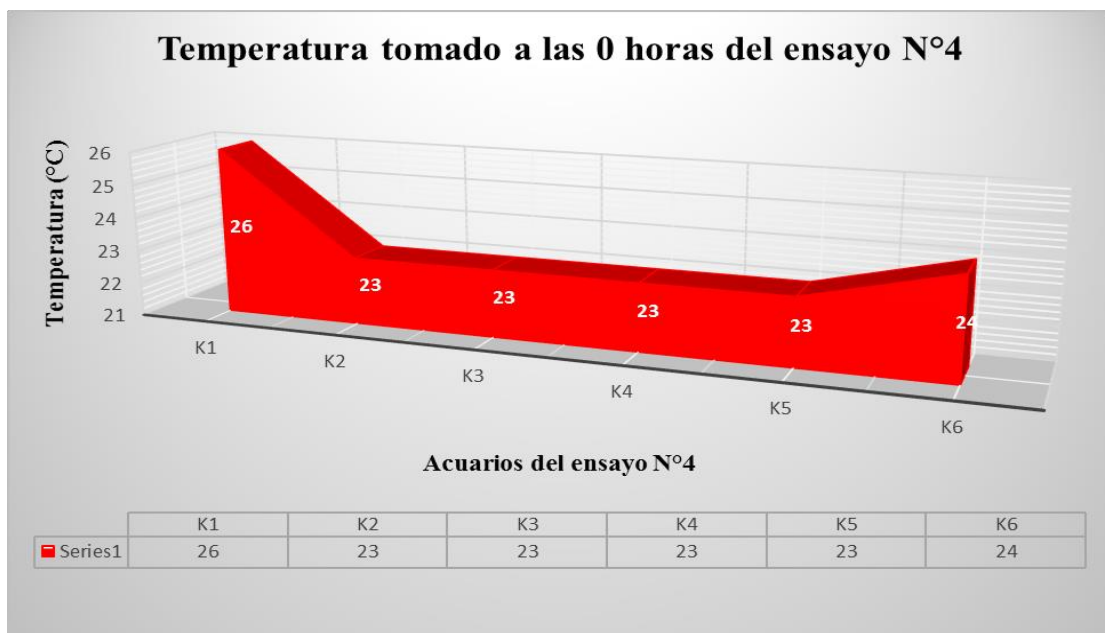


Figura 402. Temperatura tomado a las 0 horas del ensayo N°4.

Tabla 160

Parámetros tomados a la 1 hora del ensayo N°4

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	23	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	24	
K3	8	25	
K4	7	23	
K5	7	25	
K6	7	23	

Fuente: Elaboración propia

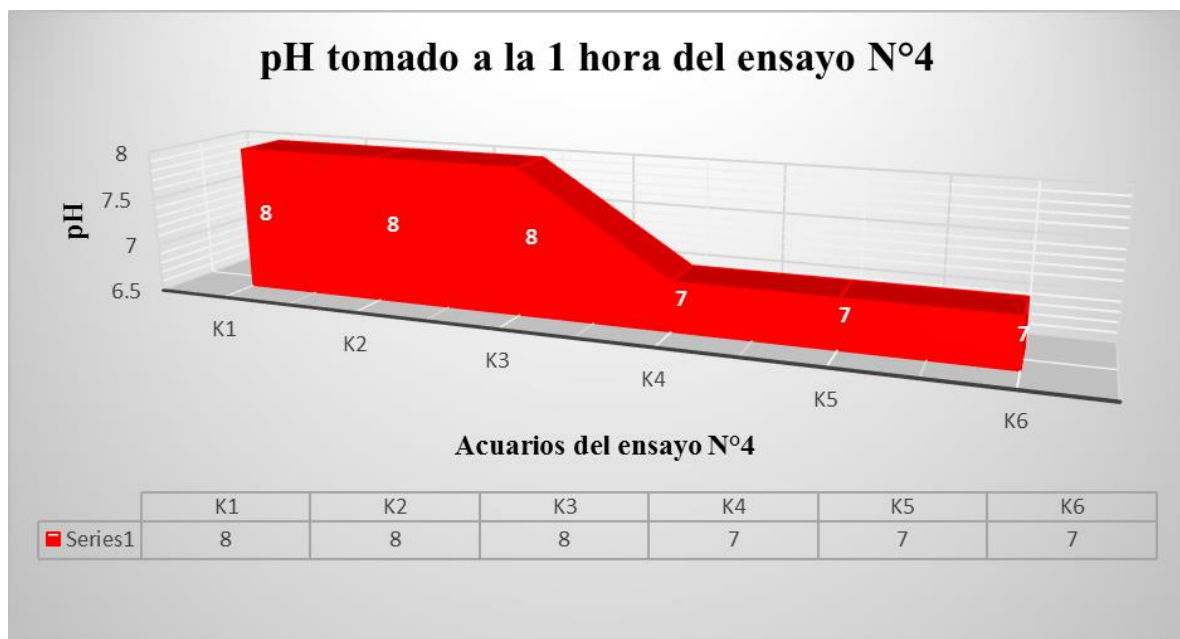


Figura 403. pH tomado a la 1 hora del ensayo N°4.

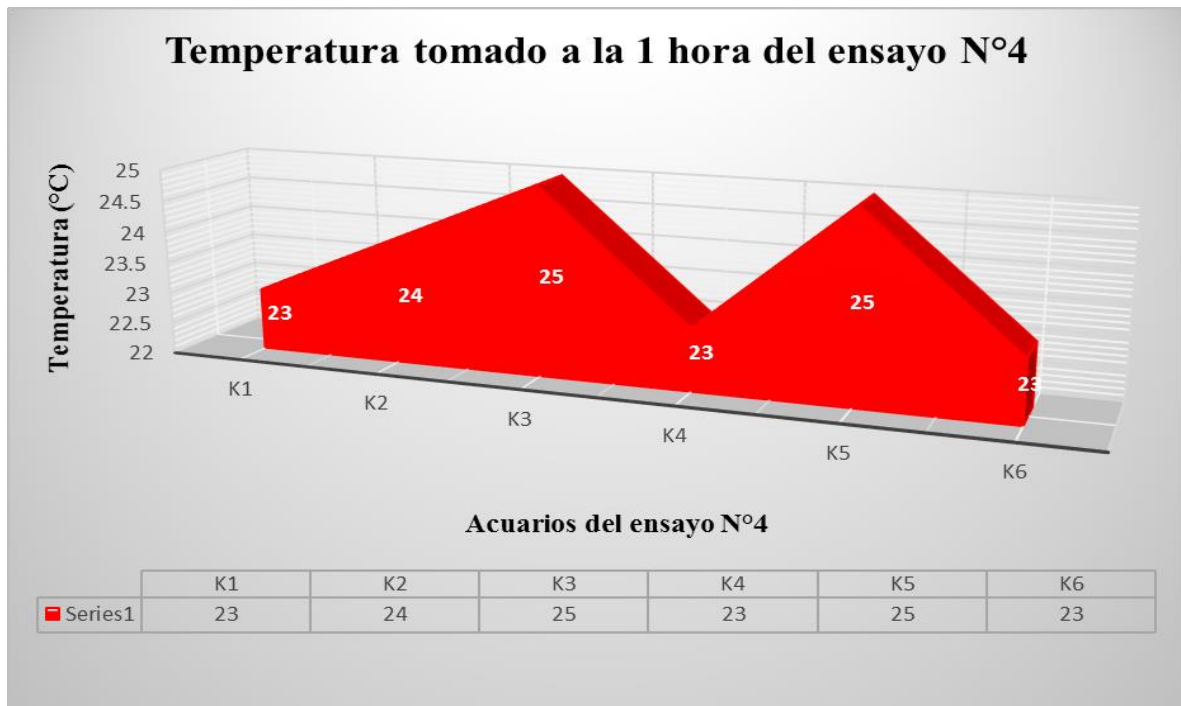


Figura 404. Temperatura tomado a la 1 hora del ensayo N°4.

Tabla 161

Parámetros tomados a las 2 horas del ensayo N°4

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	7	25	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	26	
K3	7	26	
K4	7	26	
K5	7	26	
K6	7	24	

Fuente: Elaboración propia

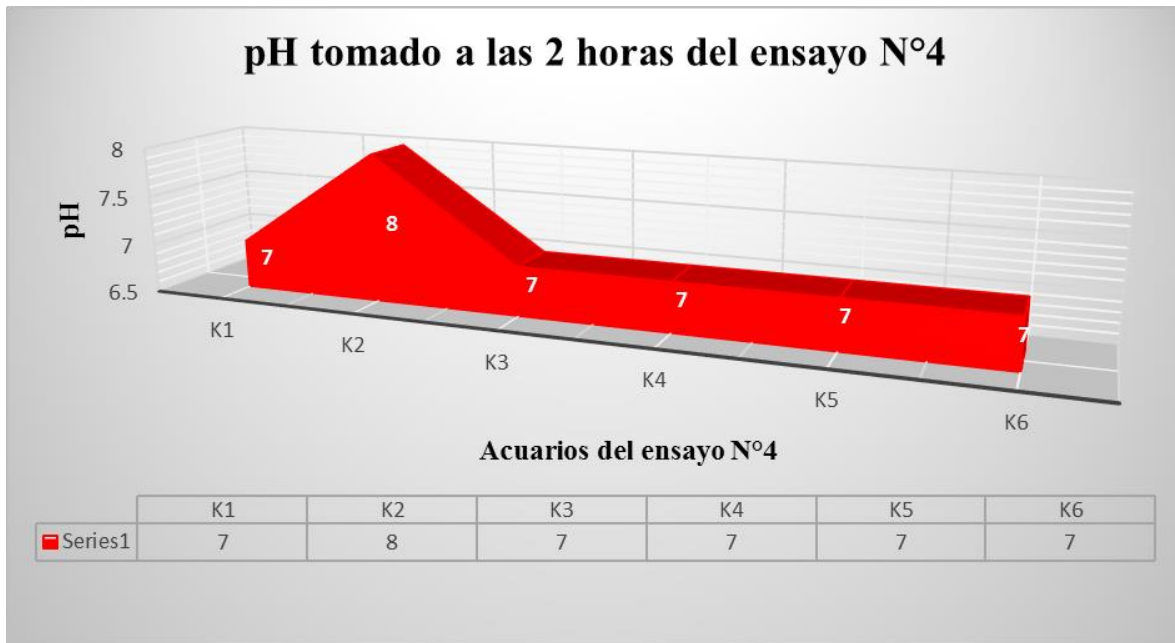


Figura 405. pH tomado a las 2 horas del ensayo N°4.

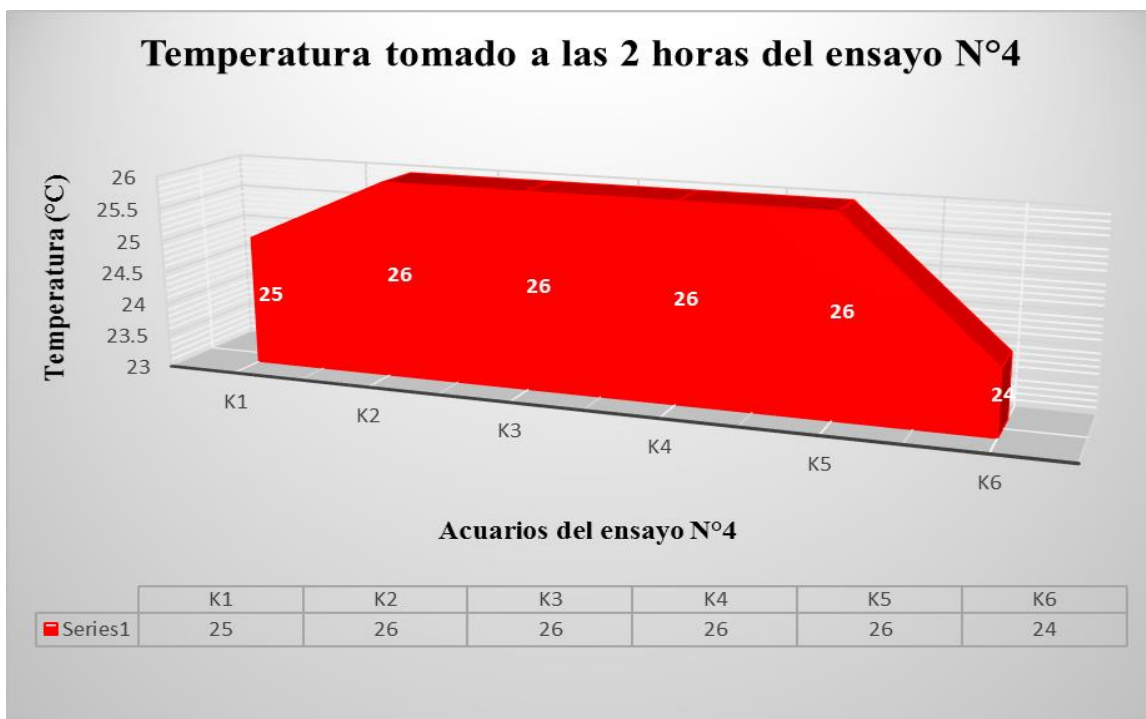


Figura 406. Temperatura tomado a las 2 horas del ensayo N°4.

Tabla 162

Parámetros tomados a las 3 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4 3 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	27	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	27	
K3	8	27	
K4	8	26	
K5	8	27	
K6	7	26	

Fuente: Elaboración propia

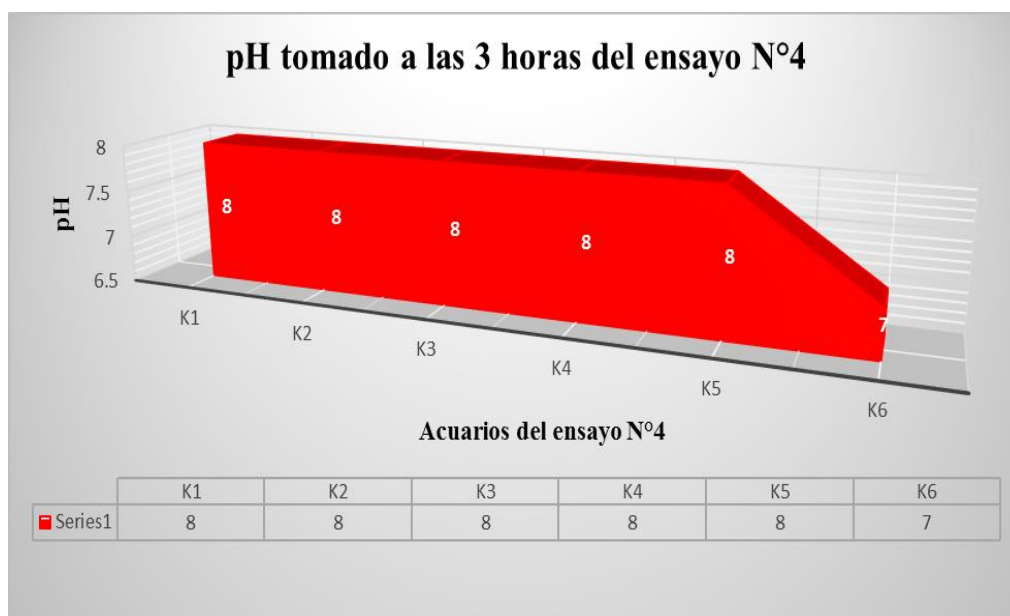


Figura 407. pH tomado a las 3 horas del ensayo N°4.

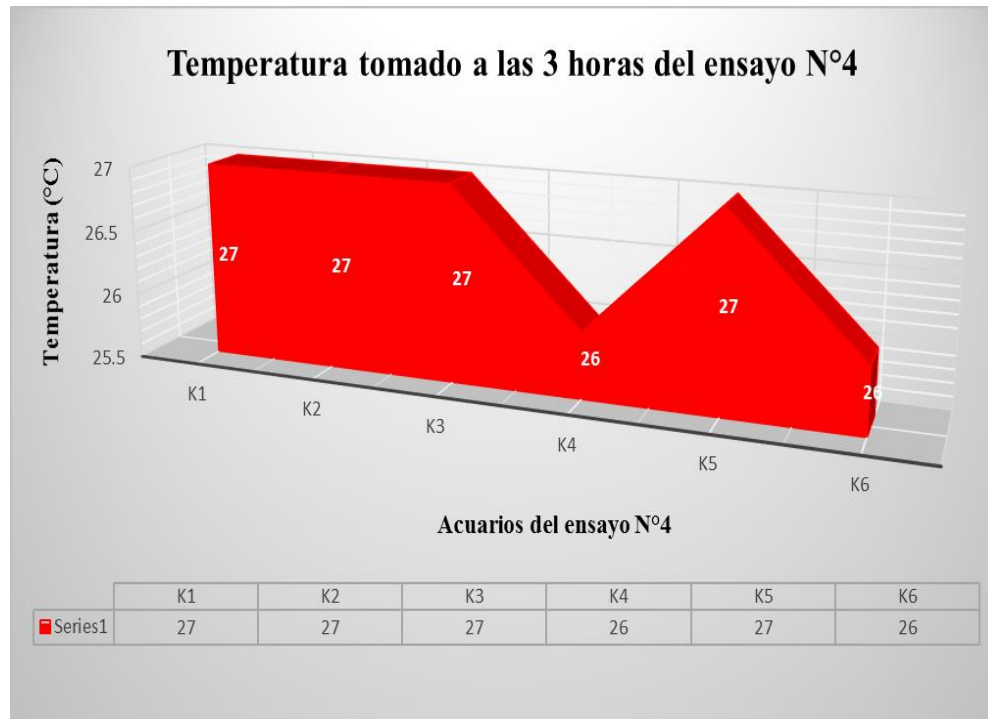


Figura 408. Temperatura tomado a las 3 horas del ensayo N°4.

Tabla 163

Parámetros tomados a las 4 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4 4 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	26	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	26	
K3	8	27	
K4	8	26	
K5	8	27	
K6	8	25	

Fuente: Elaboración propia

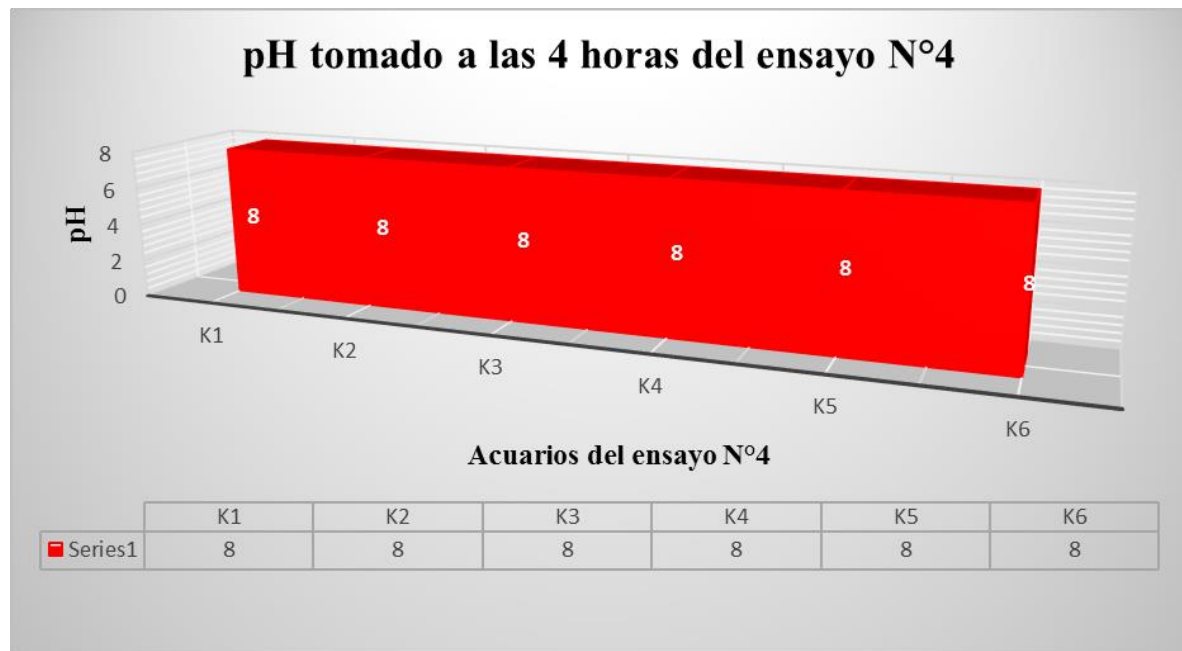


Figura 409. pH tomado a las 4 horas del ensayo N°4.

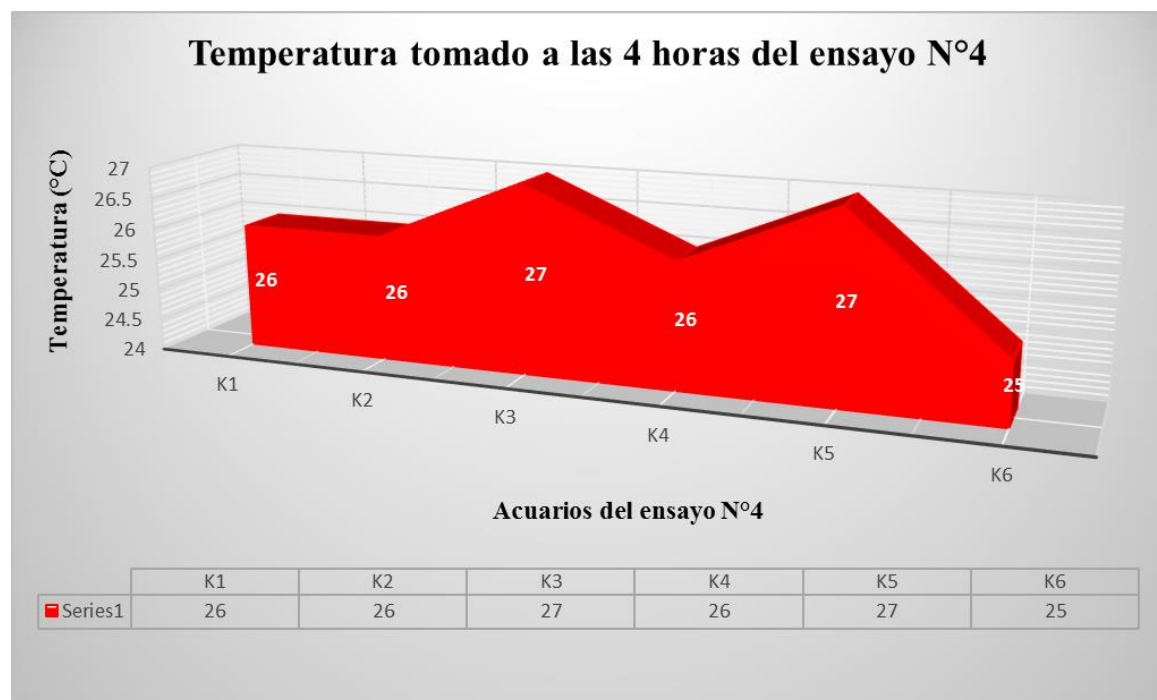


Figura 410. Temperatura tomado a las 4 horas del ensayo N°4.

Tabla 164
Parámetros tomados a las 8 horas del ensayo N°4

Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	27	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	28	
K3	8	27	
K4	8	27	
K5	8	28	
K6	8	27	

Fuente: Elaboración propia

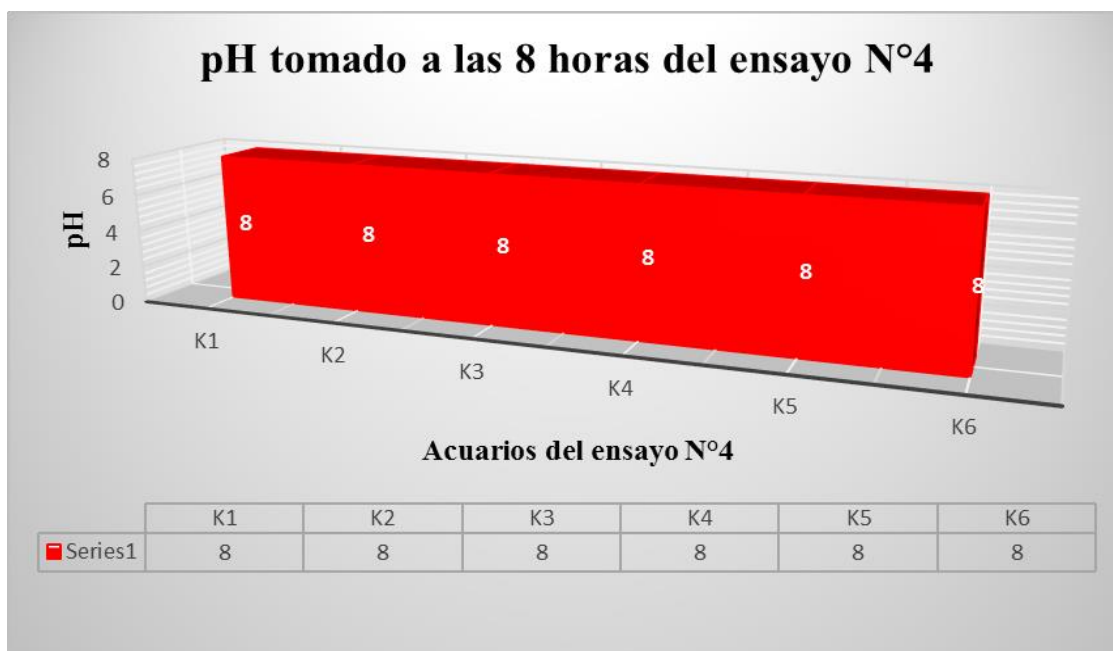


Figura 411. pH tomado a las 8 horas del ensayo N°4.

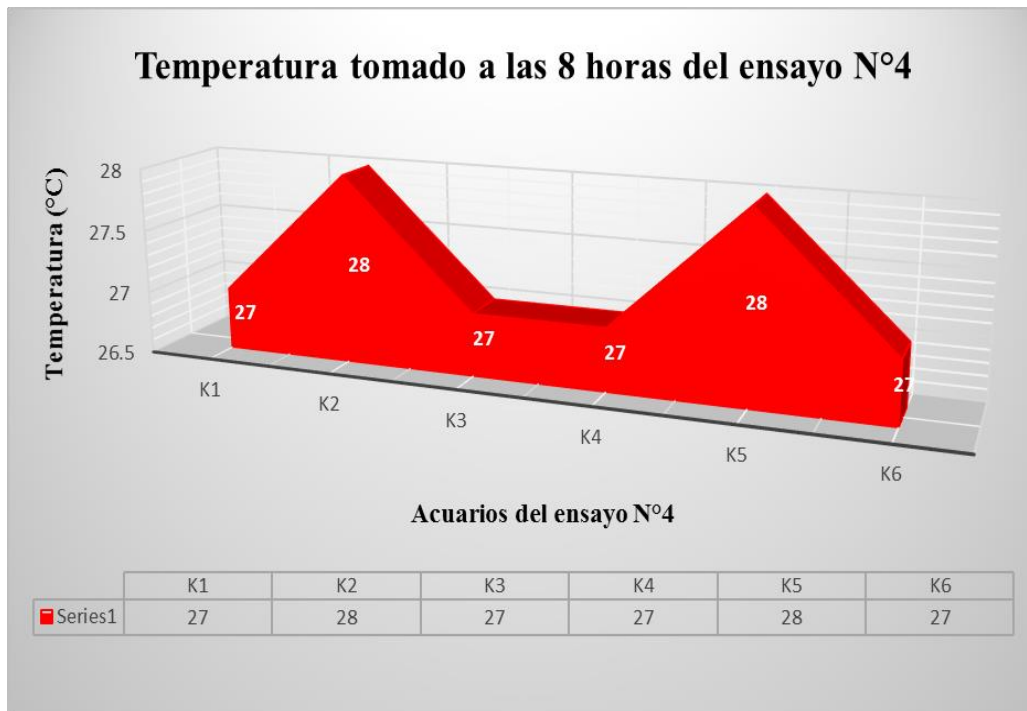


Figura 412. Temperatura tomado a las 8 horas del ensayo N°4.

