



**Determinación de la presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales del
alcantarillado de la ciudad de Quito**

Cañarte Ruiz José Javier

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bolaños Guerrón Darío Roberto, Ph.D.

10 de septiembre del 2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS CAÑARTE RUIZ.docx (D112376657)
Submitted: 9/10/2021 6:38:00 PM
Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

PROYECTO DE TESIS FINAL.docx (D109875752)
 Proyecto de tesis Srta Karesly Rojas UNAM (1).docx (D94999448)
 borrador Campaña Lozano Ruth 2est..docx (D15299809)
[https://en.wikipedia.org/wiki/Coronavirus_disease_2019#:~:text=Coronaviruses%20die%20very%20quickly%20when,%3C50%2525\).](https://en.wikipedia.org/wiki/Coronavirus_disease_2019#:~:text=Coronaviruses%20die%20very%20quickly%20when,%3C50%2525).)
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333862/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-EnvironmentalSampling-2020.1-spa.pdf
[https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/850/BC-TES-5266.pdf?sequence=1&isAllowed=yClaude,](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/850/BC-TES-5266.pdf?sequence=1&isAllowed=yClaude)
[https://www.academia.edu/40610014/An%C3%A1lisis_qu%C3%ADmico_cuantitativo_3a_ed_nodrmHart,](https://www.academia.edu/40610014/An%C3%A1lisis_qu%C3%ADmico_cuantitativo_3a_ed_nodrmHart)
http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/19728/8/RiveraCarolina_2021_EpidemiologiaAguasResiduales.pdf
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5693/1/T-UTEQ-0016.pdf>
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53459/1/TESIS%20ALANNIS%20DANIXA%20SUAREZ%20ABDO.pdf>
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2597/Guillermo%20Ramirez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/416/1/Ordo%C3%B1ez-Huaracha-Juan-Alberto.pdf>
<http://www.ii.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gaceta-Julio-Agosto-2020/Paginas/deteccion-material-genetico-sarscov2-aguas-residuales.aspx>
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6548/1/131077.pdf>

Instances where selected sources appear:

22

DARIO
 ROBERTO
 BOLANOS
 GUERRON

Firmado digitalmente
 por DARIO ROBERTO
 BOLANOS GUERRON
 Fecha: 2021.09.10
 15:12:16 -05'00'



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular, “**Determinación de la presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales del alcantarillado de la ciudad de Quito**” fue realizado por el señor **Cañarte Ruiz, José Javier** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 21 de septiembre de 2021.

DARIO
ROBERTO
BOLANOS
GUERRON

Firmado digitalmente
por DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON
Fecha: 2021.09.21
15:43:17 -05'00'

Ing. Darío Bolaños, Ph.D.

1715206593



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Cañarte Ruiz, José Javier**, con cédula de ciudadanía N° 1721530200, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Determinación de la presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales del alcantarillado de la ciudad de Quito** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 22 de septiembre del 2021

Cañarte Ruiz, José Javier

1721530200



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Cañarte Ruiz, José Javier**, con cédula de ciudadanía N° 1721530200, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Determinación de la presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales del alcantarillado de la ciudad de Quito** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 22 de septiembre 2021

Cañarte Ruiz, José Javier

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	3
<i>RESUMEN</i>	11
<i>ABSTRACT</i>	12
Capítulo 1	13
<i>Generalidades</i>	13
Introducción	13
Antecedentes	15
Justificación e Importancia	18
<i>A nivel Global</i>	18
<i>A nivel Nacional</i>	18
Objetivos Generales y Específicos	19
<i>Objetivo General</i>	19
<i>Objetivos Específicos</i>	19
Capítulo 2	20
Marco Teórico	20
PTAR	20
Colector	21
Aguas Residuales	21
Alcantarillado	22
Tratamiento de aguas residuales	22
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	22
Demanda química de oxígeno (DQO)	23
ARN	23
Sólidos Totales (ST)	24
PH	24
Conductividad Eléctrica (CE)	25

Oxígeno Disuelto (OD).....	25
Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	26
Datos destacables.....	26
Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una Vida	27
<i>Eje 1: Derechos para todos durante toda una vida</i>	27
Coronavirus SARS-CoV-2	27
Capítulo 3.....	29
Metodología	29
Materiales.....	29
Recopilación de información de contagiados.....	29
Muestreo.....	30
Nivel micro.....	31
Población.....	33
Economía	33
Educación.....	33
Metodología.....	34
Análisis químico, físico y microbiológico	36
Extracción de ARN viral	37
Capítulo 4.....	40
Resultados y discusión de la investigación.....	40
Análisis de los datos	40
Resultado de personas contagiadas con SARS COV-2	40
Discusión.....	42
Resultados de los parámetros del agua residual	43
Discusión.....	44
Discusión.....	44
Discusión.....	45
Discusión.....	46
Discusión.....	47
Discusión.....	48
Resultados de SARS-CoV2.....	49

Discusión	51
Discusión	52
Capítulo 5.....	54
Conclusiones y Recomendaciones	54
Conclusiones	54
Recomendaciones	56
Referencias Bibliográficas	56

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Rangos permisibles de pH.....</i>	25
Tabla 2	<i>Población de las Parroquias de la zona de estudio.</i>	33
Tabla 3	<i>Situación cantonal del Distrito Metropolitano de Quito por el SARS COV-2....</i>	40
Tabla 4	<i>Parámetros DBO5 del agua residual.....</i>	43
Tabla 5	<i>Parámetros DQO del agua residual.....</i>	44
Tabla 6	<i>Parámetros ST del agua residual.</i>	45
Tabla 7	<i>Parámetros físico-químico del agua residual - Colector 24 de Mayo.</i>	45
Tabla 8	<i>Parámetros físico-químico del agua residual - Colector El Ejido.....</i>	47
Tabla 9	<i>Parámetros físico-químico del agua residual PTAR Quitumbe.....</i>	48
Tabla 10	<i>Resultados de SARS-CoV2 en aguas residuales.</i>	49

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Información de la situación cantonal por COVID de los cantones de estudio.</i>	30
Figura 2 <i>Zona de ubicación de Ecuador.</i>	31
Figura 3 <i>Mapa de Ubicación de cantón Quito, Parroquias Urbanas.</i>	32
Figura 4 <i>Aislamiento basado en filtración, precipitación y centrifugación de partículas virales de muestras de aguas residuales.</i>	39
Figura 5 <i>Número de casos por SARS-CoV2 en las parroquias urbanas de Quito.</i>	41
Figura 6 <i>Presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales, Colector El Ejido.</i>	50
Figura 7 <i>Presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales, Colector 24 de Mayo.</i>	51
Figura 8 <i>Presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales, PTAR Quitumbe.</i>	52

Resumen

El comienzo del Estado de Emergencia anunciado el 16 de marzo de 2020 causado por el SARS-CoV2, provocó varios cambios, adoptando estrictas medidas establecidas en el territorio ecuatoriano. En términos generales, la vigilancia de las aguas residuales y la epidemiología a base de aguas residuales representan métodos complementarios para estimar la presencia, y tal vez la prevalencia, de COVID-19 en las comunidades. La detección precoz de ARN de SARS-CoV-2 en aguas residuales podría constituir un “alerta” que permitiría anticiparse a la situación de demanda sanitaria e implementar estrategias destinadas a retrasar la propagación de la enfermedad. Por tanto, la detección de este virus en aguas residuales se podría utilizar para mapear la distribución de la enfermedad Covid-19 en “tiempo real”. En la presente investigación la metodología empleada consiste en la recolección y tratamiento de las muestras. Se realizará en base a la metodología desarrollada por La Rosa et. al. (2020). Las muestras serán recolectadas al ingreso y salida de la PTAR Quitumbe, (única PTAR en Quito), y en los Colectores El Tejar y El Ejido durante cinco meses (noviembre 2020 - abril 2021). Cada muestra representará un periodo de 24 horas del afluente de la planta de tratamiento. Luego de la recolección, se almacenan a -20°C y se transportan al laboratorio para su posterior análisis. A continuación, se determina la concentración de SARS-CoV-2 a través de su ARN en aguas residuales en los puntos de muestra y se correlaciona con los casos de SARS-CoV-2 en las parroquias de estudio que facilita el MSP en su página oficial.

