



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA EN XOCHIMILCO DESPUÉS
DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA
MÓDULO: ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**

PRESENTA:

ING. JORGE BENJAMÍN GARCÍA GÓMEZ

DIRECTOR DE TESINA: **M. I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.

MARZO 2018

Agradecimientos

A la delegación Xochimilco

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Unidad de Posgrado y a la Facultad de Ingeniería

Al Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la División de Ingenierías Civil y Geomática

Al Programa de Especialización en Ingeniería Sanitaria

Al Maestro Rodrigo Sepúlveda, a mis sinodales y profesores de la Especialidad

Dedicatoria

A Dios todo poderoso.

A mis padres, Jorge y Marcela, por su amor constante e incondicional.

A mis hermanas, Lorena y Malena; sus alegrías son las mías.

A mis compañeros de la Especialidad, quienes ahora se llamarán amigos.

A mi pueblo Xochimilco, que el 19 de septiembre del 2017 experimentó la tragedia, pero sigue en pie.

Contenido

Objetivo.....	3
Introducción	4
1. Importancia del agua en contingencias	5
1.1. Calidad del agua	5
1.2. Sistemas de agua potable y saneamiento en contingencias.....	5
1.2.1. Desastres a la infraestructura hidráulica derivada de los sismos	6
1.3. Diseño sísmico de infraestructura hidráulica y sanitaria	8
1.4. Casos de estudio.....	9
1.4.1. México en septiembre de 1985.....	9
1.4.2. Sismos de Guatemala y Haití.....	9
2. Problemática surgida a raíz del sismo del 19 de septiembre de 2017 en Xochimilco	11
2.1. Semblanza	11
2.2. Contingencia en Xochimilco derivada del sismo	12
2.2.1. Consecuencias en la red de abastecimiento de agua potable posteriores al sismo.	15
3. Desarrollo en campo	18
3.1. Zona de estudio.....	18
3.2. Sitios de muestreo.....	18
3.3. Calendario de muestreo.....	20
3.4. Metodología de muestreo	20
3.4.1. Personal.....	20
3.4.2. Equipo.....	20
3.4.3. Material	21
3.4.4. Procedimiento	21
3.5. Parámetros medidos en campo	23
3.5.1. pH	23
3.5.2. Temperatura.....	24
3.5.3. Volumen de muestreo.....	24
4. Desarrollo en laboratorio.....	25
4.1. Normativa y parámetros analizados	26
4.2. Parámetros físicos	27
4.2.1. Color	27
4.2.2. Turbiedad	28
4.3. Parámetros químicos	29

4.3.1.	Cloro residual libre	29
4.3.2.	Demanda bioquímica de oxígeno.....	30
4.3.3.	Sólidos totales, suspendidos y disueltos	33
4.4.	Parámetros microbiológicos	36
4.4.1.	Organismos coliformes fecales y totales.....	36
4.5.	Evaluación de calidad del agua	38
4.5.1.	Índice de calidad del agua	38
4.5.2.	Canadian Council of Ministers of the Enviroment	39
5.	Análisis y discusión de resultados.....	41
5.1.	Condición del sitio de muestreo	41
5.2.	Parámetros obtenidos.....	42
5.3.	Índices obtenidos	44
5.4.	Análisis estadístico	45
6.	Conclusiones	49
	Fuentes.....	52
	Índice de imágenes.....	54
	Índice de mapas	54
	Índice de tablas	55
	Índice de ecuaciones	55
	Índice de gráficos	55
	Anexos.....	57

Objetivo

Diagnosticar la problemática del agua en la zona de Xochimilco, derivada de los desastres ocasionados por el sismo del 19 de septiembre de 2017, a través del análisis de calidad del agua. Comparar los resultados con fuentes oficiales y diagnosticar los posibles efectos.

Objetivos particulares:

- Analizar la eficiencia de la potabilización del agua que se suministró a la población después de la tragedia sísmica del 19 de septiembre de 2017 en la delegación Xochimilco.
- Resaltar la importancia del agua en contingencias.
- Reportar las fallas del sistema de agua derivado del sismo de septiembre de 2017.
- Presentar una guía de muestreo y análisis en laboratorio, así como el análisis matemático de los resultados, para situaciones similares.
- Participar desde la ingeniería sanitaria en la recopilación de información, que pueda ser importante para la reconstrucción de Xochimilco.

Introducción

La ingeniería sanitaria tiene una importante participación en todos los sectores que involucren decisiones, planes, proyectos y acciones enfocadas a la salud de las especies vivas, incluido el hombre.

Una parte fundamental de ese esfuerzo es la gestión responsable del agua, de la que el ingeniero sanitario debe participar de manera directa en la presentación de alternativas sustentables de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y de perpetuación del recurso. Esto involucra el diseño y planeación de sistemas de captación, abastecimiento, conducción y tratamiento.

Se buscará que el agua cumpla con normativas de calidad para que el consumo en cualquiera de sus fines sea seguro.

En este documento se estudiará una contingencia mexicana desde la perspectiva de la ingeniería sanitaria: qué ocurrió en el sistema de abastecimiento de agua potable en Xochimilco después del sismo de septiembre de 2017. Como resultado del siniestro se reportó un desabasto de agua potable a la población. Esta situación fue incómoda para los habitantes, involucró pérdidas económicas y dificultó las tareas de avance en la reconstrucción.

A través de un análisis de calidad del agua se identificarán los factores que respondan al origen del desabasto. Además, se evaluará la calidad del agua que fue entregada durante y después de la contingencia para comparar su grado de potabilización.

En el primer capítulo se presentan puntos relativos al agua para la vida humana en situaciones de emergencia. El agua es la agenda de muchos organismos, principalmente los que su función es su cuidado, dotación y gestión.

La gestión responsable del agua debe considerar la planeación de las contingencias debidas a siniestros. Esto involucra la creación de políticas, programas y acciones que deriven en sistemas responsables y suficientes para responder eficientemente ante las crisis. Como apoyo a este punto se presentan algunos datos de situaciones de siniestro y las acciones relativas al agua (México 1985, Guatemala 1976 y Haití 2010).

En el siguiente capítulo se hace la semblanza del sismo del 19 de septiembre de 2017, relatando las principales afectaciones en México y particularmente en la delegación Xochimilco y con ello entender el contexto que originó el desabasto.

En el capítulo del desarrollo se describe el procedimiento de estudio: parámetros analizados y por qué fueron escogidos, metodología y sitios de muestreo, obtención y preservación de muestras, procedimientos en campo y laboratorio y análisis de resultados.

Apoyándose de la estadística se compararán los resultados de manera puntual, temporal y por parámetro.

Con modelos matemáticos de análisis de calidad del agua se generaron valores cuantitativos para emitir un juicio del grado de purificación del agua que se dotó a la población después del siniestro, y diagnosticar el origen de la posible contaminación y de la razón del desabasto.

Finalmente se presentan las conclusiones derivadas de los resultados y el resumen del estudio.

Es importante recordar que esta tesina tiene fines académicos, fue realizada exclusivamente con el apoyo de la Facultad de Ingeniería, y que los resultados son públicos, libres de cuestionamiento y no buscan descalificar a ningún actor responsable (población, universidad o gobierno).

1. Importancia del agua en contingencias

El agua es una sustancia esencial para la vida humana, de ella depende directamente la salud y la higiene; además está ligada a las actividades productivas y económicas. El bienestar de la civilización está basado en la disponibilidad del líquido a través de sistemas de abastecimiento y del desalojo de las aguas residuales mediante sistemas de saneamiento.

Sin embargo, estos sistemas son propensos a fenómenos catastróficos que comprometen su funcionalidad. A continuación se describen puntos importantes relativos al agua durante una contingencia.

1.1. Calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua es un conjunto de métodos de muestreo y análisis que miden ciertos parámetros para poder caracterizar al líquido.

Los parámetros se pueden entender como los contaminantes, naturales o derivados de la actividad humana, que se pueden encontrar en el agua.

Las formas de vida dependen de cierto grado de contaminación permisible del agua para sobrevivir. Si el agua contiene sustancias dañinas no será útil para el uso y consumo. De igual manera, tanto los procesos naturales como los industriales, dependen de cierta calidad del agua para llevarse a cabo de manera eficiente y segura.

1.2. Sistemas de agua potable y saneamiento en contingencias

Se considera como una contingencia al periodo de tiempo en el que se desarrollan actividades y decisiones diferentes a las comunes, extraordinaria o extremas, relativas a un proceso.

El acto que desarrolla una contingencia puede ser un fenómeno catastrófico. Las catástrofes son eventos que causan pérdidas humanas, animales, vegetales y materiales.

Dada la importancia del agua en la vida se considera prioritaria durante una contingencia. Sin embargo, los efectos de un embate catastrófico pueden afectar la disponibilidad del agua potable y la evacuación de la residual.

Las contingencias se derivan de eventos catastróficos súbitos cuando no existe aviso, o de los que presentan síntomas de manera paulatina.

Una catástrofe puede clasificarse como antropogénica o natural. La primera es cuando su origen procede de la actividad humana: explotación de los recursos y sus consecuencias al ambiente o un enfrentamiento militar.

El origen de la catástrofe depende de las condiciones geológicas y meteorológicas propias del planeta. Estos eventos pueden ser: sismos, erupciones volcánicas, maremotos, deslizamientos, huracanes, inundaciones, sequías, nevadas o incendios forestales.

Algunos usos del agua primordiales después de una catástrofe pueden ser:

- Consumo de la población: agua para beber y aseo personal.
- Evacuación de desechos humanos: excretas y otros que generen la atracción de fauna nociva o epidemias.
- Aseo del espacio habitable.

-
- Condiciones sanitarias en centros de atención para damnificados y heridos: hospitales y albergues.
 - Limpieza del ambiente en general, debido a que los escombros y residuos de la destrucción pueden convertirse en riesgo a la salud.
 - Combate a incendios.

1.2.1. Desastres a la infraestructura hidráulica derivada de los sismos

Los sismos son movimientos irregulares del terreno en cualquier dirección y son causados por actividad volcánica o tectónica; el más grave es del segundo tipo. Se producen por el movimiento de placas tectónicas y la ruptura del terreno; la longitud de las fallas puede ser de varios cientos de kilómetros y se generan a profundidades de 10 a 50 km o aún mayores (Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2016).

Los daños que genera un sismo pueden ser los siguientes:

- Destrucción parcial o total de la infraestructura: obras de captación, de tratamiento, de almacenamiento, de conducción y de distribución.
- Fracturas de tuberías.
- Interrupción del suministro eléctrico.
- Modificación de la calidad del agua por deslizamientos del suelo.
- Variación de caudales.
- Cambio de niveles freáticos.
- Intrusiones salinas.

El grado de afectación de una catástrofe natural a la red de abastecimiento de agua potable y alcantarillado dependen del tipo de infraestructura y de la magnitud del impacto. Los más importantes e incapacitantes se muestran en la tabla 1.1.

El golpe de una catástrofe a un sistema hídrico obedece a una cronología que se puede resumir en tres partes: previo al evento, durante el evento y después del evento. Para el diseño de estrategias de prevención y atención a los daños, existen una serie de pasos que se enlistan en el gráfico 1.1, y se describen a continuación.

- Antes del evento catastrófico: *Prevención- Mitigación- Preparación- Alerta*

Se recomienda la evaluación de riesgos potenciales, diagnóstico del estado del sistema y la creación de programas de protección que involucren recursos humanos y materiales.

- Durante el evento: *Evento adverso- Respuesta*

Si la fase anterior se llevó a cabo con éxito, se implementan los programas de protección. Si la infraestructura y el personal cuentan con la calidad exigida, soportaron el embate del siniestro o se minimizaron los daños.

- Después del evento: *Rehabilitación- Reconstrucción*

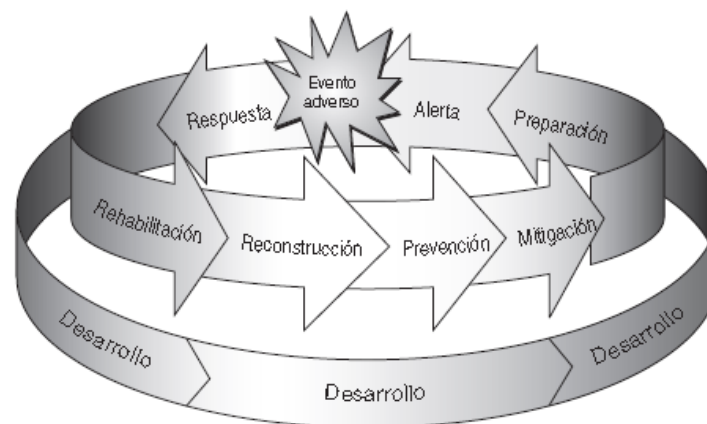
Independientemente de los resultados del evento, efectúa la corrección de los desperfectos y la retroalimentación. Si ocurrieron tragedias y pérdidas, dentro del programa de prevención se contempla las posibilidades de falla y las maneras de actuar: de dónde se tomarán los recursos, cómo se debe proceder, de qué manera se cubrirá la demanda provisionalmente y qué involucra la reinstalación del servicio.

Tabla 1.1. Matriz de los efectos e intensidades provocados por los eventos adversos (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

Efectos sobre los sistemas de agua potable y agua residual	Terremoto	Erupción volcánica	Deslizamiento	Huracán	Inundación	Sequía
Fallas estructurales en la infraestructura de los sistemas	Red	Verde	Red	Red	Red	Verde
Ruptura de tuberías	Red	Verde	Red	Amarillo	Red	Verde
Obstrucciones en captaciones, desarenadores, plantas de tratamiento y tuberías de conducción	Verde	Red	Amarillo	Amarillo	Red	Verde
Contaminación biológica y química de las aguas para abastecimiento	Amarillo	Red	Verde	Red	Red	Verde
Reducción cuantitativa de la producción de las fuentes de agua para abastecimiento	Amarillo	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Red
Interrupción del servicio eléctrico, comunicación y vías de acceso	Red	Verde	Amarillo	Red	Amarillo	Amarillo
Escasez del personal	Red	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde
Escasez de equipo, refacciones y materiales	Red	Verde	Amarillo	Red	Red	Verde

Afectación alta	Red
Afectación moderada	Amarillo
Afectación mínima o nula	Verde

Gráfico 1.1. Cronología del desarrollo de una catástrofe (Organización Panamericana de la Salud, 2004).



1.3. Diseño sísmico de infraestructura hidráulica y sanitaria

Una parte importante de la prevención de falla de las redes de suministro y evacuación de agua es el diseño de los elementos estructurales que formarán parte de la infraestructura. Ya sea canales, tuberías, tanques, cárcamos, pozos o equipos electromecánicos, se debe cumplir con los criterios sísmicos que se establecen en los reglamentos aplicables, o bien en algún estudio y proyecto estructural.

Es de importancia mencionar que la infraestructura hidráulica se clasifica como Tipo A (Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2016). Este tipo de estructuras tienen como característica un grado de seguridad alto: construcciones cuya falla estructural causaría la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales de magnitud intensa o excepcionalmente alta, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, así como construcciones cuyo funcionamiento sea esencial a raíz de un sismo.

Se enlistan como tipo A: puentes principales, sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, terminales de transporte, salas de espectáculos y hoteles que tengan áreas de reunión que pueden alojar un número elevado de personas, gasolineras, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas y locales que alojen equipo especialmente costoso.

Se incluyen también todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica cuya falla por movimiento sísmico pondría en peligro la operación de la planta, así como las estructuras para la transmisión y distribución de energía eléctrica (Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2016).

En el sector hídrico, los factores de seguridad se deben considerar al menos de 2, considerando que las estructuras son comúnmente de concreto armado (losas planas, columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero con ductilidad reducida o provistos de contraventeo con ductilidad normal, o de concreto reforzado que no cumplan con los requisitos para ser considerados dúctiles, o muros de concreto reforzado, de placa de acero o compuestos de acero y concreto, que no cumplen en algún entrepiso lo especificado por las secciones 5.1 y 5.2 de las NTC-04 de diseño por sismo, o por muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o traveses de concreto reforzado o de acero que satisfacen los requisitos de las normas correspondientes).

Es importante considerar que para el diseño sísmico de estructuras que estén en contacto con el agua es necesario tomar en consideración la masa del conjunto (estructura- agua) así como los efectos hidrodinámicos del agua en movimiento. Las paredes y el fondo del cuerpo se someten a presiones hidrodinámicas impulsivas, debidas al impacto del líquido y también a presiones conectivas que se deben a las oscilaciones del fluido (Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2016).

La infraestructura hidráulica debe estar diseñada de manera que funcione durante y después de un sismo.

1.4. Casos de estudio

El estudio del agua durante contingencias ha sido documentado a partir de trágicos eventos del pasado. Se recopilaron algunos datos básicos que se presentan a continuación.

1.4.1. México en septiembre de 1985

La Ciudad de México ya experimentó una contingencia sísmica de magnitud considerable: el 19 de septiembre de 1985, minutos después de las 7 de la mañana, un sismo de magnitud 8.1 golpeó al centro del país desde su origen en las costas de Michoacán. Se habla de miles de muertos y heridos, así como de edificaciones derrumbadas o dañadas. El Distrito Federal se paralizó cambiando para siempre su manera de vivir.

El agua potable no se salvó de sufrir fallas, ya que gran parte de la población sufrió algún periodo de tiempo sin el abasto.

El objetivo de las autoridades responsables de la infraestructura hidráulica y de sanidad se centró en el incremento de la vigilancia de la calidad, acompañadas de campañas de información acerca de los riesgos de consumir agua de dudosa calidad y los tratamientos básicos a los que se podía someter, básicamente hervir y clorar.

Esta tarea contempló el estudio del agua que se suministraba a través de la red a la población, pero también la que se dotaba en los centros de ayuda a los damnificados y los albergues. Según reportes se dio prioridad a los espacios donde se concentraban grandes números de población, como los campamentos.

También se reporta que la dotación que se brindó a la población debía cumplir con los parámetros de la Organización Mundial de la Salud (Valdespino Gómez *et al*, 1987):

- Hospitales: 40 a 60 litros por persona diarios.
- Centros de alimentación colectiva: 20 a 30 litros por persona diarios.
- Campamentos: 15 a 20 litros por persona diarios.

Se consideró que los lugares que tienen la disponibilidad de agua abundante y segura, como las industrias, debían sumarse a la causa del abastecimiento a las víctimas y a los damnificados.

Se reporta que el agua regresó a los parámetros de calidad aceptables alrededor de la sexta semana del sismo (Valdespino Gómez *et al*, 1987).

1.4.2. Sismos de Guatemala y Haití

Como referencia común, se presentan dos casos latinoamericanos: los sismos de Guatemala de 1976 y el sismo de Haití de 2010.

En la tragedia de 1976, el ministerio encargado del agua potable priorizó regresar al suministro en las condiciones con las que se hallaba antes del siniestro, sin considerar mejoras al sistema (presentaba muchas deficiencias).

Un error que se cometió fue suponer el problema de abastecimiento de agua como una media: se consideró que el impacto fue igual para la población urbana y rural. Con esto se destinaron recursos a las aldeas que de origen no contaban con un sistema centralizado de dotación, y que no tenían condiciones de calidad controlada; este porcentaje no representaba un problema y sólo se consiguió una pérdida de ayuda que hubiera sido útil en las zonas urbanas. Una fuerte campaña de concientización fue crucial para evitar la propagación de enfermedades asociadas a la mala calidad del agua (De Ville De Goyet *et al*, 1976).

Para el caso de Haití, país que previo al siniestro contaba con terribles condiciones de saneamiento y abastecimiento de agua potable, centró su atención en la dotación en los campamentos de damnificados. Se dotaba a la población de 3 a 5 litros por persona diario durante la contingencia, cifra que se encuentra muy por debajo de la que pide la OMS. Para el saneamiento sólo se dotaron en Puerto Príncipe de 3 mil sanitarios portátiles, y el mantenimiento fue deficiente (De Ville De Goyet *et al*, 2012).

Imagen 1.1. Crisis sanitaria en Haití (Foto: Cubadebate).



Imagen 1.2. Guatemala en 1976 (Foto: Prensa Libre TV).



Las cifras presentadas deben compararse con otros factores para evaluar la importancia del agua después de un siniestro, como un control epidemiológico, los índices de marginación, el producto interno bruto y su afectación después del siniestro y hasta una encuesta pública del grado de satisfacción del servicio.

La gestión de recursos, personal, material y programas para el abastecimiento de agua y el saneamiento durante una contingencia es eje rector del camino a la recuperación.

2. Problemática surgida a raíz del sismo del 19 de septiembre de 2017 en Xochimilco

2.1. Semblanza

Imagen 2.1. Vivienda derrumbada en el barrio Xaltocan, Delegación Xochimilco.



El día 19 de septiembre de 2017, siendo las 13 horas con 14 minutos, ocurrió un sismo perceptible en el centro del país. La magnitud fue de 7.1°; en la escala Mercalli se calificó VIII.

El epicentro se registró en las coordenadas 18.4°N y -98.72°E. La ubicación geográfica corresponde al municipio de Axochiapan, en el estado de Morelos. Fue un sismo denominado intraplaca, producido por la subducción de la placa de Cocos por debajo de la Norteamericana a 57 km por debajo de la superficie (Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional, 2017).

La cercanía del epicentro a muchos centros poblacionales, así como la magnitud, provocó que la fuerza con la que se sintió fuera extrema.

El movimiento telúrico duró en promedio minuto y medio en la mayoría de las poblaciones donde fue perceptible. Las ciudades que cuentan con alerta temprana no contaron con el suficiente tiempo de preparación debido a que el sismo y la alarma comenzaron de manera simultánea.

Los estados afectados fueron la Ciudad de México, Guerrero, México, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala. Sin embargo, el temblor fue perceptible en Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Hidalgo y Veracruz.

En las poblaciones damnificadas se reportaron derrumbes totales y parciales de viviendas, comercios, espacios públicos, religiosos, administrativos, deportivos y monumentos históricos. La red de energía, caminos y telecomunicaciones resultó dañada, así como la red de agua potable y alcantarillado. Los servicios públicos registraron alguna especie de obstrucción: por sumarse a la contingencia o bien por ser superados por la tragedia.

Se reportó la muerte de más de 360 personas, así como la atención de más de 48 mil afectados (Proceso, 2017). No se tienen cifras certeras de la cantidad de personas damnificadas, pues el inventario de daños continúa incierto. La gente experimentó casos de estrés postraumático y cuadros de ansiedad y miedo ante la crisis.

Imagen 2.2. Derrumbes cobraron vidas y pérdidas materiales.



Imagen 2.3. Brigadas de apoyo a damnificados.



La actividad comercial reportó una afectación del 16% en los estados impactados, que representa el 7% de la cifra nacional. Para la Ciudad de México, significó un problema del 46% (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

El evento coincidió con el día del memorial del sismo de 1985. Además, 12 días antes otro temblor afectó al país: el 7 de septiembre, un sismo de 8.1°, proveniente de la costa de Chiapas, dejó una estela de destrucción; fue perceptible en todo el sureste y centro del país. El gobierno justo comenzaba las gestiones de atención a los afectados.

2.2. Contingencia en Xochimilco derivada del sismo

La Delegación Xochimilco, ubicada en la Ciudad de México (mapa 2.1), fue de las poblaciones afectadas. El sismo generó aceleraciones mayores en los suelos de la zona de lago y transición del Valle de México. Xochimilco se encuentra asentado casi en su totalidad en este tipo de material lacustre.