Tabla 165

Parámetros tomados a las 10 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4			
10 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	27	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	28	
K3	8	27	
K4	8	27	
K5	8	28	
K6	8	26	Sin termostato

Fuente: Elaboración propia

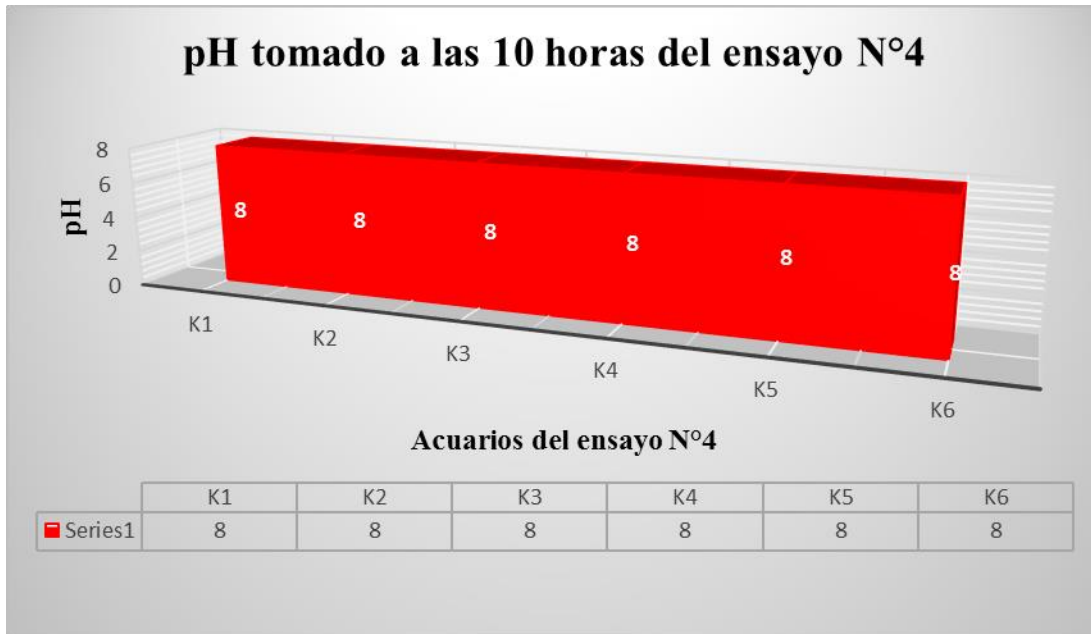


Figura 413. pH tomado a las 10 horas del ensayo N°4.

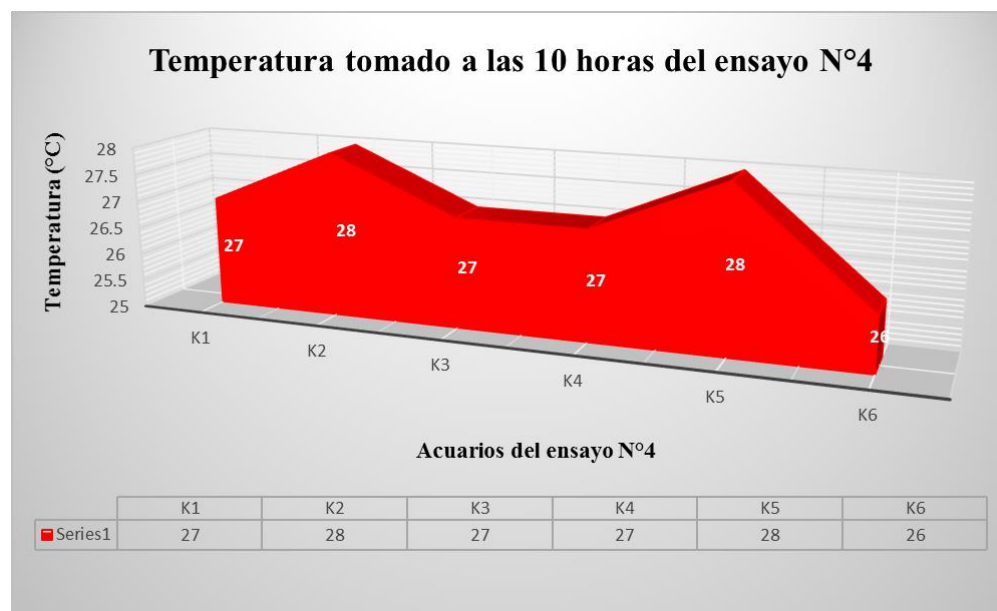


Figura 414. Temperatura tomado a las 10 horas del ensayo N°4.

Tabla 166

Parámetros tomados a las 12 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4 12 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	27	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	28	
K3	8	28	
K4	8	27	
K5	8	28	
K6	8	25	Sin termostato

Fuente: Elaboración propia

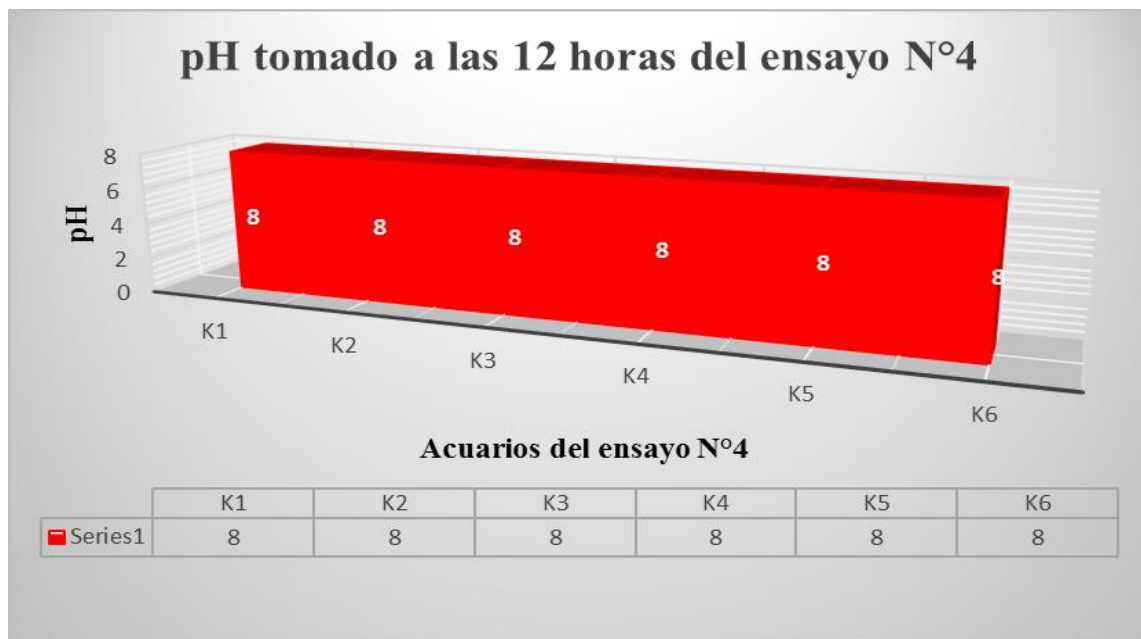


Figura 415. pH tomado a las 12 horas del ensayo N°4.

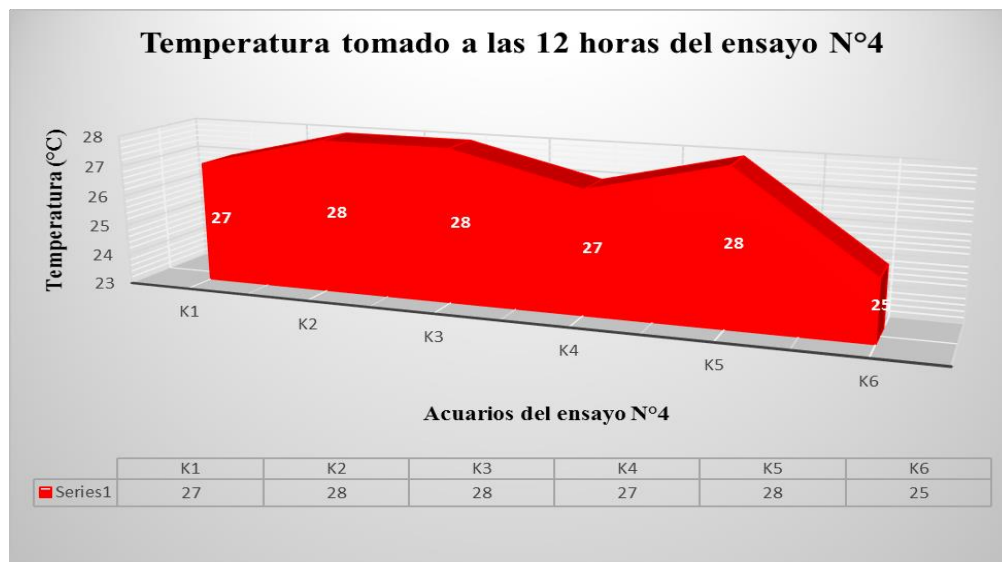


Figura 416. Temperatura tomado a las 12 horas del ensayo N°4.

Tabla 167

Parámetros tomados a las 24 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4 24 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	28	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	28	
K3	8	27	
K4	8	27	
K5	8	25	Sin termostato
K6	8	23	

Fuente: Elaboración propia

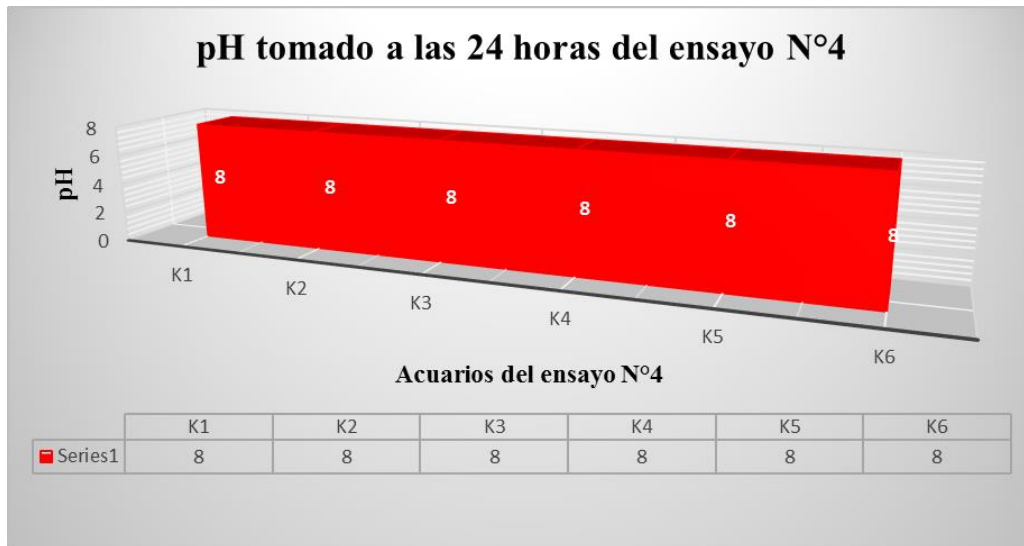


Figura 417. pH tomado a las 24 horas del ensayo N°4.

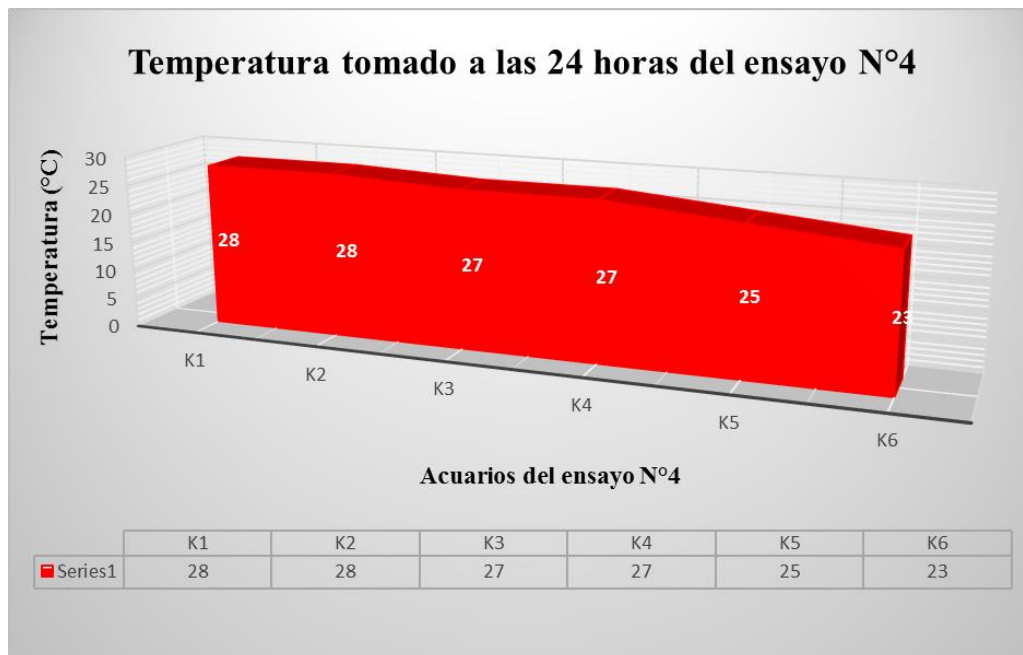


Figura 418. Temperatura tomado a las 24 horas del ensayo N°4.

Tabla 168

Parámetros tomados a las 48 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4 48 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	7	28	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	28	
K3	8	28	
K4	7	28	
K5	7	23	Sin termostato
K6	8	23	

Fuente: Elaboración propia

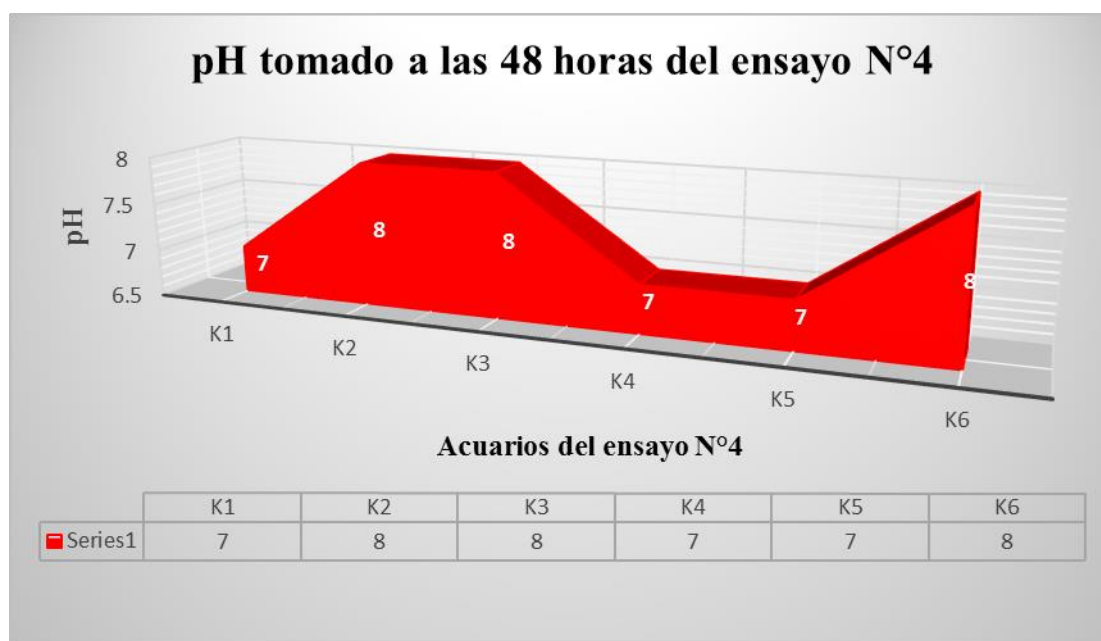


Figura 419. pH tomado a las 48 horas del ensayo N°4.

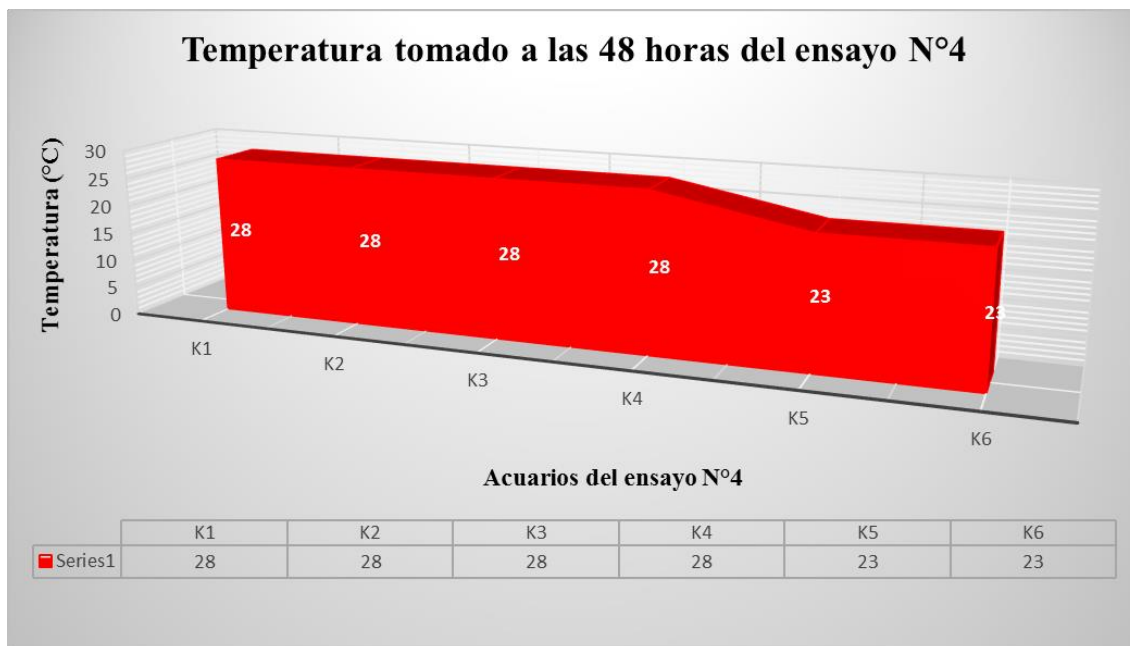


Figura 420. Temperatura tomado a las 48 horas del ensayo N°4.

Tabla 169

Parámetros tomados a las 72 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4 72 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	28	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	28	
K3	8	28	
K4	8	24	
K5	8	23	Sin termostato
K6	8	23	

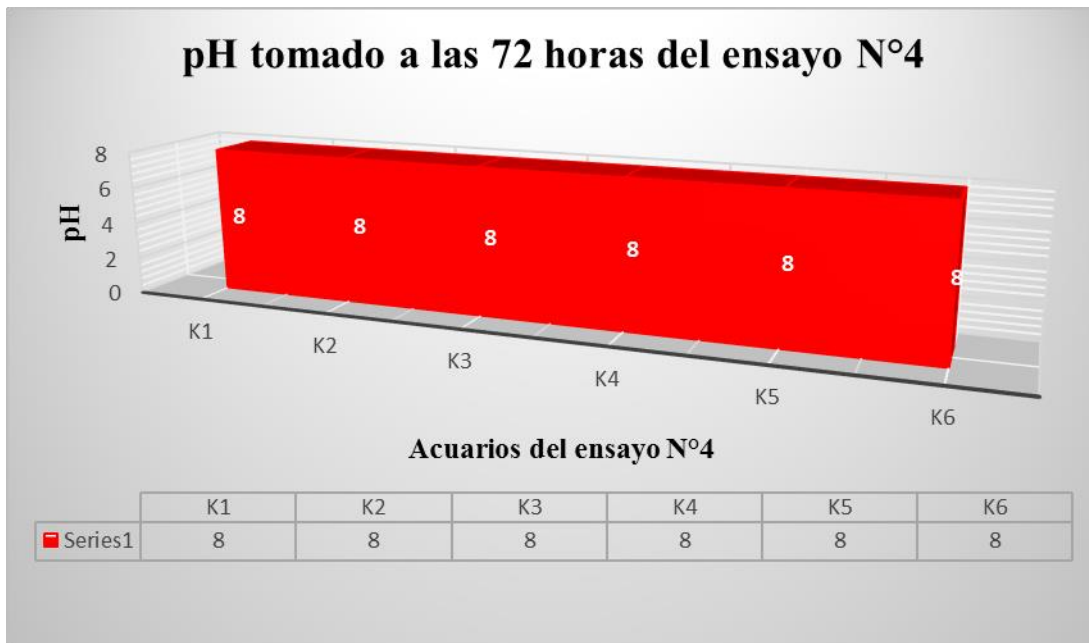


Figura 421. pH tomado a las 72 horas del ensayo N°4.

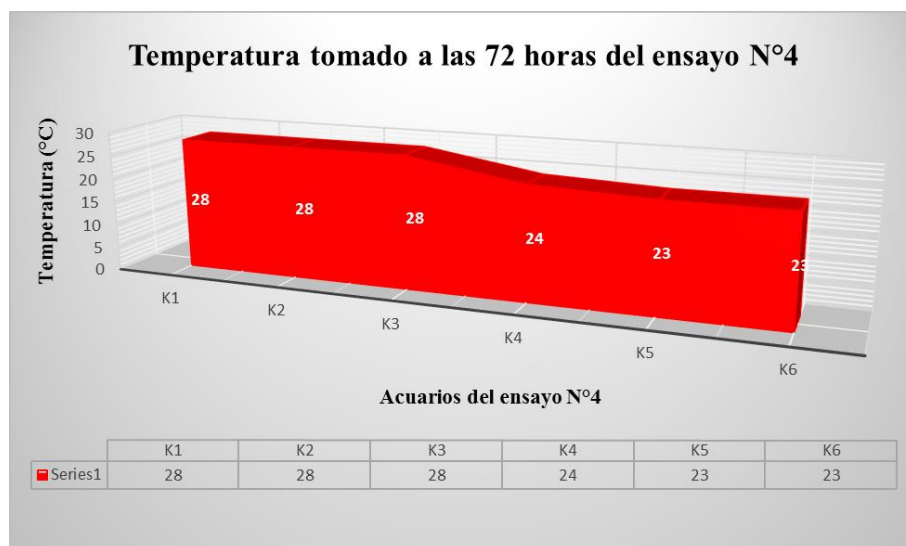


Figura 422. Temperatura tomado a las 72 horas del ensayo N°4.

Tabla 170

Parámetros tomados a las 96 horas del ensayo N°4

Ensayo N°4 96 horas			
Acuarios	Parámetros tomados		Equipo
	pH	Temperatura	
K1	8	27	Todas con termostato regulados a 24°C
K2	8	28	
K3	8	28	
K4	8	23	Sin termostato
K5	8	23	
K6	8	23	

Fuente: Elaboración propia

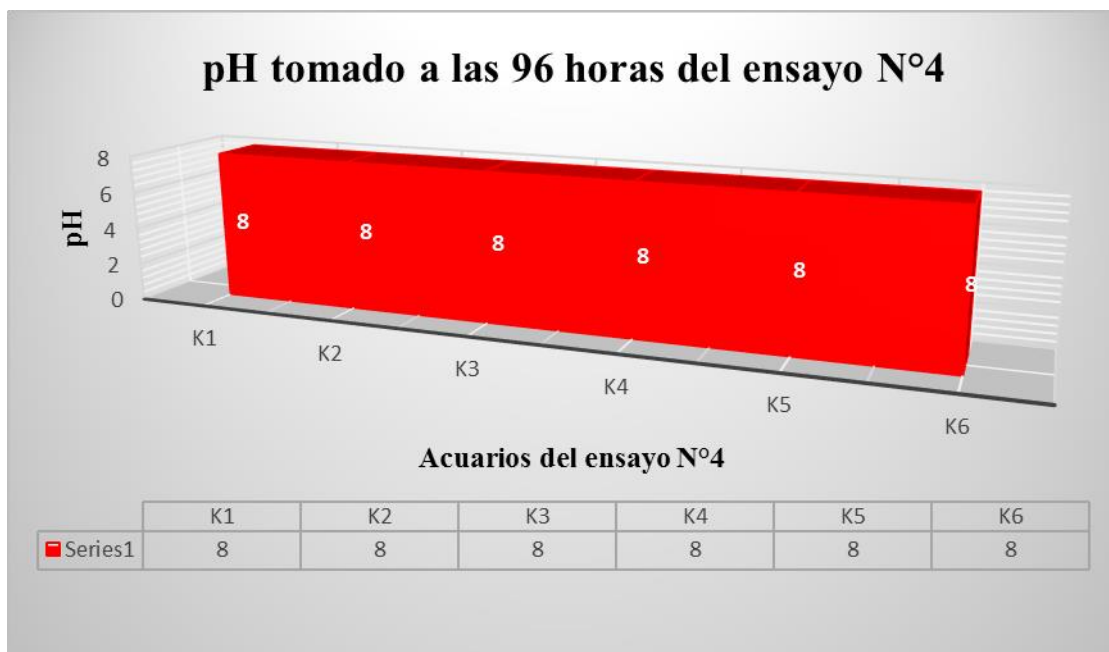


Figura 423. pH tomado a las 96 horas del ensayo N°4.