PALABRAS CLAVE:

- **RECOLECCIÓN DE MUESTRAS**
- **AGUAS RESIDUALES**
- **SARS COV-2**
- **DISTRIBUCIÓN**

Abstract

The beginning of the State of Emergency announced on March 16, 2020 caused by SARS-CoV2 (COVID19), caused several changes, adopting strict measures established in Ecuadorian territory. Broadly speaking, wastewater surveillance and wastewater-based epidemiology would represent complementary methods for estimating the presence, and perhaps the prevalence, of COVID-19 in communities. The early detection of SARS-CoV-2 RNA in wastewater could constitute an “alert” that would allow us to anticipate the situation of imminent health demand and implement strategies aimed at delaying the spread of the disease. Therefore, the detection of this virus in wastewater could be used to map the distribution of Covid-19 disease in “real time”. In the present investigation the methodology used for the investigation consists of the collection and treatment of the samples. It will be carried out based on the methodology developed by La Rosa et. to the. (2020). The samples will be collected at the entrance and exit of the Quitumbe PTAR, (the only PTAR in Quito), and at the El Tejar and El Ejido Collectors for five months (November 2020 - April 2021). Each sample will represent a 24-hour period of the effluent from the treatment plant. After harvesting, they are stored at -20 ° C and transported to the laboratory for further analysis. The SARS-CoV-2 concentration is then determined through its RNA in wastewater at the sample points and correlated with the SARS-CoV-2 cases in the study parishes provided by the MSP on its page official.

KEY WORDS:

- **SAMPLE COLLECTION,**
- **WASTEWATER,**
- **SARS COV-2,**
- **DISTRIBUTION**

Capítulo 1

Generalidades

Introducción

El coronavirus es una familia de virus que pueden causar enfermedades que van desde el resfriado común hasta enfermedades más graves como neumonía, síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y síndrome respiratorio agudo grave (SARS). Cabe destacar que la cepa de coronavirus (2019-nCoV) que ha causado el brote en China es nueva y no se conocía previamente (Bupa, 2020).

La COVID-19 es la enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV2. La OMS tuvo noticia por primera vez de la existencia de este nuevo virus el 31 de diciembre de 2019, al ser informada de un grupo de casos de neumonía vírica que se habían declarado en Wuhan, República Popular China (OMS, 2020).

El modo principal de transmisión del coronavirus es a través de gotitas de secreciones respiratorias; sin embargo, para el SARS y el MERS, se ha detectado ARN del SARS-CoV2 en las heces de pacientes con enfermedad del SARS-CoV2 y portadores asintomáticos. La duración de la eliminación del virus varía de un paciente a otro, con un promedio de 14 a 21 días; nuevamente, la magnitud de la eliminación varía ampliamente, de 10^2 a 10^8 copias de ARN por gramo. Los virus infecciosos que se excretan en las heces y la orina se pueden cultivar en las células Vero E6; además, se ha confirmado la infección del SARS-CoV-2 en las células epiteliales del estómago, duodeno y recto. Este fenómeno indica que a través del tracto gastrointestinal el virus puede representar otra forma de transmisión (boca fecal). Sin embargo, aún no se ha determinado el papel epidemiológico de esta vía de transmisión (Randazzo , Truchado , & Sanchez , 2020).

Varios estudios realizados recientemente en diferentes regiones del mundo han confirmado la presencia de ARN del SARS-CoV2 en las aguas residuales, por lo que se ha sugerido que el monitoreo epidemiológico de las aguas residuales ayudará a comprender el SARS-CoV2 de manera temprana y no de manera invasiva: el estado y las tendencias de la infección por SARS-CoV2 para que las autoridades sanitarias puedan tomar las medidas correspondientes.

A principios de febrero, tres semanas antes de que el 27 de febrero se registra el primer caso de COVID-19 en Holanda, se empezaron a realizar en ese país controles de SARS-Cov-2 en las aguas residuales (Medema, Heijnen, Elsinga, Italiaander, & Brouwer, Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage, 2020).

Esta acción tenía como objetivo principal comprobar si las aguas residuales constituían una posible vía de reintroducción del virus en la población, y poder estudiar la posibilidad de que el control del virus en las aguas residuales pueda utilizarse como indicador del grado de afectación de la población origen de esas aguas residuales.

El estudio concluyó que "aunque es poco probable que las aguas residuales se conviertan en la principal vía de transmisión de coronavirus como el SARS-CoV-2, cuando aumenta la propagación del virus en la población, también aumentará la carga del virus en los sistemas de alcantarillado de la ciudad " (Medema, Heijnen, Elsinga, Italiaander, & Brouwer, Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage, 2020).

El primer caso confirmado en Ecuador fue anunciado por el MSP el 29 de febrero de 2020 en la ciudad de Guayaquil, y mediante el Acuerdo Ministerial No 00126-2020, emitido el 11 de marzo del 2020; declaró al Ecuador en estado de emergencia sanitaria provocado por el virus Covid-19, disponiendo así cuarentena domiciliaria, suspendiendo actividades educativas, laborales, eventos masivos entre otros.

En Ecuador, aproximadamente el 12% de las aguas residuales domésticas se trata dejando el 88% sin tratamiento, su descarga es directamente en quebradas y ríos. La mayoría de las ciudades no cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ni alcantarillados separados de aguas residuales y pluviales, lo que dificulta el tratamiento del agua (Torske, 2019).

El sistema hidrológico más importante de la zona del DMQ está compuesto por los ríos Machángara, Monjas y Pita, cuya confluencia forma el río San Pedro y posteriormente el río Guayllabamba. El sistema de alcantarillado de Quito se concibe como un sistema combinado, es decir que por los mismos conductos circulan las aguas de lluvia que se originan tanto en los sectores urbanos como en zonas o áreas naturales circundantes a la ciudad y las aguas servidas producto de las actividades humanas en los sectores urbanizados (Hazen and Sawyer, P.C, 2011).

Antecedentes

En el artículo de Medema et al (2020) "Presencia de SARS-Coronavirus-2 en aguas residuales" menciona que existe una correlación significativa entre la concentración de ARN de SARS-CoV-2 en las aguas residuales y la prevalencia acumulada de Covid-19. Los estudios han demostrado que la proteína N3 del virus estaba presente en muestras de aguas residuales al menos 6 días antes de que las autoridades sanitarias notificaran el primer caso.

Además, se ha observado que el virus todavía está presente en las heces de personas con síntomas leves o graves de 3 a 4 semanas después de que aparezcan los primeros síntomas. Existe una fuerte evidencia de que el porcentaje de casos positivos de Covid-19 es mayor que los reportados a través de la vigilancia clínica, por lo que la investigación del virus en las aguas residuales puede prevenir brotes tempranos de la

enfermedad en poblaciones específicas (Medema, Heijnen, Elsinga, Italiaander, & Brouwer, Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage, 2020).

Algunos expertos han sugerido la implementación de la vigilancia ambiental de SARS-CoV-2 por parte de los municipios, ya que podría ayudar a las autoridades a coordinar de forma gradual las medidas de distanciamiento social (Medema, Heijnen, Elsinga, Italiaander, & Brouwer, Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage, 2020).

La UTE con la ayuda del Municipio de Quito, recolectó muestras de agua residual proveniente de una de las parroquias más afectadas por la enfermedad. Después de procesarlas, los investigadores del CIGG y del HCAM lograron detectar tres genes específicos del SARS-CoV-2 mediante la técnica de RT-PCR y determinaron el número de partículas virales por litro de agua residual. Estos datos, junto con otras variables, fueron procesados por el equipo de epidemiología y estadística del CISPEC para realizar una estimación preliminar del número de contagios por COVID-19 que correspondería a la parroquia en estudio (UTE, 2020).

Además, un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Las Américas (UDLA) encontró material genético del covid-19 en las aguas de los ríos Machángara y Monjas, en Quito. Los resultados mostraron que la carga viral en el agua del río estuvo relacionada con los casos de covid-19 de los sectores de Quito que descargan aguas residuales en estos puntos del sistema fluvial, durante las dos semanas anteriores hasta el 5 de junio (El Telégrafo, 2020).

“Los niveles de SARS-CoV-2 encontrados a principios de junio en los ríos urbanos de Quito son similares a los hallados en las aguas residuales de Valencia (España) cuando tenían más de 5.000 casos activos y París durante el pico de casos con más de

10.000 casos hospitalizados”, señaló Blanca Ríos Touma, directora del estudio (El Telégrafo, 2020).

Según las conclusiones de un estudio publicado el 19 de junio del 2020, en diciembre de 2019, dos meses antes de que se registrara oficialmente el primer paciente de COVID-19 en Italia, el nuevo coronavirus ya existía en las ciudades de Milán y Turín. Este estudio de la agencia pública de referencia ISS examinó 40 muestras de aguas residuales recolectadas entre octubre de 2019 y febrero de 2020 (El Comercio, 2020).

Como resultado, dos laboratorios diferentes utilizaron dos métodos diferentes para confirmar la presencia de ARN, el ácido ribonucleico o información genética del SARS-Cov-2, en las muestras recolectadas en Milán y Turín el día 18 de diciembre del 2020, según un comunicado emitido por el instituto a la AFP (El Comercio, 2020).

La utilidad de esta tecnología es que puede detectar la presencia de virus en personas sintomáticas y asintomáticas, ya que el virus se excreta de las heces, por lo que estas partículas de virus ingresarán a las aguas residuales y al agua de los ríos. Esto ayudará a desarrollar sistemas de alerta temprana para nuevos brotes en la población.