Se reportaron 5 decesos en la Delegación e innumerables viviendas, espacios administrativos, escuelas, centros religiosos y comercios afectados. Los servicios fallaron durante 3 días o más: la red eléctrica reportó caída de transformadores y postes, lo que implicó cortes al suministro.

Las líneas telefónicas y celulares se vieron superadas por la demanda, además de las afectaciones directas a la infraestructura sufrida por el sismo.

Socavones y fugas hicieron intransitables algunas calles. El servicio de limpia se encargó de manera continua al apoyo de acarreo de escombros, por lo que algunas colonias no contaron con servicio de recolección de residuos.

Imagen 2.4. Daños a la capilla de San Marcos, Xochimilco.



Imagen 2.5. Congestionamiento vial derivado del sismo en Xochimilco.

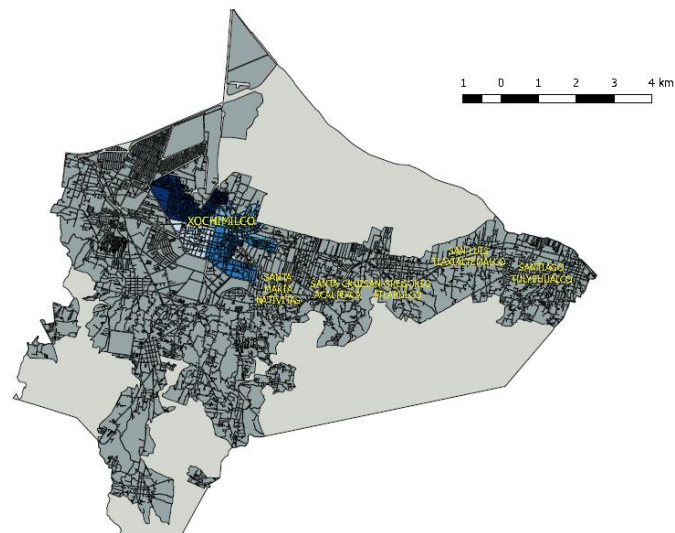


Los centros médicos se encontraban trabajando a toda su capacidad. Se atendieron heridos y gente con crisis nerviosas.

Las clases se reanudaron lentamente, pues muchos dictámenes de seguridad estructural tardaron en ser emitidos.

Finalmente, la solidaridad en la población salió a relucir con las campañas de apoyo a damnificados y brigadistas. Sin embargo, la cotidianeidad de la población de Xochimilco tardó en recuperarse debido a su misma historia política, religiosa y social; usos y costumbres urbano-rurales, infraestructura subdesarrollada, incompetencia de las autoridades y falta de preparación para siniestros.

Mapa 2.1. Ubicación de epicentro respecto a la delegación Xochimilco (Elaboración propia con datos de CENAPRED).



2.2.1. Consecuencias en la red de abastecimiento de agua potable posteriores al sismo

La dotación de agua a la población de la Delegación Xochimilco se realiza a través de las conducciones subterráneas que derivan del Acueducto de Xochimilco.

Esta es una obra de infraestructura que tiene como función la conducción del agua desde su captación hasta la zona centro del Valle de México. El agua es extraída del subsuelo a través de pozos que se ubican a lo largo de la zona geotécnica de transición. Aquí se ubican la mayoría de los pueblos afectados por el sismo: Santiago Tulyehualco, San Luis Tlaxialtemalco, San Gregorio Atlapulco, Santa Cruz Acalpixca y Santa María Nativitas.

Una vez captada, el agua es llevada a través del acueducto: una tubería de acero subterránea que en su recorrido van incorporando los caudales de todos los pozos, pero también va desviando el gasto hacia los ramales y derivaciones de abastecimiento locales; todo con sus debidas conexiones y piezas especiales.

Imagen 2.6. Reparaciones a la red de abastecimiento de agua potable.



Imagen 2.7. Filas para la atención del llenado de garrafones en purificadoras.



Los ramales actuales son en su mayoría de polietileno de alta densidad, sin embargo, en la Delegación muchos continúan con la infraestructura primaria colocada en el siglo pasado.

Finalmente, el agua es entregada a los usuarios. Debido a que el servicio es por tandeo, la población está obligada a contar con opciones de almacenamiento, que dependen de la economía familiar y de la condición de propiedad: si es vivienda compartida o propia.

En muchos casos la población de Xochimilco cuenta con una cisterna de capacidad variable, un equipo de bombeo y un almacenamiento elevado. Otro caso es en el que la vivienda (que puede ser compartida entre varios inquilinos) cuenta con una pila o pileta a nivel y desde ahí se puede bombear a un almacenamiento elevado.

Existen casos en que la presión es adecuada para que el agua sea suministrada de la toma a un almacenamiento elevado.

No existe información oficial relacionada a los daños que sufrió la infraestructura hídrica derivada del sismo. Los medios de comunicación dieron cifras relacionadas al desabasto, sin embargo, no daban más detalle de los problemas que generaron ese desabasto.

Lo que se pudo especular que ocurrió fue alguno de los siguientes puntos o varios de ellos:

- El agua del subsuelo experimentó movimientos en el acomodo, lo que significó que el nivel dinámico de los pozos se modificara y con ello su capacidad de extracción.
- El colapso de pozos generó problemas en la succión y en la calidad del agua.
- Las fallas en la red eléctrica obstaculizaron el trabajo de los equipos de bombeo.
- Los probables daños y derrumbes a las instalaciones y equipos de bombeo, provocando fugas.
- La imposibilidad de llegada a los puntos de conflicto por parte del personal.
- La ruptura de tuberías de agua potable y alcantarillado, y la posible contaminación.
- Generación de socavones o derrumbes que fracturaron las conducciones.
- Daños en tanques y cárcamos.

Imagen 2.8. Pipas utilizadas para transportar el agua (10 mil litros).



Imagen 2.9. Entrega del agua a la población.



Las medidas que se tomaron para atacar el problema se centraron en el abastecimiento a través de pipas y camiones cisterna. La mecánica fue la siguiente: se formaron comités vecinales encargados de gestionar la visita de las pipas; se avisaba a la población el día que debían esperar al vehículo y acercarse a un punto especificado con recipientes para el acopio de agua.

Esta medida fue incómoda para los habitantes debido a las siguientes razones:

- El horario y atención de las pipas era variable.
- La calidad del agua era dudosa y su fuente desconocida.
- La dotación estaba en función de la capacidad de almacenamiento y acarreo por parte de los usuarios, lo que derivó en conflictos por la cantidad suministrada.

En otros casos se instalaron almacenamientos de mayor volumen que eran dotados de agua de manera constante para que desde ese punto fijo (generalmente en las plazuelas y parques públicos) la población pudiera llevar el agua hasta sus domicilios. Además de las incomodidades del acarreo, la apropiación de estos tinacos por parte de supuestos líderes políticos derivó en conflictos vecinales.

La demanda de agua de garrafón aumentó al grado de la crisis debido a la falta de información por parte de las autoridades sobre el tiempo que duraría el desabasto y las reparaciones.

A pesar de que la contingencia ocurrió en época lluviosa, la población consideraba que la cosecha de agua pluvial no era una opción por considerarla de mala calidad; además, resaltaba la molestia de pagar por el servicio de agua potable que no se les estaba dotando.

El suministro de agua comenzó a renovarse a partir de la quinta semana después de ocurrido el sismo. Fue variable en toda la demarcación y continuaron reportándose cortes al servicio durante las semanas siguientes, pero en cuestión de días se reinstalaba. Sin embargo, a los primeros meses de 2018 aún no se puede considerar al 100 por ciento.

Imagen 2.10. Instalación de tinacos de 10 mil litros en los espacios públicos.



La crisis del agua en la Delegación es inminente: cada vez se extrae más del subsuelo debido a la demanda, y la calidad y recarga del acuífero es mala. Crisis como la ocurrida el 19 de septiembre no pueden ser soportadas por un sistema sin control.

La contingencia ya pasó, la urgencia y el ánimo de ayuda también, por lo que la voluntad de reparación y regularización del servicio ya no es una prioridad ni para la administración pública ni para la mayoría de los usuarios.

3. Desarrollo en campo

A continuación se describe el proceso de muestreo y medición de los parámetros del agua potable en sitio, que se llevó a cabo para determinar la calidad del agua en Xochimilco posterior al sismo.

3.1. Zona de estudio

El estudio se hizo únicamente para la zona centro de Xochimilco. Esta área la delimitan las manzanas que conforman los 17 barrios y colonias centrales (mapa 3.1).

Esto se decidió basándose en los alcances de este estudio y en la factibilidad de realizarlo dados los escasos recursos materiales, de personal y de tiempo.

3.2. Sitios de muestreo

Se designaron tomas domiciliarias ubicadas en la zona centro de la Delegación Xochimilco. Fueron escogidas tomando como referencia la traza urbana de los barrios urbanos centrales (tabla 3.1).

El área se dividió en cuatro cuadrantes y en cada uno se ubicó un domicilio. Para los ejes que dividieron al cuadrante se plantearon las avenidas que llegan a la explanada delegacional (plaza cívica central), considerado como el origen o punto 0; las calles son: Guadalupe I. Ramírez, que circula del origen hacia el poniente; Nuevo León, hacia el oriente; y Pedro Ramírez del Castillo, de norte a sur.

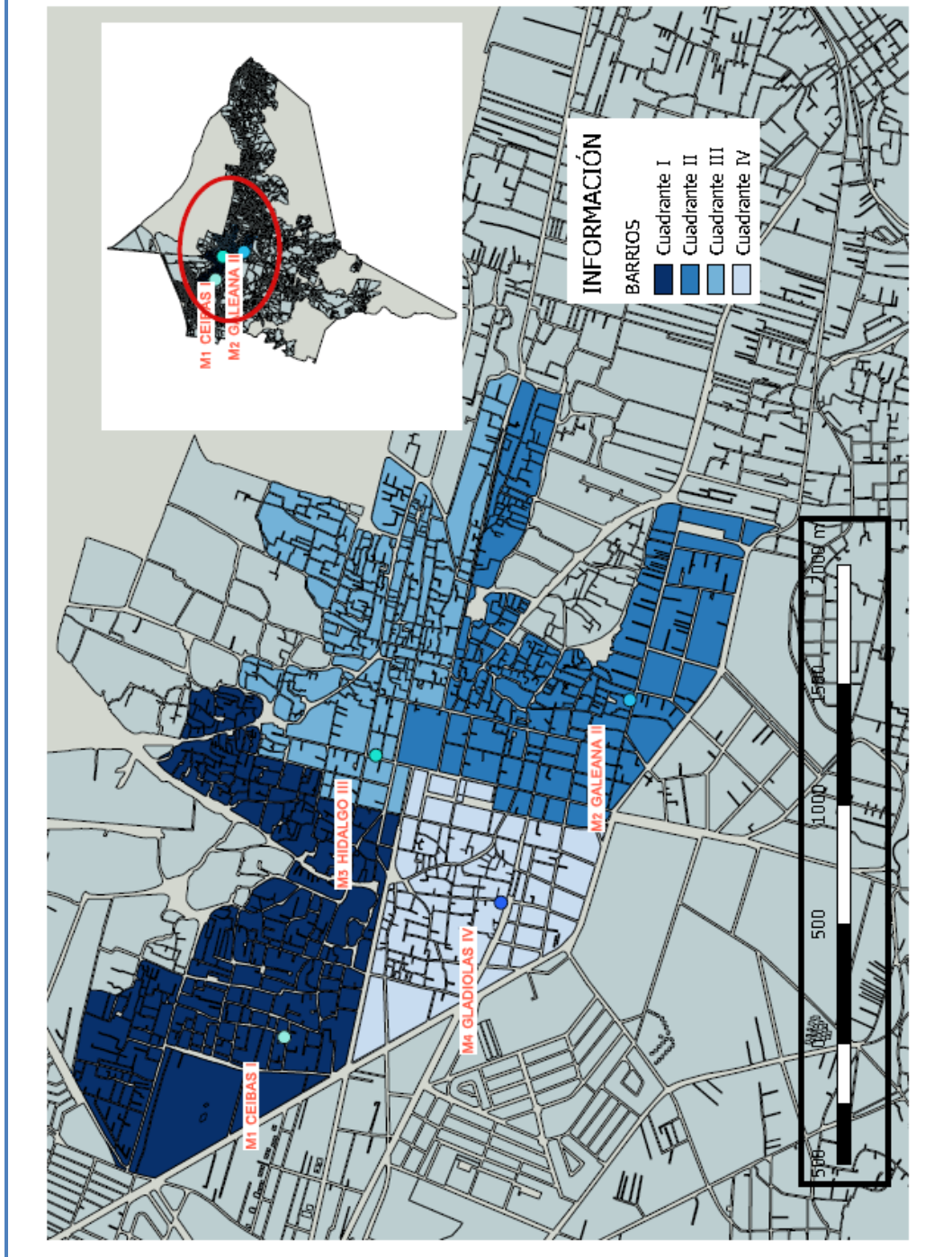
Si bien esta selección no coincide necesariamente con la red de abastecimiento local, busca la repartición del territorio de manera equitativa.

En los domicilios seleccionados se pidieron los permisos y accesos necesarios y se acordó el calendario de muestreo.

Tabla 3.1. Influencia de barrios y colonias en las ubicaciones escogidas.

Nombre	Ubicación	Barrios y colonias de influencia
Muestra 1 Cuadrante I	Calle Ceibas Colonia Ampliación San Marcos Norte	Ampliación San Marcos Norte San Juan Bautista Tlateuchi La Concepción Tlacoapa La Dolorosa Xaltocán
Muestra 2 Cuadrante II	Calle Galeana Barrio Xaltocán	San Cristóbal Xallan Belén de Acampa San Francisco Caltongo Santa Crucita
Muestra 3 Cuadrante III	Calle Hidalgo Barrio La Guadalupe	La Guadalupe La Santísima Trinidad Chilililco San Diego Tlalcozpa San Lorenzo Tlaltecpan San Esteban Tecpapan La Asunción Colhuacatzingo
Muestra 4 Cuadrante IV	Calle Gladiolas Barrio San Marcos	San Marcos Tlaltepétlalpan San Antonio Molotla El Rosario San Pedro Tlalnáhuac

Mapa 3.1. Ubicación de cuadrantes de estudio y puntos de muestreo.



3.3. Calendario de muestreo

Debido a la variabilidad del suministro y el consumo, se consideró que un periodo de una semana sería suficiente para ver cambios en la calidad del agua, por lo que se muestreó únicamente los días viernes durante las siguientes 5 semanas. Ese mismo día se hizo el análisis en laboratorio.

La fecha de inicio fue el viernes 20 de octubre de 2017, ya que a partir de ese día comenzó el suministro a través de la red. Se consideró como factor importante el cumplimiento de los 5 días para el análisis de la DBO₅₋₂₀. Algunos días se modificaron debido a la disponibilidad del espacio en laboratorio. El calendario de muestreos se presenta en la tabla 3.2. Las muestras fueron colectadas en el horario entre las 8 y las 10 de la mañana.

Tabla 3.2. Calendario de muestreo y análisis.

	D	L	M	M	J	V	S
Octubre	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31	1	2	3	4
Noviembre	5	6	7	8	9	10	11
	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	1	2

	Muestreo. Medición de: pH, temperatura, cloro residual libre, organismos coliformes, turbiedad, color y oxígeno disuelto inicial (DBO ₅₋₂₀).
	Medición de sólidos totales, suspendidos y disueltos.
	Medición de oxígeno final (DBO ₅₋₂₀)

3.4. Metodología de muestreo

3.4.1. Personal

El estudio fue realizado por una persona.

3.4.2. Equipo

Imagen 3.1. Multiparamétrico.



Se ocupó el equipo multiparamétrico (imagen 3.1) y una pisseta con agua destilada para limpieza de la celda del equipo.

3.4.3. Material

Para coleccionar la muestra se ocuparon:

- i. 4 botellas desechables de 500 ml.
- ii. 4 frascos Winkler.
- iii. 1 cubeta de 5 l limpia.
- iv. Papel parafilm.
- v. 1 cuerda de 1 m.
- vi. 1 gancho de alambre.

Imagen 3.2. Botellas desechables.



Imagen 3.3. Frascos Winkler.



Para etiquetar la muestra:

- i. Marcador permanente y cinta masking tape.

Para limpieza, seguridad y transporte de la muestra y personal

- ii. Franela.
- iii. Guantes de plástico.
- iv. Estuche portador de frascos Winkler.

3.4.4. Procedimiento

Imagen 3.4. Etiquetado de muestra.



Imagen 3.5. Transporte de muestras.



El personal se presentó en los puntos de muestreo y en las fechas indicadas.

Para realizar el muestro se procedió a revisar el estado del suministro en el momento del muestreo. Los casos posibles y los procedimientos seguidos fueron:

- Sin suministro de agua: no se suministró agua al domicilio a través de la red; se abasteció a través de camiones cisterna y posteriormente se almacenó.

La muestra se tomó en el almacenamiento: se llenó la cubeta, aproximadamente en la parte media del tirante del depósito, haciendo un movimiento descendente y ascendente para homogeneizar el volumen. Una vez extraída se procedió a medir los parámetros de campo y se llenaron las botellas y los frascos Winkler, con el cuidado de no agitar demasiado y sobre oxigenar. Finalmente se etiquetó.

Imagen 3.6. Muestreo en domicilio sin suministro de agua.



Imagen 3.7. Muestreo en domicilio con suministro no instantáneo.



- Con suministro no continuo: se suministró el agua a través de la red, pero no en el momento de la visita.

La muestra se tomó del almacenamiento: el procedimiento de recolección fue similar al que se llevó a cabo en el punto anterior.

- Con suministro continuo: el agua se estaba suministrando en el momento de la visita.

La muestra se tomó de la toma domiciliaria: se dejó abierta la llave de la toma durante 15 segundos, y posteriormente se colocó la cubeta para coleccionar el agua. Se llenaron las botellas y frascos de manera similar a los otros dos estados de muestreo y se etiquetaron.

Imagen 3.8. Muestreo en domicilio con suministro instantáneo.



3.5. Parámetros medidos en campo

3.5.1. pH

Los valores altos y bajos de pH son tóxicos para organismos acuáticos, ya sea directa o indirectamente. El pH es el parámetro más importante utilizado en la evaluación de las propiedades corrosivas de un medio ambiente acuático (NMX-AA-008-SCFI-2016).

Los métodos electrométricos están basados en la medición de la diferencia de potencial de una celda electroquímica, la cual consta de dos medias celdas, la primera consiste en un electrodo de medición y la segunda en un electrodo de referencia. El potencial del electrodo de medición es una función de la actividad del ion hidrógeno de la disolución de medición (NMX-AA-008-SCFI-2016).

Imagen 3.9. Medición de pH.



- Equipo utilizado:
 - i. Multiparamétrico (incluye pHmetro).
- Material utilizado:
 - i. Recipiente con capacidad mínima de 500 ml, fondo plano de plástico.
 - ii. Pisseta con agua destilada.

- Procedimiento de muestreo y medición:
 - i. Se descubre la celda del equipo multiparámetro y limpiar con agua destilada.
 - ii. Se llena el recipiente con la muestra; se sumerge el equipo aproximadamente 5 cm y se enciende.
 - iii. Se programa en el menú el modo pH. Se registra la lectura una vez estabilizada. El valor de pH puede cambiar rápidamente en la muestra de agua como resultado de procesos químicos, físicos o biológicos (NMX-AA-008-SCFI-2016).

3.5.2. Temperatura

Las temperaturas elevadas en el agua pueden ser indicadores de actividad biológica, química y física.

Es una de las magnitudes fundamentales que definen el Sistema Internacional de Unidades (SI) y cuya unidad es el kelvin, simbolizado como K. Esta unidad se utiliza tanto para expresar valores de temperatura termodinámica como intervalos de temperatura. Es usual expresar la temperatura con base en la escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$) (NMX-AA-007-SCFI-2013).

Imagen 3.10. Medición de temperatura.



- Equipo utilizado:
 - i. Multiparamétrico (incluye termómetro).
- Material utilizado:
 - i. Recipiente con capacidad mínima de 500 ml, fondo plano de plástico.
 - ii. Piseta con agua destilada.

- Procedimiento de muestreo y medición:
 - i. Se descubre la celda del equipo multiparámetrico y se limpia con agua destilada.
 - ii. Se llena el recipiente con la muestra; se sumerge el equipo aproximadamente 5 cm y se enciende.
 - iii. Se programa en el menú el modo temperatura. Se registra la lectura una vez estabilizada.

3.5.3. Volumen de muestreo

Se tomó un volumen de 500 ml en una botella y 300 ml en un frasco Winkler por cada punto de muestreo. Esta medida fue decidida en función del volumen requerido para las pruebas a realizar¹.

¹ Revisar los puntos descritos en el capítulo 4 Desarrollo en laboratorio.

4. Desarrollo en laboratorio

Las muestras fueron transportadas para su análisis al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Los parámetros que se evaluaron fueron seleccionados en función de su representatividad en la calidad del agua para consumo humano². Se priorizaron los análisis microbiológicos y de contenido de cloro residual. Pero también se analizaron los que impactan a la aceptación por parte de la población, es decir, los físicos y organolépticos.

También influyó en la decisión de los parámetros elegidos la disponibilidad de equipo, personal, tiempos y material de trabajo en el laboratorio.

El equipo de seguridad personal y para el uso limpio y seguro se conformó de:

- i. Bata de laboratorio
- ii. Guantes de látex desechables
- iii. Cubrebocas desechable
- iv. Papel absorbente

Los procedimientos y la conducta del personal se manejaron conforme al Reglamento Interno de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; y los residuos fueron dispuestos de acuerdo al mismo Reglamento.

También se consideró la gestión y el cuidado de las fuentes de energía para los procedimientos de laboratorio: red eléctrica e instalación de gas.

Se obedeció al calendario presentado en la tabla 3.2, y los horarios de trabajo fueron entre las 12 y las 18 horas.

Para la conservación de las muestras se ocupó el refrigerador.

Imagen 4.1. Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería.



² Revisar capítulo 4.1.

4.1. Normativa y parámetros analizados

Una manera de contribuir a la mejor interpretación y entendimiento de los datos de monitoreo de las aguas es a través del uso de índices de calidad, que son herramientas que permiten asignar una calificación a partir del análisis de diversos parámetros; la idea es convertir los datos en información y ésta en conocimiento (Balmaceda Espinosa y García Hidalgo, 2014).

Las características físicas, químicas y bacteriológicas, que se decidieron estudiar en la campaña de muestreo y análisis en laboratorio, obedecieron principalmente a la NOM-127-SSA1-1994.

Esta norma, que tiene como título: Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos que debe someterse el agua para su potabilización, enlista los límites que debe cumplir el agua suministrada a la red pública y consecuentemente a la toma domiciliaria.

Los parámetros estudiados que se encuentran en la norma se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Límites permisibles considerados en la NOM-127-SSA1-1994.

Parámetro	Unidad	Límite permisible
pH		6.50 - 8.50
Color	UPC	< 20
Turbiedad	UTN	< 5.00
Cloro residual libre	mg/l	0.20 - 1.50
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1000.00
Organismos coliformes	UFC/100 ml	AUSENTES

Sin embargo, hay otros que se consideraron por la relevancia en la aceptación del agua entre la población; pero también por su influencia en la investigación por contaminación derivada de fallas en la red pública. Se describen a continuación.