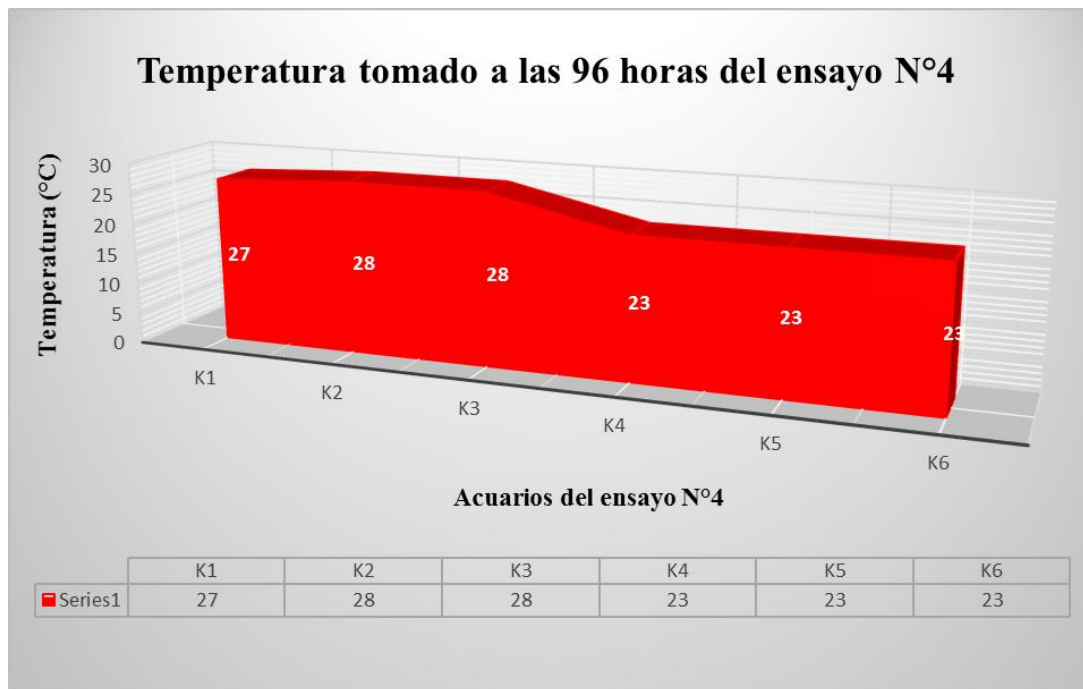


Figura 424. Temperatura tomado a las 96 horas del ensayo N°4.

Tabla 171

Control del ensayo N°4 por horas

Hora	ENSAYO N°4					
	Acuario K1	Acuario K2	Acuario K3	Acuario K4	Acuario K5	Acuario K6
	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
	0	1	3	5	7	9
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	6
2	0	0	0	0	2	2
3	0	0	0	1	3	1
4	0	0	0	0	3	1
8	0	0	0	3	1	0
10	0	0	0	2	0	0
12	0	0	0	1	1	0
24	0	0	2	2	0	0
48	0	0	0	1	0	0
72	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0
N° de peces muertos a las 96 horas	0	0	2	10	10	10
% de mortalidad a las 96 horas	0%	0%	20%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 172

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 0 horas del ensayo N°4

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	0
K5	7	0
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

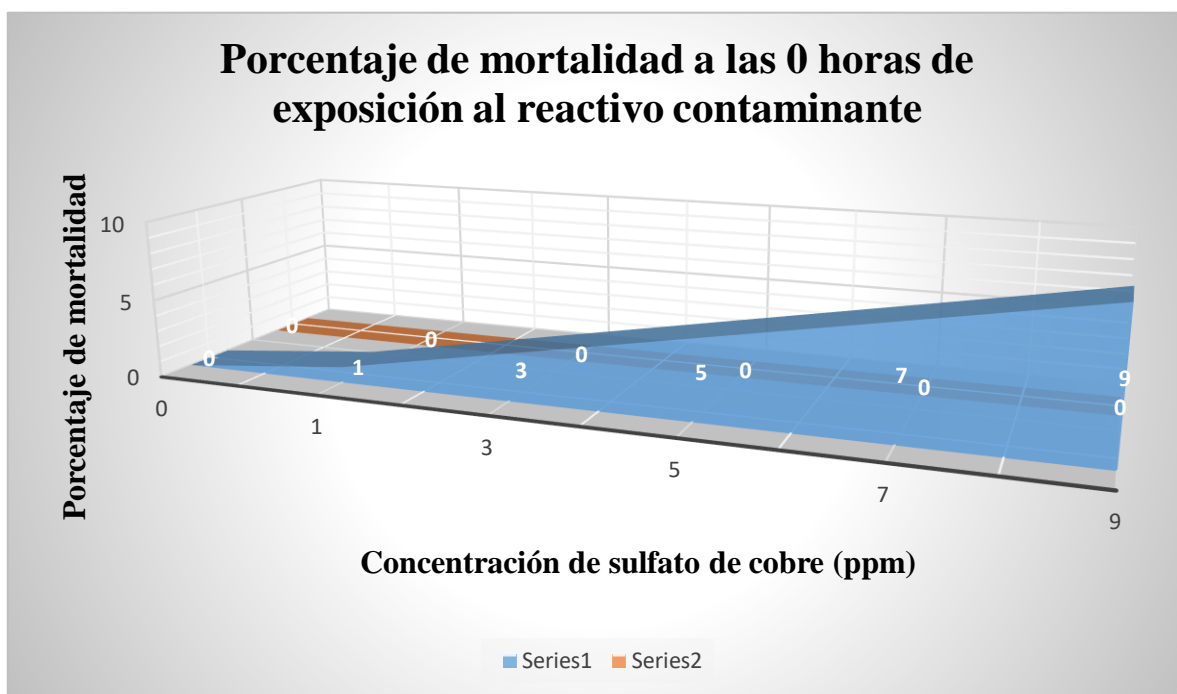


Figura 425. Porcentaje de mortalidad a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 173

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 0 horas del ensayo N°4

Acuarios	A la 0 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	100
K5	7	100
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

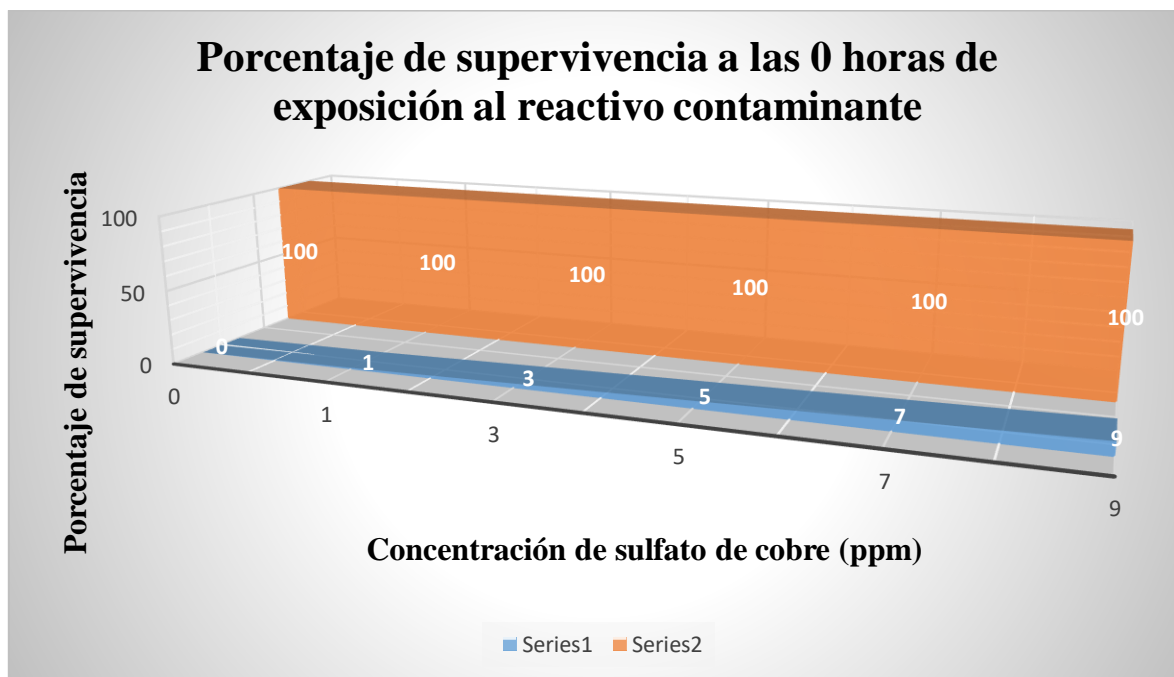


Figura 426. Porcentaje de supervivencia a las 0 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 174

Concentración y porcentaje de mortalidad a la 1 hora del ensayo N°4

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	0
K5	7	0
K6	9	60

Fuente: Elaboración propia

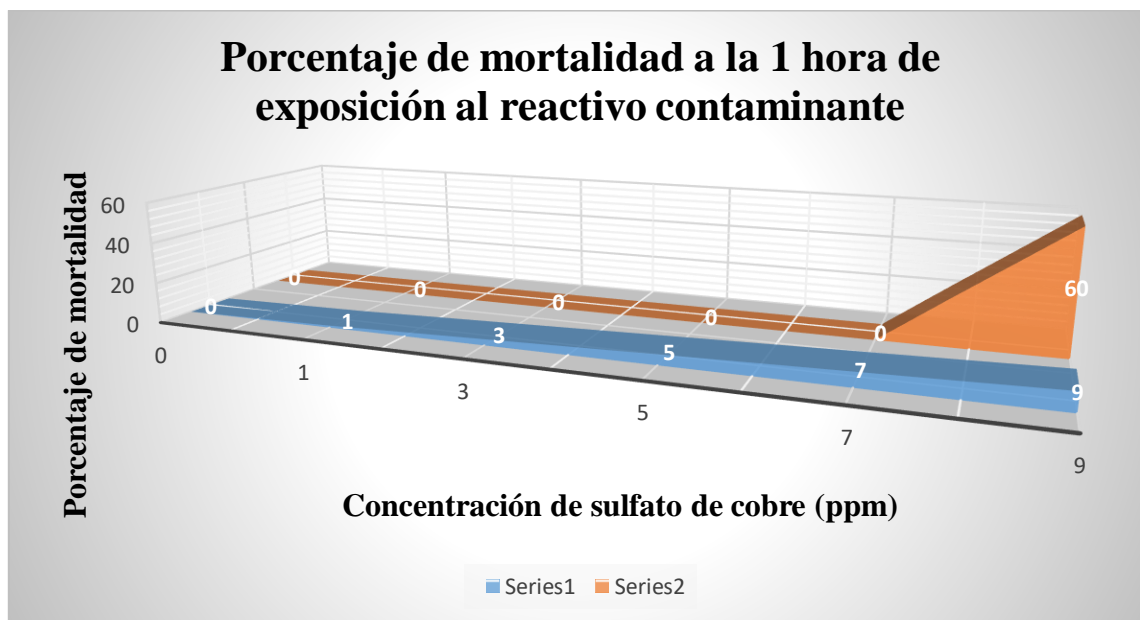


Figura 427. Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 175

Concentración y porcentaje de supervivencia a la 1 hora del ensayo N°4

Acuarios	A la 1 hora	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	100
K5	7	100
K6	9	40

Fuente: Elaboración propia

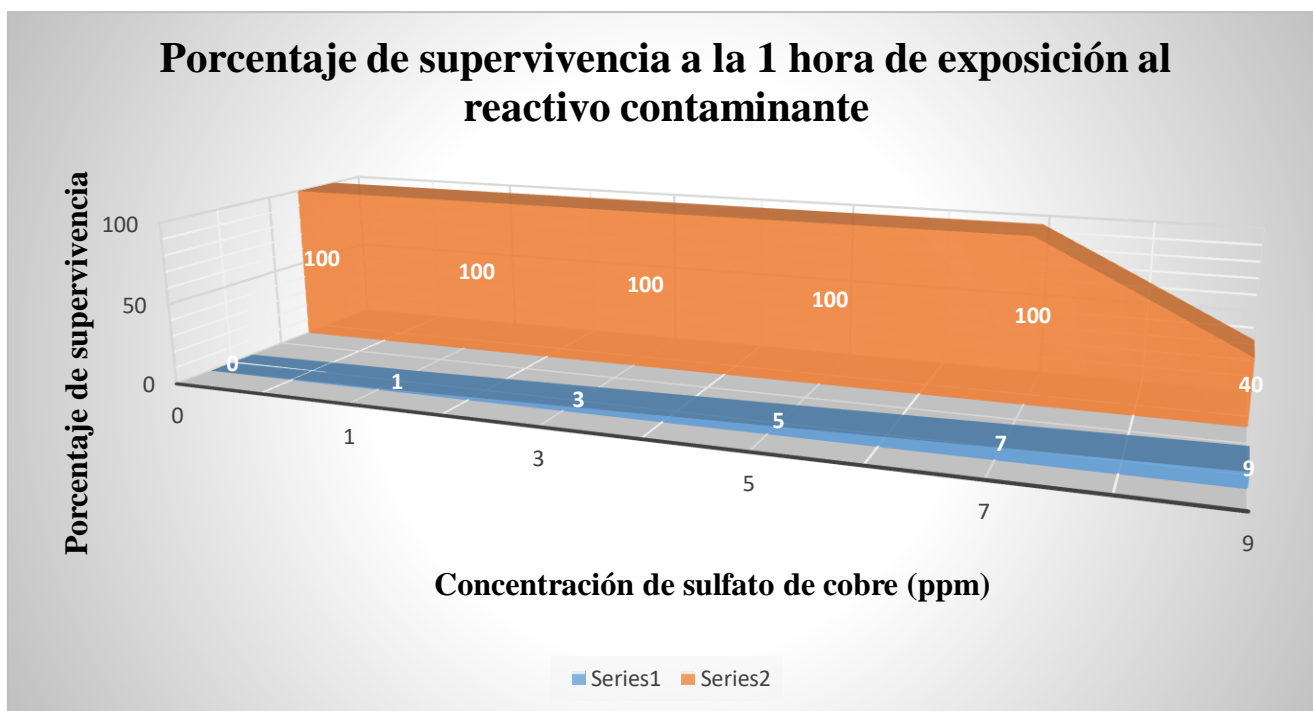


Figura 428 Porcentaje de supervivencia a la 1 hora de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 176

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 2 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	0
K5	7	20
K6	9	80

Fuente: Elaboración propia

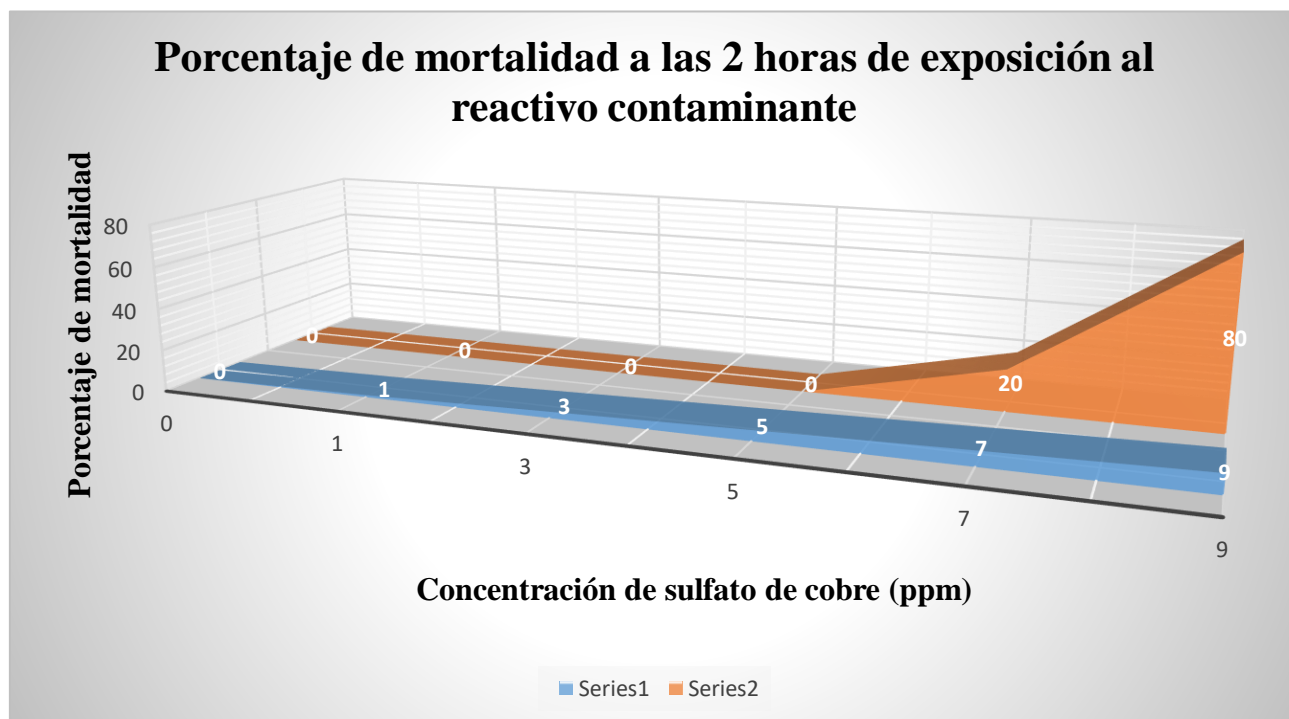


Figura 429. Porcentaje de mortalidad a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 177

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 2 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 2 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	100
K5	7	80
K6	9	20

Fuente: Elaboración propia

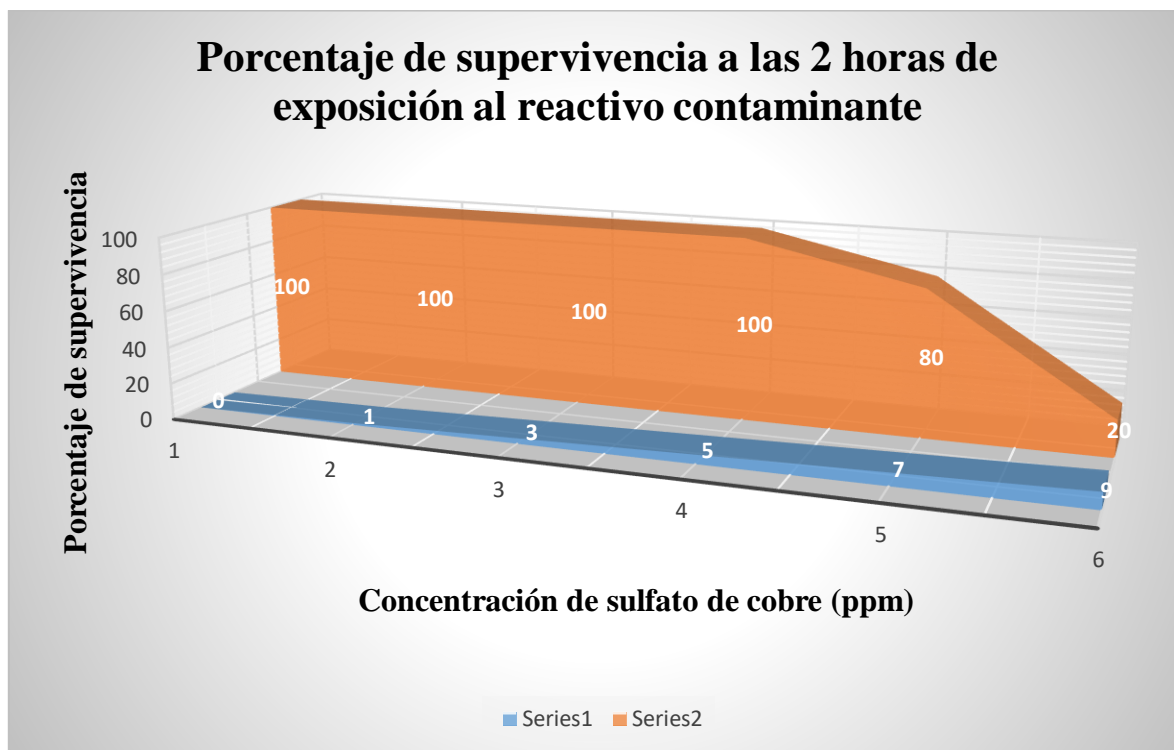


Figura 430. Porcentaje de supervivencia a las 2 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 178

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 3 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	10
K5	7	50
K6	9	90

Fuente: Elaboración propia

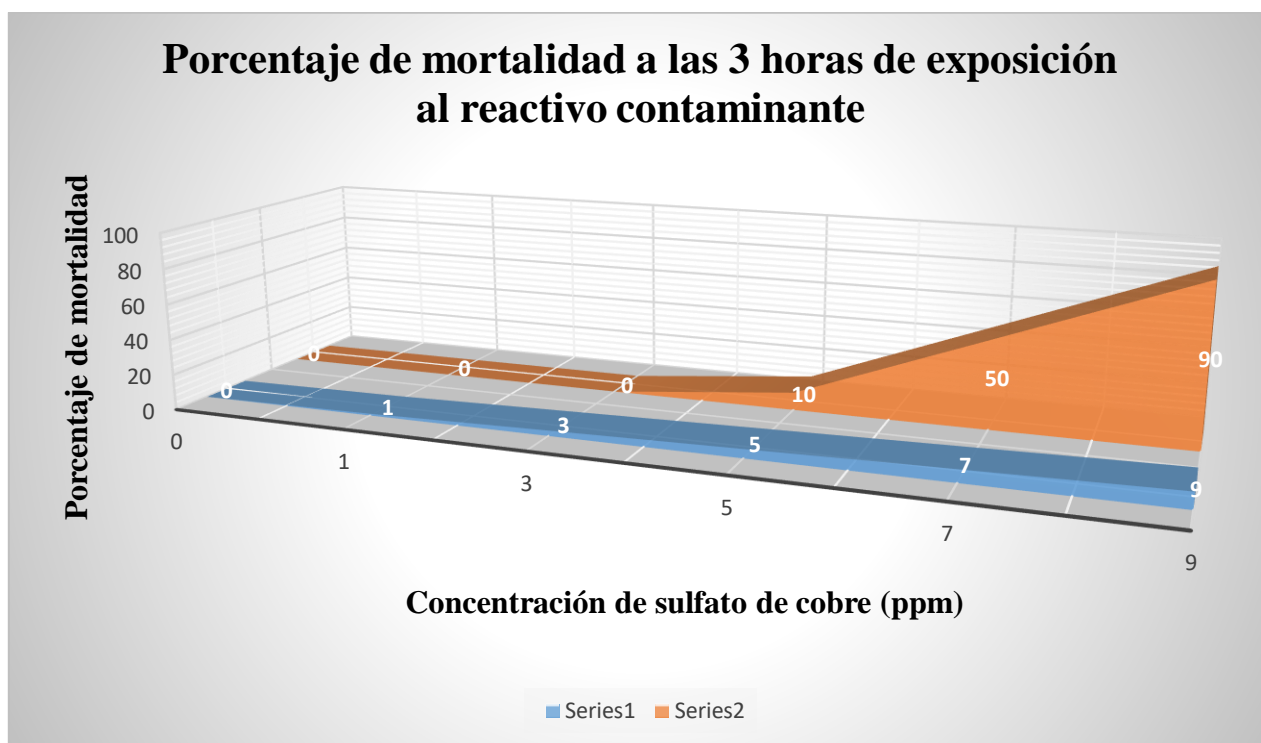


Figura 431. Porcentaje de mortalidad a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 179

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 3 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 3 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	90
K5	7	50
K6	9	10

Fuente: Elaboración propia

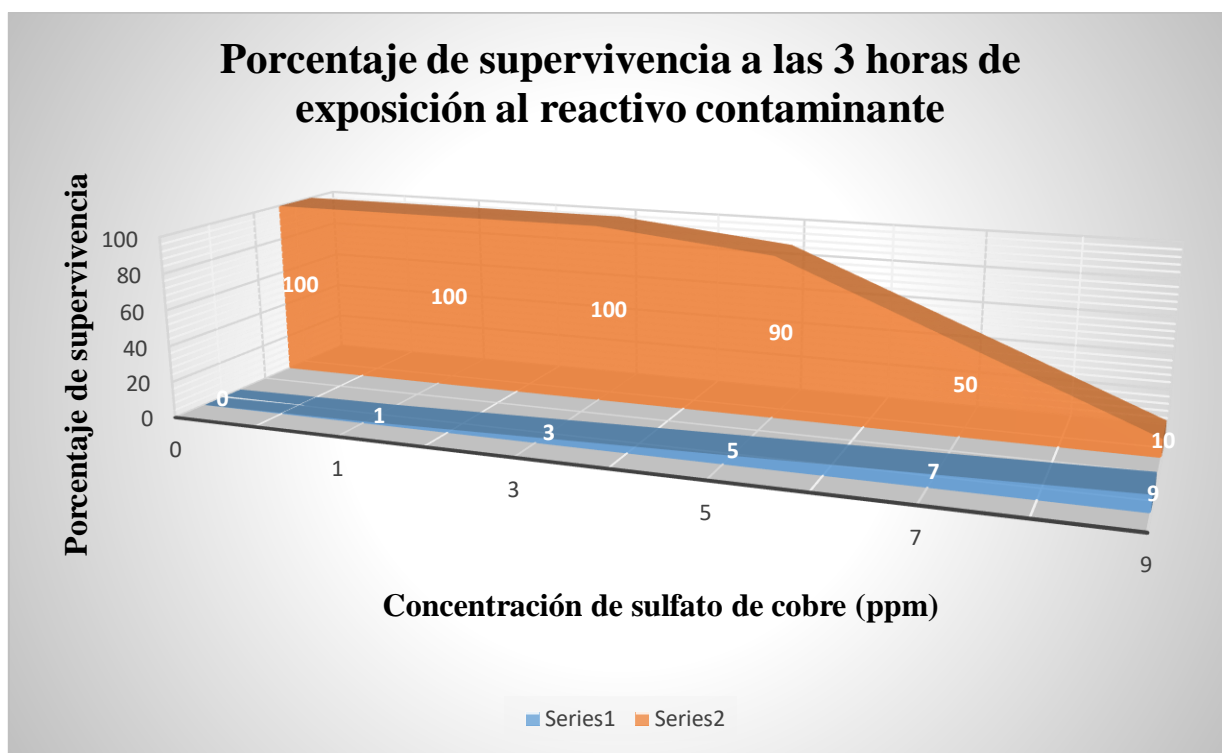


Figura 432. Porcentaje de supervivencia a las 3 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 180

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 4 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 4 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	10
K5	7	80
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