La investigación demuestra el riesgo significativo de infección humana si se propaga a través del agua del río cuando se descargan en él las aguas residuales no tratadas, especialmente en una ciudad como Quito, donde solo el 3% de las aguas residuales son tratadas antes de ser liberadas a los ríos circundantes. Sin embargo, se necesitan más estudios que establezcan si el virus puede estar activo en agua y por cuánto tiempo.

Planteamiento del Problema

En la actualidad, la única forma de análisis utilizada para cuantificar los casos positivos de SARS-CoV-2 en Ecuador es mediante pruebas de PCR en los pacientes, pero no se han analizado las excretas de los pacientes positivos y los pacientes asintomáticos. Es por esto que el análisis de la concentración de SARS-CoV-2 en aguas residuales no tratadas proporcionará más información sobre el comportamiento del crecimiento de casos y la posible división de sectores, así como también ayudará a desarrollar sistemas de alerta temprana para nuevos brotes en la población ante las variantes de dicho virus.

Justificación e Importancia

A nivel Global

Este trabajo está basado en uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible presentada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para mejorar la vida de las personas. El Objetivo 6 es garantizar el agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todas las personas. Y es que, a nivel mundial, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre, dos de cada cinco personas no disponen de una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre (ONU, 2015).

A nivel Nacional

El presente trabajo está en función del objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una Vida, que está basado en garantizar los derechos de la naturaleza

para el presente y futuro de la sociedad, este trabajo tiene como finalidad la detección de biomarcadores de SARS-CoV-2 en aguas residuales crudas y sugerir que se podría usar para estimar modelos epidemiológicos, el estudio del virus en aguas residuales podría prevenir de manera temprana los brotes de la enfermedad en una determinada población. Algunos expertos han sugerido la implementación de la vigilancia ambiental de SARS-CoV-2 por parte de los municipios, ya que podría ayudar a las autoridades a coordinar de forma gradual las medidas de distanciamiento social.

Objetivos Generales y Específicos

Objetivo General

Determinar la concentración de SARS-CoV-2 en aguas residuales a la entrada y salida de la PTAR Quitumbe, Colectores 24 de Mayo y El Ejido, de la ciudad de Quito.

Objetivos Específicos

- Definir los puntos de toma de las muestras de agua residual a lo largo de los cauces.
- Recolectar datos del número de contagiados por SARS-CoV-2 de las parroquias pertenecientes al sistema de alcantarillado de las zonas de estudio.
- Evaluar si existe correlación entre la presencia de SARS-CoV-2 en aguas residuales y el número de casos en la ciudad de Quito para propuesta de seguimiento de la pandemia.

Capítulo 2

Marco Teórico

PTAR

Una PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) es una estructura y un sistema de ingeniería convertido como resultado, en una herramienta indispensable en la conservación del agua, pues permite su reciclaje y resulta aliada importante para el cuidado del medio ambiente. Estas plantas procesan aguas resultantes de actividades de empresas, industrias, bodegas, fábricas e incluso de comunidades residenciales (Elkan, 2018).

La planta de tratamiento de aguas residuales Quitumbe, única en el país, beneficia a más de 75 mil habitantes de 11 barrios del sur de la capital y actualmente da un servicio de tratamiento de agua residual promedio del 2%, tiene capacidad para tratar un caudal de 108 litros por segundo de aguas residuales que son interceptadas a través de un emisario de 930 metros de longitud (tubería de descarga) y de un micro túnel (Quito Informa, 2020).

Solo deben llegar las aguas residuales domésticas, es decir, los líquidos usados desechados en duchas, baños y desagües domésticos, pero con mayor frecuencia. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Quitumbe recibe las vísceras de los animales sacrificados en la basura secreta ubicada en los alrededores. El primer filtro para depurar el agua que llega del colector que pasa por la Quebrada Ortega es un pozo ciego. Se trata de un sistema de retención de sólidos que simula una celda de 1 m², con rejillas de 5 centímetros de grosor que permiten retener los desechos más grandes que ingresan (El Comercio, 2019).

Dentro del estudio de la planta de tratamiento de Quitumbe se determinó un área de influencia directa conformada por los siguientes barrios: La Concordia, Alpallacta, Terranova, Ninallacta y Cooperativa Ejercito Nacional. El área de influencia indirecta de aguas residuales que aportan al sistema de alcantarillado está conformada por los barrios: Cooperativa Mariscal Sucre, San Alfonso, Cooperativa Tarqui, Manuelita Sáenz, San Marcelo, Nuevos Horizontes, Espejo, Rumihucu, La Ecuatoriana y La Inmaculada (Granja Villacís & Nuñez Enríquez, 2016).

Colector

Conducto subterráneo en el cual vierten las alcantarillas sus aguas. Normalmente hace referencia al conducto de alcantarillado público en el cual las viviendas vierten sus aguas residuales. Estas son conducidas a un colector principal que las llevará a una estación depuradora de aguas residuales para su tratamiento o, en su defecto, para ser vertidas al medio natural (Zarza, 2021).

Aguas Residuales

Según la UNESCO (2017), el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas, siendo uno de los grandes desafíos del agua.

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella (Bauset Muñoz, 2016).

Alcantarillado

El sistema de alcantarillado que opera en DMQ es combinado, es decir, la recolección y conducción de aguas residuales y pluviales. La longitud es de unos 5.220 kilómetros. El caudal de aguas residuales que recibe el sistema es de unos 5 metros cúbicos por segundo. Este valor no representa más de 5 % de su capacidad. El agua en el sistema de alcantarillado es guiada por gravedad y es descargada a arroyos y ríos sin tratamiento, una de las principales desventajas es que, debido a la pendiente y topografía de la ciudad, llegan a alta velocidad, lo que amenaza la vida útil. Infraestructura de alcantarillado, que causa contaminación (Ordenanza Metropolitana No. 0041, 2015).

La cobertura que maneja EPMAPS del servicio de alcantarillado en el DM Quito se estima en la actualidad es de 92,27%.

Tratamiento de aguas residuales

El sistema hidrológico más importante de DMQ está conformado por los ríos Machángara, Monjas y San Pedro que conforman Guayllabamba; el río Machángara recibe el 70% del caudal de Quito y el 20% se descarga al río Monjas; el 10% restante corresponde a pozos ciegos o arroyos Emisiones no registradas, pero todas sin tratamiento.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la demanda bioquímica, la cual mide de forma indirecta la cantidad de OD en mg/L para la degradación de la materia orgánica por medio de una acción bioquímica aeróbica de microorganismos contenida en una muestra de agua. Esta prueba se evalúa durante 5 días de manera estándar a 20° C tiempo el cual se leerá los resultados

y se compara con la concentración inicial y la final de oxígeno. También conocida como prueba DBO5 o DBO estándar, además se hacen pruebas de 7 (DBO7) y a 20 días (DBO_u última o DBO_t total) (Lermann, Lermann, Gilli, Eliggi, & Zerbato, 2000). Para las aguas domésticas se estima que debe tener un DBO5 de: $DBO5 \approx 0,75DBO_u$.

Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO al igual que la DBO5 se define como la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas, sirve para estimar la concentración de oxígeno, pero que poseen una contaminación alta de toxicidad para la determinación de ésta. La cantidad de contaminantes dependerá de la variación de unas aguas a otras.

El método que se emplea es utilizando un agua contaminante (vertido industrial) con un oxidante enérgico, como el dicromato potásico, en medio ácido sulfúrico con Ag⁺ como catalizador y la valoración por colorimetría de la cantidad de dicromato consumida en este proceso, la valoración de DQO solo toma alrededor de 3 horas y con un menor error, por lo que los resultados se pueden obtener en menor tiempo que una prueba de DBO (Harris, 2003).

Según (Rivas, 2012) para estimar la biodegradabilidad de un vertido existe una relación entre la DQO y la DBO5 que es la siguiente:

- $DQO/DBO \geq 5$ (No biodegradable)
- $DQO/DBO \leq 1,7$ (Muy biodegradable)

ARN

El ácido ribonucleico (ARN) es una molécula de cadena sencilla. Una hebra de ARN tiene un eje constituido por un azúcar (ribosa) y grupos de fosfato de forma

alterna. Los organismos celulares desempeñan diversas funciones. Es la molécula que dirige las etapas intermedias de la síntesis proteica; el ADN no puede actuar solo, y se vale del ARN para transferir esta información vital durante la síntesis de proteínas (producción de las proteínas que necesita la célula para sus actividades y su desarrollo). Varios tipos de ARN regulan la expresión génica, mientras que otros tienen actividad catalítica (Gálvez, 2009).