- Temperatura

La temperatura en el agua de una toma domiciliaria depende de la fuente (superficial o subterránea), de los procesos de tratamiento y de las condiciones de conducción. La actividad bacteriana se inhibe a bajas temperaturas, por lo que se esperarían esos resultados en un muestreo.

En muchos casos la infraestructura del agua potable se encuentra en contacto con el ambiente, por lo que no es posible que siempre se tengan valores bajos de temperatura.

Basándose en el ensayo de DBO₅₋₂₀, se entiende que 20°C sea un dato óptimo para que los microorganismos realicen sus actividades metabólicas.

Con la información anterior, se propone para este estudio que si la temperatura del agua supera los 15°C se califique como no aceptable. Sin embargo, no significa un riesgo directo a la salud humana.

- DBO₅₋₂₀

Este parámetro es clave para conocer la naturaleza de los sólidos existentes en el agua. Su presencia podría ser indicativa de contaminación por aguas residuales o algún compuesto orgánico. Estadísticamente, la DBO de agua para consumo humano se tiene del orden de 1.5 a 5

mg/l (Menéndez Martínez, 2017). Se utilizará el valor extremo de este dato para considerar contaminada a una muestra.

- Sólidos suspendidos totales y sólidos totales

La cantidad de sólidos disueltos impacta directamente en el color y en el sabor. Sin embargo, los sólidos suspendidos tienen efecto en la turbiedad, un parámetro visual. Si el agua no tiene apariencia agradable, los usuarios considerarán que está contaminada.

En los procesos de potabilización, los sólidos suspendidos son removidos a través de rejillas y filtros. Se considera que el agua suministrada a la red pública no debería tenerlos. Su presencia es indicativa de fallas en el proceso de clarificación o bien en la misma red.

La norma indica como límite permisible 1000 mg/l de sólidos disueltos totales, y visualizando un caso ideal, no debería contener sólidos suspendidos. Por tanto, los sólidos totales deben ser iguales que los disueltos. Sin embargo, para fines reales, se considera la posibilidad de un 1% de sólidos suspendidos. Un valor superior se considera inaceptable para los fines de este estudio.

4.2. Parámetros físicos

4.2.1. Color

El color en el agua puede deberse a la presencia del contenido natural de metales o iones metálicos en disolución, humus o residuos orgánicos, plancton o desechos industriales (NMX-AA-045-SCFI-2001).

El principio del método de medición se basa en el color verdadero y/o aparente en una muestra de agua natural, mediante su comparación visual con una escala estandarizada de platino-cobalto. (La unidad platino-cobalto es la que se produce al disolver un mg de platino/l en forma de ion cloroplatinato). Este método depende de la apreciación visual del color de la muestra por el analista en comparación con una escala estandarizada. La percepción del color entre diferentes personas varía, por lo que se debe efectuar una selección del analista basada en su capacidad de apreciación del tono e intensidad del color (NMX-AA-045-SCFI-2001).

Imagen 4.2. Colorímetro óptico.



- Equipo utilizado:
 - i. Colorímetro (imagen 4.2).
- Material utilizado:
 - i. Tubos Nessler, deben de mantenerse cuidadosamente limpios por dentro y por fuera y evitar que se rayen o estrellen.
 - ii. Discos de escala de color.
 - iii. Piseta con agua destilada.

- Procedimiento de medición:
 - i. Se enciende el colorímetro. Se colocan los discos de escala de color.

- ii. Se llena un tubo Nessler con agua destilada y otro con agua de muestra. Se introducen en el colorímetro. Para evitar contaminar el tubo, se debe tomar de la parte superior.
- iii. Se gira el disco hasta igualar el color entre el cero (agua destilada) y la muestra.
- iv. Se registra la lectura.
- v. Se vacía el contenido en la tarja y se limpia el tubo con agua destilada.
- vi. Repetir el proceso tres veces para tener un promedio de cada muestra.

4.2.2. Turbiedad

La turbiedad en agua se debe a la presencia de partículas suspendidas y disueltas, materia en suspensión como arcilla, cieno o materia orgánica e inorgánica finamente dividida, así como compuestos solubles coloridos, plancton y diversos microorganismos (NMX-AA-038-SCFI-2001).

El método de medición se basa en la comparación entre la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de luz dispersada por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones; a mayor dispersión de luz corresponde una mayor turbiedad (NMX-AA-038-SCFI-2001).

La turbiedad se expresa en Unidades de Turbiedad Nefelométrica (UTN), determinadas por el método nefelométrico. La turbiedad de una suspensión de formacina de concentración específica se define como el equivalente a 40 unidades nefelométricas (NMX-AA-038-SCFI-2001).

Imagen 4.3. Turbidímetro Hach.



- Equipo utilizado:
 - i. Turbidímetro (imagen 4.3).
- Material utilizado:
 - ii. Celdas de vidrio de cristal incoloro y transparente, deben de mantenerse cuidadosamente limpias por dentro y por fuera y evitar que se rayen o estrellen.
 - iii. Piseta con agua destilada.
- Procedimiento de medición:
 - i. Se enciende el turbidímetro.
 - ii. Se llena la celda Hach y se introduce en el turbidímetro. Para evitar contaminar la muestra, se toma la celda de la parte superior, ya que el haz de luz se proyecta en la parte central de la celda.
 - iii. Se registra la lectura que marque el indicador digital.
 - iv. Se vacía el contenido en la tarja y se limpia la celda con agua destilada.
 - v. Repetir el proceso tres veces para tener un promedio de cada muestra.

4.3. Parámetros químicos

4.3.1. Cloro residual libre

La cloración de aguas se utiliza para destruir o desactivar a los microorganismos causantes de enfermedades. El color y olor característico de Fenoles y otros compuestos orgánicos presentes en el agua puede intensificarse además de formar compuestos carcinogénicos con exceso de cloro (NMX-AA-108-SCFI-2001).

El principio del método de medición se basa en la reacción instantánea entre el cloro libre con el N, N-dietil-p-fenilendiamina (DFD) en ausencia de iones yoduro, reacciona en su forma reducida para producir el DFD oxidado de color rojo, el cual se vuelve a reducir valorando con sulfato ferroso amoniacal hasta que el color rojo desaparece. La adición posterior de yoduro de potasio actúa catalíticamente produciendo la liberación de cloro de las cloraminas el cual vuelve a ser valorado en el sistema DFD/Fe (II). La adición se realiza de manera gradual para poder determinar las fracciones correspondientes a mono, dicloraminas y tricloruro de nitrógeno. Cuando no se desee ninguna diferenciación entre las especies de Cloro es posible realizar una simplificación del método determinando cloro total (NMX-AA-108-SCFI-2001).

Imagen 4.4. Espectrofotómetro.



- Equipo utilizado:
 - i. Espectrofotómetro (imagen 4.4).
- Material utilizado:
 - i. Celdas Hach de 10 ml con tapa de goma, deben de mantenerse cuidadosamente limpias por dentro y por fuera y evitar que se rayen o estrellen.
 - ii. Piseta con agua destilada.
- Reactivos utilizados:
 - i. Ampolleta de reactivo DPD.

- Procedimiento de medición:
 - i. Se enciende el espectrofotómetro. Se calibra en el menú el modo de medición de cloro residual.
 - ii. Se llena una de las celdas con agua de muestra y se introduce en el aparato para calibrar el cero.
 - iii. Se llena otra celda con agua de muestra.
 - iv. Se agrega el contenido de una ampolleta de reactivo DPD; se tapa y agita durante 20 segundos.
 - v. Se introduce en el aparato y se registrar la lectura.
 - vi. Se vacía el contenido en un recipiente especial para residuos de la prueba.
 - vii. Repetir el proceso tres veces para tener un promedio de cada muestra.

4.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno

La materia orgánica está presente en el agua por semillas, hojas, ramas en descomposición, excretas de organismos del ecosistema, organismos muertos y compuestos de origen antropogénico. Los problemas que causa son la formación de color, problemas de sabor y olor, disminución de oxígeno disuelto, interferencia con procesos de potabilización y la formación de compuestos halogenados (Menéndez Martínez, 2017).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días (NMX-AA-028-SCFI-2001).

El método se basa en medir la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en aguas naturales y residuales y se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de cinco días de incubación a 20°C (NMX-AA-028-SCFI-2001).

La DBO_{5-20} se obtiene como el cociente de la diferencia de oxígeno disuelto en el agua de muestra en el primer día ($OD_{Inicial}$) menos el oxígeno disuelto al quinto día (OD_{Final}), sobre el porcentaje de dilución (en forma decimal) a la cual se realiza la prueba (ecuación 4.1).

Ecuación 4.1. Demanda bioquímica de oxígeno (Menéndez Martínez, 2017).

$$DBO_{5-20} \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{OD_{Inicial} \left(\frac{mg}{l} \right) - OD_{Final} \left(\frac{mg}{l} \right)}{\%Dilución}$$

Ecuación 4.2. Porcentaje de dilución.

$$\%Dilución = \frac{Volumen\ de\ muestra\ (ml)}{Volumen\ del\ frasco\ Winkler(ml)}$$

- Equipo utilizado:
 - i. Bomba de vacío y presión.
 - ii. Incubadora.
- Material utilizado:
 - i. Frascos Winkler.
 - ii. Pipetas.
 - iii. Bureta y soporte universal.
 - iv. Probetas.
 - v. Matraces Erlenmeyer.
 - vi. Vaso de precipitados.
- Reactivos utilizados:
 - i. Agua destilada
 - ii. Sulfato de magnesio
 - iii. Cloruro férrico
 - iv. Cloruro de calcio
 - v. Solución amortiguadora
 - vi. Sulfato Manganoso
 - vii. Alkali- yoduro- nitrato
 - viii. Ácido sulfúrico concentrado
 - ix. Tiosulfato de sodio (0.025 [N])

x. Almidón

- Procedimiento de medición:

Para medir la DBO_{5-20} , se debe medir el oxígeno inicial y final de una muestra; para ello es necesario utilizar un volumen igual de muestra al inicio y al final. El volumen final se pondrá a incubación. Para ello se ocupan los frascos Winkler de 300 ml.

De existir materia orgánica y microorganismos que la consuman, las condiciones de incubación pueden llevar a que el oxígeno disuelto en el agua se agote. Para evitar llegar a ese valor de oxígeno ausente, la muestra debe diluirse. A continuación se describe el proceso para preparar 1 litro de agua de dilución:

- Se afora 1 litros de agua destilada; se coloca en un recipiente y se agrega: 1 ml de solución amortiguadora, 1 ml de sulfato de magnesio, 1 ml de cloruro de calcio y 1 ml de cloruro férrico.
- Se airea con la bomba por al menos 45 minutos.

Para dilución de la muestra al 10%, recordando que se ocuparán 2 frascos Winkler de las mismas dimensiones, el volumen utilizado se obtiene como a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de 2 frascos Winkler} &= 2(300\text{ml}) = 600\text{ml} \\ \text{Volumen de muestra} &= 10\%(\text{Volumen de 2 frascos Winkler}) = \left(\frac{10\%}{100}\right)(600\text{ml}) = 60\text{ml} \\ \text{Volumen de agua de dilución} &= 600\text{ml} - 60\text{ml} = 540\text{ml} \end{aligned}$$

Para proceder al análisis del oxígeno disuelto, se procede como a continuación:

- Se llenan los dos frascos Winkler por cada muestra.
- Se sella uno de los frascos y se mete a la incubadora a 20°C.

Para fijar el oxígeno en la muestra:

- Se agrega en el frasco restante 2 ml de sulfato manganoso. Se cierra con el tapón y se vacía el excedente en un recipiente especial para residuos. Se agita 15 veces.
- Se agrega después 2 ml de álcali- yoduro- nitruro. Se cierra con el tapón y se vacía el excedente en un recipiente especial para residuos. Se agita 15 veces.
- Finalmente se agrega 2 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se cierra con el tapón y se vacía el excedente en un recipiente especial para residuos. Se agita 15 veces.

Para titulación y medición de oxígeno inicial (OD_{Inicial}):

- Se vacían 200 ml del contenido del frasco en un matraz.
- Se agregan 2 a 4 gotas de almidón. Se agita.
- Se llena con tiosulfato de sodio (0.025 [N]) la bureta en el soporte universal hasta el cero.
- Se adiciona por goteo el tiosulfato al matraz mientras se agita. Cuando la sustancia cambie de color, se cierra la llave. Se registra el volumen consumido. La relación estequiométrica directa implica que:

$$1\text{ml Tiosulfato de Sodio (0.025 [N])} = 1\text{ml } O_2$$

Para medición del oxígeno final (OD_{Final}):

- Se repite el proceso desde la fijación hasta la titulación para el frasco Winkler incubado, una vez cumplidos los 5 días.
- Se vacían los residuos en un recipiente especial.

Imagen 4.5. Muestras preparadas con agua de dilución.



Imagen 4.6. Fijación de oxígeno.



Imagen 4.7. Titulación.



Imagen 4.8. Coloración de la muestra con el almidón.



Imagen 4.9. Adición de tiosulfato de sodio por goteo.



Imagen 4.10. Revisión del cambio de color.



4.3.3. Sólidos totales, suspendidos y disueltos

Todos los contaminantes en el agua, excepto los gases disueltos, contribuyen a la carga de sólidos. Se pueden clasificar por su tamaño, comportamiento y por sus características químicas (Menéndez Martínez, 2017).

Sólidos totales se define a la materia que permanece como residuo después de la evaporación a 103°C a 105°C y enfriado en desecador hasta peso constante.

Sólidos suspendidos, o también llamados residuo no filtrable, es toda la materia particulada que es retenida por un filtro de microfibras de vidrio con diámetro nominal de poro de 1.2 µm.

Los sólidos disueltos (sales disueltas), también llamados residuo filtrable, son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos suspendidos y los sólidos totales (tabla 4.2).

Los sólidos fijos y sólidos volátiles, en aguas residuales y lodos, se acostumbra hacer esta determinación con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. El procedimiento estándar consiste en que las cápsulas que contienen los sólidos totales se calcinan en una mufla a una temperatura de 550°C, durante una hora. La pérdida de peso se registra como mg/l de sólidos volátiles y el residuo como mg/l de sólidos fijos.

El contenido de sólidos volátiles se interpreta en términos de materia orgánica, teniendo en cuenta que a 550°C la materia orgánica se oxida formando CO₂ y H₂O que se volatilizan (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2017).

El principio de este método se basa en la medición cuantitativa de los sólidos y sólidos disueltos así como la cantidad de materia orgánica contenidos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, mediante la evaporación y calcinación de la muestra filtrada o no, en su caso, a temperaturas específicas, en donde los residuos son pesados y sirven de base para el cálculo del contenido de estos (NMX-AA-034-SCFI-2015).

La relación matemática entre sólidos se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Relación entre todos los tipos de sólidos.

Sólidos Totales	=	Sólidos Suspendidos Totales	+	Sólidos Disueltos Totales
=		=		=
Sólidos Volátiles Totales	=	Sólidos Suspendidos Volátiles	+	Sólidos Disueltos Volátiles
+		+		+
Sólidos Fijos Totales	=	Sólidos Suspendidos Fijos	+	Sólidos Disueltos Fijos

- Equipo utilizado:
 - i. Bomba de vacío y presión.
 - ii. Parrilla.
 - iii. Balanza. analítica
 - iv. Horno.
- Material utilizado:

- i. Matraz Kitasato.
- ii. Cápsulas de porcelana a peso constante.
- iii. Filtros Gooch a peso constante.
- iv. Papel filtro a peso constante.
- v. Desecador.
- vi. Vasos de precipitado.
- vii. Pinzas.
- viii. Perlas de vidrio.

- Procedimiento de medición:

Para sólidos totales (ST):

- i. Se pone una cápsula de porcelana a peso constante³, se registra su peso ($W_{Cápsula}$) con la balanza analítica.
- ii. Se coloca la cápsula en baño María, con ayuda de los vasos de precipitados y las perlas de vidrio, y se añade 10 ml de agua de muestra. El calor evaporará el agua de muestra dejando únicamente los sólidos. El tiempo aproximado es de 1 hora.
- iii. Una vez seca la cápsula de porcelana, se introduce dentro del horno durante 1 hora a una temperatura de entre 103°C y 105°C, para que pierda totalmente la humedad.
- iv. Se vuelve a pesar la cápsula en la balanza analítica ($W_{Cápsula+Muestra}$), y se registra el resultado. El valor de concentración de sólidos totales se calcula con la ecuación 4.3.

Ecuación 4.3. Sólidos totales (Menéndez Martínez, 2017).

$$ST \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{W_{Cápsula+Muestra}(mg) - W_{Cápsula}(mg)}{Volumen_{Muestra}(l)}$$

Para los sólidos suspendidos totales (SST):

- i. Se pone un crisol Gooch a peso constante³ y se coloca el papel filtro, se registra su peso ($W_{Crisol\ Gooch+Filtro}$) con la balanza analítica.
- ii. Se arma el dispositivo de filtración: se conecta un matraz Kitasato a una bomba de vacío, se coloca el conector y sobre éste se coloca el crisol Gooch.
- iii. Se añaden 100 ml de agua de muestra y se filtran.
- iv. Se introduce el filtro Gooch dentro del horno durante 1 hora a una temperatura de entre 103°C y 105 °C.
- v. Se saca la muestra y se deja enfriar en el desecador por 15 min.
- vi. Se pesa el filtro Gooch en la balanza analítica ($W_{Crisol\ Gooch+Filtro+Muestra}$), se registra el resultado. El valor de concentración de sólidos suspendidos se calcula con la ecuación 4.4.

Ecuación 4.4. Sólidos suspendidos totales (Menéndez Martínez, 2017).

$$SST \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{W_{Crisol\ Gooch+Filtro+Muestra}(mg) - W_{Crisol\ Gooch+Filtro}(mg)}{Volumen_{Muestra}(l)}$$

Para los sólidos disueltos totales (SDT), el cálculo procede de la resta de los sólidos totales menos los sólidos suspendidos totales (ecuación 4.5).

³ Cápsula y filtro Gooch a peso constante significa que previamente se introduce dicha cápsula al horno y se espera a que pierda toda la humedad presente, hasta que al pesarla en la balanza analítica su peso sea constante ($W_{Cápsula/Crisol\ Gooch+Filtro}$). Esperar a que la cápsula se enfríe dentro de un desecador que permite el enfriado sin adquirir humedad nuevamente, gracias a una sustancia higroscópica que la absorbe. Siempre se manipularán con ayuda de pinzas (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2017).

Ecuación 4.5. Sólidos disueltos totales (Menéndez Martínez, 2017).

$$SDT \left(\frac{mg}{l} \right) = ST \left(\frac{mg}{l} \right) - SST \left(\frac{mg}{l} \right)$$

Imagen 4.11. Pesado de cápsula.



Imagen 4.12. Secado de muestras en desecador.



Imagen 4.13. Dispositivo de filtrado.



Imagen 4.14. Baño María para el secado de muestras.



Imagen 4.15. Muestras en horno para pérdida de humedad total.



4.4. Parámetros microbiológicos

4.4.1. Organismos coliformes fecales y totales

El análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua.

El examen bacteriológico del agua usualmente involucra dos ensayos: la estimación del número de bacterias de acuerdo con el conteo total en placa y la determinación, más significativa, de la presencia o ausencia de miembros del grupo coliforme.

Su presencia en el agua es considerada como un indicador de contaminación fecal y por lo tanto, de contaminación con organismos patógenos. En aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de 10⁶/1.

Los coliformes no solamente provienen del excremento humano sino también pueden encontrarse en los desechos de animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo. Por lo tanto, en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2017).

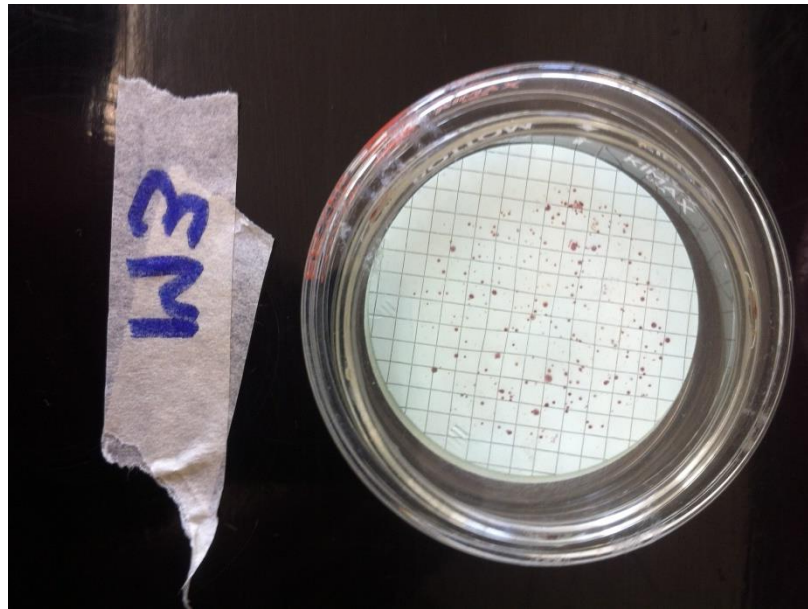
Imagen 4.16. Procedimiento de filtrado.

- Equipo utilizado:
 - i. Bomba de vacío y presión.
 - ii. Incubadora.
- Reactivos utilizados:
 - i. Medio de cultivo para coliformes.
- Material utilizado:
 - ii. Matraz Kitasato.
 - iii. Cajas Petri estériles.
 - iv. Membrana.
 - v. Cojín absorbente.
 - vi. Matraz invertido estéril.
 - vii. Embudo de cristal.
 - viii. Soporte de borosilicato con tapón rosca y embudo estéril.
 - ix. Tapón de hule.
 - x. Mecheros con manguera.
 - xi. Pinzas.
- Equipo de seguridad utilizado:
 - i. Guantes de látex.
 - ii. Cubreboca.



- Procedimiento:
 - i. Se coloca el soporte de borosilicato en la boca del matraz Kitasato⁴.
 - ii. Se utilizan pinzas estériles para sacar un filtro de su empaque y se coloca sobre el soporte.
 - iii. Se coloca el matraz invertido en la parte superior del matraz Kitasato.
 - iv. Se agrega al matraz invertido 100 ml de agua medidos previamente en una probeta también estéril.
 - v. Se conecta la bomba de vacío en la boquilla del matraz. Se hace funcionar la bomba de vacío hasta que toda el agua ingrese al matraz.
 - vi. En una caja Petri se añade sobre el cojín absorbente el medio de cultivo *coli blue*, el cual permite determinar a los coliformes totales y fecales en un mismo ensayo.
 - vii. Con las pinzas estériles se retira el filtro del equipo y se coloca en la caja Petri, previamente marcada en la parte inferior con la cuadrícula hacia arriba.
 - viii. Se cierra la caja Petri y se coloca en la incubadora, con el cojín absorbente y el papel filtro hacia arriba, a 35°C.
 - ix. Se lava con agua y jabón todo el material de vidrio utilizado.
 - x. A las 24 horas de haber hecho la filtración se debe revisar las cajas Petri para ver si hay formaciones de colonias de coliformes.

Imagen 4.17. Caja Petri.



⁴ Es de gran importancia la higiene de los equipos, cristalería y personal de laboratorio; se esterilizan todos. Se deben lavar las manos, utilizar cubreboca y no hablar al momento de realizar la prueba para evitar contaminar los filtros (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2017).