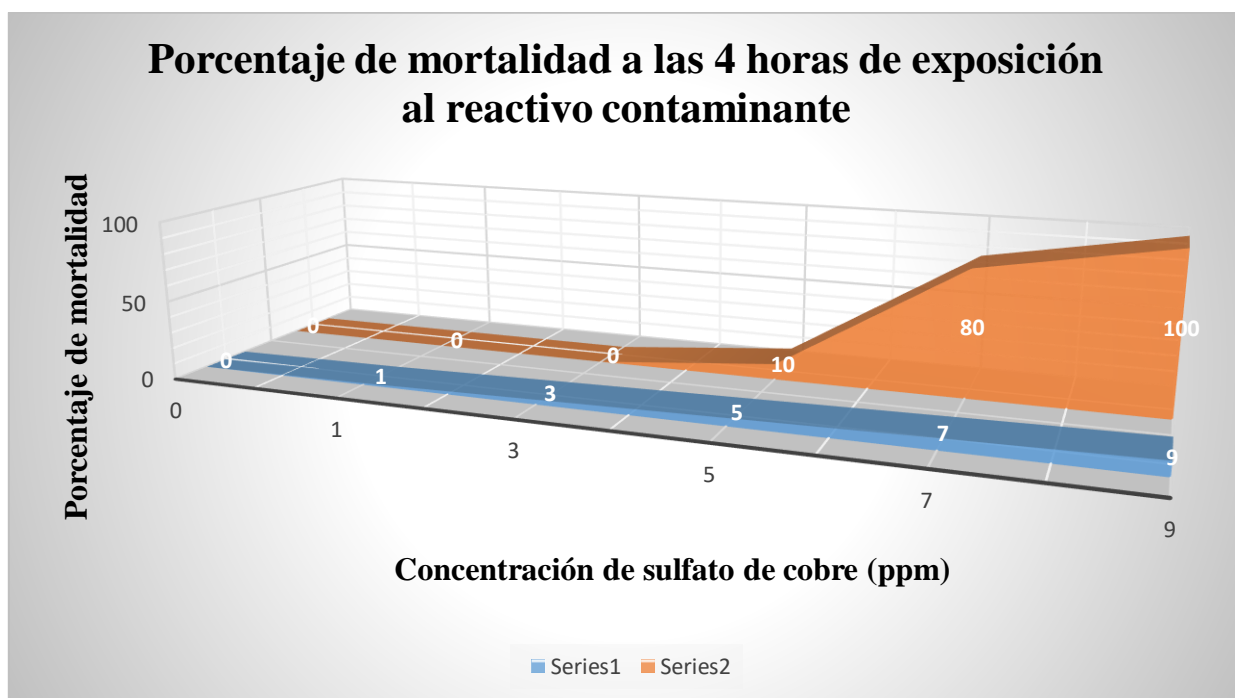


Figura 433. Porcentaje de mortalidad a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 181

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 4 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 4 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	90
K5	7	20
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

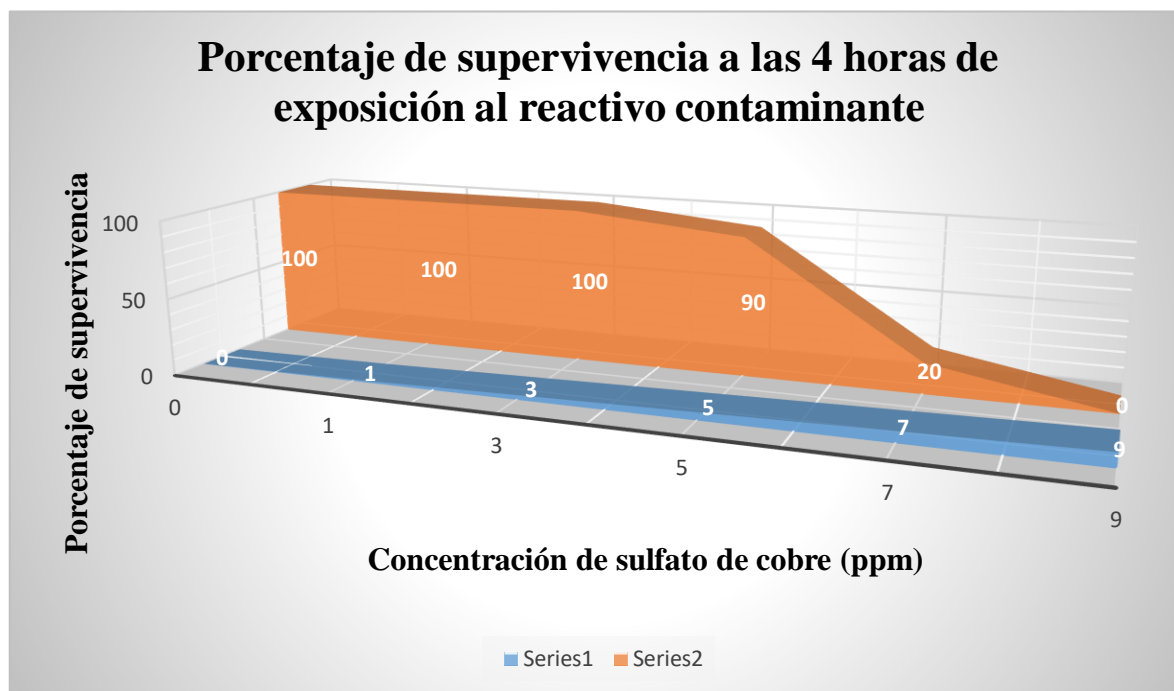


Figura 434. Porcentaje de supervivencia a las 4 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 182

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 8 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	40
K5	7	90
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

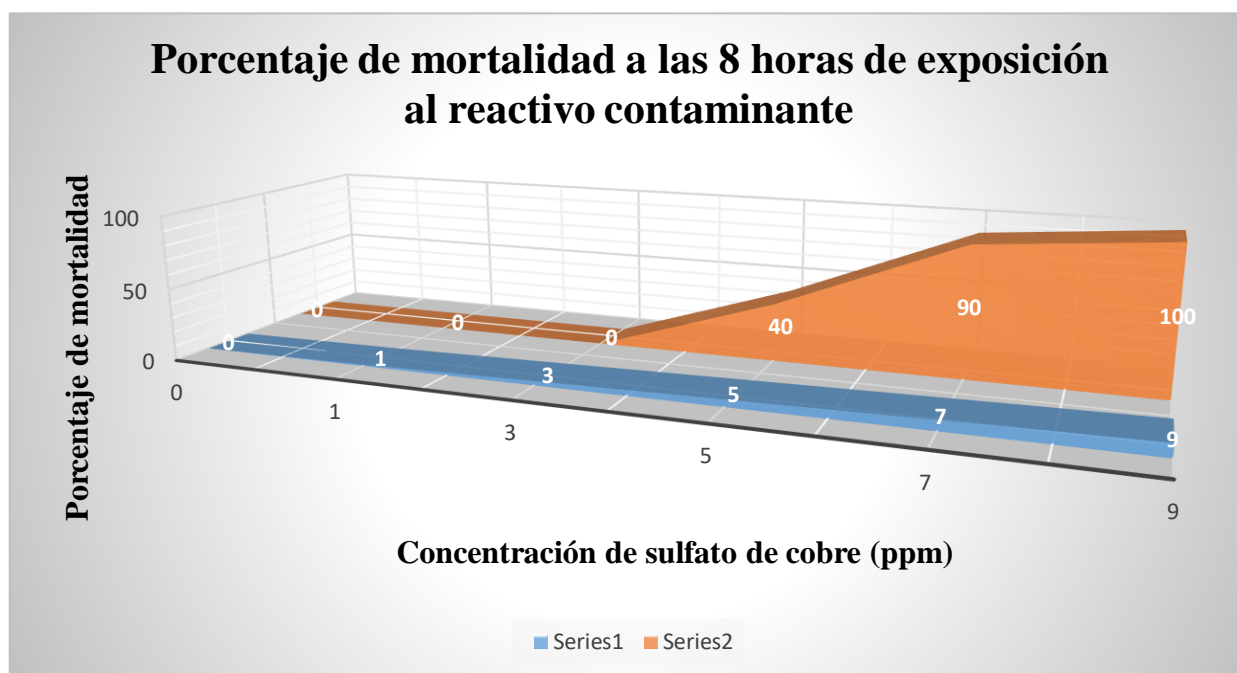


Figura 435. Porcentaje de mortalidad a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 183

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 8 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 8 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	60
K5	7	10
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

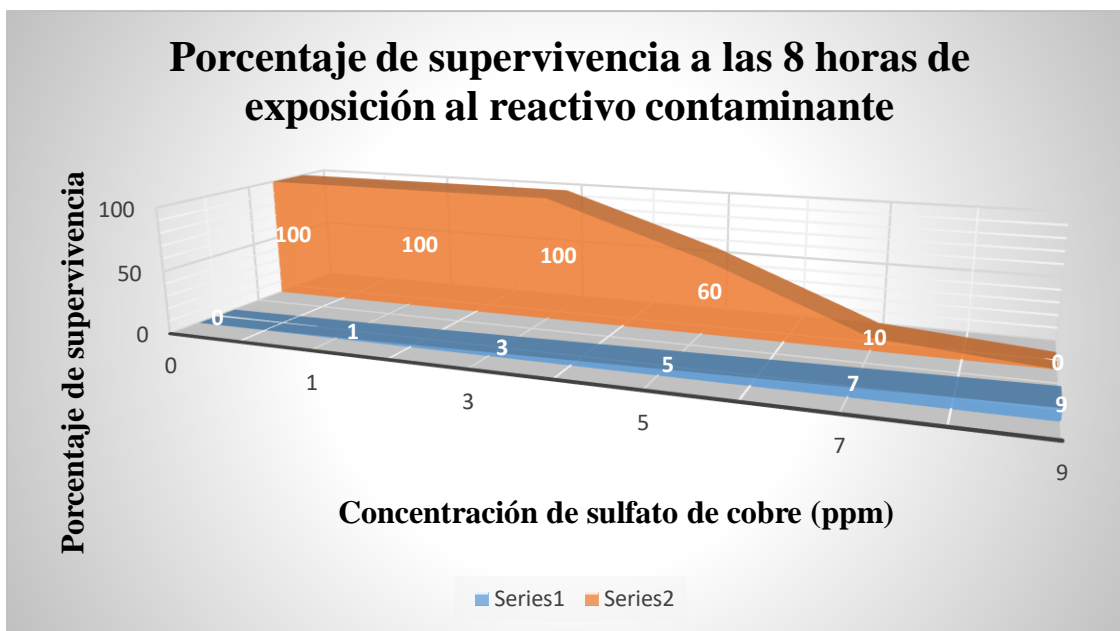


Figura 436. Porcentaje de supervivencia a las 8 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 184

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 10 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	60
K5	7	90
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

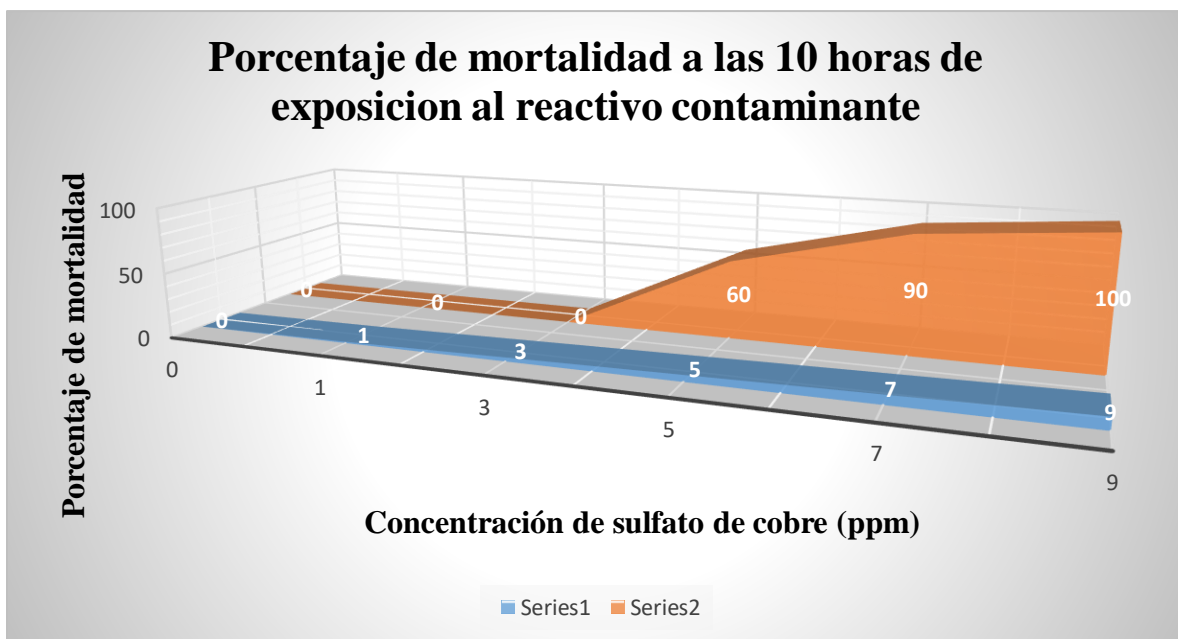


Figura 437. Porcentaje de mortalidad a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 185

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 10 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 10 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	40
K5	7	10
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

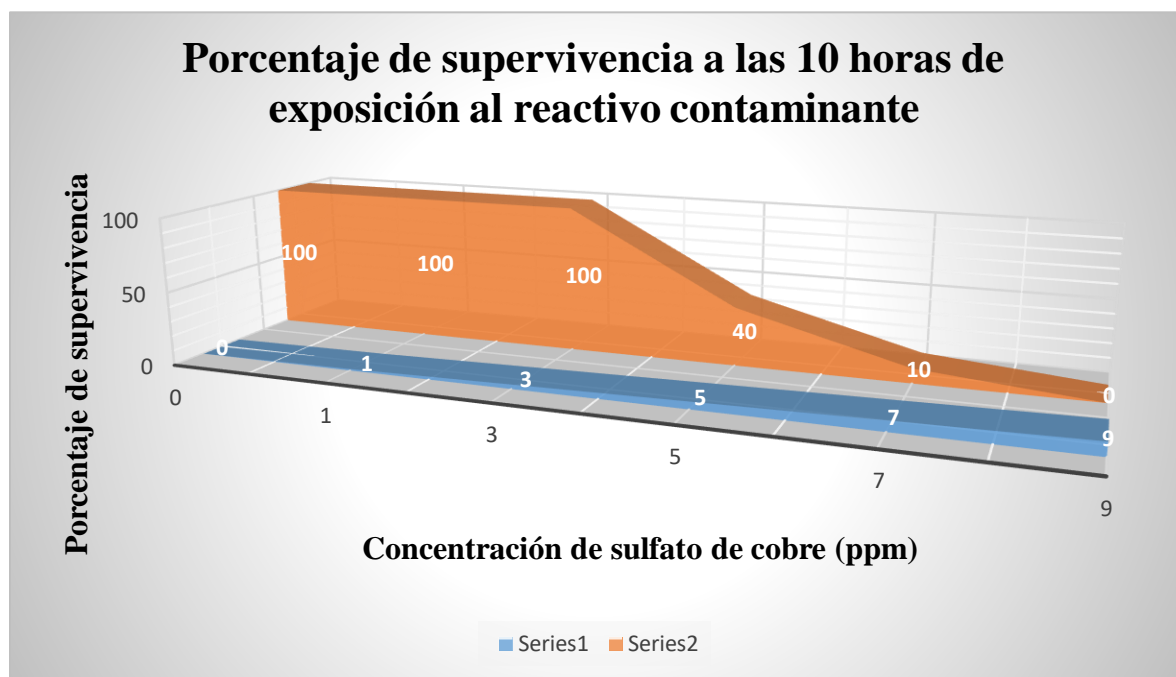


Figura 438. Porcentaje de supervivencia a las 10 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 186

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 12 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	0
K4	5	70
K5	7	100
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

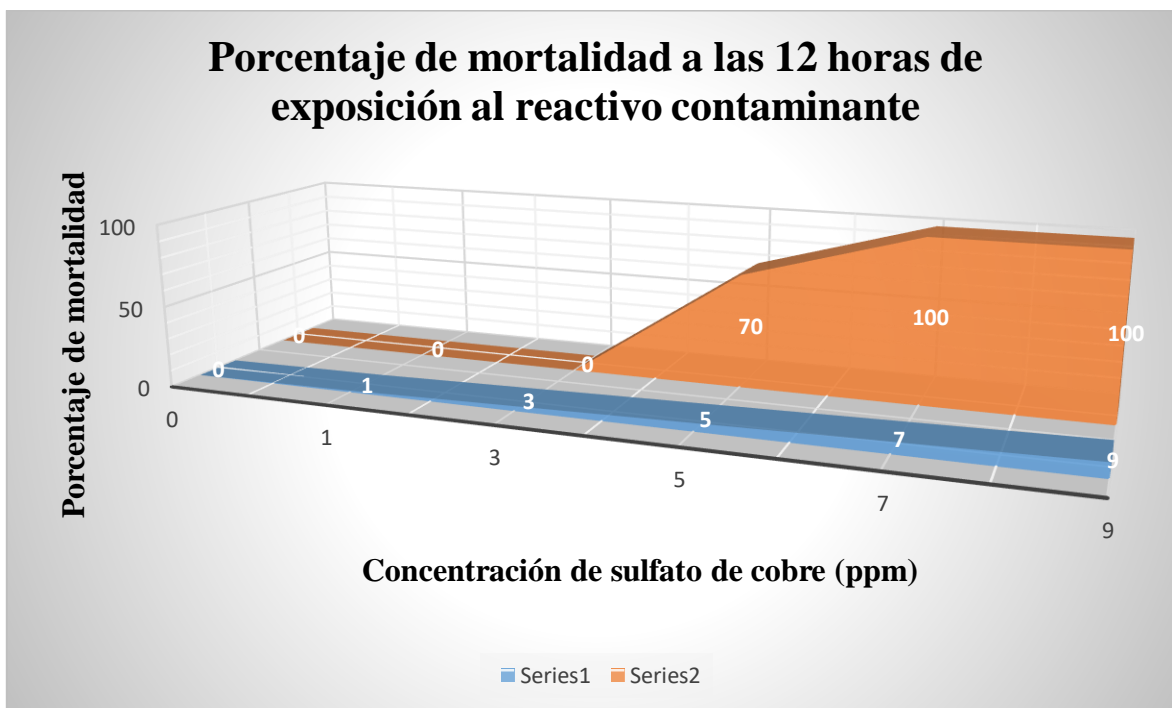


Figura 439. Porcentaje de mortalidad a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 187

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 12 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 12 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y %supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	100
K4	5	30
K5	7	0
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

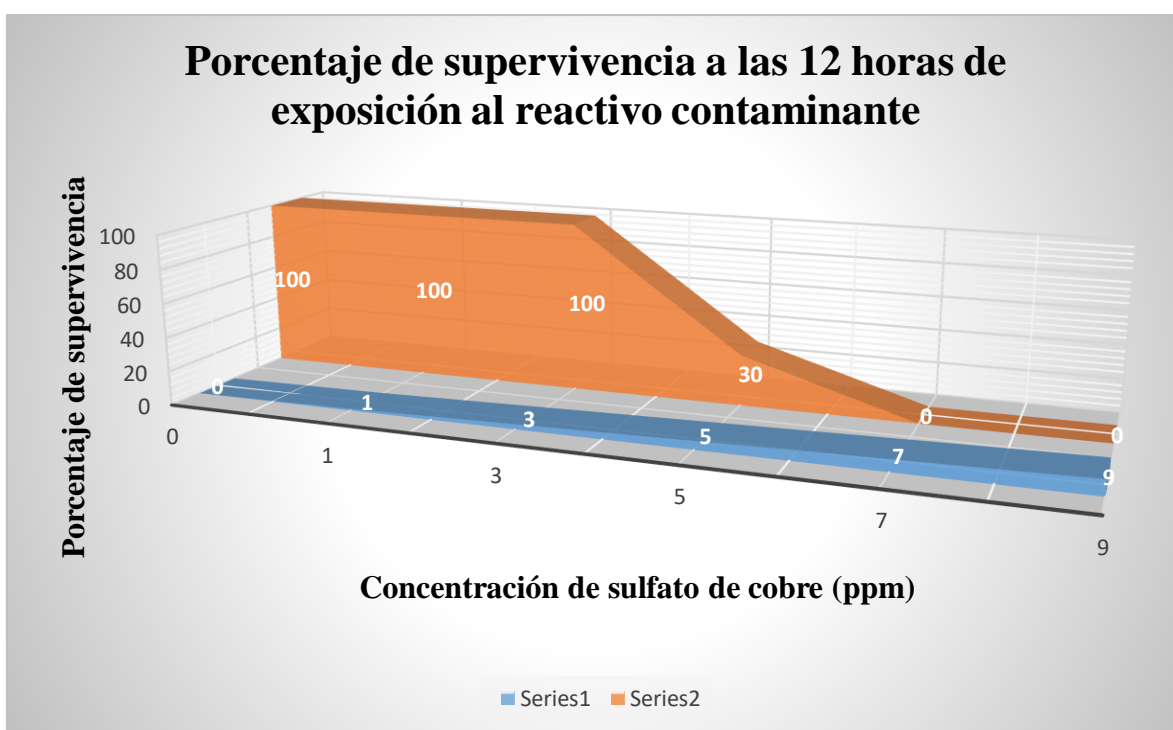


Figura 440. Porcentaje de supervivencia a las 12 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 188

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 24 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	20
K4	5	90
K5	7	100
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

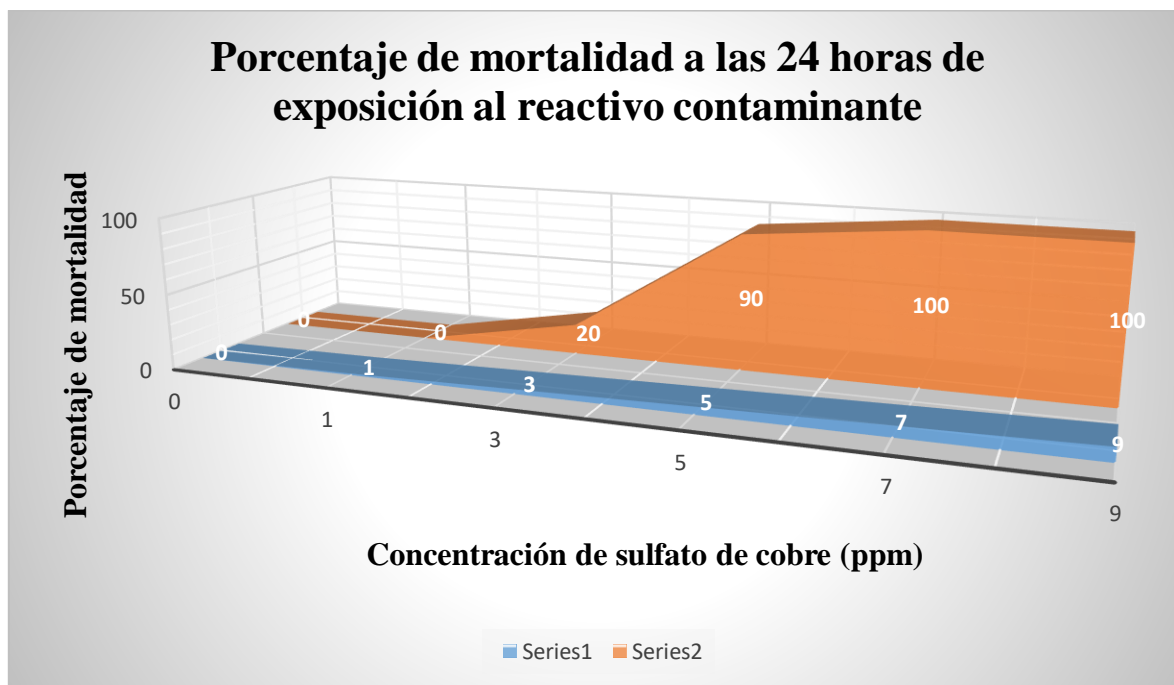


Figura 441. Porcentaje de mortalidad a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 189

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 24 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 24 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	80
K4	5	10
K5	7	0
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

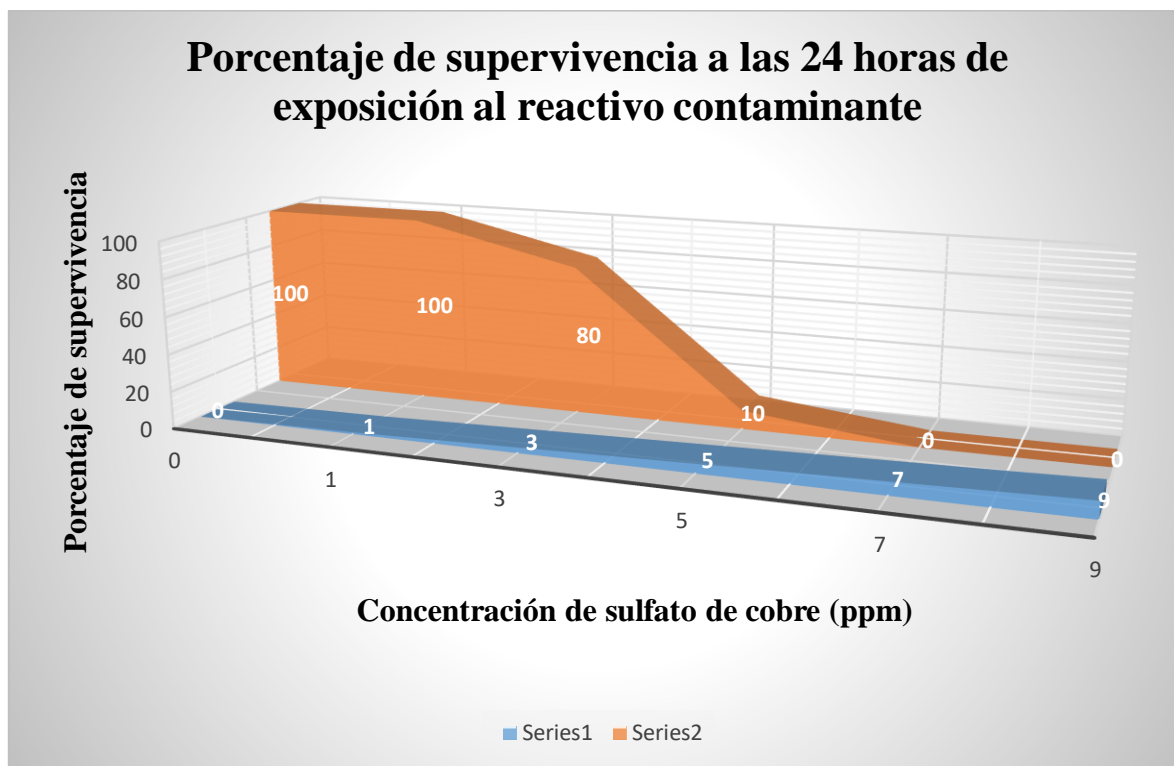


Figura 442. Porcentaje de supervivencia a las 24 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 190

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 48 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	20
K4	5	100
K5	7	100
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