Sólidos Totales (ST)

Los sólidos disueltos totales son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua (Cava & Ramos, 2016), estos son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton, la materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición y pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua (OMS, 2020), su expresión aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en una estufa a temperatura definida (APHA, 1992).

PH

El pH del agua es un parámetro importante, debido a que nos da información en los riesgos y los beneficios en cuanto el pH es ligeramente bajo puede tener un sabor amargo o metálico, el cual contribuye a la corrosión y si el pH es alto representa un riesgo para la salud y puede causar problemas estéticos.

Tabla 1

Rangos permisibles de pH.

RANGO	pH
Normal	6,5 a 8,4

Nota. Recuperada de (Presidencia de la República, 2008)

Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica del agua proporciona una evaluación de la concentración total de iones disueltos en el agua, y es una propiedad importante del agua que se toma frecuentemente como un indicador del grado de mineralización (concentración iónica total) del agua (Claude, 2017).

Oxígeno Disuelto (OD)

El Oxígeno Disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad de agua, los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0mg/L. La fuente principal de oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento de los lagos. En los lagos, la fotosíntesis de las algas es la fuente más importante de oxígeno y su medición se usa para determinar el estado de eutrofización del medio (Avecillas, 2014).

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos

Todos tienen derecho al acceso al agua, pero en la actualidad, millones de personas luchan para poder acceder a este servicio.

La prestación de servicios adecuados de agua y saneamiento es esencial para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluidos los relativos a la salud y a la igualdad de género. Mediante la gestión sostenible de nuestros recursos hídricos, podemos también gestionar mejor nuestra producción de alimentos y energía y contribuir al trabajo decente y al crecimiento económico. Además, podemos preservar nuestros ecosistemas hídricos y su diversidad biológica, y adoptar medidas para combatir el cambio climático (ONU, 2015).

La pandemia de la COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia vital del saneamiento, la higiene y un acceso adecuado a agua limpia para combatir, prevenir y contener esta pandemia, uso de mascarillas, pero el lavado de manos es esencial para salvar vidas (NACIONES UNIDAS, 2015).

Datos destacables

- 3 de cada 10 personas carecen de acceso a servicios de agua potable seguros y 6 de cada 10 carecen de acceso a instalaciones de saneamiento gestionadas de forma segura (NACIONES UNIDAS, 2015).
- La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumente. Más de 1.700 millones de personas viven

actualmente en cuencas fluviales en las que el consumo de agua supera la recarga (NACIONES UNIDAS, 2015).

- 4 billones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes o letrinas (NACIONES UNIDAS, 2015).

Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una Vida

Eje 1: Derechos para todos durante toda una vida

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Se propone una gobernanza sostenible de los recursos naturales no renovables, a través del establecimiento de prácticas responsables con el medio ambiente y con la población, y el establecimiento de límites a las actividades extractivas cuando amenacen áreas protegidas, territorios ancestrales sagrados, fuentes de agua, entre otros (Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021, 2017).

Coronavirus SARS-CoV-2

El SARS-CoV-2 es un virus recubierto por una envoltura lipídica, en la envoltura vírica se encuentran al menos tres estructuras proteicas: proteína M de membrana, proteína E cuya función principal es el ensamblaje viral, y la glicoproteína S en las espículas.

El coronavirus es uno de los principales patógenos que ataca principalmente al sistema respiratorio humano. Los brotes anteriores de coronavirus (CoV) incluyen el síndrome respiratorio agudo severo (SARS) -CoV y el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) -CoV, que se han caracterizado previamente como agentes que representan una gran amenaza para la salud pública (Lu, Stratton, & Tang, 2020).

Los síntomas de la infección por COVID-19 aparecen después de un período de incubación de aproximadamente 5,2 días (Li, y otros, 2020) los más comunes al inicio de la enfermedad son fiebre, tos y fatiga, mientras que otros síntomas incluyen producción de flema, dolor de cabeza, hemoptisis, diarrea, disnea y linfógena (Graham, De la Cruz, Cao, Pasnick, & Jamil, 2020).

El virus se propaga fundamentalmente cuando una persona contagiada está cerca con otra persona y esto se debe a que el contaminante puede expulsar pequeñas gotículas por medio de la boca o nariz al hablar, toser, estornudar, etc. (Organización Mundial de la Salud, 2020).

La OMS hace algunas recomendaciones para reducir el riesgo de contagio, como por ejemplo: seguir las indicaciones locales dispuestas por autoridades nacionales o regionales, mantener al menos un metro de distancia entre personas, usar mascarilla especialmente cuando no se puede mantener la distancia, tomar en cuenta los riesgos que corremos al asistir a eventos congestionados, ventilar lugares cerrados, procurar no tocar superficies y una de las más importantes lavarse las manos con frecuencia.

Capítulo 3

Metodología

Materiales

Recopilación de información de contagiados

Para la presente investigación se utilizó una misma fuente para las diferentes parroquias, se utilizó la información para el periodo comprendido entre noviembre del 2020 y abril del 2021, por medio de registros mensuales y diarios en lo que respecta al número de contagiados, recuperados, y muertos por SARS-CoV-2.

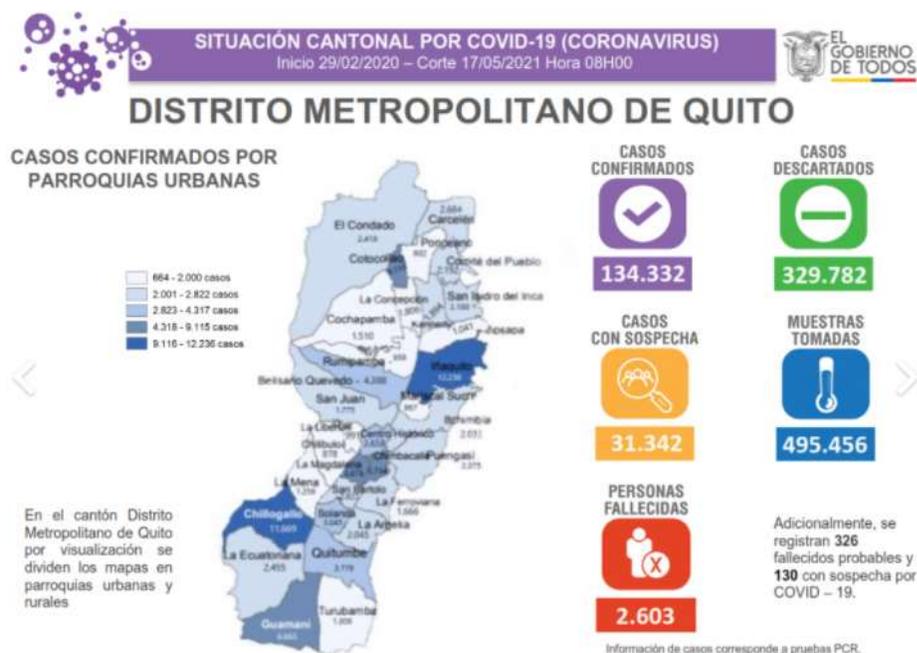
Plataformas:

- Organización panamericana de la salud - <https://www.paho.org/es>
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-covid-19-desde-el-13-de-marzo-del-2020/>
- Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica MSP
https://public.tableau.com/profile/direcci.n.nacional.de.vigilancia.epidemiol.gica.msp#!/vizhome/COVID19ecu_MSP_DNVE/COVID-19MSP

En la Figura 1 se presenta la información cantonal de COVID de las parroquias urbanas del Cantón del Distrito Metropolitano de Quito en el cual se detallan registros mensuales de casos confirmados, casos descartados, casos con sospecha, muestras tomadas y personas fallecidas.

Figura 1

Información de la situación cantonal por COVID de los cantones de estudio.