4.5. Evaluación de calidad del agua

La evaluación del agua depende de factores como los parámetros que se miden, los valores en los que rondan y los límites permisibles con los que se compararán.

Debido a que la escala de calificación y las variables son amplias, se han generado diferentes modelos matemáticos para emitir un valor que someta el agua a un juicio. A continuación se describen dos de ellos. El primero, Índice de calidad del agua, evaluará a las muestras de agua obtenidas en cada punto por fecha de muestreo; mientras que el *Canadian Council of Ministers of the Environment* considera todos los muestreos, para poder hacer una comparación general por punto de muestreo.

4.5.1. Índice de calidad del agua

El valor medido de cada parámetro se transforma, mediante una función, a un índice de calidad, que puede tomar un valor entre 0 y 100, donde 0 muestra la peor calidad y 100 la mejor. Si al emplear las funciones el valor obtenido es menor a 0 o mayor a 100, deberá cerrarse el valor del índice a estos límites. El índice se elaboró originalmente para dieciocho parámetros de calidad del agua. La suma total de los pesos de los dieciocho parámetros originales es de 36.5 (Menéndez Martínez, 2017). Para fines de este estudio, los parámetros utilizados y sus pesos corregidos se presentan en tabla 4.3.

Tabla 4.3. Parámetros de estudio del Índice de calidad del agua corregidos para este estudio (Menéndez Martínez, 2017).

Parámetro	Importancia relativa	Índice de calidad del parámetro i
pH	1.0	$pH < 6.7; I_{pH} = 10^{0.2335pH+0.440}$ $6.7 \leq pH \leq 7.3; I_{pH} = 100$ $pH > 7.3; I_{pH} = 10^{4.22-0.293pH}$
Color	1.0	$I_C = 123C^{-0.295}$
Turbiedad	0.5	$I_T = 108(0.053T)^{-0.178}$
Sólidos suspendidos	1.0	$I_{SS} = 266.5SS^{-0.37}$
Sólidos disueltos	0.5	$I_{SD} = 109.1 - 0.0175SD$
DBO	5.0	$I_{DBO} = 120DBO^{-0.0673}$
Coliformes totales	3.0	$I_{CT} = 97.5CT^{-0.27}$
Total:	12.0	

El índice de calidad del agua arroja un valor por cada muestreo en cada punto. Para calcular el índice general se presenta la ecuación 4.6.

Ecuación 4.6. Índice general de calidad del agua (Menéndez Martínez, 2017).

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

ICA: Índice general de calidad del agua
 I_i : Índice de calidad del parámetro i (Tabla 4.3).
 W_i : Importancia relativa del parámetro i (Tabla 4.3).

Para calificarlo se presenta la tabla 4.4, donde se encuentran diversos usos del agua y la interpretación cualitativa.

Tabla 4.4. Calificaciones del Índice de calidad del agua (Menéndez Martínez, 2017).

ICA	Uso público	Recreo	Pesca y vida acuática	Industria agrícola	Navegación	Transporte desechos tratados				
100	Aceptable; no requiere purificación.	Aceptable para todo tipo de deporte acuático	Aceptable para todo tipo de organismos.	Aceptable; no requiere purificación.	Aceptable para todo tipo de navegación.	Aceptable para todo tipo de transporte de desechos tratados.				
90	Requiere una ligera purificación.	Aceptable pero no recomendable.	Excepto especies muy sensibles.	Requiere una ligera purificación.						
80	Mayor necesidad de tratamiento.		Dudoso para especies sensibles.	Sin tratamiento para la industria.						
70	Dudoso.	Dudoso para contacto directo.	Sólo para organismos muy resistentes	Con tratamiento para la mayor parte de la industria.	Contaminado.					
60		Sin contacto con el agua.	Inaceptable	Uso muy restringido.						
50	Inaceptable.	Muestras obvias de contaminación.		Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable.	Inaceptable			
40		Inaceptable	Inaceptable					Inaceptable	Inaceptable.	Inaceptable
30										
20	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable.	Inaceptable					
10						Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable.	Inaceptable
0	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable.	Inaceptable					

4.5.2. Canadian Council of Ministers of the Environment

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el *Canadian Council of Ministers of the Environment* (ecuación 4.7).

Ecuación 4.7. Índice de calidad del agua del *Canadian Council of Ministers of the Environment* (Menéndez Martínez, 2017).

$$WQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$

Este índice se basa en la determinación de tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud. El alcance (F_1 , ecuación 4.8) define el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se esté evaluando respecto al total de variables consideradas. La frecuencia (F_2 , ecuación 4.9) se calcula por la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas. Y la amplitud (ecuación 4.10) es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su límite permisible (Balmaceda Espinosa y García Hidalgo, 2014).

Ecuación 4.8. Factor de Alcance.

$F_1 = \frac{NVI}{NTV} \times 100$	NVI: Número de variables incumplidas NTV: Número total de variables
------------------------------------	--

Ecuación 4.9. Factor de Frecuencia.

$F_2 = \frac{NAI}{NTA} \times 100$	NAI: Número de análisis que incumplen NTA: Número total de análisis
------------------------------------	--

Ecuación 4.10. Factor de Amplitud.

$F_3 = \frac{sne}{0.01sne + 0.01}$	$sne = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{NTA}$	sne: suma normalizada de excursiones
------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

$E_i = \frac{VO}{VAI} - 1$	Cuando el valor del análisis no debe exceder el objetivo.	E _i : Excursión VAI: Valor del análisis incumplido (excedido) VO: Valor objetivo
$E_i = \frac{VAI}{VO} - 1$	Casos en que el resultado no debe ser menor a un objetivo.	

Este índice estudia la calidad del agua de manera temporal, por lo que será aplicado a los resultados de la campaña de muestreo y análisis de este estudio.

Los resultados se pueden comparar con las calificaciones que otorga el índice, presentados en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Calificaciones del *Canadian Council of Ministers of the Environment* (Menéndez Martínez, 2017) .

Excelente CCME WQI: Valores entre 95-100	La calidad del agua es protegida con prácticamente ausencia de amenazas o deficiencias; las condiciones están muy cercanas a las naturales o prístinas. Este valor del índice sólo se puede obtener cuando todas las mediciones están dentro del objetivo virtualmente todo el tiempo.
Bueno CCME WQI: Valores entre 80-94	La calidad del agua está protegida con sólo un grado menor de amenaza o riesgo; las condiciones raramente se alejan de las condiciones deseadas o naturales.
Razonable (Fair) CCME WQI: Valores entre 65-79	La calidad del agua está normalmente protegida pero en ocasiones es amenazada o deficiente; las condiciones algunas veces se apartan de los niveles naturales o deseables.
Marginal CCME WQI: Valores entre 45-64	La calidad del agua es frecuentemente amenazada o deficiente; las condiciones se apartan frecuentemente de las naturales o deseadas.
Pobre CCME WQI: Valores entre 0-44	La calidad del agua casi siempre es amenazada o deficiente; las condiciones usualmente se apartan de los niveles naturales o deseables.

5. Análisis y discusión de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos del trabajo de muestreo y análisis de laboratorio.

En la sección de Anexos (página 57), se presentan los resultados obtenidos de las mediciones, los cálculos para determinar el valor de los parámetros y los gráficos de comportamiento por muestra, fecha de muestreo y punto analizado.

5.1. Condición del sitio de muestreo

Se presenta en la tabla 5.1 las condiciones en que se encontraba el servicio de suministro de agua potable en cada punto de muestreo a lo largo de la campaña. Se incluye toda la información conveniente: el lugar donde se tomó la muestra, el horario y si había suministro al momento del muestreo. Por otra parte, se presentan las tablas 5.2 a la 5.5, en el apartado 5.2., donde se enlistan los valores obtenidos por cada parámetro en cada punto y fecha de muestreo.

		Muestra					
		Clave	M1	M2	M3	M4	
		Calle	CEIBAS	GALEANA	HIDALGO	GLADIOLAS	
		Cuadrante (ver Mapa 3.1)	I (N-P)	II (S-O)	III (N-O)	IV (S-O)	
		Coordenada	19°16'6.77"N	19°15'17.41"N	19°15'53.68"N	19°15'35.18"N	
			99°6'50.64"O	99°6'2.44"O	99°6'10.34"O	99°6'31.40"O	
Muestreo	No.	Fecha	Tipo de predio	VIVIENDA	VIVIENDA	VIVIENDA	COMERCIO
	1	20-oct-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TANQUE	TANQUE	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:00
			Suministro al momento de muestreo	NO	NO	NO	NO
	2	27-oct-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TOMA	TOMA
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:00
			Suministro al momento de muestreo	NO	SI	SI	NO
	3	03-nov-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TOMA	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:00
			Suministro al momento de muestreo	NO	SI	SI	NO
	4	10-nov-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TOMA	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:00
			Suministro al momento de muestreo	NO	SI	SI	NO
	5	17-nov-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TANQUE	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:00
Suministro al momento de muestreo			NO	NO	SI	NO	

5.2. Parámetros obtenidos

Tabla 5.2. Resumen de resultados muestra M1.

Muestra:		Muestreo					Límite permisible
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17	
Parámetro:	Unidad	1	2	3	4	5	
pH		8.90	8.55	8.26	8.08	8.48	6.50- 8.50
Temperatura	°C	19.30	19.00	19.20	19.60	19.90	15.00
Color	UPC	10	5	5	0	0	20
Turbiedad	UTN	0.43	0.49	0.43	0.33	0.29	5.00
Cloro residual libre	mg/l	0.02	0.01	0.02	0.05	0.02	0.20- 1.5
DBO ₅₋₂₀	mg/l	SIN VALOR ⁵	8.00	4.00	0.00	8.00	5.00
Sólidos totales	mg/l	300.00	261.45	269.00	195.00	260.00	1000.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	3.50	0.80	0.10	0.00	0.00	10.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	296.50	260.65	268.90	195.00	260.00	1000.00
Organismos coliformes	UFC/100ml	INCONTABLES	CONTABLES	AUSTENTES	CONTABLES	CONTABLES	AUSENTES

Tabla 5.3. Resumen de resultados muestra M2.

Muestra:		Muestreo					Límite permisible
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17	
Parámetro:	Unidad	1	2	3	4	5	
pH		8.84	8.01	7.90	8.74	7.91	6.50- 8.50
Temperatura	°C	15.90	13.60	15.80	15.90	16.70	15.00
Color	UPC	0	0	5	5	0	20
Turbiedad	UTN	5.30	0.66	0.54	0.57	0.66	5.00
Cloro residual libre	mg/l	0.08	0.02	0.02	0.02	0.03	0.20- 1.5
DBO ₅₋₂₀	mg/l	SIN VALOR ⁵	15.00	35.03	7.00	3.00	5.00
Sólidos totales	mg/l	250.00	261.00	241.50	220.00	235.00	1000.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	7.00	0.20	0.00	0.00	4.00	10.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	243.00	260.80	241.50	220.00	231.00	1000.00
Organismos coliformes	UFC/100ml	INCONTABLES	AUSENTES	AUSENTES	CONTABLES	AUSENTES	AUSENTES

⁵ Se consideró ocupar sólo agua de muestra sin dilución. Cumplido el periodo de 5 días el oxígeno se agotó y no fue posible registrar un resultado. La dilución ocupada en los demás análisis fue de 10%.

Tabla 5.4. Resumen de resultados muestra M3.

Muestra:		Muestreo					Límite permisible
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17	
Parámetro:	Unidad	1	2	3	4	5	
pH		8.66	8.53	7.60	8.10	7.87	6.50- 8.50
Temperatura	°C	15.70	15.40	16.10	16.00	14.90	15.00
Color	UPC	5	0	5	5	5	20
Turbiedad	UTN	1.33	0.38	0.44	0.66	0.73	5.00
Cloro residual libre	mg/l	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.20- 1.5
DBO ₅₋₂₀	mg/l	SIN VALOR ⁵	11.00	11.00	6.00	3.00	5.00
Sólidos totales	mg/l	290.00	247.00	261.50	260.00	240.00	1000.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	2.00	0.10	0.00	0.00	8.50	10.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	288.00	246.90	261.50	260.00	231.50	1000.00
Organismos coliformes	UFC/100ml	INCONTABLES	CONTABLES	CONTABLES	SIN VALOR ⁶	CONTABLES	AUSENTES

Tabla 5.5. Resumen de resultados muestra M4.

Muestra:		Muestreo					Límite permisible
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17	
Parámetro:	Unidad	1	2	3	4	5	
pH		8.88	8.33	8.28	7.98	7.89	6.50- 8.50
Temperatura	°C	17.60	20.70	18.00	16.30	16.10	15.00
Color	UPC	0	5	5	5	5	20
Turbiedad	UTN	0.61	1.12	0.42	0.64	0.69	5.00
Cloro residual libre	mg/l	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.20- 1.5
DBO ₅₋₂₀	mg/l	SIN VALOR ⁵	19.00	3.00	3.00	3.00	5.00
Sólidos totales	mg/l	245.00	282.00	163.50	215.00	270.00	1000.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	2.50	0.40	0.10	0.00	10.50	10.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	242.50	281.60	163.40	215.00	259.50	1000.00
Organismos coliformes	UFC/100ml	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	SIN VALOR ⁶	INCONTABLES	AUSENTES

⁶ Por problemas de logística no se realizaron los cultivos para la muestra. No fue posible registrar un resultado.

5.3. Índices obtenidos

En las tablas 5.6 a la 5.9 se presentan los índices obtenidos del cálculo ICA para todos los muestreos en cada punto. Por otra parte, en la tabla 5.10 se presenta el resultado obtenido del análisis temporal con el índice del *Canadian Council* para cada punto muestreado.

Tabla 5.6. ICA muestra M1.

M1 CEIBAS I			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	73.18	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	78.95	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
3	03-nov-17	89.94	Uso público: Requiere una ligera purificación.
4	10-nov-17	88.39	Uso público: Requiere una ligera purificación.
5	17-nov-17	81.12	Uso público: Requiere una ligera purificación.

Tabla 5.7. ICA muestra M2

M2 GALEANA II			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	76.76	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	90.55	Uso público: Aceptable; no requiere purificación. Si requiere desinfección.
3	03-nov-17	88.36	Uso público: Requiere una ligera purificación.
4	10-nov-17	78.66	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
5	17-nov-17	94.14	Uso público: Aceptable; no requiere purificación. Si requiere desinfección.

Tabla 5.8. ICA muestra M3

M3 HIDALGO III			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	75.13	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	80.49	Uso público: Requiere una ligera purificación.
3	03-nov-17	82.36	Uso público: Requiere una ligera purificación.
4	10-nov-17	71.15	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
5	17-nov-17	83.77	Uso público: Requiere una ligera purificación.

Tabla 5.9. ICA muestra M4

M4 GLADIOLAS IV			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	76.66	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	71.24	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
3	03-nov-17	74.81	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
4	10-nov-17	73.63	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
5	17-nov-17	76.37	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.

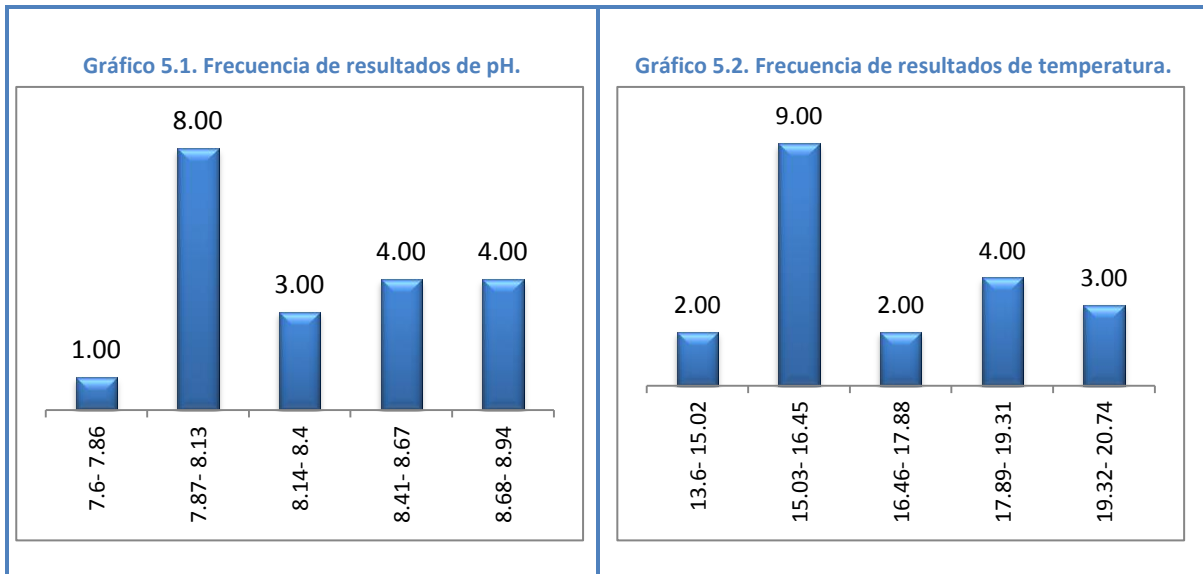
Tabla 5.10. Resultados del WQI para el *Canadian Council of Ministers of the Environment*.

Muestra	Evaluación (WQI)	Calificación	Descripción
M1 CEIBAS I	48.47	Marginal	La calidad del agua es frecuentemente amenazada o deficiente; las condiciones se apartan frecuentemente de las naturales o deseadas.
M2 GALEANA II	51.23	Marginal	La calidad del agua es frecuentemente amenazada o deficiente; las condiciones se apartan frecuentemente de las naturales o deseadas.
M3 HIDALGO III	46.47	Marginal	La calidad del agua es frecuentemente amenazada o deficiente; las condiciones se apartan frecuentemente de las naturales o deseadas.
M4 GLADIOLAS IV	47.41	Marginal	La calidad del agua es frecuentemente amenazada o deficiente; las condiciones se apartan frecuentemente de las naturales o deseadas.

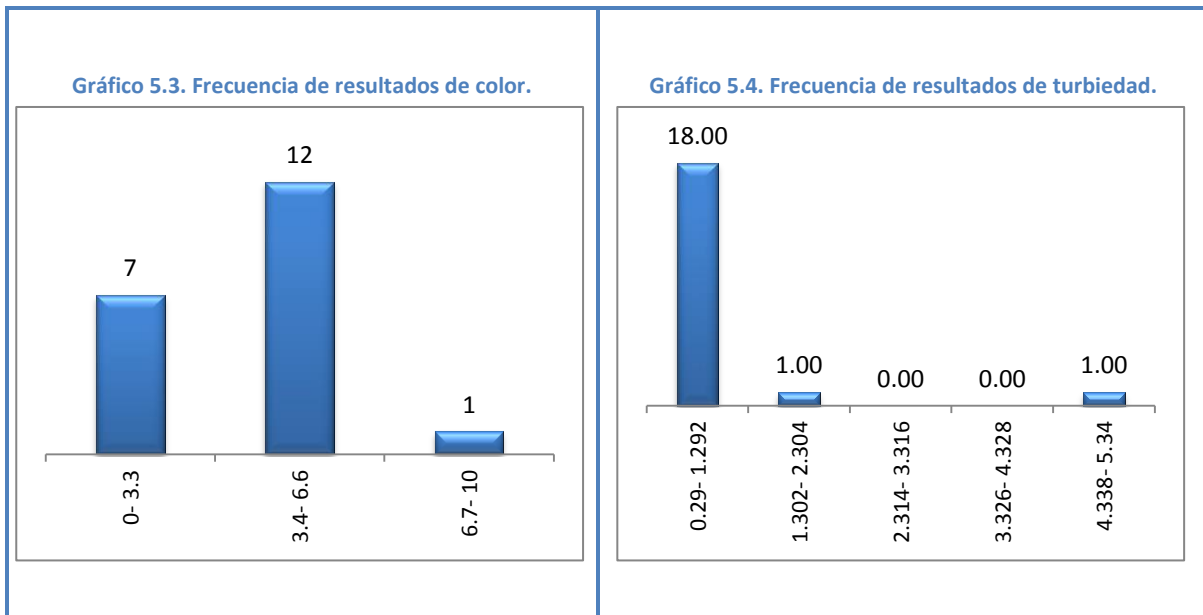
5.4. Análisis estadístico

Se presentan a continuación los gráficos del análisis de frecuencia de resultados por parámetro considerando la totalidad de los muestreos. Como se puede apreciar en el gráfico 5.1, el intervalo de pH de entre 7.87 y 8.13 obtuvo la mayor frecuencia con 8 resultados, y el de 7.6 a 7.86 la menor con 1.

Para el caso de la temperatura (gráfico 5.2), los valores menos recurrentes fueron entre 13.6° a 15.02°, así como de 16.46° a 17.88°. Situación contraria ocurrió con el intervalo de 15.03° a 16.45°, con 9 resultados de los 20 que componen el estudio.



En el caso del color, el equipo de medición ofrece un rango de resultados limitado a 3 posibilidades: 0 UPC, 5 UPC o 10 UPC. La mayor frecuencia de resultados se registró en el rango de 5 UPC con 12 resultados de 20 (gráfico 5.3). La menor frecuencia ocurrió para el valor de 10 UPC, con 1 resultado.



En el gráfico 5.4, relativo a la turbiedad, se muestra que más del 90% de los resultados se dieron en el intervalo entre 0.290 UTN y 1.292 UTN.

Con una frecuencia de 12 resultados para el intervalo de 0.02 a 0.034 mg/l de concentración de cloro residual libre, este intervalo se presenta como el más ocurrido en el gráfico 5.5 de este parámetro; para el caso de 0.035 a 0.049 mg/l no se presentaron resultados.

Mientras que para la DBO₅₋₂₀ (gráfico 5.6), la mayor frecuencia se registró en el intervalo entre 0 y 7.01 mg/l; ningún resultado rondó el intervalo de 21.03 a 28.03 mg/l.

Gráfico 5.5. Frecuencia de resultados de cloro residual libre.

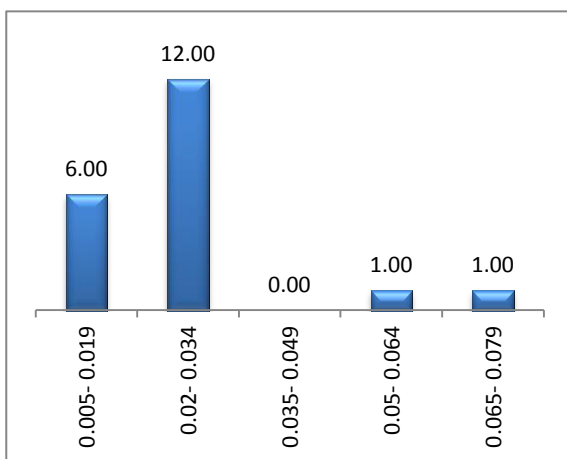
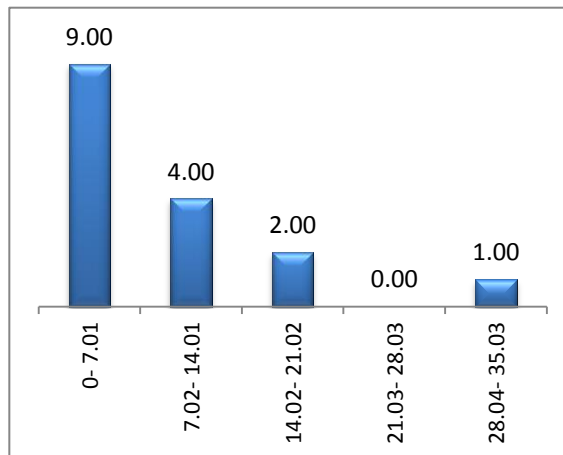


Gráfico 5.6. Frecuencia de resultados de DBO₅₋₂₀.