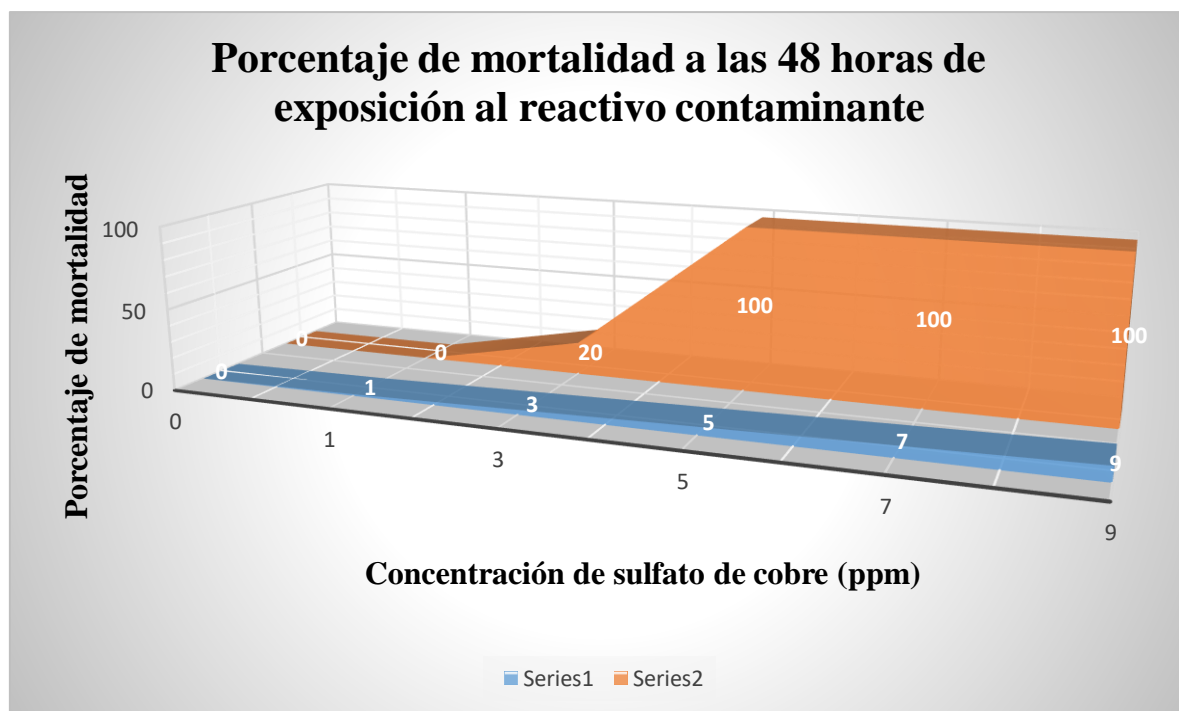


Figura 443. Porcentaje de mortalidad a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 191

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 48 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 48 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	80
K4	5	0
K5	7	0
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

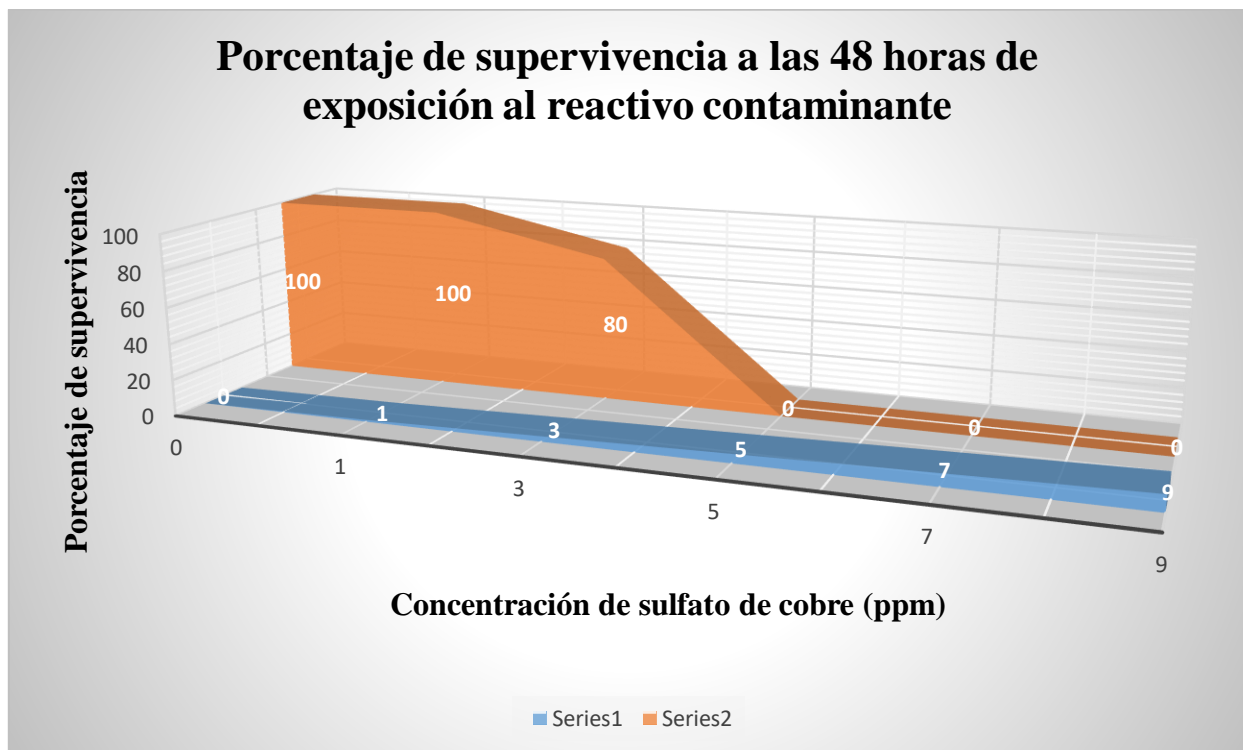


Figura 444. Porcentaje de supervivencia a las 48 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 192

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 72 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	20
K4	5	100
K5	7	100
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

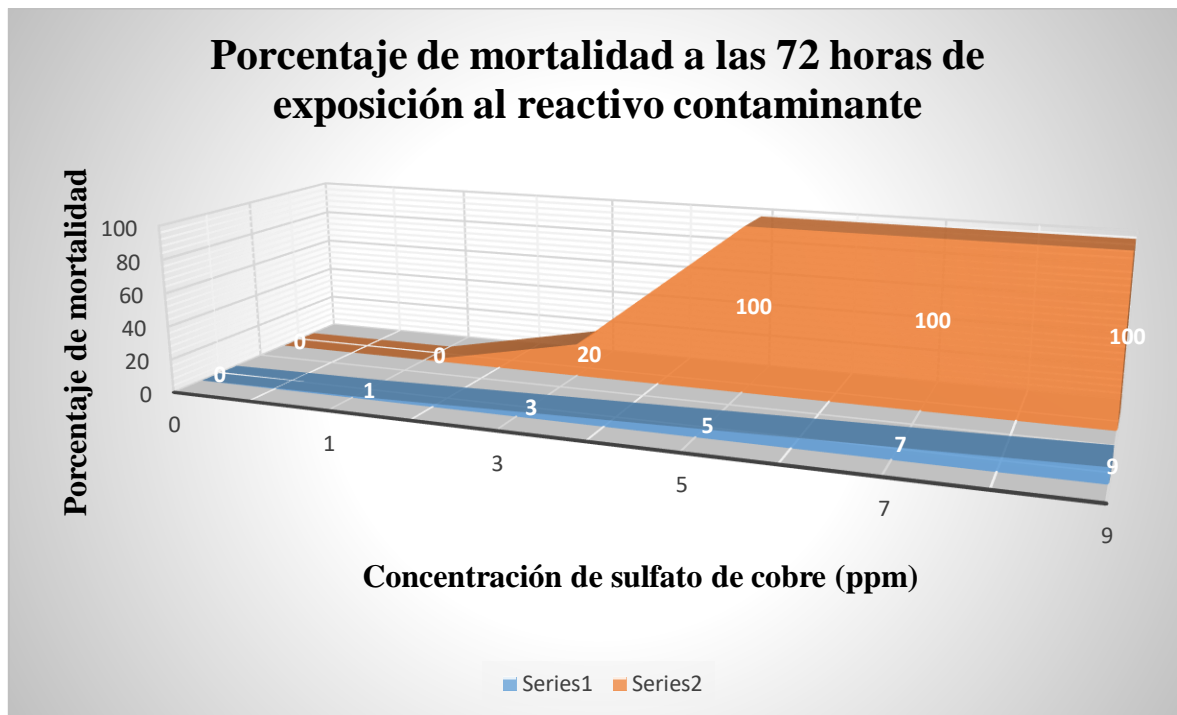


Figura 445. Porcentaje de mortalidad a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante

Tabla 193

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 72 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 72 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	80
K4	5	0
K5	7	0
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

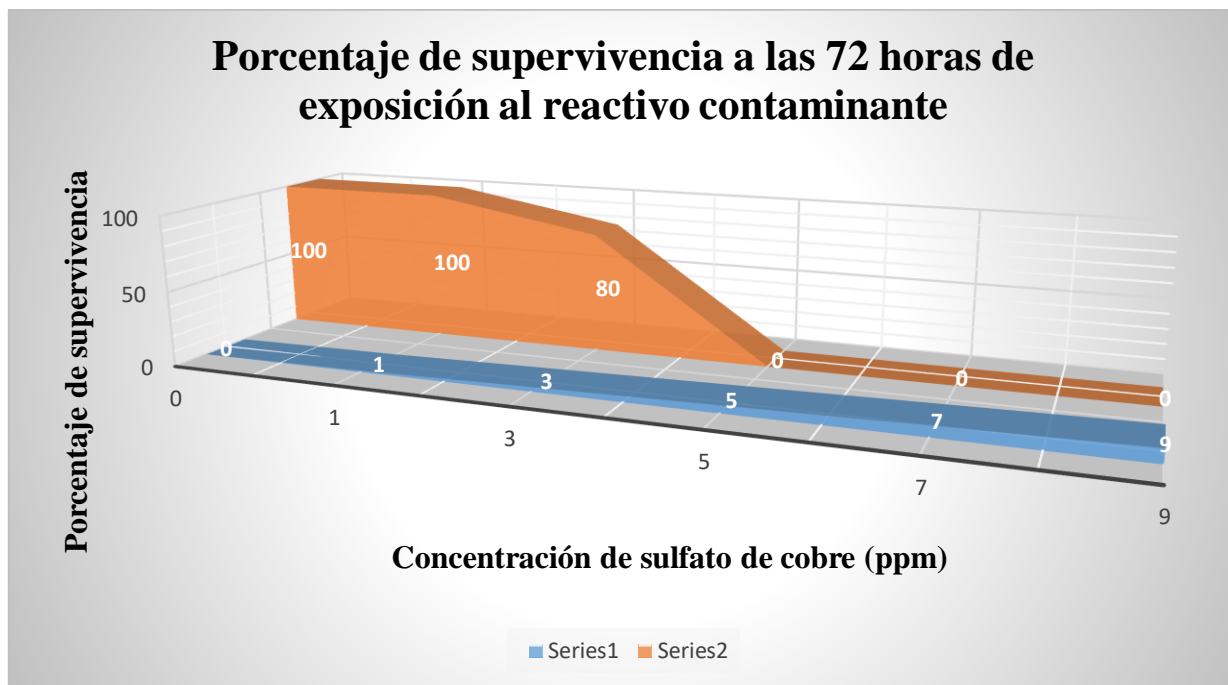


Figura 446. Porcentaje de supervivencia a las 72 horas de exposición al reactivo contaminante.

Tabla 194

Concentración y porcentaje de mortalidad a las 96 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % mortalidad
K1	0	0
K2	1	0
K3	3	20
K4	5	100
K5	7	100
K6	9	100

Fuente: Elaboración propia

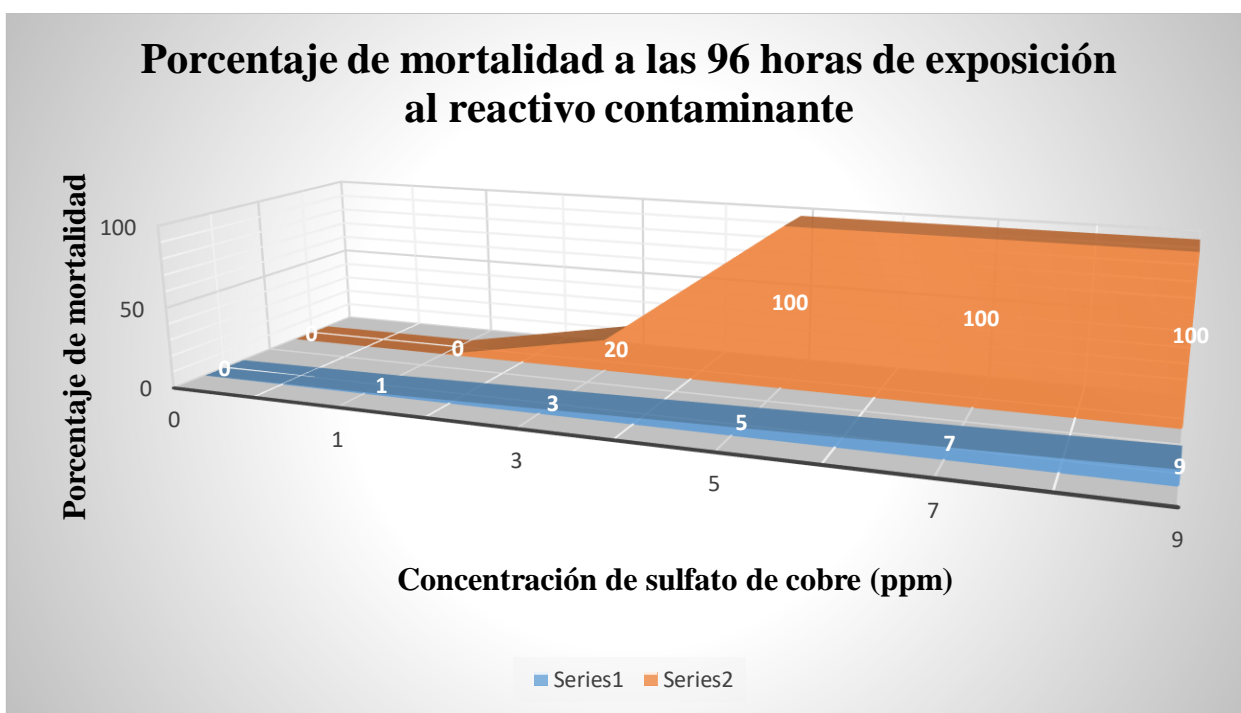


Figura 447. Porcentaje de mortalidad a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante

Tabla 195

Concentración y porcentaje de supervivencia a las 96 horas del ensayo N°4

Acuarios	A las 96 horas	
	X Concentración ppm (mg/l)	Y % supervivencia
K1	0	100
K2	1	100
K3	3	80
K4	5	0
K5	7	0
K6	9	0

Fuente: Elaboración propia

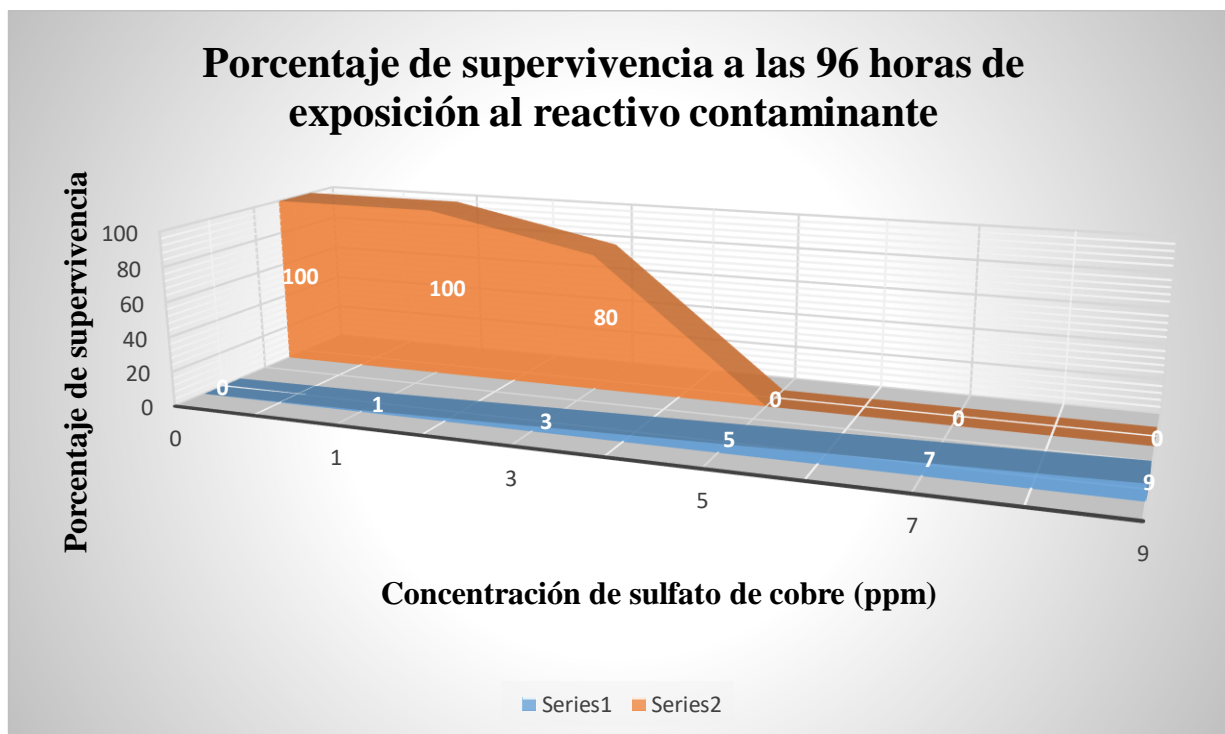


Figura 448. Porcentaje de supervivencia a las 96 horas de exposición al reactivo contaminante.

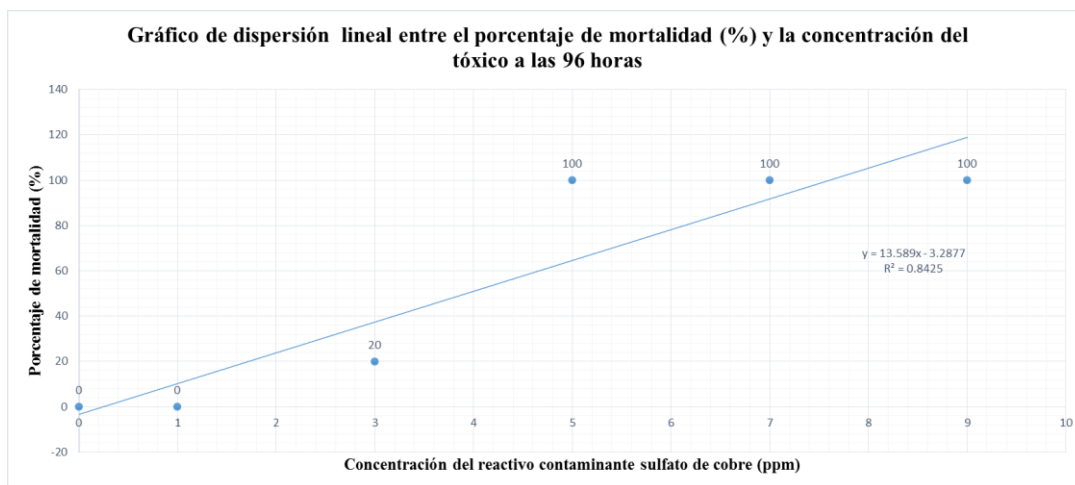


Figura 449. Gráfico de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

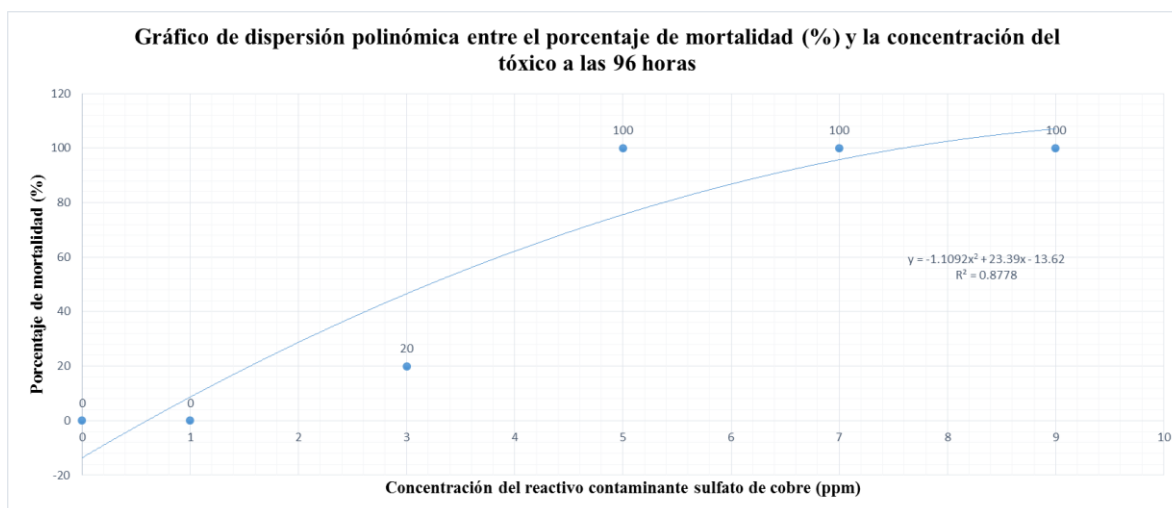


Figura 450. Gráfico de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

4.3 Determinación de la concentración media letal (LC₅₀)

Tabla 196

Ensayos realizados con sus coeficientes de correlación (r) según las gráficas: lineal y polinómica además de la fórmula a utilizar para la determinación de LC₅₀ a las 96 horas de exposición

Ensayos	Gráfica Lineal r	Gráfica Polinómica r	Fórmula a usar
Ensayo 2	0,8631	0,9774	$Y = -2,2349x^2 + 30,294x + 3,5655$
Ensayo 3	0,8026	0,8349	$Y = -1,0218x^2 + 17,96x - 10,066$
Ensayo 4	0,9178	0,9369	$Y = -1,1092x^2 + 23,39x - 13,62$

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Cálculos para determinar la concentración media letal (LC₅₀)

Para el ensayo 2:

Según la gráfica lineal y polinómica, el coeficiente de correlación más cercano a la unidad es 0.9774

por lo cual se usará la siguiente formula:

$$Y = -2,2349x^2 + 30,294x + 3,5655$$

Donde:

$$Y = 50$$

$$X = LC_{50}$$

Entonces:

$$50 = -2,2349x^2 + 30,294x + 3,5655$$

$$2,2349x^2 - 30,294x + 46,4345 = 0$$

Según la fórmula cuadrática:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Si: $ax^2 + bx + c = 0$ $a \neq 0$

$a = 2,2349$

$b = -30,294$

$c = 46,4345$

Entonces las soluciones o raíces son:

$$X_1 = \frac{-(-30,294) - \sqrt{(-30,294)^2 - 4(2,2349)(46,4345)}}{2(2,2349)}$$

$$X_1 = \frac{30,294 - 22,419}{4,4698}$$

$X_1 = 1,7617$ ppm

$$X_2 = \frac{-(-30,294) + \sqrt{(-30,294)^2 - 4(2,2349)(46,4345)}}{2(2,2349)}$$

$$X_2 = \frac{30,294 + 22,419}{4,4698}$$

$X_2 = 11,7931$ ppm

Para el ensayo 3:

Según la gráfica lineal y polinómica, el coeficiente de correlación más cercano a la unidad es 0.8349 por lo cual se usará la siguiente fórmula:

$$Y = -1,0218x^2 + 17,96x - 10,066$$

Donde:

$$Y = 50$$

$$X = LC_{50}$$

Entonces:

$$50 = -1,0218x^2 + 17,96x - 10,066$$

$$1,0218x^2 - 17,96x + 60,066 = 0$$

Según la fórmula cuadrática:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\text{Si: } ax^2 + bx + c = 0 \quad a \neq 0$$

$$a = 1,0218$$

$$b = -17,96$$

$$c = 60,066$$

Entonces las soluciones o raíces son:

$$X_1 = \frac{-(-17,96) - \sqrt{(-17,96)^2 - 4(1,0218)(60,066)}}{2(1,0218)}$$

$$X_1 = \frac{17,96 - 8,7783}{2,0436}$$

$$X_1 = 4,4928 \text{ ppm}$$

$$X_2 = \frac{-(-17,96) + \sqrt{(-17,96)^2 - 4(1,0218)(60,066)}}{2(1,0218)}$$

$$X_2 = \frac{17,96 + 8,7783}{2(1,0218)}$$

$$X_2 = 13,0839 \text{ ppm}$$

Para el ensayo 4:

Según la gráfica lineal y polinómica, el coeficiente de correlación más cercano a la unidad es 0.9369

por lo cual se usará la siguiente formula:

$$Y = -1,1092x^2 + 23,39x - 13,62$$

Donde:

$$Y = 50$$

$$X = LC_{50}$$

Entonces:

$$50 = -1,1092x^2 + 23,39x - 13,62$$

$$1,1092x^2 - 23,39x + 63,62 = 0$$

Según la fórmula cuadrática:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\text{Si: } ax^2 + bx + c = 0 \quad a \neq 0$$

$$a = 1,1092$$

$$b = -23,39$$

$$c = 63,62$$

Entonces las soluciones o raíces son:

$$X_1 = \frac{-(-23,39) - \sqrt{(-23,39)^2 - 4(1,1092)(63,62)}}{2(1,1092)}$$

$$X_1 = \frac{23,39 - 16,2733}{2,2184}$$

$$X_1 = 3,2079 \text{ ppm}$$

$$X_2 = \frac{-(-23,39) + \sqrt{(-23,39)^2 - 4(1,1092)(63,62)}}{2(1,1092)}$$

$$X_2 = \frac{23,39 + 16,2733}{2,2184}$$

$$X_2 = 17,8792 \text{ ppm}$$

Tabla 197

Valores obtenidos de la ecuación cuadrática donde se determinó el LC₅₀ según cada ensayo realizado

Ensayos	X ₁ (ppm)	X ₂ (ppm)
Ensayo 2	1,7617	11,7931
Ensayo 3	4,4928	13,0839
Ensayo 4	3,2079	17,8792

Fuente: Elaboración propia

Debido a que los valores de los LC_{50} obtenidos de cada ensayo son distintos se procedió a realizar una regresión que más se ajuste a nuestros resultados obtenidos:

Tabla 198

Ensayos realizados con su respectiva concentración (ppm) a la cual se trabajó y el porcentaje de mortalidad (%)

Ensayos	X Concentración (ppm)	Y % mortalidad
Ensayo N°2	0	0
Ensayo N°3	0	0
Ensayo N°4	0	0
Ensayo N°2	1	30
Ensayo N°3	1	0
Ensayo N°4	1	0
Ensayo N°2	3	90
Ensayo N°3	3	10
Ensayo N°4	3	20
Ensayo N°2	5	90
Ensayo N°3	5	90
Ensayo N°4	5	100
Ensayo N°2	7	100
Ensayo N°3	7	50
Ensayo N°4	7	100
Ensayo N°2	9	100
Ensayo N°3	9	70
Ensayo N°4	9	100

Fuente: Elaboración propia

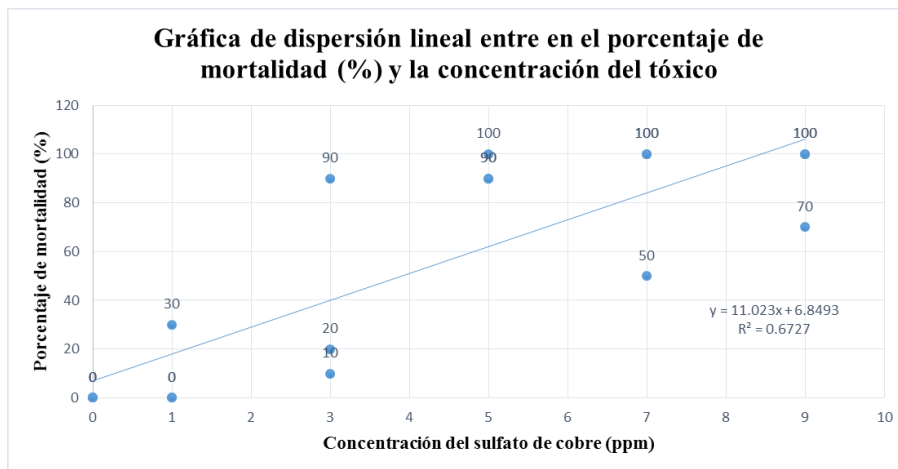


Figura 451. Gráfica de dispersión lineal entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

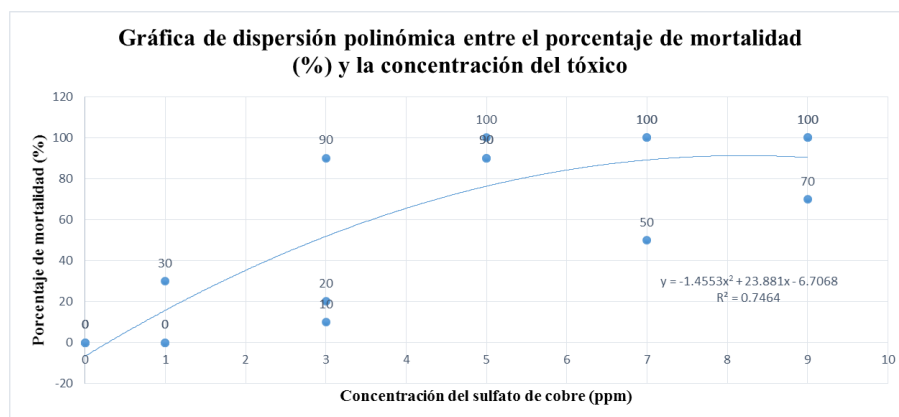


Figura 452. Gráfica de dispersión polinómica entre el porcentaje de mortalidad (%) y la concentración del tóxico a las 96 horas.