Nota: La figura muestra la cantidad de personas contagiadas en la zona urbana de Quito (COE, 2020)

Muestreo

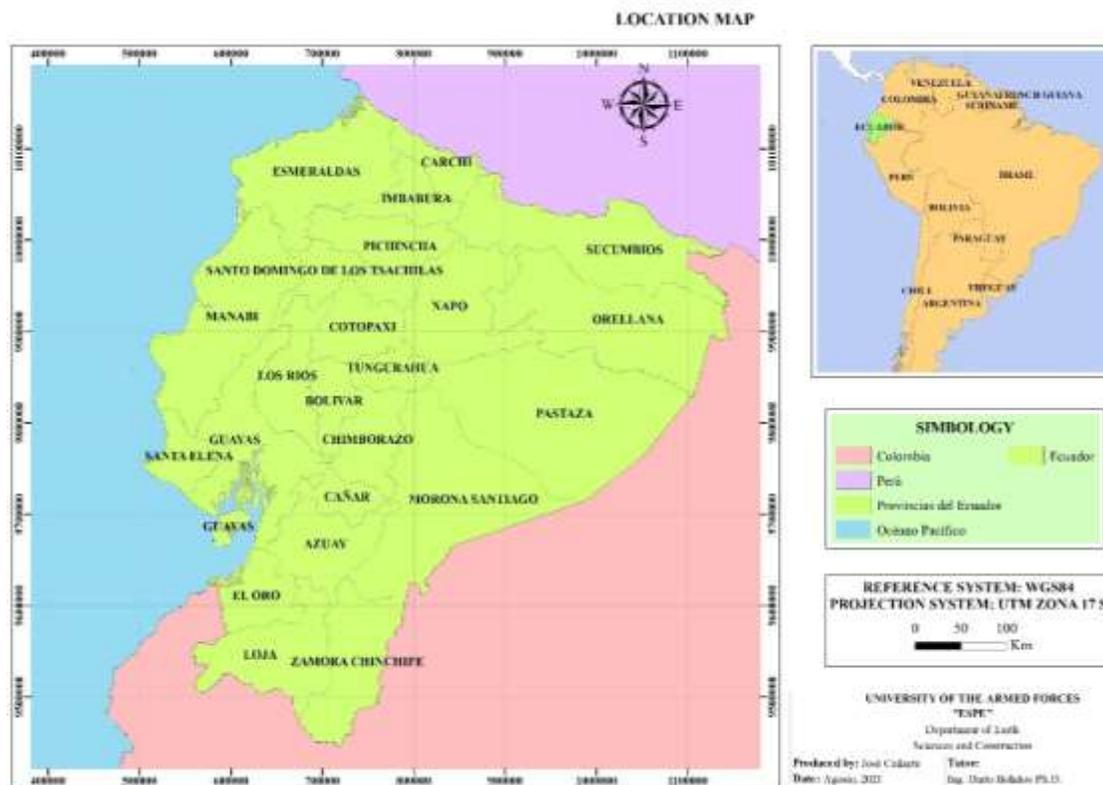
El 4 de noviembre de 2020 se muestrearon tres localidades del alcantarillado de Quito. Los lugares de muestreo son representativos de las descargas de aguas residuales acumuladas en el centro sur, centro norte y norte.

Nivel macro.

En la Figura 2 se presenta la zona macro de la presente investigación, en la cual se detallan las provincias de Ecuador, país que cuenta con una población de 17'268.000 habitantes y se encuentra ubicado en Sudamérica.

Figura 2

Zona de ubicación de Ecuador y sus parroquias



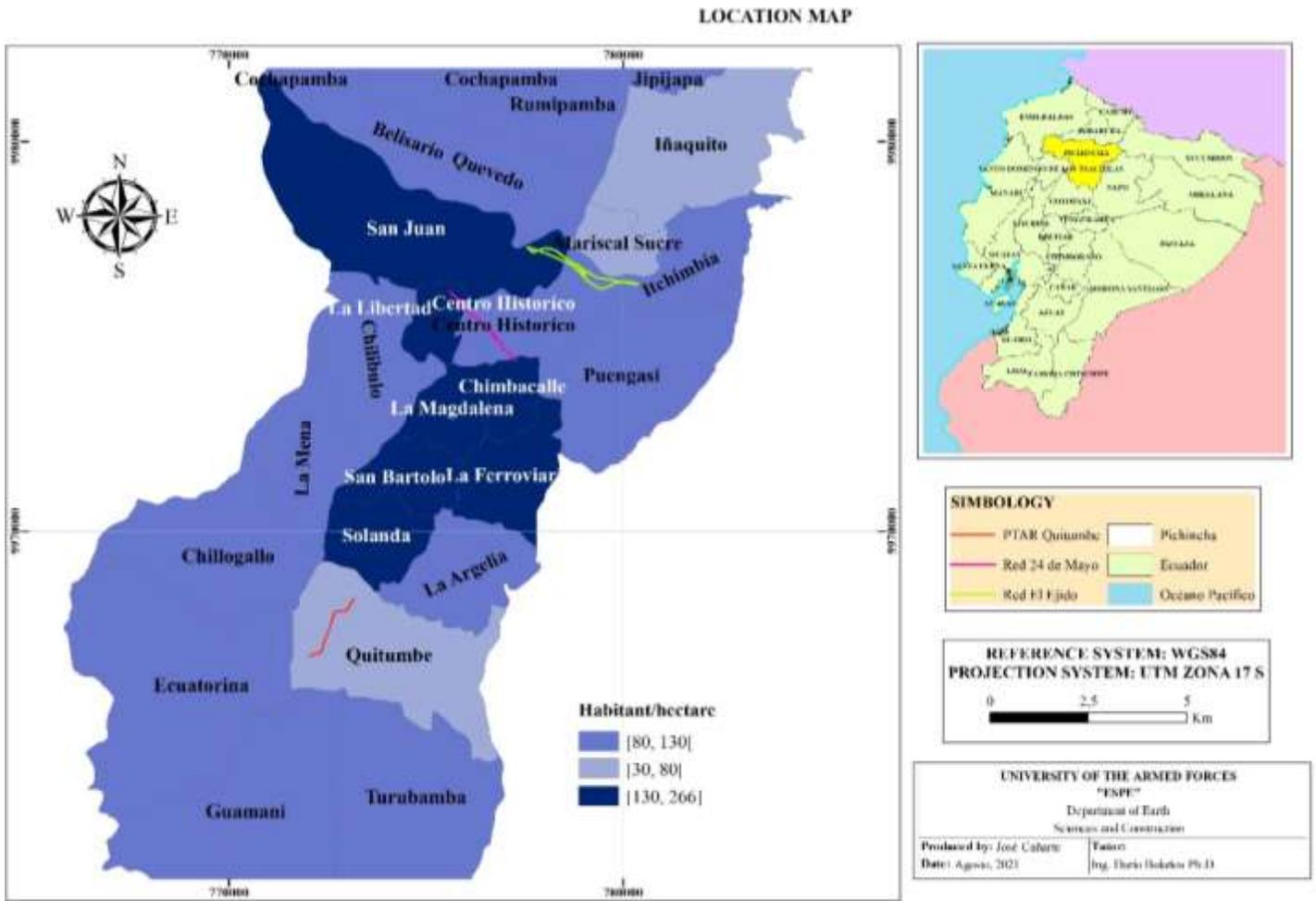
Nota: La figura muestra la ubicación del país y las provincias que la conforman, que pertenecen al siguiente trabajo

Nivel micro.

En la Figura 3 se presenta la zona micro de estudio, Pichincha que es una de las 24 provincias que conforman la República del Ecuador. Su capital es la ciudad de Quito, la cual se encuentra ubicada al norte del país, en la región geográfica conocida como Sierra. También se detalla la densidad habitante/hectárea de las parroquias urbanas de Quito y la ubicación de las respectivas redes.

Figura 3

Mapa de Ubicación de cantón Quito, Parroquias Urbanas.



Población

Según el Censo de Población y Vivienda de 2010, el 26,42% de la población tiene entre 31 y 64 años, seguido de los jóvenes entre 18 y 30 años (16,65%); niños y niñas entre 0 y 11 años (15,59%) la población de la tercera edad (65 años y más) alcanza el 0,4% (INEN, 2013).

Tabla 2

Población de las Parroquias de la zona de estudio.

PARROQUIA	POBLACIÓN
Quitumbe	97.588
Solanda	95.646
La Libertad	34.672
Centro Histórico	49.627
Chimbacalle	48.678
San Juan	66.330
Itchimbia	45.115
Belisario Quevedo	58.879

Economía

La principal fuente de producción de la zona es el comercio y el turismo. Además de esto, una buena parte de la población se desempeña en actividades artesanales.

Por otro lado, se destaca la ganadería y la agricultura. Un conjunto de actividades que reflejan el progreso y desarrollo del sector (Méndez, 2011).

Educación

Según el (SIISE, 2010), se considera que la escolaridad promedio son los años lectivos aprobados por las personas de una determinada edad en instituciones de educación formal en los niveles primario, secundario, superior universitario, superior no

universitario y postgrado (en este caso son hombres y mujeres mayores de 24 años y más) (IEE, 2013).

Metodología

Se realizó el muestreo de aguas residuales en la ciudad Quito perteneciente a la Provincia de Pichincha en aguas afluyente y efluentes de PTAR Quitumbe, Colector 24 de Mayo y Colector El Ejido, desde el mes de noviembre de 2020 hasta el mes de abril de 2021.

Tipo de investigación.

El presente trabajo corresponde a una investigación exploratoria, con enfoque cuantitativo, basado en el paradigma del positivismo (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), que se basó en la medición de variables ambientales: físicas, químicas y microbiológicas tales como: pH, temperatura, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, tensoactivos, turbidez, sólido suspendidos aceites y grasas, Coliformes fecales y el virus SARS CoV-2 en las plantas de tratamiento de aguas residuales de uso doméstico.

Método y técnica aplicadas en el laboratorio.