Para los sólidos en todas sus formas, la información se comportó de la siguiente manera: los sólidos totales tuvieron mayor frecuencia en el intervalo entre 245.41 y 272.7 mg/l, y menor entre 163.5 y 190.8 mg/l; el comportamiento es casi idéntico para los sólidos disueltos totales (gráfico 5.7 y gráfico 5.9, respectivamente). Pero para los sólidos suspendidos (gráfico 5.8), fue más frecuente el intervalo entre 0 y 2.1 mg/l.

Gráfico 5.7. Frecuencia de resultados de sólidos totales.

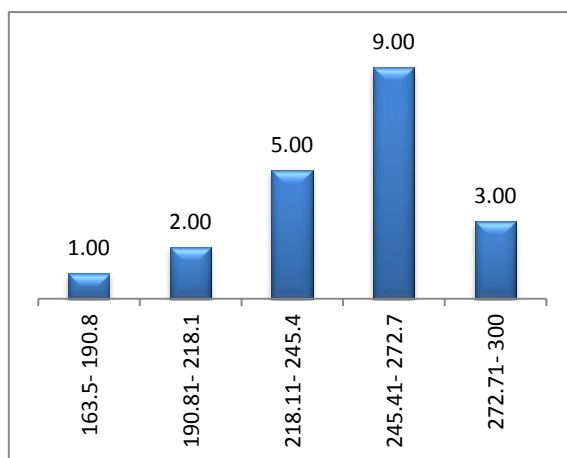


Gráfico 5.8. Frecuencia de resultados de sólidos suspendidos totales.

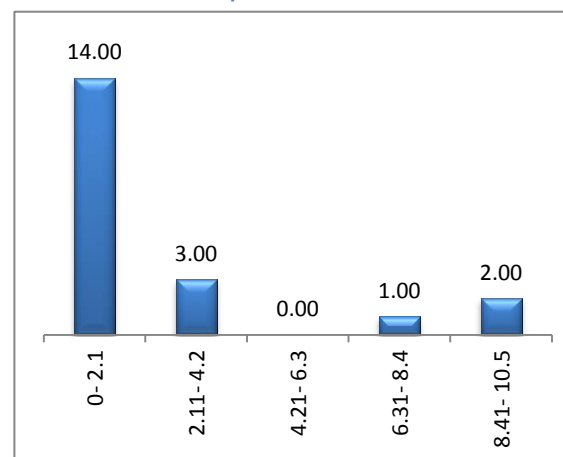


Gráfico 5.9. Frecuencia de resultados de sólidos disueltos totales.

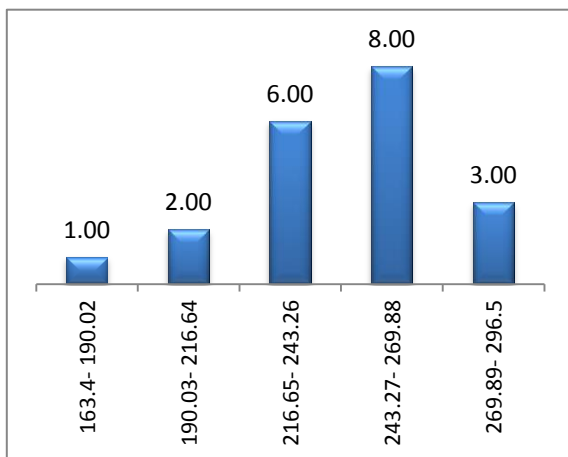
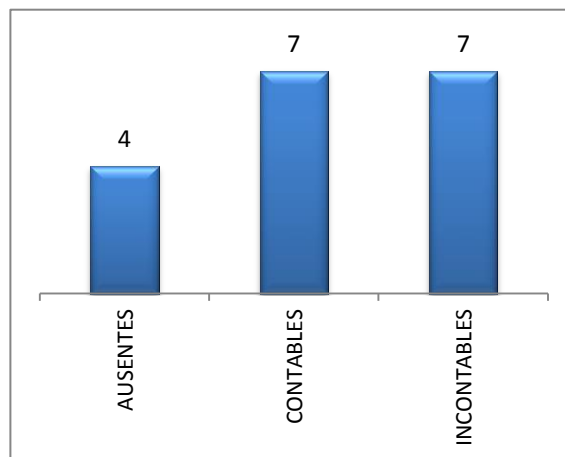


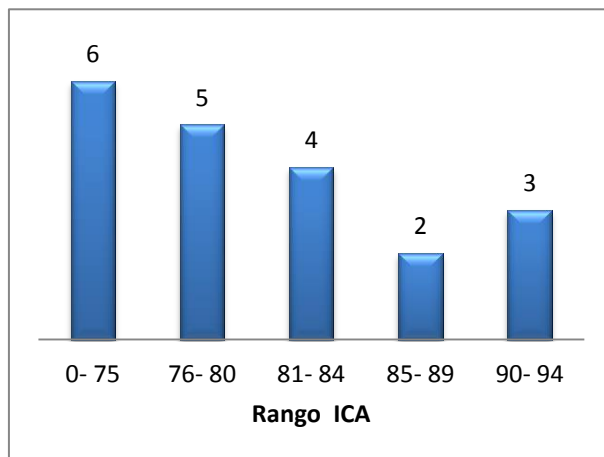
Gráfico 5.10. Frecuencia de resultados de organismos coliformes.



Para el último de los parámetros muestreados, organismos coliformes (gráfico 5.10), los resultados posibles se calificaron como ausentes, cuando no existía ningún UFC/100 ml, contables cuando se podían contar menos de 10 UFC/100 ml, e incontables cuando era imposible su contabilidad. Hubo empate entre las posibilidades en que sí existen unidades formadoras de colonias.

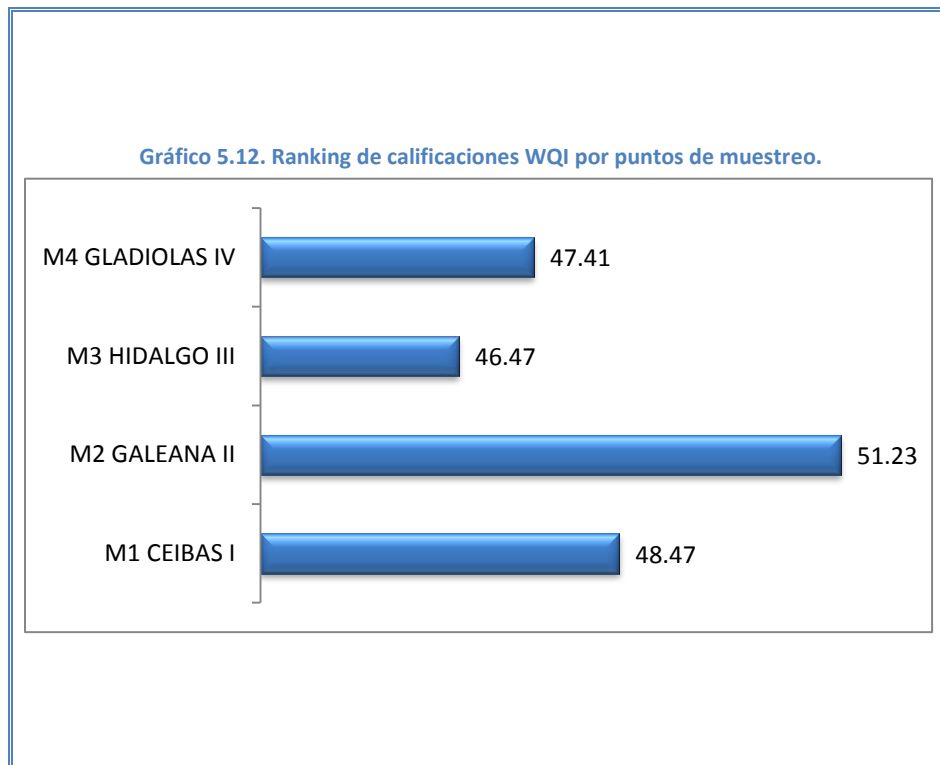
Ahora se presenta el gráfico 5.11, donde se expone el análisis de resultados de índices de calidad general por fecha de muestreo, donde se aprecia que las calificaciones entre 0 y 75 fueron las más frecuentes (6 de 20), y 85 a 89 la menos (2 de 20).

Gráfico 5.11. Frecuencia de índices ICA por fecha de muestreo.



Finalmente, el gráfico 5.12, presenta las calificaciones generales por punto de muestreo considerando todos los muestreos de todas las fechas y todos los parámetros (WQI del *Canadian Council*).

Se aprecia que la muestra mejor calificada fue la M2 Galeana del cuadrante II, y la menor calificación es la de la muestra M3 Hidalgo del cuadrante III.



El cálculo de estos índices, así como la tendencia de comportamiento, se presenta en las tablas de la sección de Anexos (página 57).

6. Conclusiones

El análisis de los resultados de cada punto muestreado, considerando el WQI del *Canadian Council*, revela que en ningún sitio se garantizó una calidad segura del agua para el consumo humano.

El 30% de los muestreos fueron calificados con 75 puntos, que indica una necesidad de tratamiento para el consumo humano. Sólo el 15% consiguió un valor aceptable.

Para la muestra M1, que en todos los casos fue tomada en cisterna, la tendencia indica un incremento en la calidad; tratándose de un sistema teóricamente cerrado, en el que el agua se diluye entre la de entrada y la contenida, se puede asumir que las condiciones que se comenzaron a suministrar a la red eran buenas. En las dos fechas finales se observa una disminución de la calidad. Se relaciona a la ocurrencia de nuevos cortes al suministro.

Se concluye que después de un corte al suministro, la calidad del agua es menor a la que se estaba dotando previamente.

En el caso de la muestra M2, considerando los resultados la segunda, tercera y cuarta fecha (muestreo en la toma), se puede ver una fluctuación; la calidad más baja se registró en la cuarta fecha; coincidente con el decremento de la M1. Sin embargo registra una muy buena recuperación para la quinta fecha.

Comparando los índices de la fecha 1 y la 5, que fueron tomados en el tanque o pila, con los de las fechas 2, 3 y 4, se aprecia que la calidad del agua es menor. Implica que el mantenimiento de los espacios de almacenamiento hace la diferencia en el registro de un buen resultado; y que en la tubería la circulación del agua hace la función de limpieza de la red.

Para apoyar el argumento del corte en la cuarta fecha, se revisa la información registrada en la M3, donde en la segunda y tercera fecha (muestra en la toma) el comportamiento muestra una mejoría en la calidad del agua, pero llegando al 10 de noviembre, se presenta el decremento.

En la M3 se registró el valor más bajo de calidad del agua de acuerdo al WQI, lo que puede indicar mayor afectación a la red, o bien menor mantenimiento.

Además la primera y la quinta fechas de la M3, ambas tomadas en el tanque, en condiciones similares, muestran una mejoría en la calidad, lo que apoya el argumento de una mejora en las condiciones suministradas a la red.

Finalmente, en la muestra M4, la que mayormente fue tomada en tanque, se registra una fluctuación en los valores. Se puede concluir que a este sector o cuadrante poblacional no se le dotó del servicio de manera regular desde la red. Es un ejemplo donde la dotación fue a través de pipas de manera variable.

Revisando por parámetro: para el pH la mayoría de las muestras cumplen con el rango para agua potable en la Norma (6.50- 8.50), registrando un valor promedio de 8.

El color en el agua tampoco rebasó el límite aceptable, así como tampoco la turbiedad.

Esto indica que la calidad original del agua extraída del subsuelo o los procesos de potabilización no se alteraron drásticamente a consecuencia del sismo. Otra prueba es el contenido de sólidos en todas sus formas: ninguna muestra superó los límites establecidos.

La temperatura de 15.74°C fue el valor promedio más frecuente; si bien no es un valor inseguro, se puede concluir que si están ocurriendo fenómenos que elevan la temperatura del agua; y como la fuente es subterránea no debería estar tan elevada.

Se puede tratar de fenómenos de incremento por exposición solar: las excavaciones alrededor de las tuberías las muestran a la intemperie. Sería indicativo de trabajos de mantenimiento correctivo en la red.

Para la DBO_{5-20} , los resultados no indican contaminación con materia orgánica proveniente del agua residual, son valores muy pequeños. Sin embargo, es conveniente la revisión de la red ya que si están apareciendo algunos casos ligeramente elevados.

Sin embargo, el parámetro que se puede considerar de importancia máxima es el contenido de organismos coliformes. El 70% de las muestras presentó formaciones de colonias, y en algunos casos fueron incontables.

Esta información se corrobora con los resultados de cloro residual libre: ninguna de las muestras alcanzó los parámetros aceptables en la Norma.

Estos resultados indican una contaminación del agua. Se atribuyen al fenómeno sísmico debido a las siguientes posibles afectaciones:

- Previo al sismo: fallas en el sistema de cloración o deficiencia en el mantenimiento de la red.
- Durante el sismo: rupturas en las tuberías, inclusión de materia orgánica y sólidos a través de estos espacios.
- Después del sismo: aperturas en la red para reparaciones. Cortes al suministro eléctrico, falta de bombeo de agua a la red dejando tramos secos.
- Problemas propios del sistema antes y después del sismo: mantenimiento deficiente en los elementos del sistema doméstico. El sistema de almacenamiento seleccionado no tiene las protecciones necesarias, como es el caso de las viviendas que tienen pilas o piletas que se encuentran destapadas. La dotación de agua antes que se recuperara en la red se hizo a través de pipas; el mantenimiento y la limpieza de los vehículos no son controlados.

Las estrategias para evitar riesgos sanitarios que se sugieren son:

- Revisión de los sistemas de cloración.
- Reparación de rupturas y cierre de excavaciones.
- Desinfección casera del agua (hervir el agua, agregar agentes químicos de desinfección, filtración, luz UV).
- Mantenimiento a los sistemas de almacenamiento caseros: limpieza de tinacos y cambio de piezas deficientes.

La opción de sistemas de dotación y abastecimiento descentralizados, oferta que existe en el mercado y de la cual se tiene bibliografía suficiente, también apoyaría a la satisfacción de la demanda de agua segura y a la recuperación de la población después del desastre.

Las propuestas mencionadas deben incluirse en el plan de prevención de siniestros, como se describe en el primer capítulo.

El agua es fundamental para la vida. Crisis como la del sismo de 2017 reviven la relevancia de su problemática. Hace a la sociedad cuestionarse si su abastecimiento está asegurado no sólo ante contingencias: el día a día del agua, ¿está garantizado?

Las escenas vividas en septiembre de 2017 describieron desde la tristeza hasta el éxito, pero qué hubieran pasado si la recuperación del sistema de abastecimiento no hubiera sido tan efectiva. La evidencia que dejan experiencias del pasado diría que ocurriría una crisis sanitaria y de descontento social, y retrasaría los trabajos de reconstrucción.

Para poder comprobar que en efecto los resultados y conclusiones aquí presentadas tienen relación directa con el fenómeno sísmico, sería necesaria la comparación con información oficial, con la que no se cuenta.

Lo que resalta es la tendencia en la mejoría en la calidad del agua entre las fechas 1 y 3, y su posterior declive en las fechas 4 y 5: revela que con un fenómeno de desabasto, el agua que se comienza a dotar a la red presenta una calidad deficiente en las tomas domiciliarias respecto a la que se suministra con el paso de los días.

Comparando los datos aquí presentados con los que se tomaron como referencia en Latinoamérica, la crisis del agua que se vivió en la delegación Xochimilco no tuvo el impacto que tuvieron las de Guatemala y Haití; se considera que influye el desarrollo urbano y el conocimiento que ya se tiene generado a partir de experiencias pasadas.

Contra el caso del sismo del 19 de septiembre de 1985, el del 2017 presenta una mejoría en la calidad del agua en menor tiempo: desde la segunda semana que se comenzó la dotación a través de la red presenta una recuperación.

Sin embargo, la presencia de organismos en el agua si es un indicador del riesgo latente de enfermedades en la Ciudad de México y en Xochimilco.

Considerando los resultados expuestos en este documento, se consideran dos puntos importantes relativos al agua en contingencias después de un siniestro para emitir recomendaciones:

Cantidad: El agua entregada a la población será escasa si no se gestionan programas de revisión de infraestructura, de control de mantenimientos y de esquemas de contingencias. Sin embargo, es un tema complicado debido a la cantidad de actores que involucra.

A nivel doméstico serían rescatables las acciones que deriven en el cuidado del recurso: reúso del agua en algunas actividades, cosecha de agua de lluvia, modernización de aparatos sanitarios a opciones ahorradoras y control de fugas.

Calidad: El parámetro que más afectación implica durante una contingencia son los organismos que contiene el agua. Las políticas de acción deben estar encaminadas a la desinfección en todos los niveles: sistemas operativos centralizados, sistemas provisionales de abastecimiento y fuentes domésticas.

Estudios como el presente pueden ser más significativos si se acompañan de una campaña de muestreo más estricta, con la cooperación de las partes interesadas (gobierno, sector salud, infraestructura hidráulica, academia, etc.), con la creación de programas establecidos de selección de parámetros, con la publicación de la infraestructura existente en la red de abastecimiento y alcantarillado sanitario, las tomas domiciliarias y la estadística del comportamiento de la calidad del agua de manera periódica.

La participación ciudadana también es fundamental para hacer consciencia de los riesgos y de la crisis del agua que vive el mundo: que los eventos catastróficos no sean los que despierten la interrogante del funcionamiento de los sistemas.

Es también un llamado a la creación de programas y políticas que destinen fondos, recursos humanos y sobre todo infraestructura capaz de soportar este tipo de embates. En otras ciudades deben considerar diferentes variables para sus diseños y programas de prevención. Es cierto que la Ciudad de México maduró después de 1985, sin embargo, el sismo es el fenómeno que rige la seguridad, es la principal consideración de la vida capitalina. Pese a esto, ¿los resultados fueron satisfactorios?

Fuentes

- Balmaceda Espinosa, C., & García Hidalgo, Y. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN -1010-2760, RNPS-0111, Vol. 23, No. 3, 11-16.
- Cruz Atienza, V. M., Krishna Singh, S., & Ordaz Schroeder, M. (28 de Septiembre de 2017). *¿Qué ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en México?* Recuperado el 24 de Enero de 2018, de Ciencia UNAM: <http://ciencia.unam.mx/leer/652/-que-ocurrio-el-19-de-septiembre-de-2017-en-mexico->
- De Ville De Goyet, C., Del Cid, E., Romero, A., Jeannée, E., & Lechat, M. (1976). El terremoto de Guatemala: Evaluación epidemiológica de las operaciones de socorro. *Bull Pan Am Health Organ*, 199-215.
- De Ville De Goyet, C., Sarmiento, J. P., & Grünwald, F. (2012). *La respuesta de salud al terremoto de Haití. Enseñanzas que deben aprenderse para el próximo desastre repentino de gran magnitud*. Washington: Organización Panamericana de la Salud.
- Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional. (2017). *Reporte especial. Sismo del 19 de septiembre de 2017, Puebla- Morelos (M 7.1)*. México: UNAM.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Estadísticas sobre las afectaciones de los sismos de septiembre de 2017 en las actividades económicas*. México: INEGI.
- Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2017). *Manual de prácticas del Laboratorio de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.
- Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2017). *Manual de prácticas del Laboratorio de Tratamiento de Aguas Residuales*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.
- Menéndez Martínez, C. M. (2017). *Apuntes de Evaluación de la Calidad del Agua. Estudios de la calidad del agua*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.
- Menéndez Martínez, C. M. (2017). *Estudios de la calidad del agua*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.
- NMX-AA-007-SCFI-2013. (2013). *Análisis de agua. Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaría de Economía.
- NMX-AA-007-SCFI-2013. (2013). *Análisis de agua. Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaria de Economía.
- NMX-AA-007-SCFI-2013. (2013). *Análisis de agua. Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-008-SCFI-2016. (2016). *Análisis de agua. Medición de pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México, México: Secretaría de Economía.
- NMX-AA-008-SCFI-2016. (2016). *Análisis de agua. Medición de pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México, México: Secretaria de Economía.
- NMX-AA-008-SCFI-2016. (2016). *Análisis de agua. Medición de pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México, México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.

-
- NMX-AA-028-SCFI-2001. (2001). *Análisis de agua. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaría de Economía.
- NMX-AA-034-SCFI-2015. (2015). *Análisis de agua. Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaría de Economía.
- NMX-AA-038-SCFI-2001 . (2001). *Análisis de agua. Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-038-SCFI-2001. (2001). *Análisis de agua. Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaría de Economía.
- NMX-AA-038-SCFI-2001. (2001). *Análisis de agua. Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaria de Economía.
- NMX-AA-045-SCFI-2001. (2001). *Análisis de agua. Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México: Secretaría de Economía.
- NMX-AA-102-SCFI-2006. (2006). *Calidad del agua. Detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y Escherichia coli presuntiva. Método de filtración por membrana*. México: Secretaría de Salud.
- NMX-AA-108-SCFI-2001. (2001). *Calidad del agua. Determinación de cloro libre y cloro total. Método de prueba*. México: Secretaría de Economía.
- NOM-127-SSA1-1994. (1994). *Salud ambiental, agua para uso y consumo human. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. México: Secretaría de Salud.
- NOM-230-SSA1-2002. (2002). *Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo*. México: Secretaría de Salud.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz*. Washington: Organización Mundial de la Salud.
- Proceso. (30 de Septiembre de 2017). *Fatídico septiembre termina con 360 muertos por el sismo del 19*. Ciudad de México, México.
- Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. (2016). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Estudios técnicos para proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño estructural*. México: Comisión Nacional del Agua.
- Valdespino Gómez, J. L., Parrilla Cerillo, M., Sepúlveda Amor, J., Díaz Ortega, J. L., Camacho Amor, M., & Luna Jiménez, J. L. (1987). *Calidad del agua en la Ciudad de México en relación a los sismos de septiembre de 1985*. *Salud Pública Mex*, 412-420.