Según la gráfica lineal y polinómica, el coeficiente de correlación más cercano a la unidad es 0.8639 por lo cual se usará la siguiente fórmula:

$$Y = -1,4553x^2 + 23,881x - 6,7068$$

Donde:

$$Y = 50$$

$$X = LC_{50}$$

Entonces:

$$50 = -1,4553x^2 + 23,881x - 6,7068$$

$$1,4553x^2 - 23,881x + 56,7068 = 0$$

Según la fórmula cuadrática:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\text{Si: } ax^2 + bx + c = 0 \quad a \neq 0$$

$$a = 1,4553$$

$$b = -23,881$$

$$c = 56,7068$$

Entonces las soluciones o raíces son:

$$X_1 = \frac{-(-23,881) - \sqrt{(-23,881)^2 - 4(1,4553)(56,7068)}}{2(1,4553)}$$

$$X_1 = \frac{23,881 - 15,4984}{2,9106}$$

$$X_1 = 2,88 \text{ ppm}$$

$$X_2 = \frac{-(-23,881) + \sqrt{(-23,881)^2 - 4(1,4553)(56,7068)}}{2,9106}$$

$$X_2 = \frac{23,881 + 15,4984}{2,9106}$$

$$X_2 = 13,52 \text{ ppm}$$

Por lo tanto la concentración media letal (LC₅₀) de sulfato de cobre para alevinos de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) para un bioensayo agudo fue de 2,88 ppm.

Tabla 199

Cobre en los alevinos de tilapia gris perteneciente al ensayo N°2

N° muestras	Codigo de muestras	Pesos de cada pescado (g)	Lectura por absorcion atómica Cu (mg/L)	Cu (mg/kg)
1	I2-2 (p.m)	0,7851	0,75	9,55
2	I2-2 (P.M)	1,0797	0,256	2,37
3	I2-2	0,8260	0,409	4,95
4	I3-2	2,1658	1,074	4,95
5	I3-2(SP)	1,2464	1,248	10,01
6	I3-2(W3)	0,5757	0,323	5,61
7	I3-2(W4)	1,8838	0,914	4,85
8	I3-2(W5)	0,8029	0,363	4,52
9	I3-2(W6)	1,0366	0,455	4,38
10	I3-2(W7)	1,4164	0,769	5,42
11	I3-2(W8)	1,2182	0,484	3,97
12	I3-2	1,7315	1,575	9,09
13	I4-2(W1)	1,1582	1,305	11,26
14	I4-2(W2)	1,8321	1,681	9,17
15	I4-2(W3)	1,2293	0,818	6,65
16	I4-2(W4)	1,4453	1,192	8,24
17	I4-2	1,1697	1,091	9,32
18	I4-2(W6)	1,0331	1,372	13,28
19	I4-2(W7)	1,1197	1,080	9,64
20	I4-2(W8)	0,4176	0,280	6,7
21	I4-2	1,5786	1,588	10,05
22	I5-2(W1)	1,1665	0,743	6,36
23	I5-2	0,9643	0,910	9,43
24	I5-2(W3)	0,9173	0,460	5,01
25	I5-2(W4)	1,3348	0,617	4,62
26	I5-2(W5)	1,3194	0,848	6,42
27	I5-2(W6)	1,3194	0,539	4,08
28	I5-2(W7)	0,5797	5,762	99,39
29	I5-2(W8)	1,0588	9,187	86,76
30	I5-2(W9)	0,4066	3,505	86,2
31	I5-2 Tubo chico con tapa	1,5530	0,482	3,1
32	I6-2(P.P)	1,3930	0,732	5,25
33	I6-2(S.P)	1,3623	0,870	6,38
34	I6-2(T.P)	1,2303	0,609	4,95
35	I6-2(C.P)	1,2076	0,582	4,81
36	I6-2(Q.P)	1,5262	0,672	4,4
37	I6-2(SE.P)	0,8149	0,617	7,57
38	I6-2(ST.P)	0,8226	0,631	7,67
39	I6-2(OCT.P)	0,9214	0,567	6,15
40	I6-2(NOV.P)	0,5475	0,403	7,36
41	I6-2	1,0279	0,525	5,1

Fuente: Elaboración propia

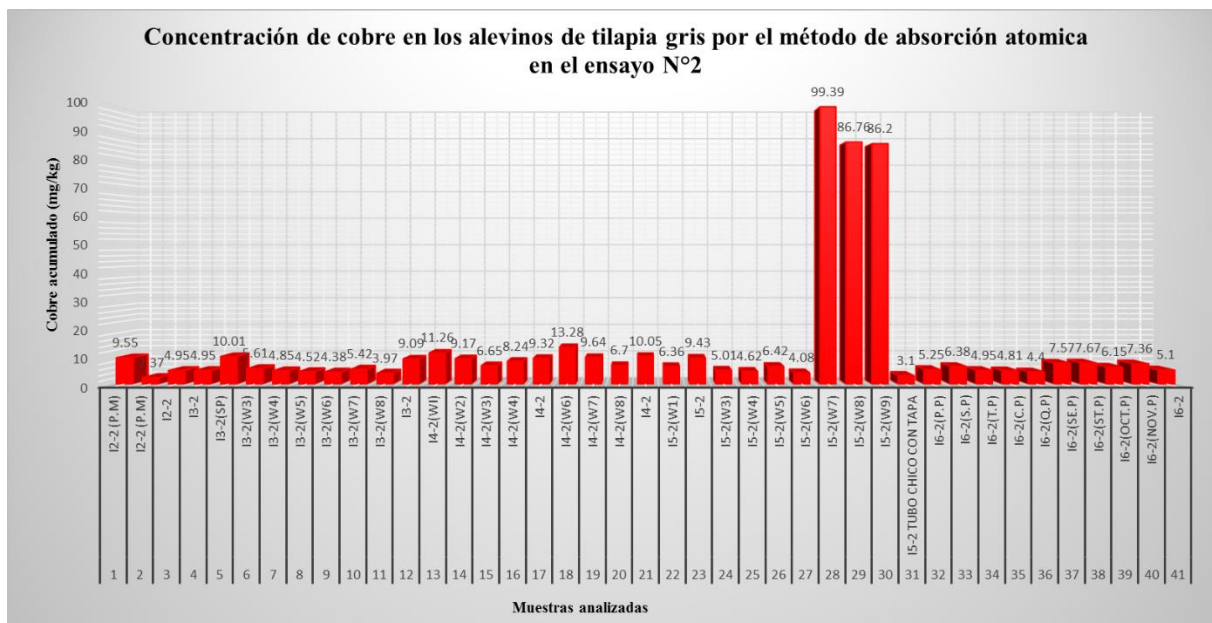


Figura 453. Concentración de cobre en los alevinos de tilapia gris por el método de absorción atómica en el ensayo N°2.

POR ACUARIOS

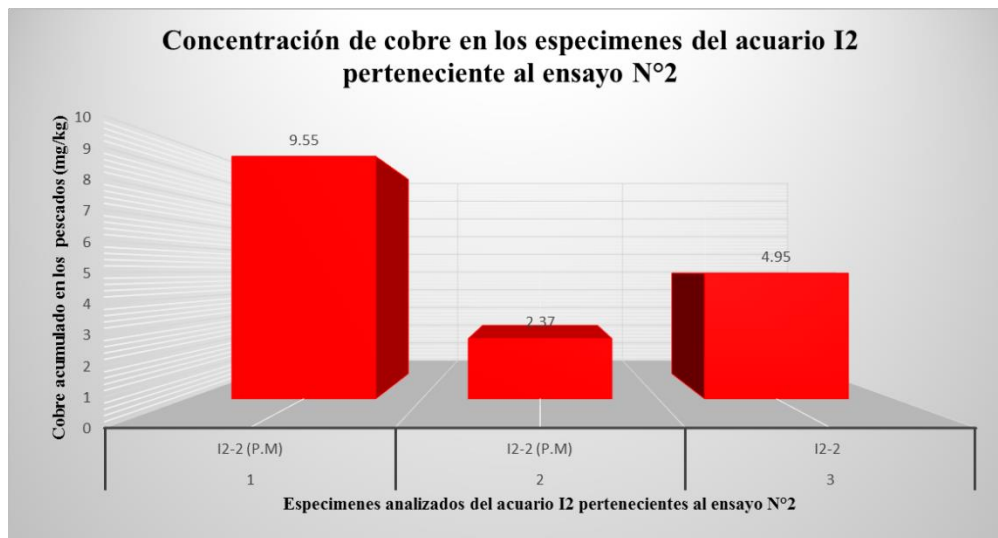


Figura 454. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I2 perteneciente al ensayo N°2.

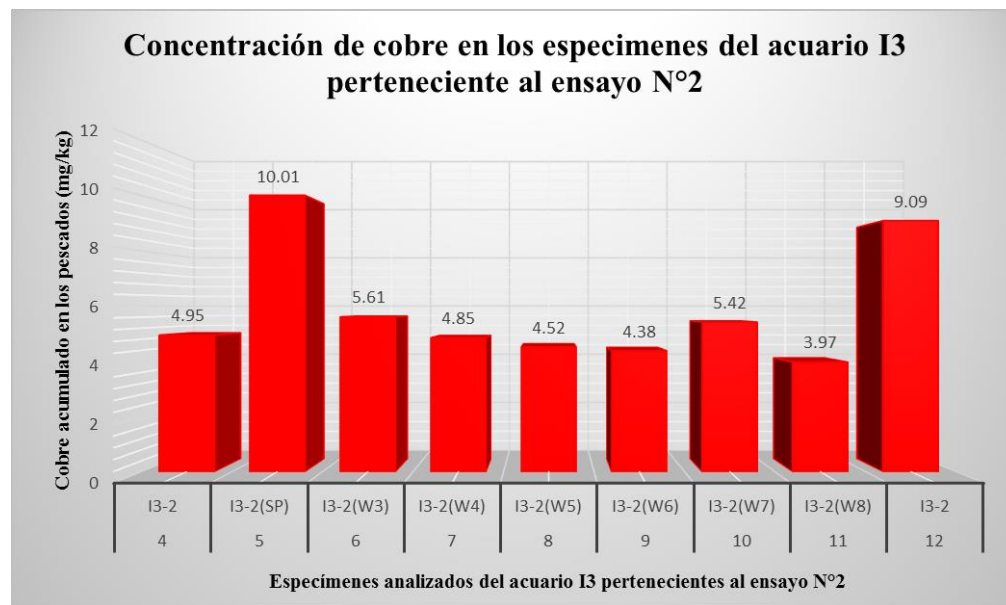


Figura 455. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I3 perteneciente al ensayo N°2.

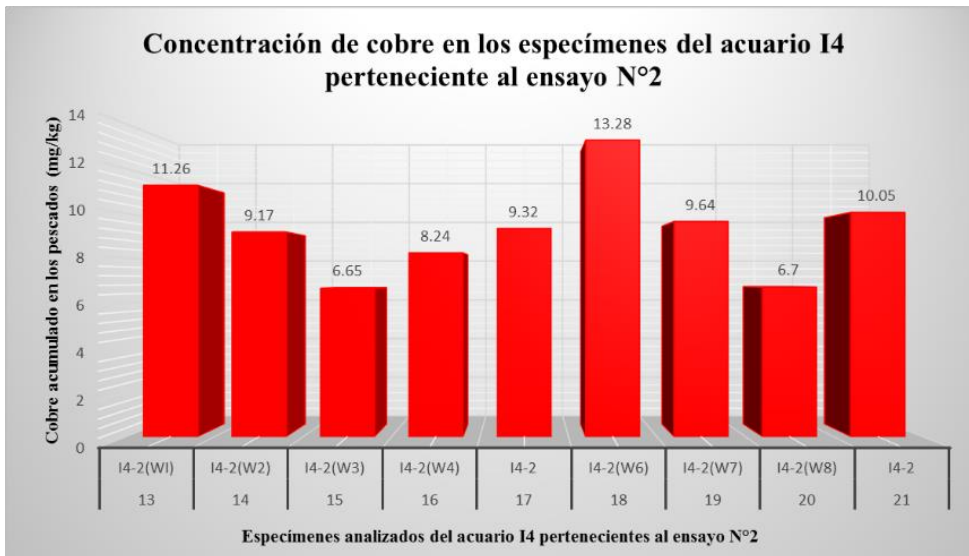


Figura 456. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I4 perteneciente al ensayo N°2.



Figura 457. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I5 perteneciente al ensayo N°2.

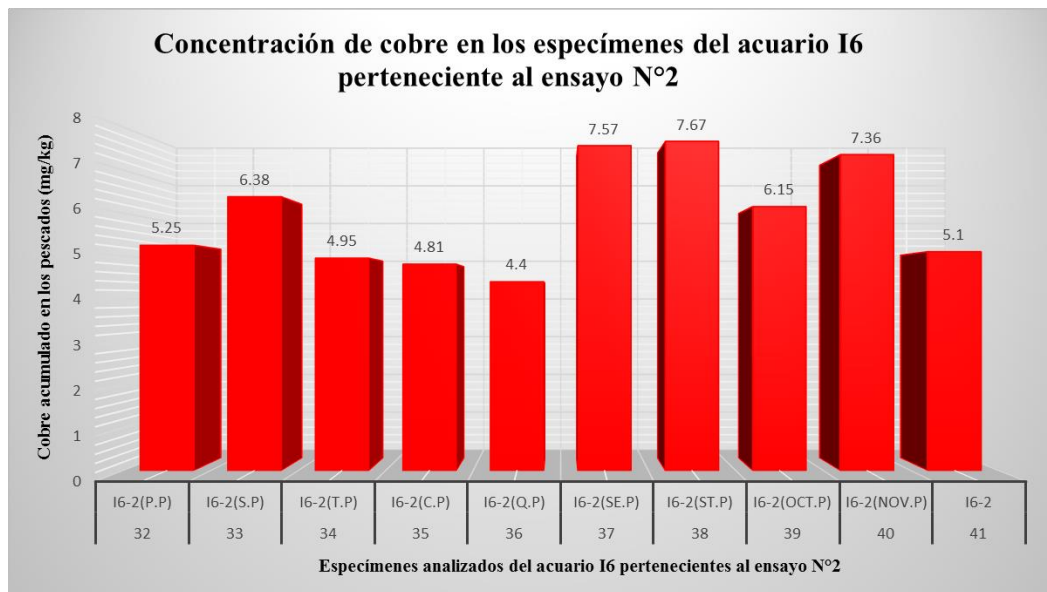


Figura 458. Concentración de cobre en los especímenes del acuario I6 perteneciente al ensayo N°2.

Tabla 200

Promedio de la concentración de cobre (mg/kg) de todos los especímenes por acuario

Acuarios	Promedio
I2	5,62
I3	5,86
I4	9,36
I5	31,13
I6	5,96

Fuente: Elaboración propia

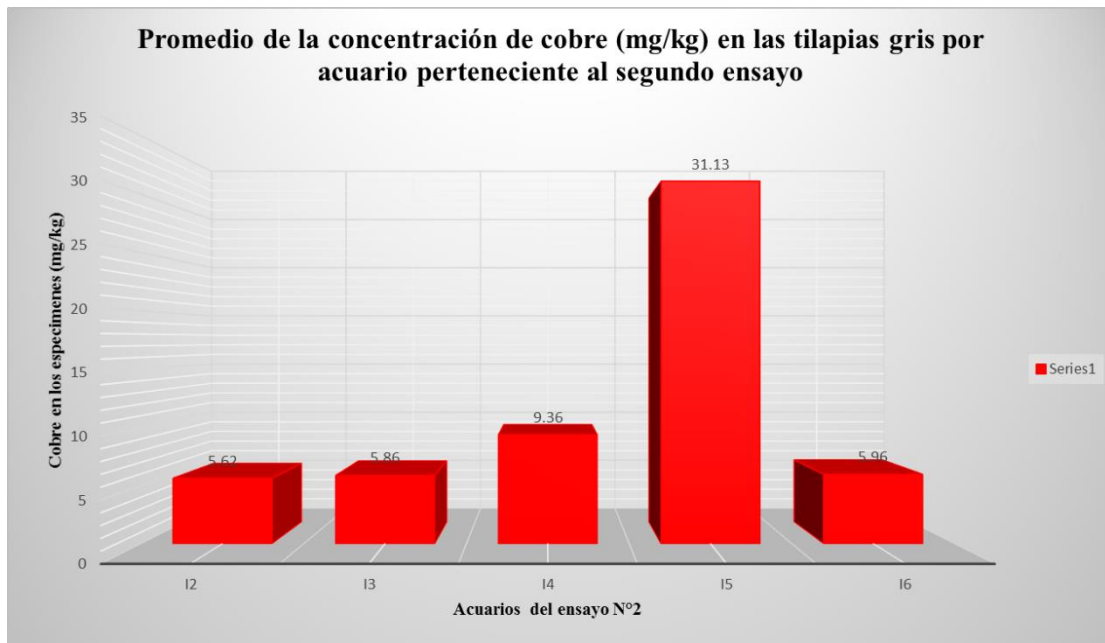


Figura 459. Promedio de la concentración de cobre (mg/kg) en las tilapias gris por acuario perteneciente al segundo ensayo.

Tabla 201

Resumen de los promedios, máximos valores de cobre, mínimos valores de cobre y la cantidad de peces muertos por acuarios.

	Acuarios				
	I2	I3	I4	I5	I6
Promedio "Cu" en los especímenes	5,62	5,86	9,36	31,13	5,96
Máximo valor de cobre (mg/kg)	9,55	10,01	13,28	99,39	7,67
Mínimo valor de cobre (mg/kg)	2,37	3,97	6,65	3,1	4,4
Cantidad de peces muertos	3	9	9	10	10

Fuente: Elaboración propia

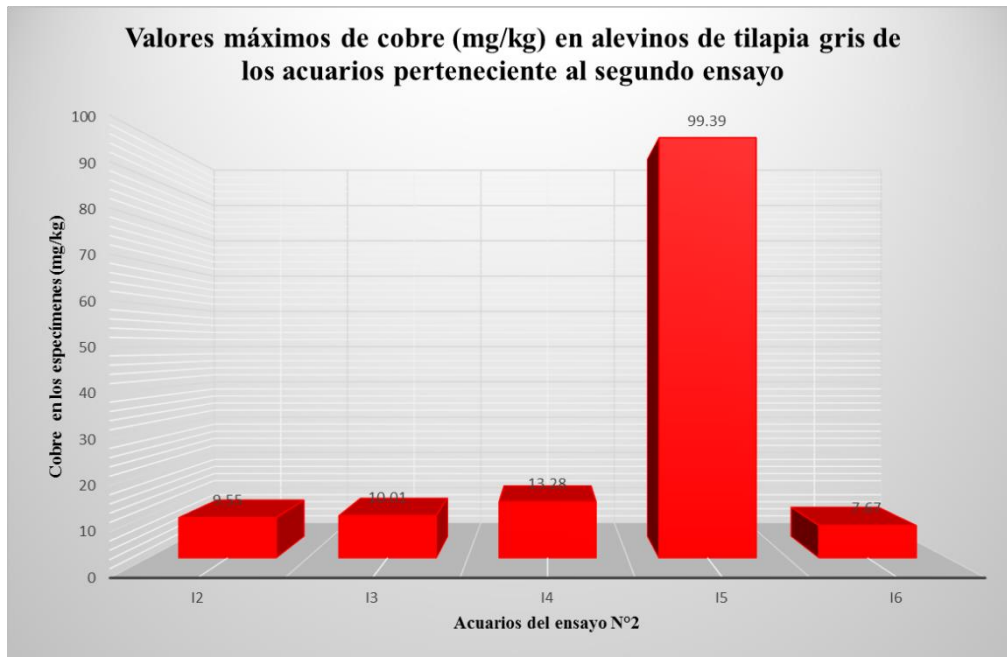


Figura 460. Valores máximos de cobre (mg/kg) en alevinos de tilapia gris de los acuarios pertenecientes al segundo ensayo.

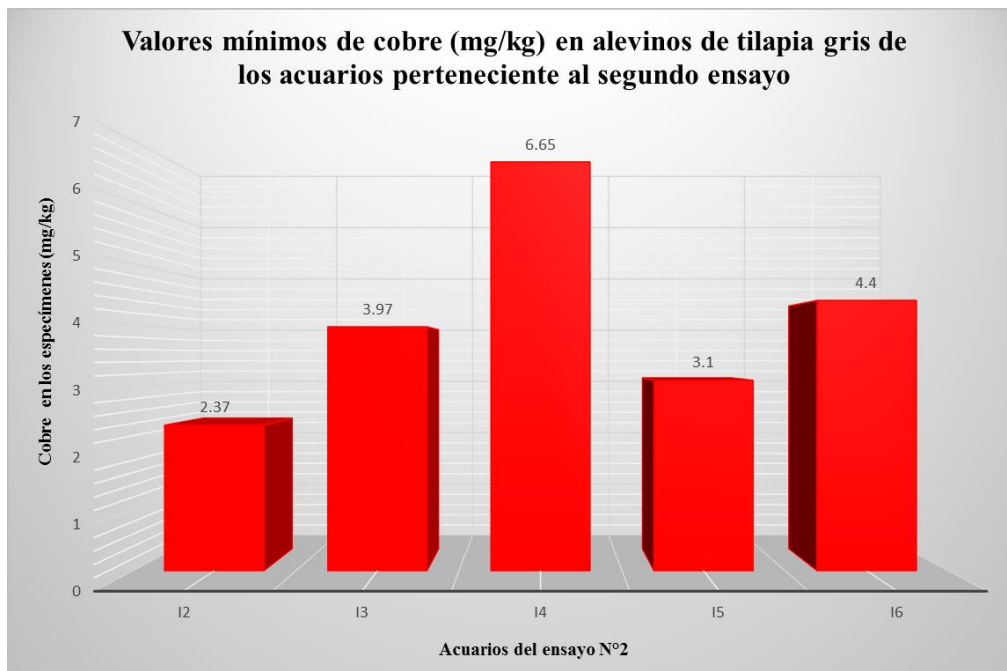


Figura 461. Valores mínimos de cobre (mg/kg) en alevinos de tilapia gris de los acuarios pertenecientes al segundo ensayo.



Figura 462. Cantidad de peces muertos por cada acuario durante el segundo ensayo.

Tabla 202

Análisis del acuario blanco para determinar la presencia de cobre en los especímenes

Muestra Blanca	Código	Peso de cada espécimen (g)	Lectura por absorción atómica Cu (mg/l)	Cu (mg/kg)
1	Especímen 1	1,3820	1,931	13,97
2	Especímen 2	2,2330	0,575	2,575
3	Especímen 3	2,4075	2,770	11,5
4	Especímen 4	2,2632	0,385	1,7

Fuente: Elaboración propia

Primer espécimen:

1,931 mg/l

1,931 mg ----- 1000 ml

X ----- 10 ml

X = 0,01931 mg

0,01931 mg ----- 1,3820 g

X ----- 1000 g

X = 13,97 mg/kg

Segundo espécimen:

0,575 mg/l

0,575 mg ----- 1000 ml

X ----- 10 ml

X = 0,00575 mg

0,00575 mg ----- 2,2330 g

X ----- 1000 g

X = 2,575 mg/kg

Tercer espécimen:

2,770 mg/l

2,770 mg ----- 1000 ml

X ----- 10 ml

$$X = 0,0277 \text{ mg}$$

$$0,0277 \text{ mg} \text{ ----- } 2,4075 \text{ g}$$

$$X \text{ ----- } 1000 \text{ g}$$

$$X = 11,50 \text{ mg/kg}$$

Cuarto espécimen:

$$0,385 \text{ mg/l}$$

$$0,385 \text{ mg} \text{ ----- } 1000 \text{ ml}$$

$$X \text{ ----- } 10 \text{ ml}$$

$$X = 0,00385 \text{ mg}$$

$$0,00385 \text{ mg} \text{ ----- } 2,2632 \text{ g}$$

$$X \text{ ----- } 1000 \text{ g}$$

$$X = 1,70 \text{ mg/kg}$$

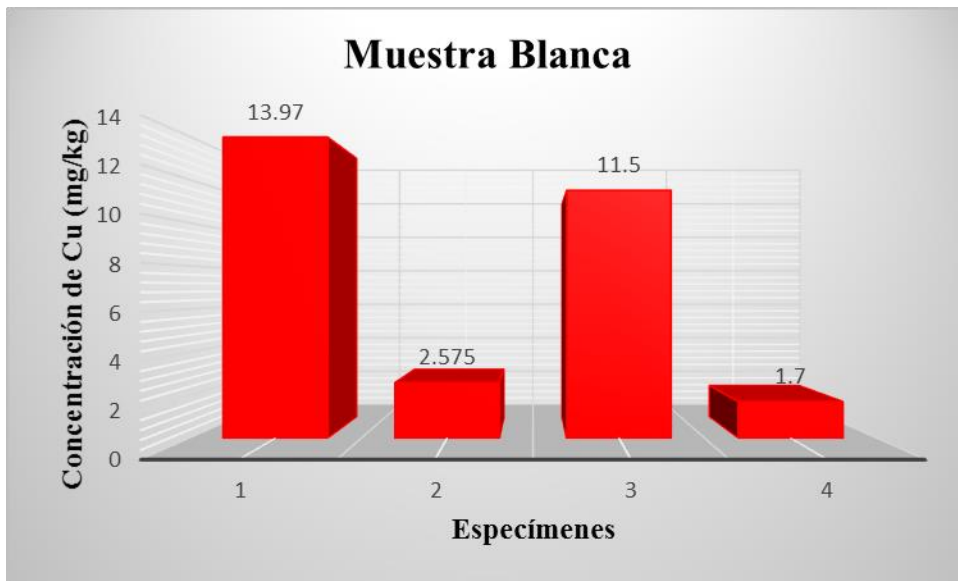


Figura 463. Gráfico de los especímenes pertenecientes al acuario blanco.