En la actualidad, diversas publicaciones reportan la detección de este virus en aguas residuales alrededor del mundo, en las cuales utilizan en su mayoría la metodología de detección y cuantificación para muestras clínicas, basada en la reacción de la cadena de la polimerasa de transcripción inversa (RT-qPCR) (La Rosa G. , 2020).

Con este tipo de estudios se puede detectar la existencia del material genético del SARS-CoV-2 en muestras de agua antes de que se tengan casos de COVID-19 declarados. Esto puede servir para llevar a cabo un control epidemiológico y poder ver

la evolución de la pandemia. Estas técnicas moleculares pueden complementar a los análisis que se realicen a nivel poblacional y a nivel clínico, puesto que pueden dar información de zonas concretas.

Muestra en Campo.

Se realizaron las colectas de las aguas residuales en la entrada y salida de la PTAR Quitumbe, (única PTAR en Quito), y en los Colectores 24 de Mayo y El Ejido de la ciudad de Quito, 34 muestras de aguas residuales fueron colectadas desde el mes de noviembre de 2020 hasta abril de 2021 en dicha ciudad. Para el muestreo se contó con la asistencia del personal técnico de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) que es la institución encargada de los servicios de potabilización de agua, instalación de alcantarillado pluvial.

Luego de la recolección, se almacenan en envases de plástico de 1 litro a -20°C , se midió la temperatura in situ, mediante el uso de un termómetro de mercurio con intervalos de $0,5^{\circ}\text{C}$. Las muestras fueron codificadas, preservadas (Procedimiento de Muestreo PE-AL-01) y almacenadas en un contenedor portátil refrigerado con hielo para ser transportadas al laboratorio y ejecutar los análisis respectivos.

Los pasos realizados para la toma de muestra se detallan a continuación:

- Identificación de los puntos de muestreo
- Homogeneización en el envase
- Colecta y codificación de la muestra
- Análisis de los parámetros in situ
- Sellado del envase
- Almacenamiento de la muestra en un contenedor refrigerado

- Envío de las muestras al laboratorio

Análisis químico, físico y microbiológico.

En las muestras de agua se midió el pH, DBO5, DQO, temperatura, ST y OD, cuyo procedimiento se detalla a continuación:

El pH se midió con el peachimetro determinado potenciométricamente con electrodo calibrado en dos puntos, para la determinación de aceites y grasas que son sustancias solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando capas iridiscentes sobre el agua e interfieren en la actividad biológica, para determinar el valor de aceites y grasas en las muestras de aguas residuales (1 L.) se utilizó embudo de separación tetrafluoroetileno (TFE) con llave de paso, matraz de destilación de 125 ml, embudo de vidrio, papel de filtro de 11 cm de diámetro, y como último paso, centrifugadora que gire al menos cuatro tubos de centrífuga de vidrio de 100 ml a 2400 rpm o más, tubos centrífugos de 100 ml de vidrio, baño María, capaz de mantener 85 °C., bomba de vacío u otra fuente de vacío, destilación adaptadora con punta de goteo.

Para determinar el DBO5, se utilizó botellas de incubación, botellas de vidrio con 60 ml o mayor capacidad, puede ser botellas de 300 ml tiene un tapón de vidrio esmerilado y una boca acampanada se prefiere), incubadora de aire o baño de agua, controlado por termostato a 20 ± 1 ° C., excluir de toda luz para prevenir la posibilidad de la producción fotosintética.

La determinación del DQO, para medir este parámetro se utilizó frascos o Erlenmeyer de 250 ml con esmerilado - aparatos de reflujo, que consta de 500 24/40 de cuello y de 300 mm de la chaqueta Liebig, West, o condensador equivalente a 24/40 esmerilado, y un plato caliente que tiene el poder suficiente para producir al menos 1,4

W/cm² de superficie de calentamiento, o equivalente, blender, pipetas clase A y de gran calibre. Y para los tensoactivos se realizó el análisis utilizando espectrofotómetro, para uso a 652 nm, proporcionando una trayectoria de luz de 1 cm o más, embudos de decantación: 500-ml, preferiblemente con llaves de paso y los tapones inertes TFE.

Concentración de partículas virales.

Uno de los factores claves para la detección de virus SARS-CoV-2 en muestras ambientales es el uso de procedimientos que permitan su concentración en cantidades adecuadas para ser detectadas por métodos de biología molecular.

Extracción de ARN viral

La extracción de ARN de SARS-CoV-2

Se realizó utilizando el kit de perlas magnéticas, el cual se basa principalmente en hibridación complementaria entre el ácido nucleico y las perlas. Este proceso consta de 3 fases: unión, lavado y elución. A través de la unión selectiva de ADN en medios saturados con sales y su recuperación es fácilmente llevada a cabo por un imán.

Componentes suministrados con el kit

Las perlas magnéticas son la clave para desarrollar este método, su tamaño aproximadamente es entre 0,5 y 10 μm , sintetizadas a partir de biopolímeros, vidrio poroso o materiales magnéticos inorgánicos como el óxido de hierro. Son especialmente adecuadas para su afinidad con las moléculas de ácidos nucleicos. Además, son capaces de no retener magnetismo una vez el campo magnético haya sido eliminado, evitando así su aglutinamiento entre ellas para asegurar una fácil suspensión de las partículas y una extracción uniforme de ácido nucleico.

Su uso para el Diagnóstico de Covid-19

Frente a la emergencia sanitaria y la necesidad de mayor capacidad de análisis, el método de perlas magnéticas resulta un gran aliado debido a su viabilidad y rendimiento en el procesamiento de altas cantidades de muestras derivadas de pacientes sintomáticos.

La extracción cuantitativa de ácidos nucleicos con alta pureza a partir de muestras crudas, son el requisito previo para ensayos eficaces de RT-PCR.

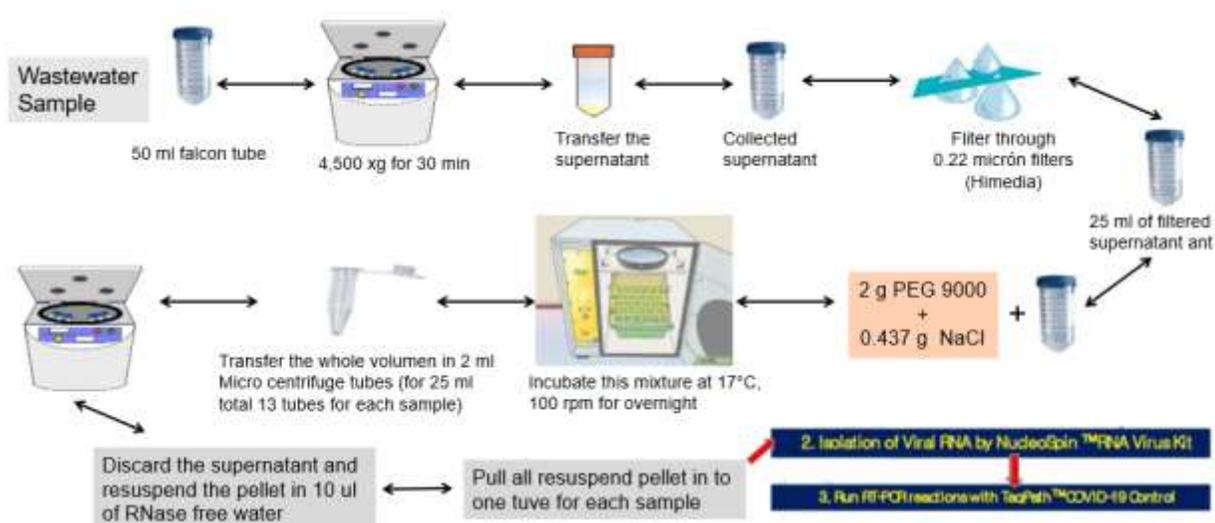
RT-qPCR cuantitativa

La determinación del SARS-CoV-2 en aguas residuales se lleva a cabo por medio de técnicas de biología molecular (RT-qPCR cuantitativa) basadas en la amplificación de secuencias específicas del ARN del virus (Medema, 2020)

Con el fin de realizar este monitoreo rápido, hay varios retos a superar, debido a que, actualmente, sólo hay relativamente pocos reportes sobre el monitoreo sistemático del SARS-CoV-2 en aguas residuales. De esta forma, es necesario poner a punto una metodología para concentrar el SARS-CoV-2, determinar y eliminar las interferencias que pueden afectar su detección en muestras de aguas residuales. Los primers y sondas que se utilizarán corresponden a 4 blancos genéticos del virus: las proteínas N1, N2 y N3, que corresponden a diferentes regiones del gen de la nucleocápside (N), y la proteína E de la cubierta del virus.

Figura 4

Aislamiento basado en filtración, precipitación y centrifugación de partículas virales de muestras de aguas residuales.