Índice de imágenes

Imagen 1.1. Crisis sanitaria en Haití (Foto: Cubadebate).....	10
Imagen 1.2. Guatemala en 1976 (Foto: Prensa Libre TV).....	10
Imagen 2.1. Vivienda derrumbada en el barrio Xaltocan, Delegación Xochimilco.....	11
Imagen 2.2. Derrumbes cobraron vidas y pérdidas materiales.....	12
Imagen 2.3. Brigadas de apoyo a damnificados.....	12
Imagen 2.4. Daños a la capilla de San Marcos, Xochimilco.....	13
Imagen 2.5. Congestionamiento vial derivado del sismo en Xochimilco.....	13
Imagen 2.6. Reparaciones a la red de abastecimiento de agua potable.....	15
Imagen 2.7. Filas para la atención del llenado de garrafones en purificadoras.....	15
Imagen 2.8. Pipas utilizadas para transportar el agua (10 mil litros).....	16
Imagen 2.9. Entrega del agua a la población.....	16
Imagen 2.10. Instalación de tinacos de 10 mil litros en los espacios públicos.....	17
Imagen 3.1. Multiparamétrico.....	20
Imagen 3.2. Botellas desechables.....	21
Imagen 3.3. Frascos Winkler.....	21
Imagen 3.4. Etiquetado de muestra.....	21
Imagen 3.5. Transporte de muestras.....	21
Imagen 3.6. Muestreo en domicilio sin suministro de agua.....	22
Imagen 3.7. Muestreo en domicilio con suministro no instantáneo.....	22
Imagen 3.8. Muestreo en domicilio con suministro instantáneo.....	22
Imagen 3.9. Medición de pH.....	23
Imagen 3.10. Medición de temperatura.....	24
Imagen 4.1. Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería.....	25
Imagen 4.2. Colorímetro óptico.....	27
Imagen 4.3. Turbidímetro Hach.....	28
Imagen 4.4. Espectrofotómetro.....	29
Imagen 4.5. Muestras preparadas con agua de dilución.....	32
Imagen 4.6. Fijación de oxígeno.....	32
Imagen 4.7. Titulación.....	32
Imagen 4.8. Coloración de la muestra con el almidón.....	32
Imagen 4.9. Adición de tiosulfato de sodio por goteo.....	32
Imagen 4.10. Revisión del cambio de color.....	32
Imagen 4.11. Pesado de cápsula.....	35
Imagen 4.12. Secado de muestras en desecador.....	35
Imagen 4.13. Dispositivo de filtrado.....	35
Imagen 4.14. Baño María para el secado de muestras.....	35
Imagen 4.15. Muestras en horno para pérdida de humedad total.....	35
Imagen 4.16. Procedimiento de filtrado.....	36
Imagen 4.17. Caja Petri.....	37

Índice de mapas

Mapa 2.1. Ubicación de epicentro respecto a la delegación Xochimilco (Elaboración propia con datos de CENAPRED).....	14
Mapa 3.1. Ubicación de cuadrantes de estudio y puntos de muestreo.....	19

Índice de tablas

Tabla 1.1. Matriz de los efectos e intensidades provocados por los eventos adversos (Organización Panamericana de la Salud, 2004).	7
Tabla 3.1. Influencia de barrios y colonias en las ubicaciones escogidas.	18
Tabla 3.2. Calendario de muestreo y análisis.	20
Tabla 4.1. Límites permisibles considerados en la NOM-127-SSA1-1994.	26
Tabla 4.2. Relación entre todos los tipos de sólidos.	33
Tabla 4.3. Parámetros de estudio del Índice de calidad del agua corregidos para este estudio (Menéndez Martínez, 2017).	38
Tabla 4.4. Calificaciones del Índice de calidad del agua (Menéndez Martínez, 2017).	39
Tabla 4.5. Calificaciones del <i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i> (Menéndez Martínez, 2017)	40
Tabla 5.1. Condiciones del sitio de muestreo	41
Tabla 5.2. Resumen de resultados muestra M1.	42
Tabla 5.3. Resumen de resultados muestra M2.	42
Tabla 5.4. Resumen de resultados muestra M3.	43
Tabla 5.5. Resumen de resultados muestra M4.	43
Tabla 5.6. ICA muestra M1.	44
Tabla 5.7. ICA muestra M2	44
Tabla 5.8. ICA muestra M3	44
Tabla 5.9. ICA muestra M4	44
Tabla 5.10. Resultados del WQI para el <i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i>	44

Índice de ecuaciones

Ecuación 4.1. Demanda bioquímica de oxígeno (Menéndez Martínez, 2017).	30
Ecuación 4.2. Porcentaje de dilución.	30
Ecuación 4.3. Sólidos totales (Menéndez Martínez, 2017).	34
Ecuación 4.4. Sólidos suspendidos totales (Menéndez Martínez, 2017).	34
Ecuación 4.5. Sólidos disueltos totales (Menéndez Martínez, 2017).	35
Ecuación 4.6. Índice general de calidad del agua (Menéndez Martínez, 2017).	38
Ecuación 4.7. Índice de calidad del agua del <i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i> (Menéndez Martínez, 2017).	39
Ecuación 4.8. Factor de Alcance.	40
Ecuación 4.9. Factor de Frecuencia.	40
Ecuación 4.10. Factor de Amplitud.	40

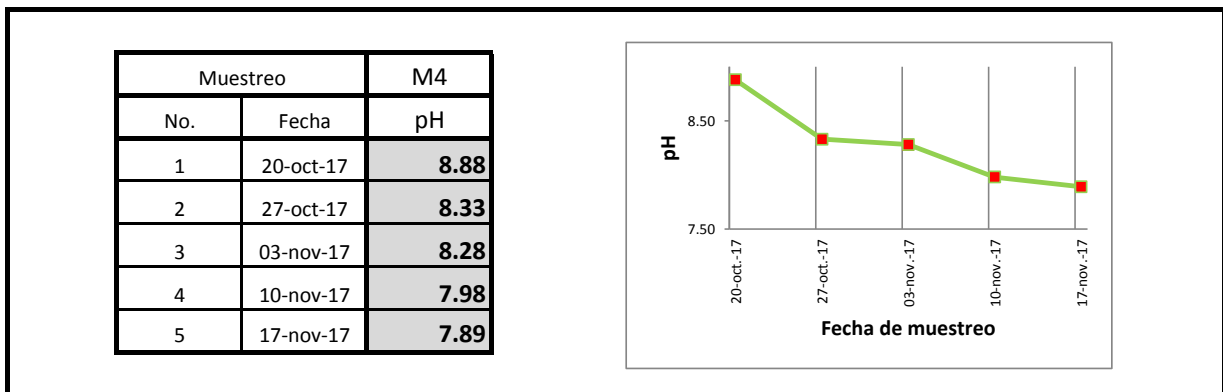
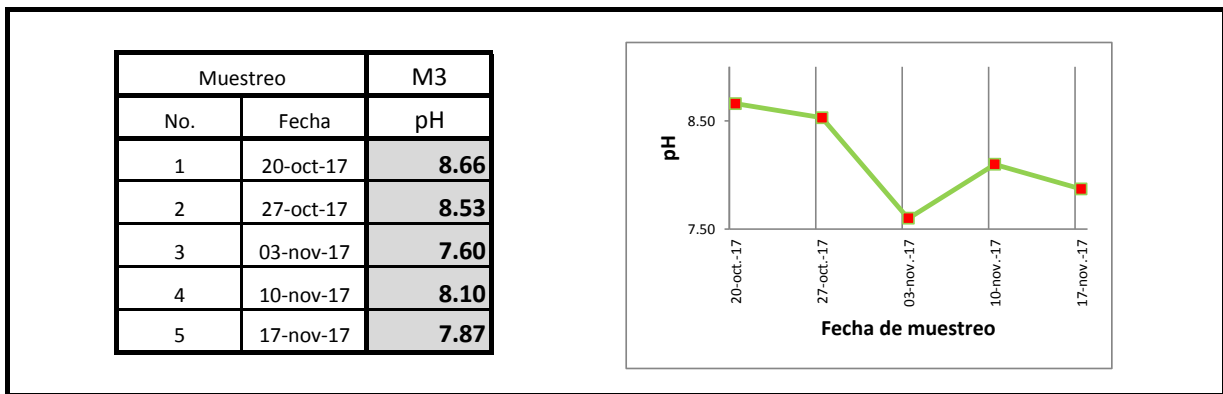
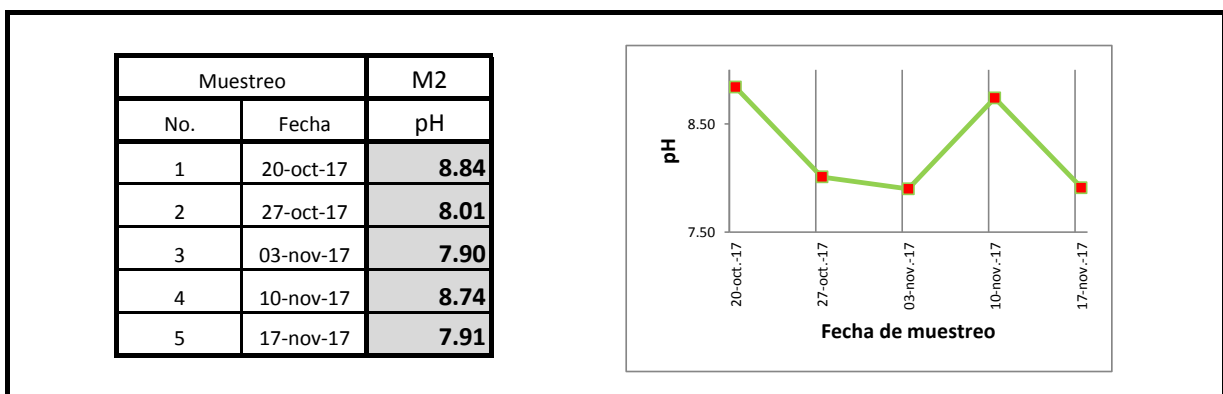
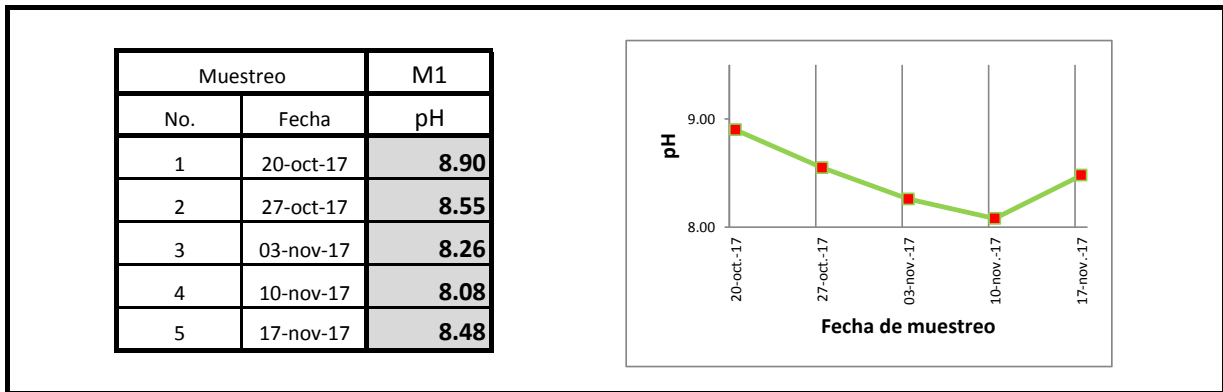
Índice de gráficos

Gráfico 1.1. Cronología del desarrollo de una catástrofe (Organización Panamericana de la Salud, 2004).	7
Gráfico 5.1. Frecuencia de resultados de pH.	45
Gráfico 5.2. Frecuencia de resultados de temperatura.	45
Gráfico 5.3. Frecuencia de resultados de color.	45
Gráfico 5.4. Frecuencia de resultados de turbiedad.	45
Gráfico 5.5. Frecuencia de resultados de cloro residual libre.	46

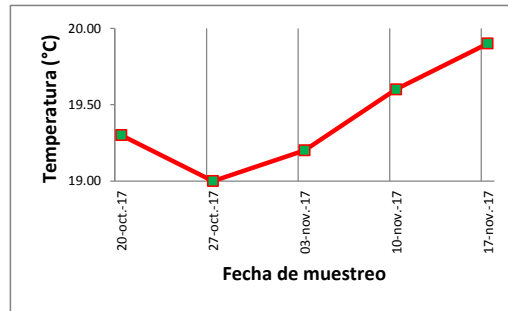
Gráfico 5.6. Frecuencia de resultados de DBO_{5-20}	46
Gráfico 5.7. Frecuencia de resultados de sólidos totales.....	46
Gráfico 5.8. Frecuencia de resultados de sólidos suspendidos totales.	46
Gráfico 5.9. Frecuencia de resultados de sólidos disueltos totales.	47
Gráfico 5.10. Frecuencia de resultados de organismos coliformes.	47
Gráfico 5.11. Frecuencia de índices ICA por fecha de muestreo.	47
Gráfico 5.12. Ranking de calificaciones WQI por puntos de muestreo.....	48

Anexos

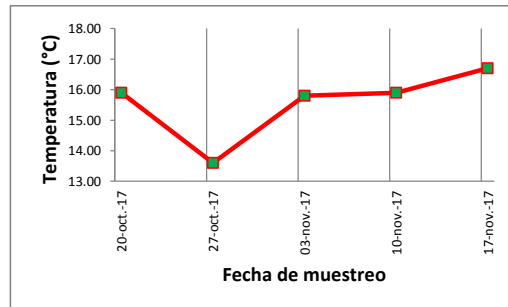
			Muestra				
			Clave	1	2	3	4
			Calle	CEIBAS	GALEANA	HIDALGO	GLADIOLA
			Cuadrante	N-P	S-O	N-O	S-O
			Coordenada				
Muestreo	No.	Fecha	Tipo de predio	VIVIENDA	VIVIENDA	VIVIENDA	COMERCIO
	1	20-oct-17	Lugar de	CISTERNA	TANQUE	TANQUE	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:30
			Suministro al momento de muestreo	NO	NO	NO	NO
	2	27-oct-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TOMA	TOMA
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:30
			Suministro al momento de muestreo	NO	SI	SI	NO
	3	03-nov-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TOMA	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:30
			Suministro al momento de muestreo	NO	SI	SI	NO
	4	10-nov-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TOMA	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:30
			Suministro al momento de muestreo	NO	SI	SI	NO
	5	17-nov-17	Lugar de muestreo	CISTERNA	TOMA	TANQUE	TANQUE
			Horario	08:00	08:45	09:30	10:30
			Suministro al momento de muestreo	NO	NO	SI	NO



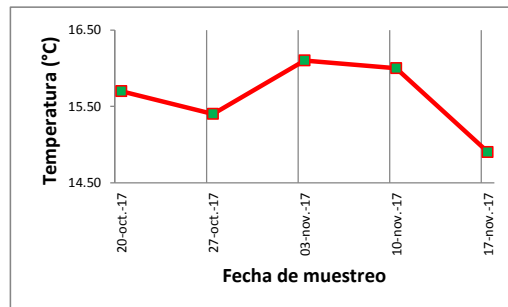
Muestreo		M1
No.	Fecha	Temperatura (°C)
1	20-oct-17	19.30
2	27-oct-17	19.00
3	03-nov-17	19.20
4	10-nov-17	19.60
5	17-nov-17	19.90



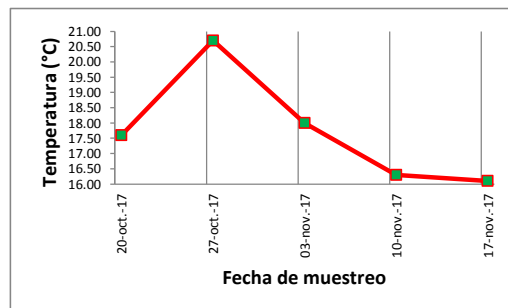
Muestreo		M2
No.	Fecha	Temperatura (°C)
1	20-oct-17	15.90
2	27-oct-17	13.60
3	03-nov-17	15.80
4	10-nov-17	15.90
5	17-nov-17	16.70



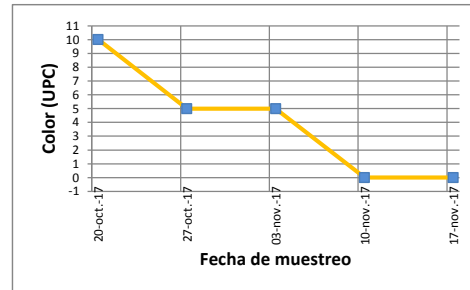
Muestreo		M3
No.	Fecha	Temperatura (°C)
1	20-oct-17	15.70
2	27-oct-17	15.40
3	03-nov-17	16.10
4	10-nov-17	16.00
5	17-nov-17	14.90



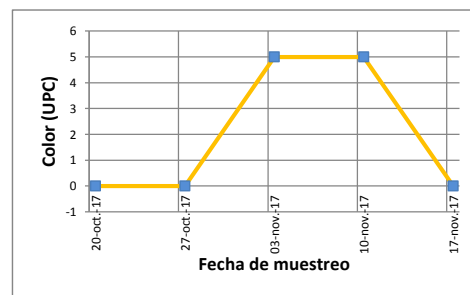
Muestreo		M4
No.	Fecha	Temperatura (°C)
1	20-oct-17	17.60
2	27-oct-17	20.70
3	03-nov-17	18.00
4	10-nov-17	16.30
5	17-nov-17	16.10



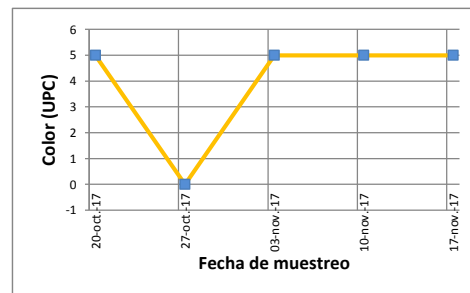
Muestreo		M1		Color (UPC)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	10	10	10
2	27-oct-17	5	5	5
3	03-nov-17	5	5	5
4	10-nov-17	0	0	0
5	17-nov-17	0	0	0



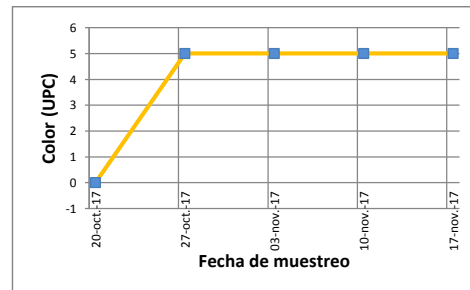
Muestreo		M2		Color (UPC)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	0	0	0
2	27-oct-17	0	0	0
3	03-nov-17	5	5	5
4	10-nov-17	5	5	5
5	17-nov-17	0	0	0



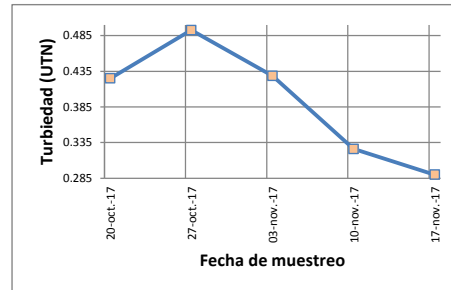
Muestreo		M3		Color (UPC)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	5	5	5
2	27-oct-17	0	0	0
3	03-nov-17	5	5	5
4	10-nov-17	5	5	5
5	17-nov-17	5	5	5



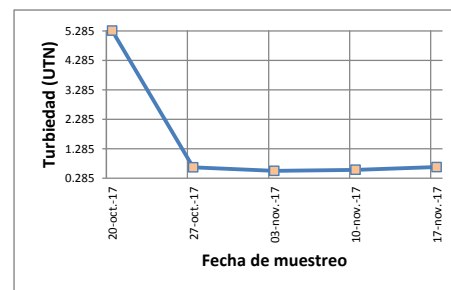
Muestreo		M4		Color (UPC)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	0	0	0
2	27-oct-17	5	5	5
3	03-nov-17	5	5	5
4	10-nov-17	5	5	5
5	17-nov-17	5	5	5



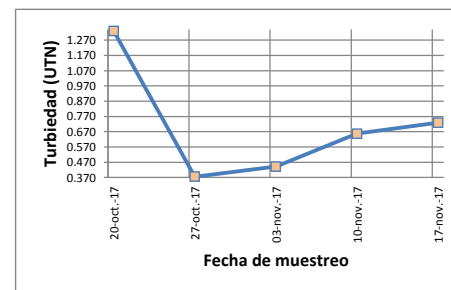
Muestreo		M1		Turbiedad (UTN)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	0.423	0.427	0.425
2	27-oct-17	0.519	0.466	0.493
3	03-nov-17	0.450	0.407	0.429
4	10-nov-17	0.324	0.328	0.326
5	17-nov-17	0.293	0.287	0.290



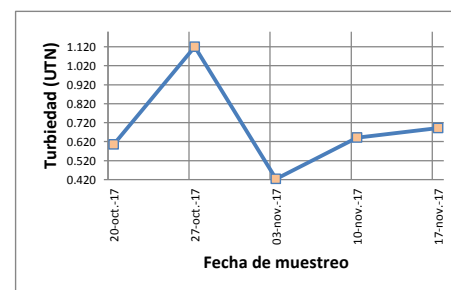
Muestreo		M2		Turbiedad (UTN)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	5.400	5.200	5.300
2	27-oct-17	0.766	0.544	0.655
3	03-nov-17	0.505	0.570	0.538
4	10-nov-17	0.558	0.579	0.569
5	17-nov-17	0.804	0.524	0.664

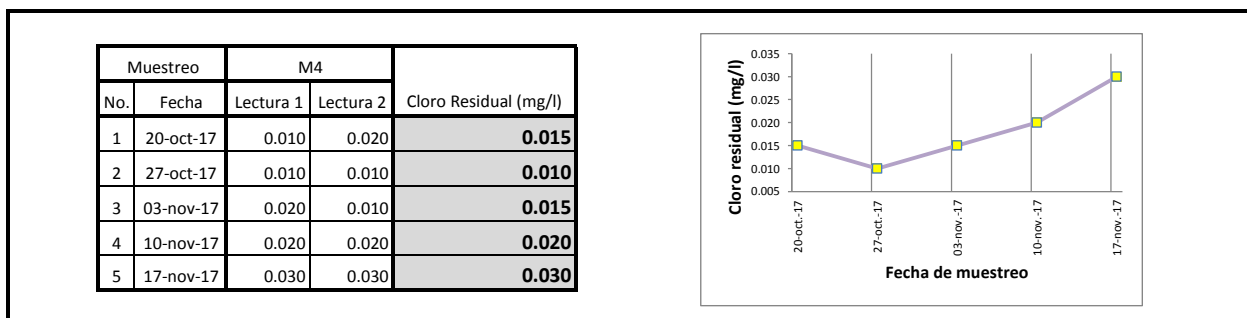
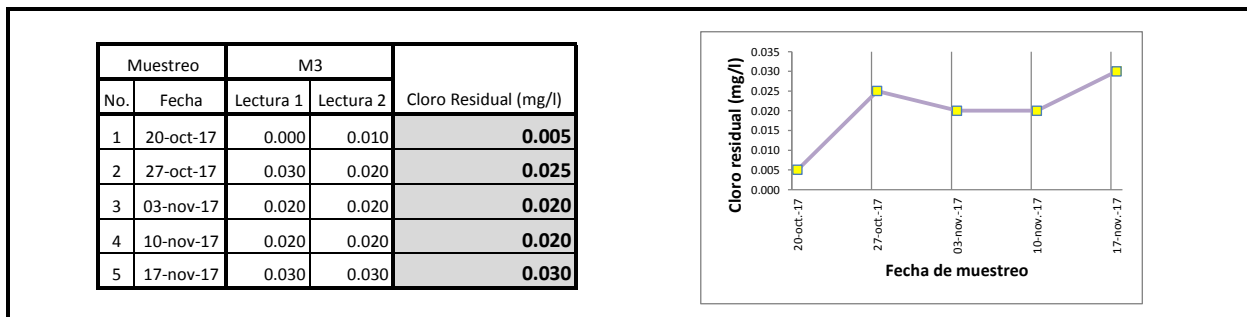
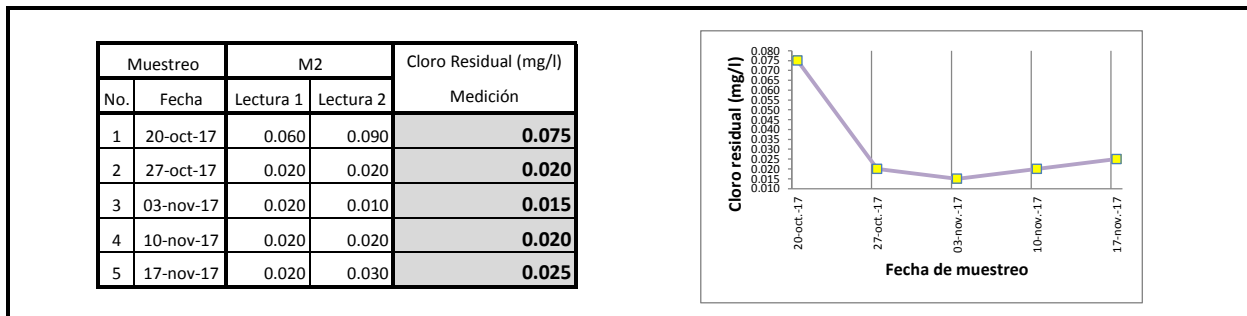
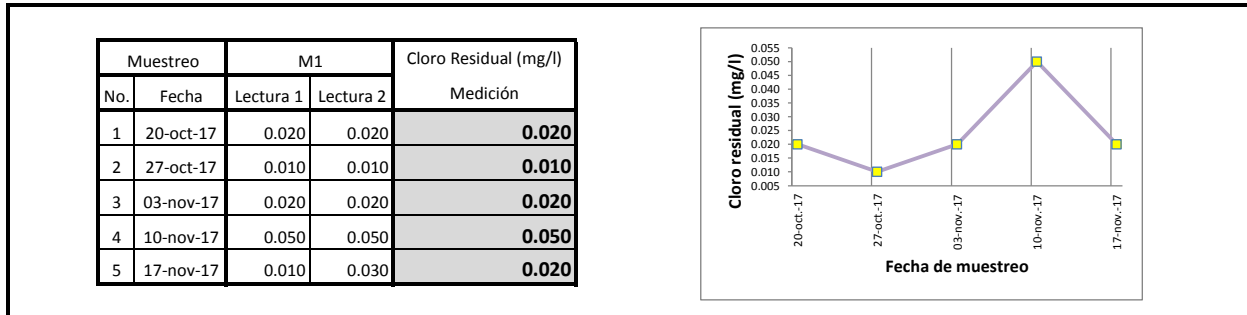