4.4 Predicciones

Para llevar a cabo una predicción lo primero que se realizará será un cuadro de comparaciones para una mejor explicación:

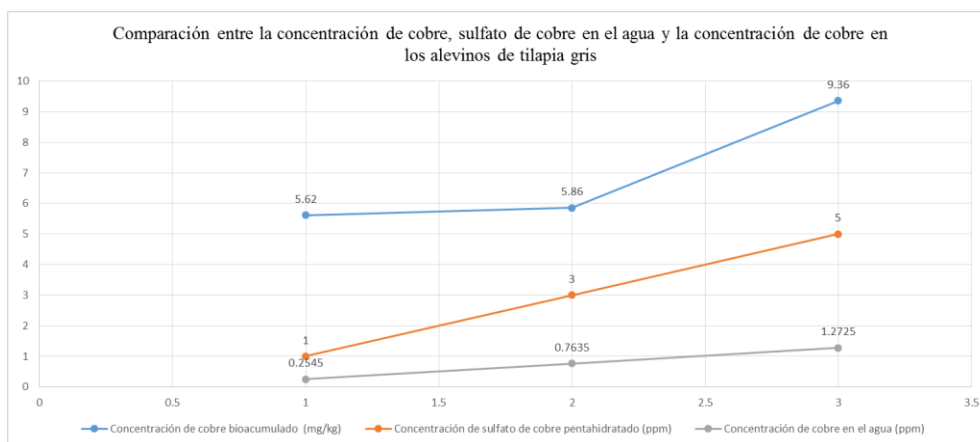


Figura 464. Gráfico de comparación entre la concentración de cobre y sulfato de cobre en el agua vs la concentración de cobre acumulado.

4.4.1 Predicción de toxicidad por cobre en efluente minero

En la presente tabla se plasma los puntos de control tomados así como también la medición en campo (parámetros analizados) y análisis en laboratorios de una empresa minera.

Tabla 203

Parámetros tomados y analizados de un efluente minero.

PUNTOS DE CONTROL		CUERPO RECEPTOR	MEDICIÓN EN CAMPO					ANÁLISIS EN LABORATORIO						
			pH	T (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	CE (µS/cm)	Caudal (m³/s)	STS (mg/L)	Pb disuelto (mg/L)	Cu disuelto (mg/L)	Zn disuelto (mg/L)	As disuelto (mg/L)	Fe disuelto (mg/L)	CN total (mg/L)
Código	Descripción													
E-4A	Efluente de pozas de sedimentación.	Laguna Tinquicocha.	8,46	10,6	6,30	913	225,38	3	0,0088	0,002	0,454	0,081	0,014	<0,005
E-4	Vertimiento de la planta de tratamiento de agua de mina.	Laguna Tinquicocha.	8,46	12,2	5,91	819	107,16	50	0,0057	0,001	0,444	0,085	0,002	<0,005

Fuente: OEFA, 2014

PRIMERA PREDICCIÓN:

Si en los puntos de control tomados E-4A y E-4 hubiese concentraciones de cobre total de 0,002 mg/L y 0,001 mg/L respectivamente, como se muestra la tabla 203, por consiguiente:

No se formaría ningún efecto en los posibles especímenes que puedan vivir en el efluente ya que sus valores son menores a 0,2545 mg/l.

SEGUNDA PREDICCIÓN:

Si en los puntos de control tomados E-4A y E-A hubiese concentraciones de cobre total de 0,2545 mg/l o más, tal como se plasma en la figura 464, entonces:

Se producirán efectos perjudiciales de los posibles especímenes que vivan en dicho efluente tales como: Nados lentos en sentido vertical hacia el fondo del acuario, movimientos oscilatorio, constante boqueo en la superficie del agua del acuario, ojos rojos, opérculos color rojizo, hinchazón en la zona

ventral, aun así se encuentre dentro del rango de lo que establece el D.S. N°010-2010-MINAM (0,5 mg/l de cobre total).

4.4.2 Predicción de toxicidad por cobre en cuerpos receptores cercano a una empresa minera

Para llevar a cabo algunas predicciones se deberá observar la tabla 204, la cual plasma ciertos parámetros analizados tanto en campo como en laboratorio de una empresa minera.

Tabla 204

Parámetros tomados de agua superficial de una empresa minera

PUNTO DE CONTROL	MEDICIÓN DE CAMPO				RESULTADO DE LABORATORIO									
	pH	T	C.E.	O.D.	STS	Pb Total	Cu Total	Zn total	As total	Cr total	Mn total	Ni total	Se total	Hg total
CÓDIGO	Unid	°C	mS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
P-01	8,78	13,6	527	7,5	<6	<0,006	<0,0014	<0,004	<0,010	<0,0014	<0,001	<0,003	<0,010	<0,001
P-02	8,91	13,4	523	8,01	<6	<0,006	<0,0014	0,006	<0,010	<0,0014	0,001	<0,003	<0,010	<0,001

Fuente: OEFA, 2014

PRIMERA PREDICCIÓN

Si en los puntos de control P-01 y P-02 hubiesen concentraciones de cobre de <0,0014 y <0,0014 respectivamente, tal como está plasmado en la tabla 204, por consiguiente:

No se produciría algún efecto sobre los posibles especímenes que vivan en dicho efluente, dado que su valor es menor a 0,2545 mg/l.

SEGUNDA PREDICCIÓN

Si en los puntos de control P-01 y P-02 hubiesen concentraciones de cobre de 0,2545 mg/l o más tal como está plasmado en la figura 464 o tal como se muestra en el D.S. N° 004-2017 MINAM en su categoría 2⁴ entonces:

Se producirán efectos perjudiciales de los posibles especímenes que vivan en dicho efluente tales como: Nados lentos en sentido vertical hacia el fondo del acuario, movimientos oscilatorio, constante boqueo en la superficie del agua del acuario, ojos rojos, opérculos color rojizo, hinchazón en la zona ventral

⁴ Se consideró la categoría 2 del Estándar de Calidad Ambiental para agua aprobado a través del Decreto Supremo N° 004 – 2017 MINAM, de manera referencial debido a que el presente trabajo de investigación se encuentra de acorde a lo plasmado en la cuarta sub categoría C4 – “Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas”

V. Discusión de resultados

En comparación con los resultados de LC_{50} obtenidos por Velasco y Santamaria en el año 2006 utilizando sulfato de cobre en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en 48 horas de exposición el cual fue 0,94 ppm y según Valverde en el año 2015 los resultados de LC_{50} a 96 horas de exposición, utilizando sulfato de cobre fue de 0,986 ppm para alevinos de carpa común, mientras que en este presente trabajo el cual se expuso los alevinos de tilapia gris a 96 horas frente al mismo tóxico (sulfato de cobre) se obtuvo un resultado de 2,88 ppm, se puede discernir que existe una diferencia muy amplia.

En comparación con los resultados de LC_{50} obtenidos por Romero en el año 2014 utilizando sulfato de cobre en alevinos de tilapia roja, en 96 horas de exposición el cual fue de 1,54 ppm con este presente trabajo de investigación obteniendo un resultado de LC_{50} de 2,88ppm utilizando sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris en 96 horas de exposición se desprende que pese a pertenecer al mismo género de tilapia (diferente especie), la tilapia gris es más resistente que la tilapia roja frente al sulfato de cobre ya que según los resultados presenciados la tilapia gris toleró un rango mayor.

En comparación con los resultados de LC_{50} obtenido por Lau Corales en el año 2018 utilizando cianuro en alevinos de tilapia nilótica, en 96 horas de exposición fue de 0,31 ppm mientras que los resultados del presente trabajo de investigación desarrollado con sulfato de cobre en alevinos de tilapia gris en 96 horas de exposición nos da un resultado de LC_{50} de 2,88ppm. Según ambos resultados obtenidos la misma especie expuesta; es decir tilapia gris; es más vulnerable al cianuro que al sulfato de cobre.

VI. Conclusiones

Se realizaron 4 ensayos, de los cuales el ensayo N°1 se trabajó a concentraciones muy bajas (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0) obteniendo una supervivencia del 100% en todos los acuarios por lo que en los ensayos N°2, N°3 y N°4 se trabajó a concentraciones mayores es decir a 0, 1, 3, 5, 7 y 9 dando como resultado una mortalidad en todos los acuarios a excepción del blanco.

Se determinó la concentración media letal de los ensayos N°2, N°3 y N°4 obteniendo como resultado un LC_{50} para el ensayo N°2 de 1,7617 ppm, un LC_{50} para el ensayo N°3 de 4,4928 ppm y un LC_{50} para el ensayo N°4 de 3,2079 ppm, siendo estos resultados diferentes se realizó una regresión que más se ajustó a nuestros resultados obtenidos dando como resultado 2,88 ppm

Para determinar los LC_{50} se realizó 2 regresiones: lineal y polinómica, siendo la regresión polinómica la que presentó su coeficiente de correlación más cercano a la unidad por lo cual se tomó esa misma para reemplazar los datos obteniendo así la concentración expresado en ppm.

En el segundo ensayo hubo un total de 41 especímenes muertos y a cada uno de estos se les realizó un análisis de cobre. Se obtuvo un promedio y una gráfica de todos los especímenes por acuario para una mejor interpretación, es decir para el acuario I2 – 1 ppm el promedio fue de 5,62 mg/kg, para el acuario I3 – 3 ppm el promedio fue de 5,86 mg/kg, para el I4 – 5 ppm el promedio fue de 9,36 mg/kg, para el acuario I5 – 7 ppm el promedio fue de 31,13 mg/kg y para el acuario I6 – 9 ppm el promedio fue de 5,96 mg/kg.

Se realizó una gráfica de la comparación entre la concentración de sulfato de cobre utilizado en el trabajo de investigación, la concentración de cobre en los alevinos de tilapia gris y la concentración de cobre en el agua para realizar unas predicciones de toxicidad por cobre en efluentes mineros y en cuerpos receptores basándose en el D.S. 010-2010 MINAM (efluentes) y el Estándar de Calidad Ambiental para aguas en la categoría 2 del D.S N° 004-2017 MINAM (cuerpos receptores) dando como resultado un incremento proporcional directo entre la concentración de sulfato de cobre y la concentración de cobre en el agua.

En la etapa de aclimatación se presentó canibalismo es decir se comían unas a otras pese a que se le suministró alimento en varias raciones al día.

Al someter a los alevinos de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) al contaminante sulfato de cobre tuvo ciertos efectos los cuales fueron:

Nados lentos en sentido vertical hacia el fondo del acuario, movimientos oscilatorio, constante boqueo en la superficie del agua del acuario, ojos rojos, opérculos color rojizo, hinchazón en la zona ventral.

VII. Recomendaciones

Es indispensable contar con los EPP (Equipo de protección personal) en los inicios de cada ensayo para prevenir algún tipo de accidente además de ser una base primordial en la realización del presente trabajo de investigación.

Tener mucho cuidado al momento de trasladar a los peces (etapa de aclimatación) ya que podrían estresarse y morir antes de haber desarrollado los ensayos.

Realizar una adecuada limpieza de acuarios después de cada ensayo realizado de lo contrario podría verse afectado el desarrollo de los siguientes ensayos (aumento de tóxico) y por ende alterar los resultados.

Ser exacto al momento de añadir reactivos químicos para generar una mayor precisión de resultados.

Contar con un cooler antes de iniciar los ensayos con la finalidad de preservar los especímenes en el tiempo de exposición al tóxico (0 a 96 horas) para luego ser analizados en un laboratorio, de lo contrario podría perder sus propiedades organolépticas y podría verse afectado el resultado.

VIII. Referencias

- Águila, P., Martínez, M. & Regalado, F. (2017). Cobre: Evolución reciente y Potencial de desarrollo. p. 31.
- Bermúdez, M. (2010). Contaminación y turismo sostenible. p. 5.
- Byron, R. (2014). Determinación de la concentración letal media (CL₅₀) producida por sulfato de cobre (CuSO₄.5H₂O) en alevines de tilapia roja (*oreochromis sp.*), universidad técnica de Machala.
- Camacho, A. & Ariosa, L. (2000). Diccionario de Términos Ambientales. NOVIB. La Habana. Pp. 17-23.
- Carvalho, C. and Fernandes, M. (2008). Effect of copper on liver key enzymes of anaerobic glucose metabolism from freshwater tropical fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 151(3): 437– 442.
- Castillo et al. (1981). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones.
- Castillo, L. (2000). La tilapia roja en Colombia y Ecuador: Un éxito de la empresa privada. *Panorama Acuícola*, 5:20-21.
- Cerqueira, C.C.C., Fernandes, M.N. (2002). Gill Tissue Recovery after Copper Exposure and Blood Parameter Responses in the Tropical Fish *Prochilodus scrofa*. *Ecotoxicol. Environ. Safety Environ. Res. B* 52: 83-91.
- Chacón. (2003). El caso Yanacocha: crónica de la lucha frente a una contaminación minera inevitable.
- Cogun, H.Y., Kargin, F. (2004). Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere* 55: 277-282.

- Conroy, G. (2004). Importantes enfermedades detectadas en tilapias cultivadas en América Latina. *Panorama Acuícola Magazine*, 6(9):20-25.
- Dang, Z., Lock, R.A.C., Flik, G., Wendelaar, B.S.E. 2000. Na⁺/K⁺ Atp ase immunoreactivity in branchial chloride cells of *Oreochromis mossambicus* exposed to copper. *J. Exp. Biol.* 203: 370-387.
- FAO, (2019). Enfermedades de medida de control.
- Flores, H. (2016). “Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera”.
- FONDEPES, 2003: “Perfiles de inversión en acuicultura”, documento de Gerencia de Acuicultura Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero.
- Giré, R., Sidenco, N. V., Lazareva, V. (2003): The role of secondary minerals in controlling the migration of arsenic and metals from high-sulfide wastes (Berikul gold mine, Siberia). *Applied Geochemistry*, 1347-1359.
- Habashi, F. (1992). Cuestiones ambientales en la industria metalúrgica – avances y problemas, cuestiones ambientales y gestión de los residuos en la producción de minerales y energía. Balkama, Rotherdam, pp. 1143 -1153.
- Handy, R.D. (2003). Review: Chronic effects of copper exposure versus endocrine toxicity: two sides of the same toxicological process?, *Comp. Biochem. Physiol. A* 135: 25-38.
- Hazin, (2016). Desarrollo minero y conflictos socioambientales, los casos de Colombia, México y Perú.
- Jacob, D. L., Otte, M. L. (2004): Long-term effects of submerged and wetland vegetation on metals in a 90-yr old abandoned Pb-Zn mine tailings pond. *Environmental Pollution*, 130: 337-345.

- Kilgour, B., Munkittrick, K., Portt, C., Hedley, K., Culp, J., Dixit, S. and Pastershank, G. 2005. Biological Criteria for Municipal Wastewater Effluent Monitoring Programs. *Water Quality Research Journal of Canada*, 40(3): 374-387.
- Lau, M. (2018). Bioensayo agudo con cianuro total en alevines de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Linnaeus,1758) en ambiente controlado.
- Lloyd, R. (1992). Pollution and freshwater fish. Fishing News Books; Cambridge, MA: Distributor, Blackwell Scientific Publications, Oxford; Cambridge, MA, USA. 176 p.
- López, B. y Cruz, L. (2011). Elaboración de un prebiótico a base de microorganismos nativos y evaluación de su efecto benéfico al proceso digestivo de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en etapa de engorde en la zona de santo domingo. Ecuador. Tesis de Grado. Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. Santo Domingo, Ecuador. 109 p.
- Lozano, Á.M.C. 2000. Determinación de parámetros hematológicos y toxicológicos en juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) expuestos a diferentes concentraciones de sulfato de cobre. Tesis de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 122 pp.
- Lozano, D. y López, F. (2001). Manual de piscicultura de la región amazónica Ecuatoriana. Mosaico. Quito, Ecuador. 151 p.
- Mallatt, J. (1985). Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: A statistical review. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 630-648.
- Marchetti, R. 1960. I criteri biologici per la accettabilità di acque di scarico industriali in acque pubbliche. *Atti del Convegno sulle acque di scarico industriale*. Milano 47. pp: 123-241.

- Marr, J.C.A., Hansen, J.A., Meyer, J.S., Cacela, D., Podrabsky, T., Lipton, J., Bergman, H.L. (1998). Toxicity of cobalt and copper to rainbow trout: application of a mechanistic model for predicting survival. *Aquat. Toxicol.* 43: 225-238.
- Matsuo A.Y.O., Wood, C.M., Val, A.L. (2005). Effects of copper and cadmium on ion transport and gill metal binding in the Amazonian teleost tambaqui (*Colossoma macropomum*) in extremely soft water. *Aquat. Toxicol.* 74: 351-364.
- Mendoza, R. (2007). Acute toxicity of copper (Cu^{2+}) on postlarvae of river prawn *Cryphiops caementarius* (Natantia, Palaemonidae).
- Ministerio de la producción. (2003). Dirección Nacional de acuicultura.
- Ministerio de la producción. (2004): Cultivo de tilapia. Documento Técnico de la Dirección de Acuicultura - Viceministerio de Pesquería. Lima.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). Glosario Técnico Minero. Bogotá. p. 109
- Moriarty, D. (1999). Disease control in shrimp aquaculture with probiotic bacteria. *Proceedings of the 8th International Symposium on Microbial Ecology*, pp 237– 243. Atlantic Canada Society for Microbial Ecology, Halifax, Canada.
- Naranjo-Gómez, J., Vargas-Rojas, L. y Rondón-Barragán, I. 2013. Toxicidad Aguda de Cloruro de Mercurio (HgCl_2) en Cachama Blanca, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). *Actual Biol* 35(98), 85 Rai, A. N, Ullah, A., y Haider, J. 2015. Determination of Acute Toxicity of Copper and Cobalt for *Tilapia nilotica*, *Journal of Bioresource Management*, 2 (1).
- Ogwuegbu M. & Muhanga W. (2005). Investigación de la concentración de plomo en la sangre de las personas en la provincia de Copperbelt. *International Journal of Physical Sciences*. Zambia. Pp. 66 – 75.

- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2004). El régimen común de fiscalización ambiental. Lima, p - 2.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Reporte público de supervisión.
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. (2009). Anuario de estadística de pesca y acuicultura.
- Orozco, J. y Toro, A. (2007). Determinación de la concentración letal media (CL_{50 - 48}) del cromo y el cobre por medio de bioensayos de toxicidad acuática sobre *Daphnia pulex*. Universidad de la Salle, Facultad de ingeniería ambiental y sanitaria. Bogotá D.C. pág. 21. F.
- Pérez, O., Margarita M.; Betancur, V. & Angie. (2016). Impactos ocasionados por el desarrollo de la actividad minera al entorno natural y situación actual de Colombia Sociedad y Ambiente, pp. 95-112.
- Rai, A. N, Ullah, A., y Haider, J. (2015). Determination of Acute Toxicity of Copper and Cobalt for *Tilapia nilotica*, *Journal of Bioresource Management*.
- Saavedra, M. (2003). Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.
- Sainz, A., Grande, J. A., De La Torre, M. L. (2003): Odiel river, acid mine drainage and current characterizations by means of univariate analysis. *Environment International*, 29, 51-59.
- Sola, F., Isaia, J., Mansoni, A. (1995). Effects of copper on gill structure and transport function in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Appl. Toxicol.* 15: 391-398.

- Straus, D.L. (2003). The acute toxicity of copper to blue tilapia in dilutions of settled pond water. *Aquaculture* 219: 233-240.
- Toledo, S. (2005). Cultivo de Tilapia. Experiencia en Cuba. Habana (Cuba). 25 pp.
- Valverde, E. (2015). Bioensayo con sulfato de cobre en alevinos de carpa *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Pisces, Cyprinidae).
- Vargas, (2004). Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría, Tomo I.
- Vázquez, Maldonado, Marañón y Espina. (2005). Stress produced by therapeutic copper sulphate concentrations on *Carassius auratus* (Pisces, Cyprinidae).
- Velasco-Santamaría, Y.M., Gómez-Manrique, W., Calderón-Bernal, J.M. (2006). Toxicidad aguda del sulfato de cobre (CuSO₄) en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) bajo condiciones de aguas blandas Orinoquia, vol. 10, pp. 64-70 Universidad de Los Llanos Meta, Colombia.
- Yordan, A. (2008). Tilapia características. Cuba.
- Yupari, A. (2003). Informe: Pasivos Ambientales Mineros en Sudamérica, Informe elaborado para la Cepal, el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, BGR, y el Servicio Nacional de Geología y Minería..
- Zambrano & Molina, (2012). Calidad de agua y protección ecológica.
- Zambrano Cabanillas, Abel Walter (1983). Evaluación toxicológica del comportamiento de la Lisa *Mugil cephalus*. Frente al metanol utilizado Métodos radio químicos contribución a la toxicología marina. pp. 9-26.

IX. Anexos


DIRECCIÓN REGIONAL DE LA PRODUCCIÓN
DIRECCIÓN SUB REGIONAL DE LA PRODUCCIÓN BAJO MAYO
MINISTERIO DE LA ZONA COSTERA, LA COMERCIALIZACIÓN Y LA PESQUERA

Expediente N° 02240634

CERTIFICADO DE PROCEDENCIA N° 007-2019-GRSM/DIREPRO-DSRPBM

LA DIRECCION SUB REGIONAL DE LA PRODUCCION BAJO MAYO

CERTIFICA:

Que el señor **KIER SANCHEZ MIRANDA**, tiene previsto el traslado de post larvas de la especie **Tilapia (Oreochromis niloticus)** de la Granja Acuícola **CIN ALFA E.I.R.L** a la ciudad de Lima, el mismo que se adecúa a las normas sanitarias y profilácticas para los fines de investigación;

Para mayor detalle se alcanza la siguiente información:

> Centro productor (procedencia)	: Granja Acuícola CIN ALFA E.I.R.L.
> Especie	: Tilapia (Oreochromis niloticus)
> Cantidad	: 01 milar
> Edad	: 45 días
> Estado de bienestar	: Buen estado
> Modo de transporte	: Bolsa plástica sellada, con agua, oxígeno en balde plástico
> Peso promedio por bolsa	: 07.00 kg
> Tipo de recipientes	: 01 balde de plástico
> Ruta	: Tarapoto – Lima
> Fecha de transporte	: Jueves 14 de marzo de 2019
> Via de transporte	: Aérea
> Peso promedio por ejemplar	: 0.55 gr.
> Talla promedio	: 0.8 cm.
> Sexo	: Indeterminado
> Peso total aproximado	: 7.0 kg.
> Centro receptor	: Helen Velarde

POR TANTO:

El presente Certificado, es válido solo para la fecha de la operación del traslado, y prescribe a la llegada a su destino.

Se expide el presente, para los fines que estime por consiguiente.

Tarapoto, 13 de marzo de 2019.



Afirmación:



Mgs. Paez, María Soledad Sánchez
DIRECTORA SUBREGIONAL

Figura 465. Certificado de procedencia N° 007-2019-GRSM/DIREPRO-DSRPBM

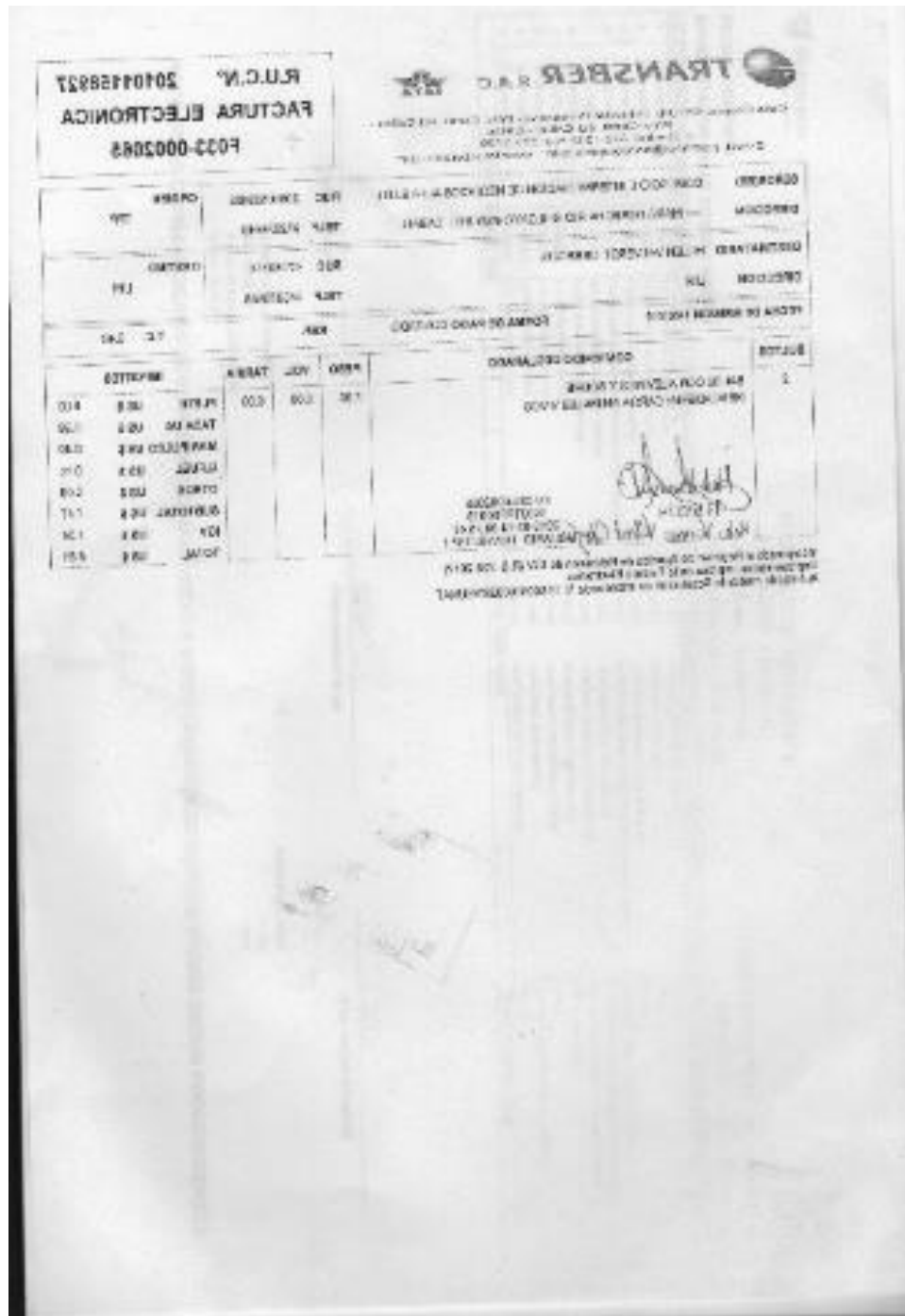



Figura 468. Factura electrónica de la empresa TRANSBER S.A.C

BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA
B145 - B0133N



FEDA
FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO AGRARIO

MOLINO COMUNITARIO DE CEREALES Y LEGUMINOSAS

CALLE 100 N. # 100-100, ZONA INDUSTRIAL, SAN JOSÉ, C.R.