Capítulo 4

Resultados y discusión de la investigación

Análisis de los datos

Resultado de personas contagiadas con SARS COV-2

Los resultados acerca de la situación cantonal en el Distrito Metropolitano de Quito por el SARS COV-2 en las parroquias urbanas desde el mes de noviembre de 2020 hasta abril 2021 se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 3

Situación cantonal del Distrito Metropolitano de Quito por el SARS COV-2.

Muestras tomadas	FECHA	CASOS	MUERTOS
241.956	NOVIEMBRE	64.134	1.814
280.146	DICIEMBRE	69.067	1.846
324.825	ENERO	79.667	1.921
368.565	FEBRERO	90.416	2.024
419.166	MARZO	104.791	2.264
459.934	ABRIL	121.089	2.480

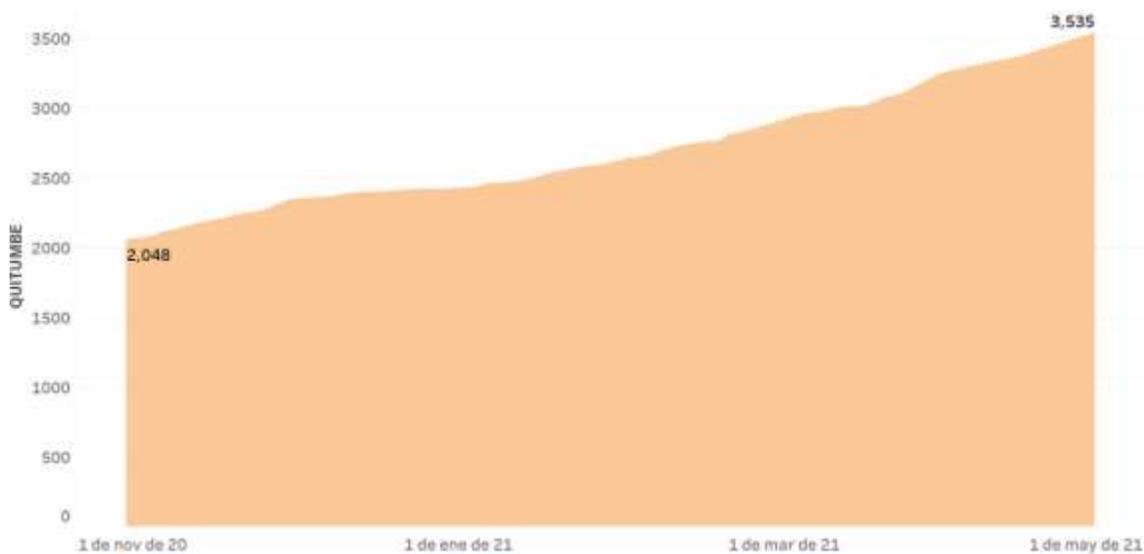
La tabla 3 muestra el número de casos acumulados mensual y el número de muertos, en lo que respecta al cantón Quito, siendo este el más golpeado por SARS-CoV2 al mes de abril presenta 121.089 personas contagiadas y 2.480 personas fallecidas, para un detalle de personas contagiadas por parroquias se puede recurrir a los anexos adjuntos de este proyecto en formato .xlsx, donde se evidencia el número de casos por días y por parroquias pertenecientes a la zona de estudio.

A continuación, en la figura 6 se observa a las parroquias; Quitumbe, La Libertad, Centro Histórico, Chimbacalle, San Juan, Itchimbía y Belisario Quevedo

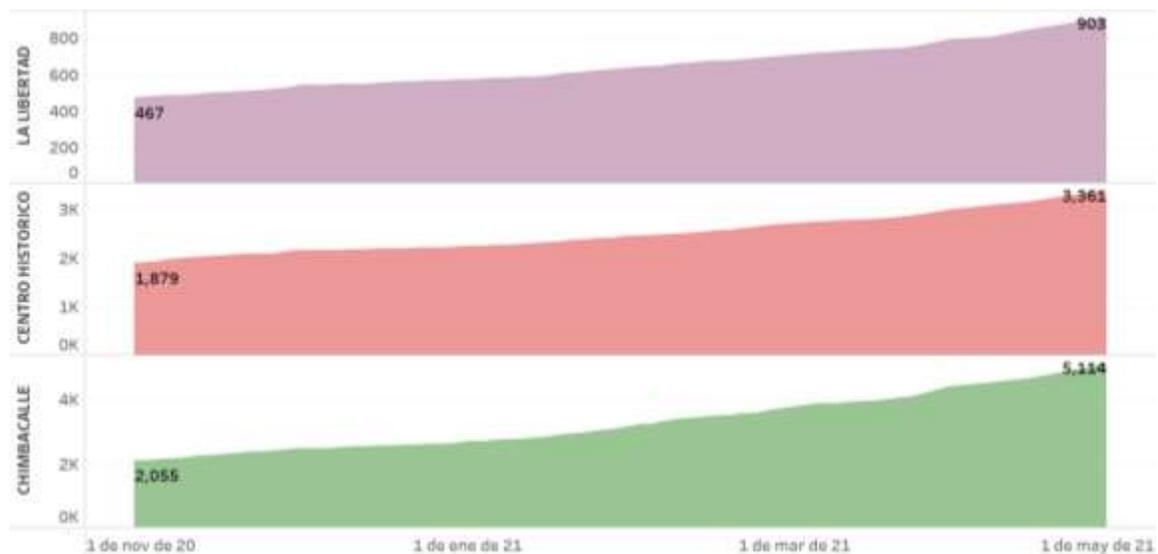
pertenecientes a la zona de estudio, el número de casos por SARS-CoV2 de dichas parroquias.

Figura 5

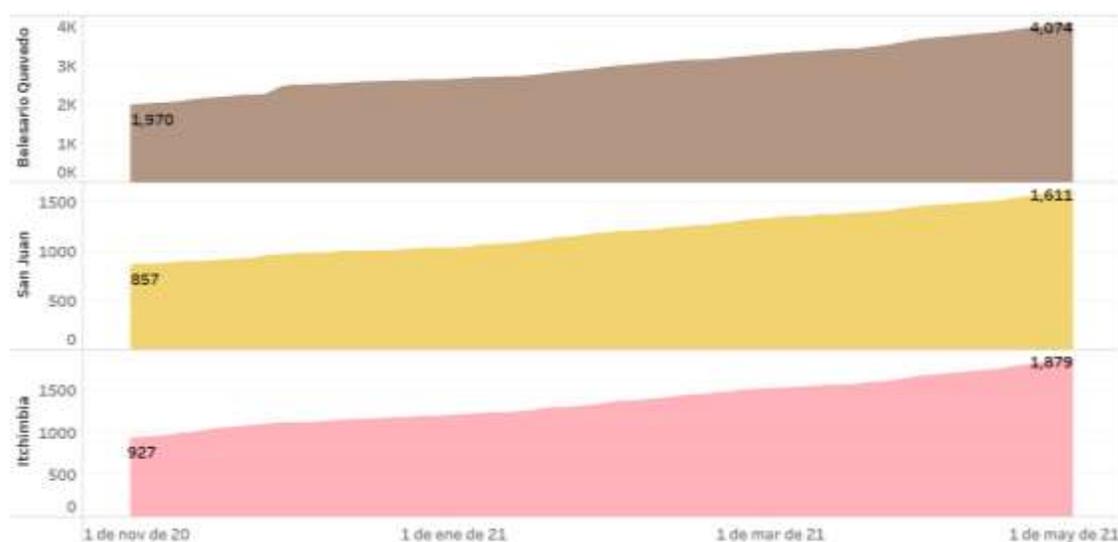
Número de casos por SARS-CoV2 en las parroquias urbanas de Quito.



(a)



(b)



(c)

En la figura 5 se observa que las siete parroquias siguen la misma tendencia, es decir al pasar los días el número de casos en las parroquias pertenecientes a la zona de estudio va en aumento sin poder estabilizarse.

Discusión.

Tras la recolección y estructuración de la base de datos se puede definir que las parroquias con mayor número de casos por SARS-CoV2 es Quitumbe en el sector Centro Sur; Centro Histórico y Chimbacalle en lo que respecta al sector Centro Norte y Belisario Quevedo en el sector Norte. Sin embargo, si se analiza la incidencia del virus en función de su población, Quitumbe, Cotocollao, Chillogallo, Centro Histórico y Chimbacalle son las áreas urbanas con mayor incidencia por cada 1.000 habitantes.

Todo esto sucedió porque Quito sigue liderando las estadísticas de infección por SARS-CoV2, registrando la tasa acumulada de casos más alta por cada 1.000 habitantes a nivel cantonal. Una de las razones más evidentes es que hay una mayor movilidad entre el día y la noche, y cada día se rompen multitudes y cercos epidemiológicos. La saturación generalizada de los hospitales de la capital ha

despertado la preocupación en el gremio médico, que advirtió que Quito podría estar en la cuarta fase de la pandemia. En abril de este año, Ecuador superó su récord mensual de nuevos casos de SARS-CoV2. El 71% de los infectados permanece en 18 de las 64 parroquias que componen la ciudad.