Muestreo		M3		Turbiedad (UTN)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	1.450	1.210	1.330
2	27-oct-17	0.307	0.444	0.376
3	03-nov-17	0.543	0.340	0.442
4	10-nov-17	0.937	0.377	0.657
5	17-nov-17	0.889	0.569	0.729



Muestreo		M4		Turbiedad (UTN)
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	
1	20-oct-17	0.555	0.655	0.605
2	27-oct-17	1.090	1.150	1.120
3	03-nov-17	0.467	0.380	0.424
4	10-nov-17	0.741	0.541	0.641
5	17-nov-17	1.021	0.361	0.691





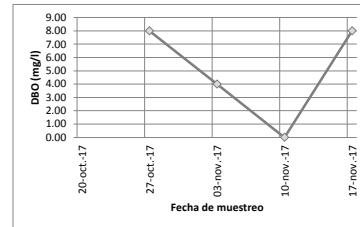
Muestreo		Tiosulfato de sodio (ml)		Promedio	OD inicial	Tiosulfato de sodio (ml)			Fecha	OD final
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2			Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
1	20-oct-17	3.40	3.20	3.30	6.60	5.10	5.00	5.05	25-oct-17	10.10
2	27-oct-17	4.60	4.30	4.45	8.90	4.20	3.90	4.05	31-oct-17	8.10
3	03-nov-17	4.20	2.20	3.20	6.40	3.10	2.90	3.00	08-nov-17	6.00
4	10-nov-17	4.10	3.10	3.60	7.20	4.00	3.20	3.60	15-nov-17	7.20
5	17-nov-17	3.80	3.50	3.65	7.30	3.20	3.30	3.25	22-nov-17	6.50

Muestreo		Tiosulfato de sodio (ml)		Promedio	OD inicial	Tiosulfato de sodio (ml)			Fecha	OD final
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2			Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
1	20-oct-17	4.20	4.70	4.45	8.90	4.90	5.10	5.00	25-oct-17	10.00
2	27-oct-17	4.70	4.20	4.45	8.90	3.80	3.60	3.70	31-oct-17	7.40
3	03-nov-17	5.60	3.90	4.75	9.50	3.30	2.70	3.00	08-nov-17	6.00
4	10-nov-17	3.80	3.40	3.60	7.20	3.30	3.20	3.25	15-nov-17	6.50
5	17-nov-17	3.50	3.60	3.55	7.10	3.50	3.30	3.40	22-nov-17	6.80

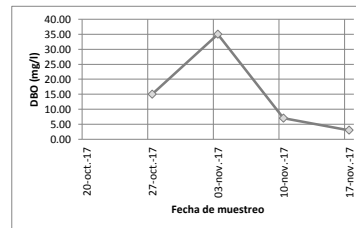
Muestreo		Tiosulfato de sodio (ml)		Promedio	OD inicial	Tiosulfato de sodio (ml)			Fecha	OD final
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2			Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
1	20-oct-17	2.50	2.30	2.40	4.80	5.40	5.30	5.35	25-oct-17	10.70
2	27-oct-17	4.00	4.20	4.10	8.20	3.50	3.60	3.55	31-oct-17	7.10
3	03-nov-17	4.00	3.30	3.65	7.30	3.20	3.00	3.10	08-nov-17	6.20
4	10-nov-17	4.00	2.80	3.40	6.80	3.90	2.30	3.10	15-nov-17	6.20
5	17-nov-17	3.50	3.40	3.45	6.90	3.30	3.30	3.30	22-nov-17	6.60

Muestreo		Tiosulfato de sodio (ml)		Promedio	OD inicial	Tiosulfato de sodio (ml)			Fecha	OD final
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2			Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
1	20-oct-17	3.40	3.60	3.50	7.00	5.64	5.72	5.68	25-oct-17	11.36
2	27-oct-17	4.30	4.40	4.35	8.70	3.30	3.50	3.40	31-oct-17	6.80
3	03-nov-17	3.40	3.30	3.35	6.70	3.40	3.00	3.20	08-nov-17	6.40
4	10-nov-17	3.60	3.20	3.40	6.80	4.24	2.26	3.25	15-nov-17	6.50
5	17-nov-17	3.40	3.40	3.40	6.80	3.20	3.30	3.25	22-nov-17	6.50

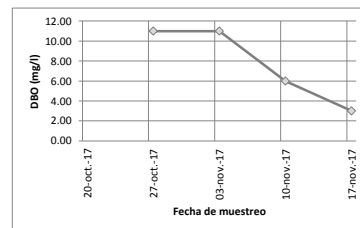
M1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	
NA		DBO 5-20
0.80	8.00	DBO 4-20
0.40	4.00	DBO 5-20
0.00	0.00	DBO 5-20
0.80	8.00	DBO 5-20



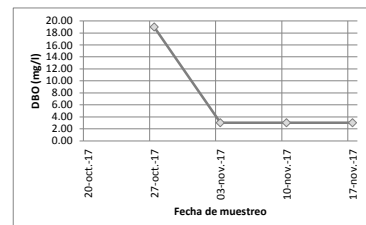
M2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	
NA		DBO 5-20
1.50	15.00	DBO 4-20
3.50	35.03	DBO 5-20
0.70	7.00	DBO 5-20
0.30	3.00	DBO 5-20



M3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	
NA		DBO 5-20
1.10	11.00	DBO 4-20
1.10	11.00	DBO 5-20
0.60	6.00	DBO 5-20
0.30	3.00	DBO 5-20



M4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	
NA		DBO 5-20
1.90	19.00	DBO 4-20
0.30	3.00	DBO 5-20
0.30	3.00	DBO 5-20
0.30	3.00	DBO 5-20

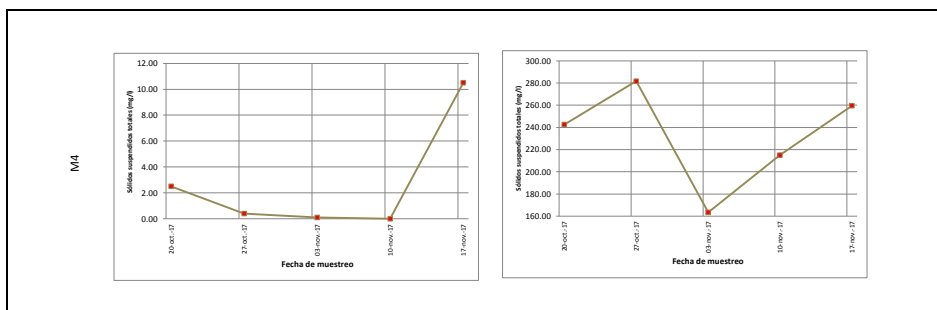
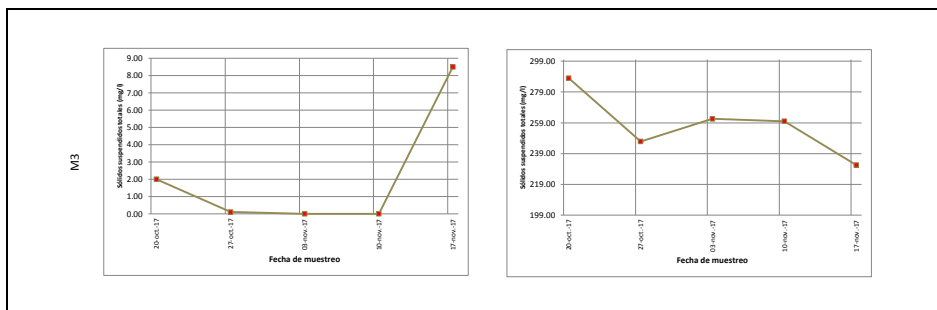
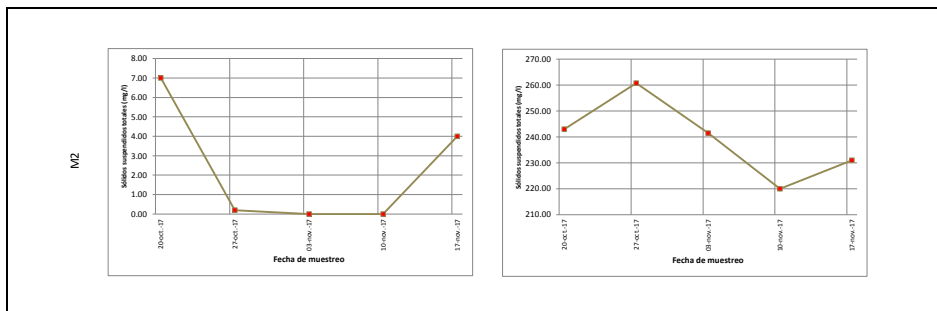
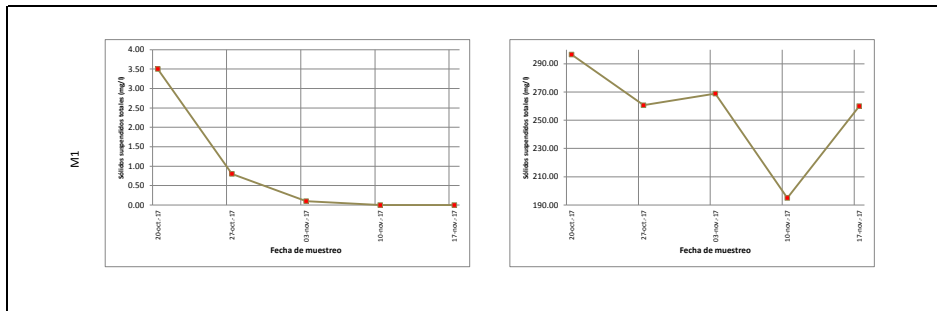


Muestreo		M1							Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Sólidos disueltos totales (mg/l)
		W _{crisol Gooch+filtro} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} -W _{crisol Gooch+filtro} (g)				
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
No.	Fecha									
1	20-oct-17	19.90720	23.26820	19.90740	23.26870	0.00020	0.00050	0.00035	3.50	296.50
2	27-oct-17	18.92934	17.58690	18.92916	17.58698	NA	0.00008	0.00008	0.80	260.65
3	03-nov-17	16.65639	17.98065	16.65640	17.98063	0.00001	NA	0.00001	0.10	268.90
4	10-nov-17	25.52360	26.63330	25.52290	26.63300	NA	NA	0.00000	0.00	195.00
5	17-nov-17	26.65760	25.15720	26.65580	25.14760	NA	NA	0.00000	0.00	260.00

Muestreo		M2							Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Sólidos disueltos totales (mg/l)
		W _{crisol Gooch+filtro} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} -W _{crisol Gooch+filtro} (g)				
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
No.	Fecha									
1	20-oct-17	23.68310	26.42400	23.68360	26.42490	0.00050	0.00090	0.00070	7.00	243.00
2	27-oct-17	19.60725	18.64438	19.60714	18.64440	NA	0.00002	0.00002	0.20	260.80
3	03-nov-17	18.43744	25.89369	18.43737	25.89359	NA	NA	0.00000	0.00	241.50
4	10-nov-17	26.04740	27.39810	26.04740	27.39790	0.00000	NA	0.00000	0.00	220.00
5	17-nov-17	16.91350	18.40440	16.91350	18.40520	0.00000	0.00080	0.00040	4.00	231.00

Muestreo		M3							Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Sólidos disueltos totales (mg/l)
		W _{crisol Gooch+filtro} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} -W _{crisol Gooch+filtro} (g)				
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
No.	Fecha									
1	20-oct-17	19.35060	17.93580	19.35090	17.93590	0.00030	0.00010	0.00020	2.00	288.00
2	27-oct-17	19.21878	18.39254	19.21879	18.39253	0.00001	NA	0.00001	0.10	246.90
3	03-nov-17	18.04898	19.32480	18.04893	19.32467	NA	NA	0.00000	0.00	261.50
4	10-nov-17	25.01260	26.18020	25.01240	26.18000	NA	NA	0.00000	0.00	260.00
5	17-nov-17	30.70110	26.17910	30.70200	26.17990	0.00090	0.00080	0.00085	8.50	231.50

Muestreo		M4							Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Sólidos disueltos totales (mg/l)
		W _{crisol Gooch+filtro} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} (g)		W _{crisol Gooch+filtro+muestra} -W _{crisol Gooch+filtro} (g)				
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio		
No.	Fecha									
1	20-oct-17	26.73160	15.50310	26.73180	15.50340	0.00020	0.00030	0.00025	2.50	242.50
2	27-oct-17	18.63569	18.96922	18.63561	18.96926	NA	0.00004	0.00004	0.40	281.60
3	03-nov-17	19.69572	15.84516	19.69568	15.84517	NA	0.00001	0.00001	0.10	163.40
4	10-nov-17	24.66450	23.83680	24.66400	23.83670	NA	NA	0.00000	0.00	215.00
5	17-nov-17	24.66310	16.90250	24.66410	16.90360	0.00100	0.00110	0.00105	10.50	259.50

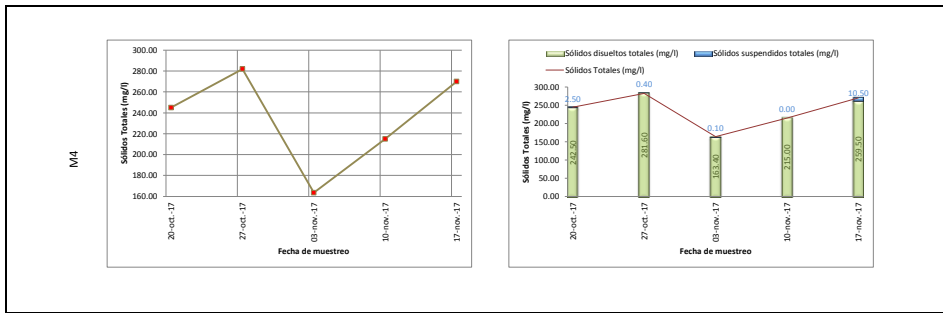
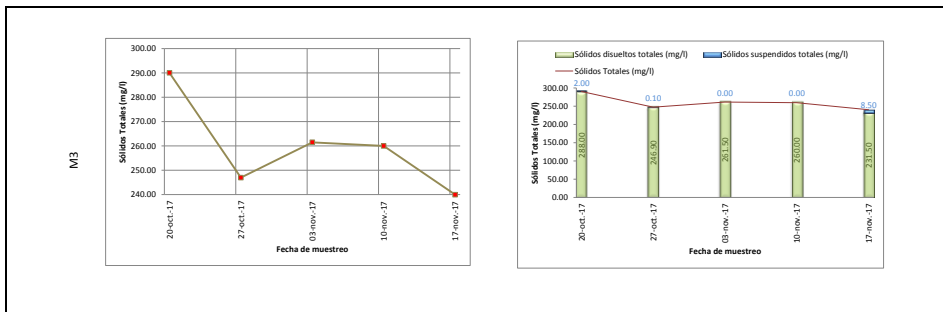
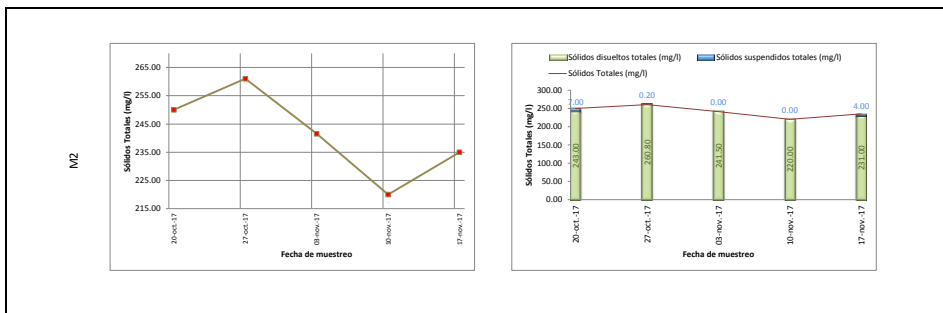
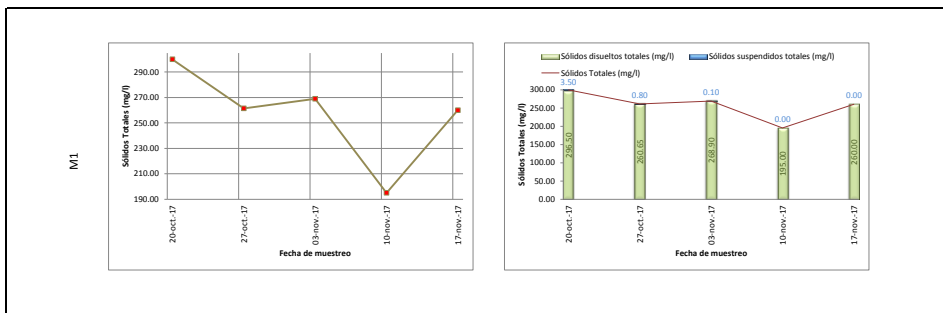


Muestreo		M1							Sólidos Totales (mg/l)
		W _{dissu} (g)		W _{dissu+muestra} (g)		W _{dissu+muestra} -W _{dissu} (g)			
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio	
1	20-oct-17	24.42040	27.78910	24.42340	27.78850	0.00300	NA	0.00300	300.00
2	27-oct-17	38.34064	26.31450	38.34316	26.31721	0.00252	0.00271	0.00261	261.45
3	03-nov-17	36.98871	36.77243	36.99148	36.77504	0.00277	0.00261	0.00269	269.00
4	10-nov-17	44.54890	26.93200	44.55020	26.93460	0.00130	0.00260	0.00195	195.00
5	17-nov-17	22.74750	27.09120	22.75050	27.09340	0.00300	0.00220	0.00260	260.00

Muestreo		M2							Sólidos Totales (mg/l)
		W _{dissu} (g)		W _{dissu+muestra} (g)		W _{dissu+muestra} -W _{dissu} (g)			
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio	
1	20-oct-17	27.11660	20.55730	27.11940	20.55950	0.00280	0.00220	0.00250	250.00
2	27-oct-17	34.48728	20.10416	34.48989	20.10677	0.00261	0.00261	0.00261	261.00
3	03-nov-17	36.25177	44.10900	36.25416	44.11144	0.00239	0.00244	0.00241	241.50
4	10-nov-17	27.09570	42.21200	27.09790	42.21420	0.00220	0.00220	0.00220	220.00
5	17-nov-17	34.36820	26.92850	34.37070	26.93070	0.00250	0.00220	0.00235	235.00

Muestreo		M3							Sólidos Totales (mg/l)
		W _{dissu} (g)		W _{dissu+muestra} (g)		W _{dissu+muestra} -W _{dissu} (g)			
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio	
1	20-oct-17	22.52700	23.21870	22.53020	23.22130	0.00320	0.00260	0.00290	290.00
2	27-oct-17	28.24324	26.78744	28.24570	26.78992	0.00246	0.00248	0.00247	247.00
3	03-nov-17	43.84660	35.20833	43.84922	35.21094	0.00262	0.00261	0.00262	261.50
4	10-nov-17	21.26660	38.16540	21.26920	38.16800	0.00260	0.00260	0.00260	260.00
5	17-nov-17	46.58690	24.67680	46.58940	24.67910	0.00250	0.00230	0.00240	240.00

Muestreo		M4							Sólidos Totales (mg/l)
		W _{dissu} (g)		W _{dissu+muestra} (g)		W _{dissu+muestra} -W _{dissu} (g)			
No.	Fecha	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Promedio	
1	20-oct-17	28.94280	26.96120	28.94550	26.96340	0.00270	0.00220	0.00245	245.00
2	27-oct-17	22.38558	37.37120	22.38841	37.37401	0.00283	0.00281	0.00282	282.00
3	03-nov-17	26.51480	36.89535	26.51651	36.89691	0.00171	0.00156	0.00163	163.50
4	10-nov-17	23.74110	21.89450	23.74320	21.89670	0.00210	0.00220	0.00215	215.00
5	17-nov-17	47.85530	20.60700	47.85760	20.61010	0.00230	0.00310	0.00270	270.00



Muestreo		Muestra															
No.	Fecha	M1				M2				M3				M4			
1	20-oct-17																
		Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES
2	27-oct-17																
		Totales:	CONTABLES	Fecales:	CONTABLES	Totales:	AUSENTES	Fecales:	AUSENTES	Totales:	CONTABLES	Fecales:	CONTABLES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES
3	03-nov-17																
		Totales:	AUSENTES	Fecales:	AUSENTES	Totales:	AUSENTES	Fecales:	AUSENTES	Totales:	CONTABLES	Fecales:	CONTABLES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES
4	10-nov-17									SIN ANÁLISIS				SIN ANÁLISIS			
		Totales:	CONTABLES	Fecales:	CONTABLES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES	Totales:	---	Fecales:	---	Totales:	---	Fecales:	---
5	17-nov-17																
		Totales:	CONTABLES	Fecales:	CONTABLES	Totales:	AUSENTES	Fecales:	AUSENTES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES	Totales:	INCONTABLES	Fecales:	INCONTABLES