TEL: (506) 2222-1000

CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	DESCUENTO	VALOR TOTAL	IMPORTE A PAGAR	IMPORTE A RECIBIR
10.00	100.00	1000.00	0.00	1000.00	1000.00	1000.00

BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA

CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	DESCUENTO	VALOR TOTAL	IMPORTE A PAGAR	IMPORTE A RECIBIR
10.00	100.00	1000.00	0.00	1000.00	1000.00	1000.00






Figura 469. Boleta de venta electrónica de la fundación para el desarrollo agrario

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL -DA
CON REGISTRO N° LC- 019



Certificado de Calibración

LA-723-2018



Pág. 1 de 1

1 Cliente : SGS DEL PERU S.A.C.

2 Dirección : Av. Elmer Faucett 3348 Prov. Const. del Callao - Callao

3 Datos del Instrumento

. Instrumento de medición	: Medidor de pH*	. N° de serie del Instrumento	: 18371408
. Marca	: WTW	. N° de serie sonda	: C183817004
. Modelo	: Multi 3530	. Intervalo de Indicación	: 0,00 pH a 14,00 pH
. Identificación	: 14284	. Resolución	: 0,01 pH

4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.

5 Fecha de calibración : 2018-12-11

6 Método de calibración.

La calibración se realizó por comparación de la Indicación del Instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, según procedimiento PC 020 Calibración de medidores de pH de INACAL 2 ed. 2017.

7 Condiciones Ambientales.

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	23,9	59,4
Final	23,6	61,2

8 Trazabilidad

Patrón usado	Código Interno	N° Lote o N° Certificado	F. Vencimiento
MRC pH 4	GGP-S-01.28	CC523997	2019-10-12
MRC pH 7	GGP-S-02.28	CC543250	2020-02-09
MRC pH 10	GGP-S-03.29	CC837296	2019-12-29

9 Resultados de medición

Indicación del Instrumento (pH)	Valor del patrón (pH)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
4,00	3,996	0,004	0,015
7,02	7,009	0,011	0,015
10,00	10,007	-0,007	0,015

10 Observaciones

a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C

b) El coeficiente de correlación obtenido es: 1,000


c) El error máximo permisible considerado, tomando como referencia: IUPAC Recommendations 2002, "Measurement of pH, Definition, Standards, and Procedures", es: ± pH 0,03

* La calibración del medidor de pH se realizó en el Multiparámetro.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario realizar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directivas de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de emisión

2018-12-13


ISAIAS CURÍ MELGAREJO
 Jefe de Laboratorio de Calibración
 GREEN GROUP PE S.A.C

LA SIGNATURA DE ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSION ELECTRÓNICA (PRIMA DIGITAL, SEGUNDA LEY N° 37289 LEY DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES)

FO-[LC-PR-01]-03

Av. Aviación 4210 - Surquillo
Central: 560-6134 / 273-3550
www.greengroup.com.pe

Figura 471. Certificado de calibración (INACAL) del multiparametro WTW

SGS

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
N°12122018-01

1. Solicitante: SGS DEL PERU SAC
2. Dirección: Av. Elmer Faucett N° 3348 - Callao
3. Descripción del Instrumento: Equipo : Medidor multiparametro
Marca : WTW
Modelo : 3630
Identificación : 14264
Serie Consola : 1827408
Serie Electrodo : 18412192
Identificación OD : 14267
Medición : Oxígeno Disuelto
Rango : 0.1 - 20 mg/L, 0-80 °C
Div. de escala : 0.01, 0.1
Exactitud : 0.1 mg/L, 0.1 °C
Procedencia : USA

4. Fecha de Verificación: 12/12/2018 Próxima Verificación: 12/06/2019
5. Lugar de Verificación: Área de Mantenimiento y Verificación - Av. Elmer Faucett N° 3348 - Callao
6. Método de Verificación: La verificación se realizó según el procedimiento indicado en el manual de operación del fabricante.
7. Trazabilidad: Los resultados de la verificación tienen trazabilidad. Se utilizaron los siguientes patrones:

Descripción	Marca	Serie / Lote	N° Certificado
SOLUCIÓN OXIGENO CERO	CAKTON	381194	00653101
TABLA DE SOLUBILIDAD DE OXIGENO	N	N	N
ESTACION METEOROLOGICA	DAVIS	BE180821024	0180-18
TERMOMETRO	EXTech	500012/1	T2012-2018

8. Condiciones Ambientales

Temperatura	Inicial	Final
Temperatura	24.8 °C	24.9 °C
Humedad	86% H.T.	85% H.T.

9. Resultados

TIPO DE VERIFICACION (mg/l)	VALOR DEL ESTANDAR		LECTURA INICIAL		LECTURA FINAL		ERROR (mg/l)	TOLERANCIA (mg/l)
	O.D. (mg/l)	TEMP. (°C)	O.D. (mg/l)	TEMP. (°C)	O.D. (mg/l)	TEMP. (°C)		
AIRE SATURADO	8.30	24.8	8.26	24.9	8.27	24.8	-0.03	2%
OXIGENO CERO	0.00	24.9	0.03	24.8	0.00	24.7	0.00	

ERROR: Lectura final - valor de estándar patrón.
TOLERANCIA: Valor establecido en la tabla de tolerancia de aceptación de la verificación.

9.1 Temperatura

VALOR DEL ESTANDAR	LECTURAS INICIALES		LECTURAS FINALES		ERROR	ESTADO FINAL
	VALOR (°C)	VALOR (°C)	VALOR (°C)	VALOR (°C)		
24.2	24.1	24.3	24.3	24.3	0.10	ACEPTABLE
25.0	25.1	25.3	25.3	25.3	0.30	ACEPTABLE
24.8	24.8	24.9	24.9	24.9	0.10	ACEPTABLE

Error: Lectura final de la solución.
Tolerancia: $\pm 0,3$ °C de acuerdo al Manual del usuario DOC022-92-80082 - 11/2010, Edición 1

10. Observaciones

- * Los resultados del presente documento son válidos únicamente para el objeto verificado.
- * El cliente define la frecuencia de verificación en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- * El instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas por el fabricante.
- * Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la inscrición de "VERIFICACION".

Fecha de Emisión: 14/12/2018

Revisado por: Edwin Ccerico G. Supervisor

Realizado por: Alexander Cayo Masiza Coordinador

INS-R-EHS.37
R01
F.A. Julio 2018

2 - 1

Figura 472. Verificación operacional del multiparametro WTW

ANEXO 01

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE
ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS**

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	en mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,8
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

Figura 473. Límites máximos permisibles para la descarga de efluente líquidos de actividades minero metalúrgicas – D.S.N° 010-2010 MINAM

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ -) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Niquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0

Figura 474. Normal legal del D.S. N° 004-2017 MINAM

Ámbito / Especie	Total	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Total	90 976,44	7 578,81	9 234,64	10 242,83	7 829,21	6 050,12	7 528,86	6 586,66	6 352,08	7 057,00	7 657,6	6 699,67	8 158,40
Continental	45 757,96	2 570,44	3 389,42	5 109,82	3 982,71	2 801,91	4 621,70	4 019,47	3 522,88	3 339,51	3 846,03	3 711,27	4 842,80
Boquichico	8,99	0,61	3,75	1,58	-	-	0,89	0,77	0,51	0,07	0,43	0,38	-
Camarón Gigante de Malasia	22,55	2,13	1,74	2,11	2,42	2,28	1,92	1,52	1,33	1,72	2,39	1,56	1,43
Carachama	4,48	0,54	0,20	-	0,03	0,38	0,61	0,33	0,45	0,20	1,07	0,41	0,27
Carpa	4,01	0,40	0,45	0,36	0,42	0,39	0,27	0,24	0,06	0,05	0,53	0,49	0,35
Gamitana	298,50	19,03	30,94	18,61	13,73	25,67	45,96	19,75	18,32	20,15	34,58	25,32	26,43
Paco	825,33	58,51	78,45	82,35	69,37	67,24	59,92	53,78	55,38	53,61	99,96	71,49	75,26
Pacotana / Gamipaco	219,08	22,49	22,52	17,98	21,16	19,54	14,46	13,05	6,02	2,43	30,62	31,13	17,67
Paiche	135,13	0,11	2,44	0,89	0,15	0,23	1,29	15,13	14,29	0,21	40,04	0,39	59,96
Sábalo	33,09	3,67	0,90	0,30	1,40	0,82	14,40	0,20	0,20	8,20	1,40	0,20	1,40
Tilapia	3 250,19	271,84	277,05	298,76	265,36	283,56	206,66	217,14	283,77	269,72	246,25	314,58	315,49
Trucha	40 946,49	2 190,25	2 970,88	4 684,97	3 607,26	2 400,96	4 274,20	3 697,55	3 142,51	2 981,51	3 388,28	3 264,10	4 344,01
Otros	10,11	0,85	0,10	1,90	1,40	0,84	1,12	0,00	0,04	1,64	0,49	1,20	0,54
Maricultura	45 218,48	5 008,37	5 845,22	5 133,01	3 846,50	3 248,21	2 907,16	2 567,19	2 829,20	3 717,48	3 811,5	2 988,41	3 315,61
Algas	1,58	0,20	0,30	0,18	-	0,20	0,25	-	0,10	0,20	0,15	-	-
Concha de Abanico 1/	23 028,58	3 332,09	3 467,97	2 348,68	1 612,96	1 086,23	1 081,31	1 009,60	1 151,03	2 507,08	2 334,84	1 782,52	1 314,27
Langostino	22 183,32	1 675,94	2 376,72	2 783,99	2 233,44	2 161,56	1 825,56	1 557,25	1 677,92	1 210,08	1 474,09	1 205,60	2 001,16
Lenguado	4,42	0,14	0,23	0,15	0,10	0,23	0,04	0,34	0,15	0,12	2,46	0,28	0,18
Otros	0,58	0,20	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00

1/ Incluye cosecha de Parachique correspondiente a las asociaciones formalizadas a fines del periodo 2009 e inicio del 2010
Fuente: Direcciones Regionales de Produccion (DIREPRO) y Empresas Acuicolas

Figura 475. Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura según ámbito y especie, 2015 TM

ENFERMEDAD	AGENTE	TIPO	SÍNDROME	MEDIDAS
Septicaemia por <i>Aeromonas</i> Móvil (MAS)	<i>Aeromonas hydrophila</i> y especies relacionadas	Bacterias	Pérdida del equilibrio; nado letárgico; respiración en superficie; hemorragia o inflamación de aletas y piel; abultamiento de ojos; córnea opaca; abdomen inflamado que contiene líquido sanguinolento; baja mortalidad crónica cotidiana.	Inmersión indefinida en solución de KMnO_4 a 2-4 mg/litro; o de 4-10 mg/litro durante una hora, antibióticos (en USA se requiere permiso de uso 'extra-label'), e.g. Terramycin® en el alimento en concentración de 50 mg/kg pez/día durante 12-14 días, 21 días de impedimento comercial.
Vibriosis	<i>Vibrio anguillarum</i> y otras especies	Bacterias	Los mismos que en MAS; causados por stress y mala calidad del agua.	Antibióticos en alimento
Columnaris	<i>Flavobacterium columnare</i>	Bacteria	Aletas deshilachadas y/o manchas irregulares blanquizas y grises en la piel y/o aletas; lesiones pálidas, necróticas en branquias.	KMnO_4 como en el caso de MAS; inmersión indefinida con CuSO_4 en concentración de 0,5-3 mg/litro, dependiendo de la alcalinidad
Edwardsiellosis	<i>Edwardsiella tarda</i>	Bacteria	Pocos síntomas externos; líquido sanguinolento en cavidad corporal; hígado pálido y manchado; bazo inflamado y rojo intenso; riñón inflamado y blando.	Antibiótico en alimentos
Streptococcosis	<i>Streptococcus iniae</i> y <i>Enterococcus</i> sp.	Bacterias	Nado letárgico y errático; pigmentación oscura en la piel; exoftalmia con opacidad y hemorragia de ojos; distensión abdominal; opérculo difuso y hemorrágico, aal rededor de la boca, ano y base de aletas; bzo agrandado y ennegrecido; alta mortalidad soleen.	Antibiótico en alimentos, e.g. Erytromicina en concentración de 50 mg/kg pez/día durante 12 días (en USA requiere permiso de uso 'extra-label')
Saprolegniosis	<i>Saprolegnia parasitica</i>	Hongos	Nado letárgico; colonias blancas, grises o cafés que parecen algodoncillos; lesiones expuestas en músculos.	Tratamiento con KMnO_4 o CuSO_4 ; uso de 1 mg/litro de CuSO_4 por cada 100 mg/litro, alcalinidad de hasta 3,0 mg/litro CuSO_4 ; inmersión indefinida en formalina en 25 mg/litro o 150 mg/litro durante 1 hora.
Ciliados	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i> ; <i>Trichodina</i> & others	Parásito protozoaro	Aparece en escamas o piel	Tratamientos con KMnO_4 , CuSO_4 o formalina.
Tremaáodos Monogénicos	<i>Dactylogyrus</i> spp.; <i>Gyrodactylus</i> spp.	Parásito protozoario	Aparece en la superficie del cuerpo, aletas o escamas.	Igual que para los ciliados

Figura 476. Enfermedades y medidas de control usando sulfato de cobre en el cultivo de tilapia

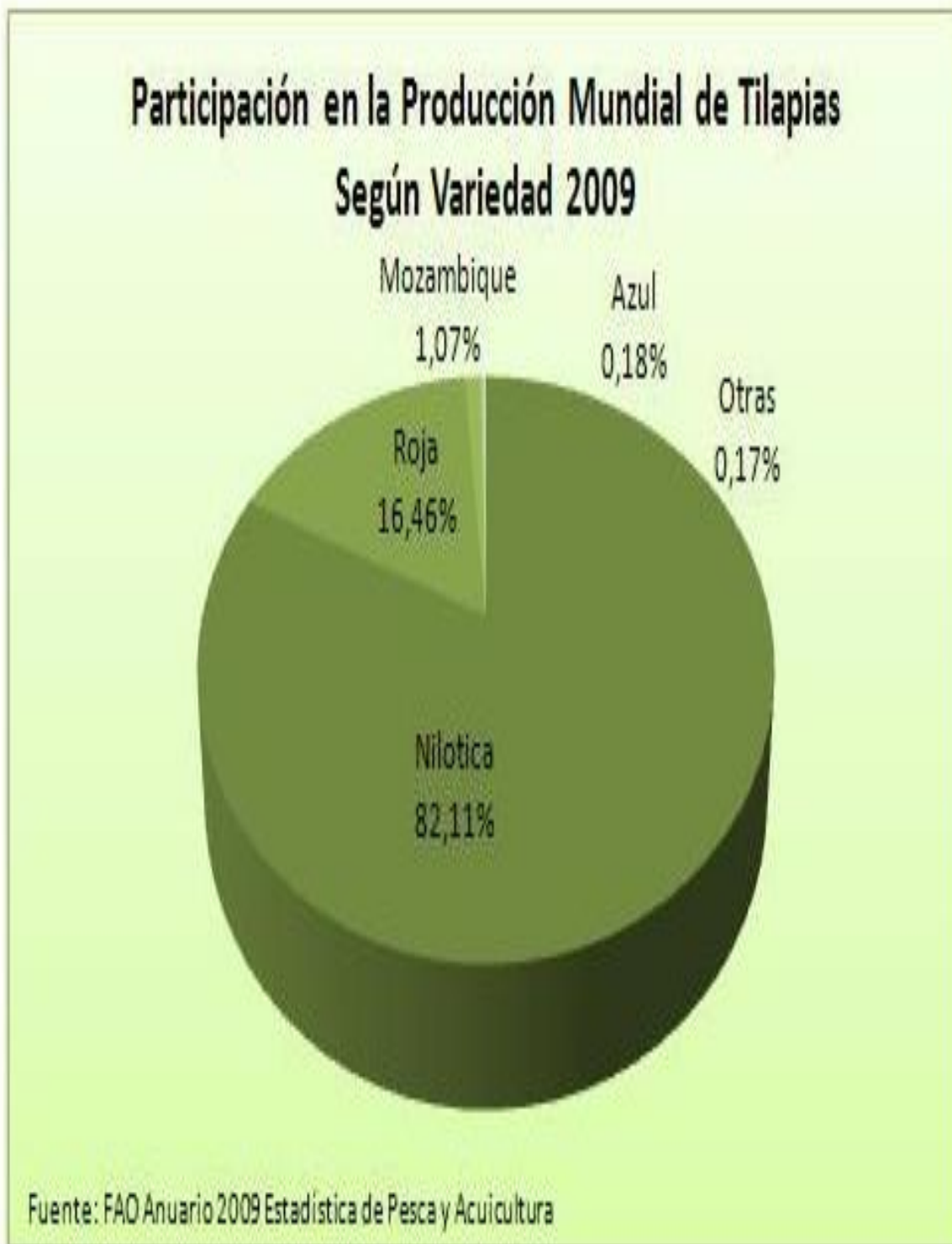


Figura 477. Participación de la producción mundial de tilapias según cada especie.

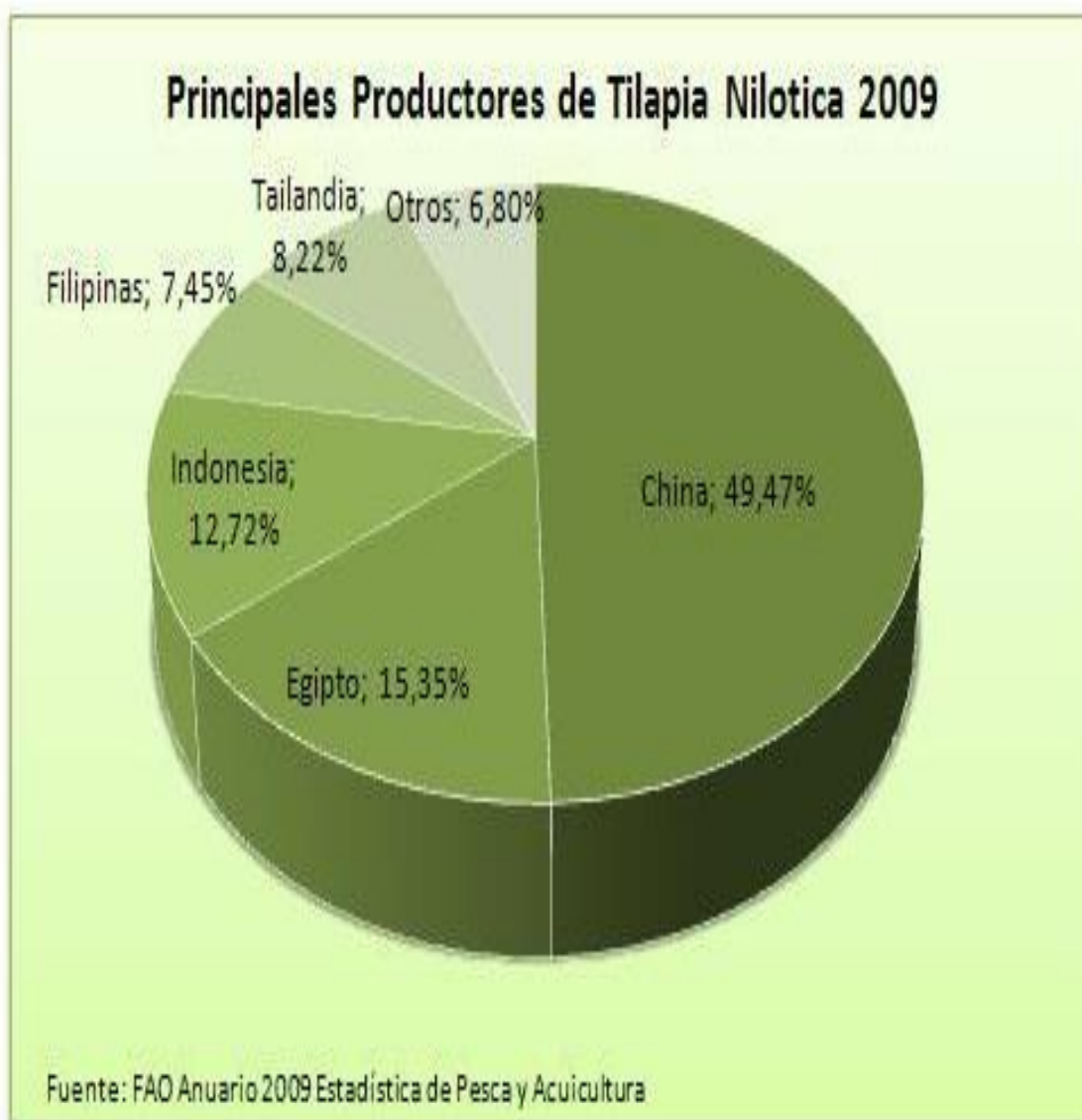


Figura 478. Principales productores de tilapia nilotica

Tabla 205

Ensayos de toxicidad con sulfato de cobre pentahidratado

Ensayos de toxicidad con sulfato de cobre pentahidratado			
	Determinación de la concentración letal media (CL ₅₀) producida por sulfato de cobre (CuSO ₄ .5H ₂ O) en alevines de tilapia roja	Bioensayo agudo con sulfato de cobre en alevinos de carpa <i>cyprinus</i> (linnaeus,1758)	Determinación de la concentración media letal de sulfato de cobre pentahidratado en alevinos de tilapia gris <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus,1758)
Tiempo de exposición	96 horas	96 horas	96 horas
Concentración a las cuales se trabajó por acuario	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0	0, 1, 3, 5, 7, 9
LC ₅₀	1,54 ppm	0, 986 ppm	2,88 ppm
Tiempo de aclimatación	15 días	12 días	12 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 206
Ensayos de toxicidad con Tilapias

Ensayos de toxicidad con Tilapia			
	Determinación de la concentración letal media (CL ₅₀) producida por sulfato de cobre (CuSO ₄ .5H ₂ O) en alevines de tilapia roja	Bioensayo agudo con cianuro total en alevines de tilapia gris <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) en ambiente controlado	Determinación de la concentración media letal de sulfato de cobre en alevines de tilapia gris <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus,1758)
Autores	Byron René Romero Alvarado	Mey Lin Lau Corales	Helen Valverde Obregón
Especie	Tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>)	Tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>)
Concentración por acuarios de los ensayos	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5	0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9	0, 1, 3, 5, 7, 9
Tiempo de exposición	15 días	15 días	12 días
Resultados	1,54 ppm	0,31 ppm	2,88 ppm

Fuente: Elaboración propia

Glosario de términos

1. **Acuicultura:** Cultivo controlado de especies acuáticas con el propósito de incrementar la producción y la comercialización. (Camacho y Ariosa, 2000)
2. **Bioensayo:** Se entiende por bioensayo a la exposición de organismos vivos de comportamiento definido, con sustancias extrañas a su ambiente. Estas pruebas se realizan a nivel de laboratorio y en ellas se observan cambios o variaciones en el comportamiento normal de los individuos por efecto del material en prueba. (Castillo et al. 1981).
3. **Contaminante:** Sustancia química, biológica o radiológica, en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o encontrarse por encima de sus concentraciones normales en la atmósfera, agua, suelo, fauna o cualquier elemento natural altera y cambia su composición y condición natural. (Camacho y Ariosa, 2000)
4. **Contaminación:** Cambio indeseable de las propiedades físicas, químicas y biológicas que puede provocar efectos negativos en los diferentes componentes del medio ambiente. (Camacho y Ariosa, 2000)
5. **CL₅₀:** Es la concentración, obtenida por estadística, de una sustancia de la que puede esperarse que produzca la muerte, durante la exposición o en un plazo definido después de ésta, del 50% de los animales expuestos a dicha sustancia durante un periodo determinado. El valor de la CL₅₀ se expresa en peso de sustancia por unidad de volumen de aire normal (miligramos por litro, mg/l). (<https://www.lenntech.es/periodica/medio-ambiente/efectos-ambientales.htm>)

6. **Estándar de calidad ambiental:** Concentración promedio de contaminantes permitidos en un medio concreto. (Camacho y Ariosa, 2000)
7. **Exposición:** Tiempo en que un cuerpo u organismo recibe directamente el efecto de la radiación o cualquier otro tipo de influencia externa. (Camacho y Ariosa, 2000)
8. **Impacto ambiental:** Repercusión en el medio ambiente provocada por la acción antrópica o un elemento ajeno ha dicho medio, que genera consecuencias notables en él. (Camacho y Ariosa, 2000)
9. **Límites Máximos Permisibles:** Son la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (OEFA, 2004)
10. **Minería:** Ciencia, técnicas y actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales. Estrictamente hablando, el término se relaciona con los trabajos subterráneos encaminados al arranque y al tratamiento de una mena o la roca asociada. En la práctica, el término incluye las operaciones a cielo abierto, canteras, dragado aluvial y operaciones combinadas que incluyen el tratamiento y la transformación bajo tierra o en superficie. La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad, consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre. Casi desde el principio de la Edad de Piedra, hace 2,5 millones de años o más, viene siendo la principal fuente de materiales para la fabricación de herramientas. Se puede decir que la minería surgió cuando los predecesores del Homo sapiens empezaron a recuperar determinados tipos de rocas para tallarlas y fabricar herramientas. Al principio, implicaba simplemente la actividad, muy rudimentaria, de desenterrar el sílex u otras

rocas. A medida que se vaciaban los yacimientos de la superficie, las excavaciones se hacían más profundas, hasta que empezó la minería subterránea. La minería de superficie se remonta a épocas mucho más antiguas que la agricultura. (Ministerio de Minas y Energía, 2015)

11. **Toxicidad:** Capacidad de una sustancia de provocar efectos tóxicos que producen daños biológicos o la muerte en caso de exposición a esa sustancia o de contaminación con ella. (Camacho y Ariosa, 2000)