Muestra:	M1		Resultados del análisis por muestreo				
	CEIBAS	C I	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.90	8.55	8.26	8.08	8.48
Color	UPC	< 20	10.00	5.00	5.00	0.00	0.00
Turbiedad	UTN	< 5.00	0.43	0.49	0.43	0.33	0.29
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	8.00	4.00	0.00	8.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	3.50	0.80	0.10	0.00	0.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	296.50	260.65	268.90	195.00	260.00
Organismos coliformes	FC/100 ml	0.1	50.00	5.00	1.00	5.00	5.00

Muestra:	M2		Resultados del análisis por muestreo				
	GALEANA	C II	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.84	8.01	7.90	8.74	7.91
Color	UPC	< 20	0.00	0.00	5.00	5.00	0.00
Turbiedad	UTN	< 5.00	5.30	0.66	0.54	0.57	0.66
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	15.00	35.03	7.00	3.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	7.00	0.20	0.00	0.00	4.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	243.00	260.80	241.50	220.00	231.00
Organismos coliformes	FC/100 ml	0.1	50.00	1.00	1.00	5.00	1.00

Muestra:	M3		Resultados del análisis por muestreo				
	HIDALGO	C III	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.66	8.53	7.60	8.10	7.87
Color	UPC	< 20	5.00	0.00	5.00	5.00	5.00
Turbiedad	UTN	< 5.00	1.33	0.38	0.44	0.66	0.73
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	11.00	11.00	6.00	3.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	2.00	0.10	0.00	0.00	8.50
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	288.00	246.90	261.50	260.00	231.50
Organismos coliformes	FC/100 ml	0.1	50.00	5.00	5.00	SIN VALOR	5.00

Muestra:	M4		Resultados del análisis por muestreo				
	GLADIOLAS	C IV	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.88	8.33	8.28	7.98	7.89
Color	UPC	< 20	0.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Turbiedad	UTN	< 5.00	0.61	1.12	0.42	0.64	0.69
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	19.00	3.00	3.00	3.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	2.50	0.40	0.00	0.00	10.50
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	242.50	281.60	163.40	215.00	259.50
Organismos coliformes	FC/100 ml	0.1	50.00	50.00	50.00	SIN VALOR	50.00

Muestra:	M1	Resultados del ICA por parámetro por muestreo				
	Ecuación	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	IPH=10 ^{4.22} -293pH	40.95	51.86	63.07	71.21	54.37
Color	IC=123C ^{^-0.295}	62.36	76.51	76.51	7,242.78	7,242.78
Turbiedad	IT=0.053*108T ^{^-0.178}	212.15	206.66	211.84	222.41	227.09
DBO5-20	IDBO=120DBO ^{^-0.0673}		29.61	47.21	1,309,728.40	29.61
Sólidos suspendidos totales	ISS=266.5SS ^{^-0.37}	167.65	289.44	624.74	1,335,663.98	569,766.90
Sólidos disueltos totales	IDS=109.1-0.0175SD	103.91	104.54	104.39	105.69	104.55
Organismos coliformes	ICT=97.5CT ^{^-0.27}	33.91	63.14	97.50	63.14	63.14

Muestra:	M2	Resultados del ICA por parámetro por muestreo				
	Ecuación	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	IPH=10 ^{4.22} -293pH	42.65	74.66	80.41	45.62	79.87
Color	IC=123C ^{^-0.295}	14,285.82	7,242.78	76.51	76.51	7,242.78
Turbiedad	IT=0.053*108T ^{^-0.178}	135.39	196.43	203.47	201.45	195.96
DBO5-20	IDBO=120DBO ^{^-0.0673}		19.39	10.96	32.39	57.29
Sólidos suspendidos totales	ISS=266.5SS ^{^-0.37}	129.72	483.41	44,227.99	44,227.99	159.56
Sólidos disueltos totales	IDS=109.1-0.0175SD	104.85	104.54	104.87	105.25	105.06
Organismos coliformes	ICT=97.5CT ^{^-0.27}	33.91	97.50	97.50	63.14	97.50

Muestra:	M3	Resultados del ICA por parámetro por muestreo				
	Ecuación	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	IPH=10 ^{4.22} -293pH	48.15	52.57	98.45	70.26	82.05
Color	IC=123C ^{^-0.295}	76.51	7,242.78	76.51	76.51	76.51
Turbiedad	IT=0.053*108T ^{^-0.178}	173.16	216.88	210.72	196.33	192.72
DBO5-20	IDBO=120DBO ^{^-0.0673}		23.90	23.90	35.93	57.29
Sólidos suspendidos totales	ISS=266.5SS ^{^-0.37}	206.21	624.74	44,227.99	44,227.99	120.73
Sólidos disueltos totales	IDS=109.1-0.0175SD	104.06	104.78	104.52	104.55	105.05
Organismos coliformes	ICT=97.5CT ^{^-0.27}	33.91	63.14	63.14	63.14	63.14

Muestra:	M4	Resultados del ICA por parámetro por muestreo				
	Ecuación	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	IPH=10 ^{4.22} -293pH	41.51	60.16	62.22	76.18	80.95
Color	IC=123C ^{^-0.295}	7,242.78	76.51	76.51	76.51	76.51
Turbiedad	IT=0.053*108T ^{^-0.178}	199.23	178.54	212.29	197.19	194.57
DBO5-20	IDBO=120DBO ^{^-0.0673}		16.54	57.29	57.29	57.29
Sólidos suspendidos totales	ISS=266.5SS ^{^-0.37}	189.87	374.05	44,227.99	44,227.99	111.65
Sólidos disueltos totales	IDS=109.1-0.0175SD	104.86	104.17	106.24	105.34	104.56
Organismos coliformes	ICT=97.5CT ^{^-0.27}	33.91	33.91	33.91		33.91

Muestra:	Valor	ICA corregido				
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	1.00	40.95	51.86	63.07	71.21	54.37
Color	1.00	62.36	76.51	76.51	100.00	100.00
Turbiedad	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
DBO5-20	1.00		29.61	47.21	100.00	29.61
Sólidos suspendidos totales	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Sólidos disueltos totales	5.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Organismos coliformes	3.00	33.91	63.14	97.50	63.14	63.14
ICA:		73.18	78.95	89.94	88.39	81.12

Muestra:	Valor	ICA corregido				
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	1.00	42.65	74.66	80.41	45.62	79.87
Color	1.00	100.00	100.00	76.51	76.51	100.00
Turbiedad	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
DBO5-20	1.00		19.39	10.96	32.39	57.29
Sólidos suspendidos totales	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Sólidos disueltos totales	5.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Organismos coliformes	3.00	33.91	97.50	97.50	63.14	97.50
ICA:		76.76	90.55	88.36	78.66	94.14

Muestra:	Valor	ICA corregido				
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	1.00	48.15	52.57	98.45	70.26	82.05
Color	1.00	76.51	100.00	76.51	76.51	76.51
Turbiedad	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
DBO5-20	1.00		23.90	23.90	35.93	57.29
Sólidos suspendidos totales	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Sólidos disueltos totales	5.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Organismos coliformes	3.00	33.91	63.14	63.14	0.00	63.14
ICA:		75.13	80.49	82.36	71.15	83.77

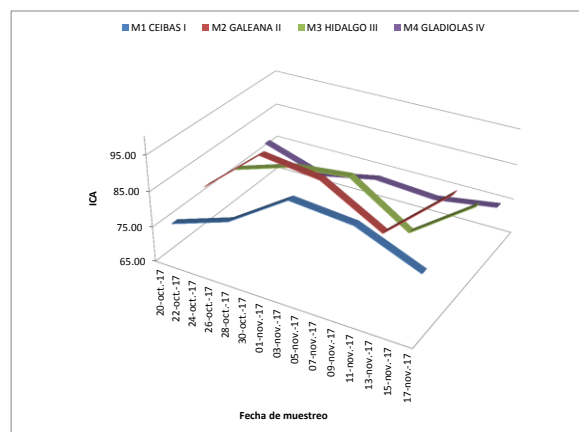
Muestra:	Valor	ICA corregido				
		20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
Parámetro		1	2	3	4	5
pH	1.00	41.51	60.16	62.22	76.18	80.95
Color	1.00	100.00	76.51	76.51	76.51	76.51
Turbiedad	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
DBO5-20	1.00		16.54	57.29	57.29	57.29
Sólidos suspendidos totales	0.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Sólidos disueltos totales	5.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Organismos coliformes	3.00	33.91	33.91	33.91	0.00	33.91
ICA:		76.66	71.24	74.81	73.63	76.37

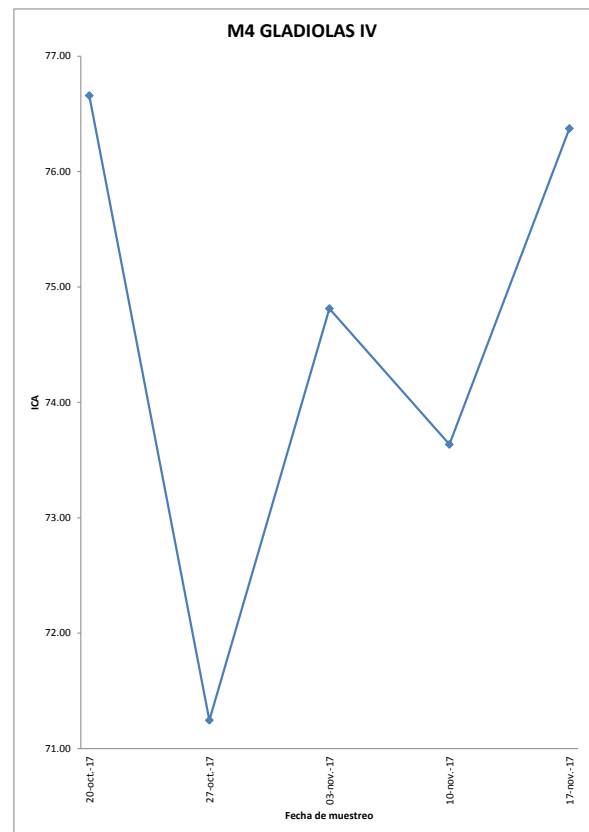
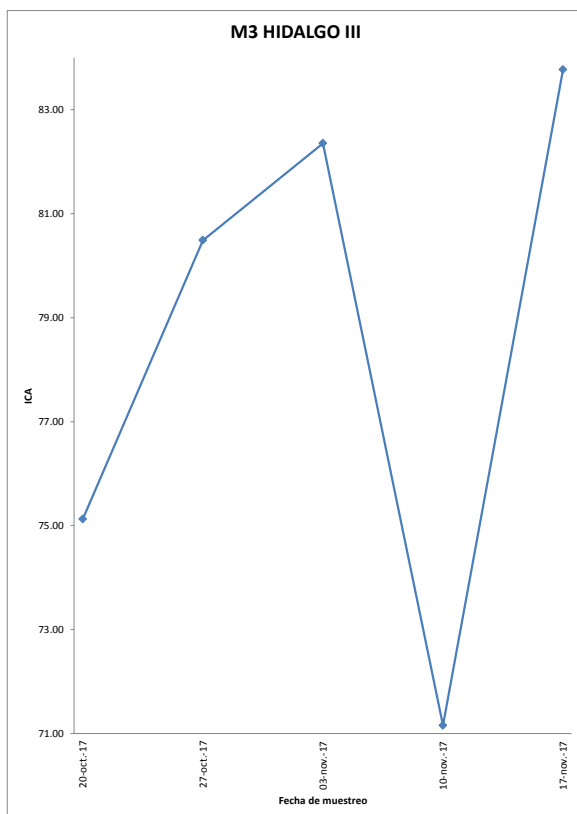
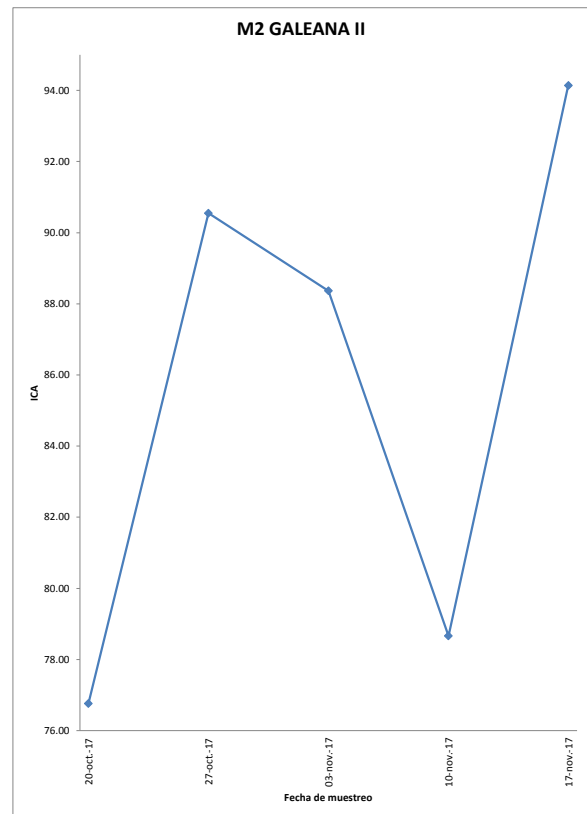
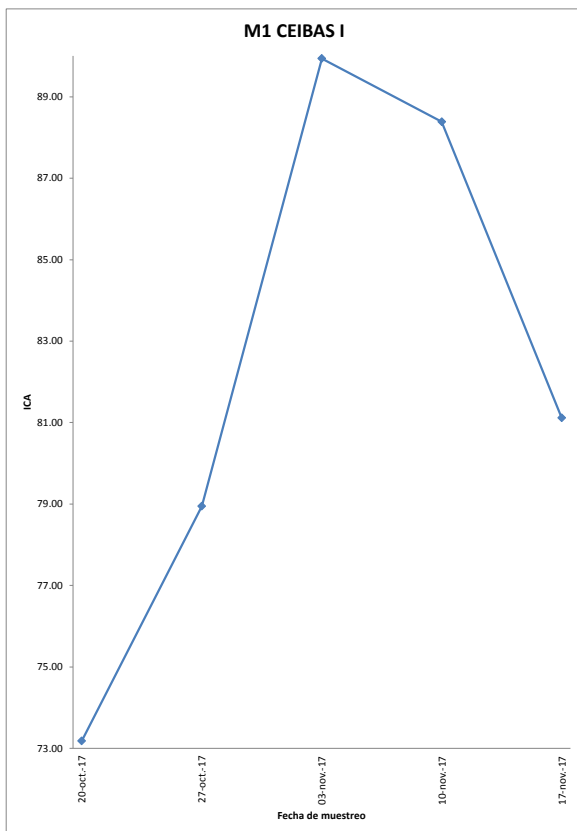
M1 CEIBAS I			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	73.18	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	78.95	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
3	03-nov-17	89.94	Uso público: Requiere una ligera purificación.
4	10-nov-17	88.39	Uso público: Requiere una ligera purificación.
5	17-nov-17	81.12	Uso público: Requiere una ligera purificación.

M2 GALEANA II			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	76.76	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	90.55	Uso público: Aceptable; no requiere purificación.
3	03-nov-17	88.36	Uso público: Requiere una ligera purificación.
4	10-nov-17	78.66	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
5	17-nov-17	94.14	Uso público: Aceptable; no requiere purificación.

M3 HIDALGO III			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	75.13	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	80.49	Uso público: Requiere una ligera purificación.
3	03-nov-17	82.36	Uso público: Requiere una ligera purificación.
4	10-nov-17	71.15	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
5	17-nov-17	83.77	Uso público: Requiere una ligera purificación.

M4 GLADIOLAS IV			
Muestreo:	ICA:	Calificación:	
1	20-oct-17	76.66	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
2	27-oct-17	71.24	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
3	03-nov-17	74.81	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
4	10-nov-17	73.63	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.
5	17-nov-17	76.37	Uso público: Mayor necesidad de tratamiento.





Muestra:	M1		Resultados del análisis por muestreo				
	CEIBAS	C I	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.90	8.55	8.26	8.08	8.48
Temperatura	°C	< 15.00	19.30	19.00	19.20	19.60	19.90
Color	UPC	< 20	10	5	5	0	0
Turbiedad	UTN	< 5.00	0.43	0.49	0.43	0.33	0.29
Cloro residual libre	mg/l	0.20 - 1.50	0.02	0.01	0.02	0.05	0.02
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	8.00	4.00	0.00	8.00
Sólidos totales	mg/l	< 1,000.00	300.00	261.45	269.00	195.00	260.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	3.50	0.80	0.10	0.00	0.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	296.50	260.65	268.90	195.00	260.00
Organismos coliformes*	UFC/100 ml	0.1	CONTABLES	CONTABLES	AUSENTES	CONTABLES	CONTABLES

NTA:	49.00
NAI:	18.00
F2:	36.73

SNE:	1.79
F3:	64.16

NTV:	10.00
NVI:	5.00
F1:	50.00

WQI	48.47
-----	-------

Muestra:	M2		Resultados del análisis por muestreo				
	GALEANA	C II	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.84	8.01	7.90	8.74	7.91
Temperatura	°C	< 15.00	15.90	13.60	15.80	15.90	16.70
Color	UPC	< 20	0	0	5	5	0
Turbiedad	UTN	< 5.00	5.30	0.66	0.54	0.57	0.66
Cloro residual libre	mg/l	0.20 - 1.50	0.08	0.02	0.02	0.02	0.03
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	15.00	35.03	7.00	3.00
Sólidos totales	mg/l	< 1,000.00	250.00	261.00	241.50	220.00	235.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	7.00	0.20	0.00	0.00	4.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	243.00	260.80	241.50	220.00	231.00
Organismos coliformes*	UFC/100 ml	0.1	CONTABLES	AUSENTES	AUSENTES	CONTABLES	AUSENTES

NTA:	49.00
NAI:	18.00
F2:	36.73

SNE:	1.34
F3:	57.32

NTV:	10.00
NVI:	5.00
F1:	50.00

WQI	51.23
-----	-------

Muestra:	M3		Resultados del análisis por muestreo				
	HIDALGO	C III	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.66	8.53	7.60	8.10	7.87
Temperatura	°C	< 15.00	15.70	15.40	16.10	16.00	14.90
Color	UPC	< 20	5	0	5	5	5
Turbiedad	UTN	< 5.00	1.33	0.38	0.44	0.66	0.73
Cloro residual libre	mg/l	0.20 - 1.50	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	11.00	11.00	6.00	3.00
Sólidos totales	mg/l	< 1,000.00	290.00	247.00	261.50	260.00	240.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	2.00	0.10	0.00	0.00	8.50
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	288.00	246.90	261.50	260.00	231.50
Organismos coliformes*	UFC/100 ml	0.1	CONTABLES	CONTABLES	CONTABLES	SIN VALOR	CONTABLES

NTA:	49.00
NAI:	18.00
F2:	36.73

SNE:	2.21
F3:	68.89

NTV:	10.00
NVI:	5.00
F1:	50.00

WQI	46.47
-----	-------

Muestra:	M4		Resultados del análisis por muestreo				
	GLADIOLAS	C IV	20-oct-17	27-oct-17	03-nov-17	10-nov-17	17-nov-17
	Unidad	Límite permisible	1	2	3	4	5
pH		6.50 - 8.50	8.88	8.33	8.28	7.98	7.89
Temperatura	°C	< 15.00	17.60	20.70	18.00	16.30	16.10
Color	UPC	< 20	0	5	5	5	5
Turbiedad	UTN	< 5.00	0.61	1.12	0.42	0.64	0.69
Cloro residual libre	mg/l	0.20 - 1.50	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03
DBO5-20	mg/l	< 5.00	SIN VALOR	19.00	3.00	3.00	3.00
Sólidos totales	mg/l	< 1,000.00	245.00	282.00	163.50	215.00	270.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	< 10.00	2.50	0.40	0.10	0.00	10.50
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 1,000.00	242.50	281.60	163.40	215.00	259.50
Organismos coliformes*	UFC/100 ml	0.1	CONTABLES	CONTABLES	CONTABLES	SIN VALOR	CONTABLES

NTA:	49.00
NAI:	18.00
F2:	36.73

SNE:	2.00
F3:	66.70

NTV:	10.00
NVI:	5.00
F1:	50.00

WQI	47.41
-----	-------

* En el parámetro Organismos coliformes, el límite permisible es 0, sin embargo, por motivos de programación del manejo de datos en el software, se utiliza el valor mínimo aproximado.

Resultados del cálculo del Ei					Ei corregido					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
0.05	0.01	-0.03	-0.05	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	
0.29	0.27	0.28	0.31	0.33	0.29	0.27	0.28	0.31	0.33	
-0.50	-0.75	-0.75	-1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.92	-0.90	-0.91	-0.93	-0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.00	19.00	9.00	3.00	9.00	9.00	19.00	9.00	3.00	9.00	
	0.60	-0.20	-1.00	0.60		0.60	0.00	0.00	0.60	
-0.70	-0.74	-0.73	-0.81	-0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.65	-0.92	-0.99	-1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.70	-0.74	-0.73	-0.81	-0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.00	9.00	-1.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	9.00	9.00	Total:
										87.72

Resultados del cálculo del Ei					Ei corregido					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
0.04	-0.06	-0.07	0.03	-0.07	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	
0.06	-0.09	0.05	0.06	0.11	0.06	0.00	0.05	0.06	0.11	
-1.00	-1.00	-0.75	-0.75	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.06	-0.87	-0.89	-0.89	-0.87	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.67	9.00	12.33	9.00	7.00	1.67	9.00	12.33	9.00	7.00	
	2.00	6.01	0.40	-0.40		2.00	6.01	0.40	0.00	
-0.75	-0.74	-0.76	-0.78	-0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.30	-0.98	-1.00	-1.00	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.76	-0.74	-0.76	-0.78	-0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.00	-1.00	-1.00	9.00	-1.00	9.00	0.00	0.00	9.00	0.00	Total:
										65.82

Resultados del cálculo del Ei					Ei corregido					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
0.02	0.00	-0.11	-0.05	-0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.05	0.03	0.07	0.07	-0.01	0.05	0.03	0.07	0.07	0.00	
-0.75	-1.00	-0.75	-0.75	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.73	-0.92	-0.91	-0.87	-0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
39.00	7.00	9.00	9.00	5.67	39.00	7.00	9.00	9.00	5.67	
	1.20	1.20	0.20	-0.40		1.20	1.20	0.20	0.00	
-0.71	-0.75	-0.74	-0.74	-0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.80	-0.99	-1.00	-1.00	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.71	-0.75	-0.74	-0.74	-0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.00	9.00	9.00		9.00	9.00	9.00	9.00		9.00	Total:
										108.50

Resultados del cálculo del Ei					Ei corregido					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
0.04	-0.02	-0.03	-0.06	-0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.17	0.38	0.20	0.09	0.07	0.17	0.38	0.20	0.09	0.07	
-1.00	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.88	-0.78	-0.92	-0.87	-0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12.33	19.00	12.33	9.00	5.67	12.33	19.00	12.33	9.00	5.67	
	2.80	-0.40	-0.40	-0.40		2.80	0.00	0.00	0.00	
-0.76	-0.72	-0.84	-0.78	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-0.75	-0.96	-0.99	-1.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	
-0.76	-0.72	-0.84	-0.78	-0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.00	9.00	9.00		9.00	9.00	9.00	9.00		9.00	Total:
										98.14

* En el parámetro Organismos coliformes, el límite permisible es 0, sin embargo, por motivos de programación del manejo de datos en el software, se utiliza el valor mínimo aproximado.