Resultados de los parámetros del agua residual

Los parámetros de calidad del agua de las muestras analizadas mostraron importantes efectos antropogénicos sobre los colectores y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (tabla 4). Los puntos de muestreo La Libertad y Efluente PTAR cumplen con los requisitos nacionales para la preservación de la vida acuática.

Estos valores están claramente relacionados con los casos de SARS-CoV2 reportados en el área de contribución de cada punto, y muestran valores más altos donde hay más casos activos registrados.

Los resultados de la evaluación física y química, que fueron realizados durante los meses de noviembre 2020 hasta abril del 2021 son los siguientes:

Tabla 4

Parámetros DBO5 del agua residual.

DBO5 (mg O2/L)						
Fecha	La Libertad	El Placer	Manuela Rea	Las Casas y HCAM	Afluente PTAR	Efluente PTAR
NOVIEMBRE	155,00	415,00	445,00	455,00		
DICIEMBRE	87,00	325,00	325,00	290,00		
ENERO	35,00	380,00	242,00	231,00	334,00	
FEBRERO	160,00	540,00	437,00	385,00	493,00	46,00
MARZO					425,00	35,00
ABRIL					546,00	51,00

Discusión.

La evaluación de estos parámetros se encuentran dentro del rango de componentes típicos de las aguas residuales domésticas, el valor más alejado se encuentra en los sectores El Placer, Manuela Rea, HCAM, Afluente PTAR, siendo los sectores La Libertad y Efluente PTAR, los únicos que cumplen con la Norma del Ministerio del Ambiente quien menciona que los límites de descarga al sistema de alcantarillado es de 250 mg/l, estos valores que superan a la norma se puede presentar por la abundante oxidación de materia orgánica biodegradable presente en el agua residual en dichos puntos.

Tabla 5

Parámetros DQO del agua residual.

DQO (mg O₂/L)						
Fecha	La Libertad	El Placer	Manuela Rea	Las Casas y HCAM	Afluente PTAR	Efluente PTAR
NOVIEMBRE	165,00	502,00	717,00	672,00		
DICIEMBRE	72,00	354,00	365,00	342,00		
ENERO	34,67	456,67	398,50	330,50	412,00	20,00
FEBRERO	65,00	480,00	367,50	353,50	503,00	26,00
MARZO					427,75	11,00
ABRIL					505,50	38,50

Discusión

En lo que respecta al parámetro de Demanda Química de Oxígeno DQO se observa que todos los puntos de muestreo cumplen con la Norma que se menciona, los límites de descarga al sistema de alcantarillado son de 500 mg/l, disminuyendo en las muestras del efluente PTAR lo que nos da a entender es que el tratamiento en dicho PTAR cumple con los niveles de depuración.

Tabla 6*Parámetros ST del agua residual.*

ST (mg/L)						
Fecha	La Libertad	El Placer	Manuela Rea	Las Casas HCAM	Afluente PTAR	Efluente PTAR
NOVIEMBRE	334,38	735,75	631,33	650,48		
DICIEMBRE	343,17	598,67	510,00	530,00		
ENERO	135,75	642,50	542,00	608,83	712,50	381,25
FEBRERO	252,50	771,00	583,75	581,50	710,75	404,50
MARZO					663,83	419,67
ABRIL					786,25	425,50

Discusión.

Según la normativa vigente que regula el recurso agua, reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria (TULAS), Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes, los valores de Sólidos Totales están dentro de la estructura propia del agua residual, quien menciona que el límite de descarga al sistema de alcantarillado público es 1.600,0 mg/l. Esto se debe a que los sedimentadores están trabajando y al efectuar este proceso la sedimentación es eficaz y reduce las partículas en el agua.

Tabla 7*Parámetros físico-químico del agua residual - Colector 24 de Mayo.*

	CE (mg/L)	OD (mg/L)	pH	T° promedio (°C)
NOVIEMBRE	231,29	4,22	7,63	17,63
DICIEMBRE	108,55	5,98	6,45	17,22
ENERO	113,93	5,88	6,72	24,56
FEBRERO	216,50	6,58	7,31	17,81

(a)

	CE (mg/L)	OD (mg/L)	pH	T° promedio (°C)
NOVIEMBRE	328,50	4,30	7,98	18,81
DICIEMBRE	293,38	5,35	7,64	17,80
ENERO	759,00	5,11	7,72	17,63
FEBRERO	551,50	2,69	7,57	16,72

(b)

La tabla 7 indica (a) los resultados de los parámetros físicos de la muestra sector La Libertad y los (b) muestran los parámetros físicos de las muestras sector El Placer, siendo los dos sectores pertenecientes al Colector 24 de Mayo.

Discusión.

Dentro del Colector 24 de Mayo, se tomó muestras en dos puntos o sectores, los parámetros: conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), pH, del sector El Placer fue mayor con respecto al sector La Libertad mientras que para el parámetro temperatura ocurre todo lo contrario, se debe considerar la temperatura porque este parámetro afecta la vida útil de los microorganismos. Otro factor de discrepancia entre los valores de mes a mes es que las muestras se recolectaron en diferentes momentos durante las visitas, pero en sí los cuatro parámetros mencionados antes se encuentran en los rangos establecidos en la presente norma.

Tabla 8

Parámetros físico-químico del agua residual - Colector El Ejido.

	CE (mg/L)	OD (mg/L)	pH	T° promedio (°C)
NOVIEMBRE	321,38	2,37	8,21	17,71
DICIEMBRE	274,75	3,25	8,15	17,13
ENERO	567,00	2,86	8,03	16,64
FEBRERO	594,75	0,00	7,92	17,36

(a)

	CE (mg/L)	OD (mg/L)	pH	T° promedio (°C)
NOVIEMBRE	325,38	3,21	8,18	17,52
DICIEMBRE	255,38	5,29	8,22	16,10
ENERO	930,92	3,46	8,17	15,63
FEBRERO	599,25	0,00	8,02	17,08

(b)

La tabla 8 indica (a) los resultados de los parámetros físicos de la muestra sector Manuela Rea y los (b) muestran los parámetros físicos de las muestras sector HCAM, siendo los dos sectores pertenecientes al Colector El Ejido.

Discusión.

Dentro del Colector El Ejido, se tomó muestras en dos puntos o sectores, el parámetro oxígeno disuelto (OD) en el sector Manuela Rea se encuentra en menor valor con respecto al sector HCAM, es decir existe menos saturación o los materiales que se encuentran en dicho sector se oxidan de manera natural, pero en sí los cuatro parámetros que detalla la tabla 8 se encuentran en los rangos establecidos en la presente norma.

Tabla 9

Parámetros físico-químico del agua residual PTAR Quitumbe.

	CE (mg/L)	OD (mg/L)	pH	T° promedio (°C)
ENERO	754,88	2,11	7,86	19,87
FEBRERO	689,00		8,03	18,32
MARZO	620,50		8,15	14,98
ABRIL	760,63		8,38	15,49

(a)

	CE (mg/L)	OD (mg/L)	pH	T° promedio (°C)
ENERO	511,13	4,55	7,38	19,80
FEBRERO	542,38	4,58	7,19	18,46
MARZO	432,10		6,64	18,03
ABRIL	478,00	0,00	6,64	18,26

(b)

La tabla 9 indica (a) los resultados de los parámetros físico-químicos de la muestra sector a la entrada de la PTAR Quitumbe, (b) muestran los parámetros físico-químico de las muestras a la salida de la PTAR Quitumbe, siendo los dos sectores pertenecientes al PTAR de Quitumbe.

Discusión.

Es evidente ver que los valores del afluente y efluente de la PTAR varían significativamente, los parámetros: conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), en el afluente es de mayor valor que del efluente, mientras que para los parámetros: pH y temperatura los valores son similares, demostrando una eficiencia en el proceso en dicha PTAR, el oxígeno disuelto del efluente presenta valores más altos que del afluente de la PTAR, lo que se puede concluir que hay un buen mantenimiento y estado

actual de la planta, ya que las bacterias consiguen efectuar la remoción de materia orgánica.

Después de haber definido la metodología de toma de muestras compuestas de aguas a lo largo de los cauces, se estableció tomar dos puntos por cada estación, en total se tomó las muestras en 3 estaciones: Colector 24 de Mayo, Colector El Ejido y PTAR Quitumbe.

Los sectores La Libertad y El Placer pertenecen al colector 24 de Mayo, mientras que los sectores Manuela Rea y HCAM pertenecen al colector El Ejido y para la PTAR Quitumbe se tomaron muestras al inicio y al final de dicha planta de tratamiento.

Resultados de SARS-CoV2

Tabla 10

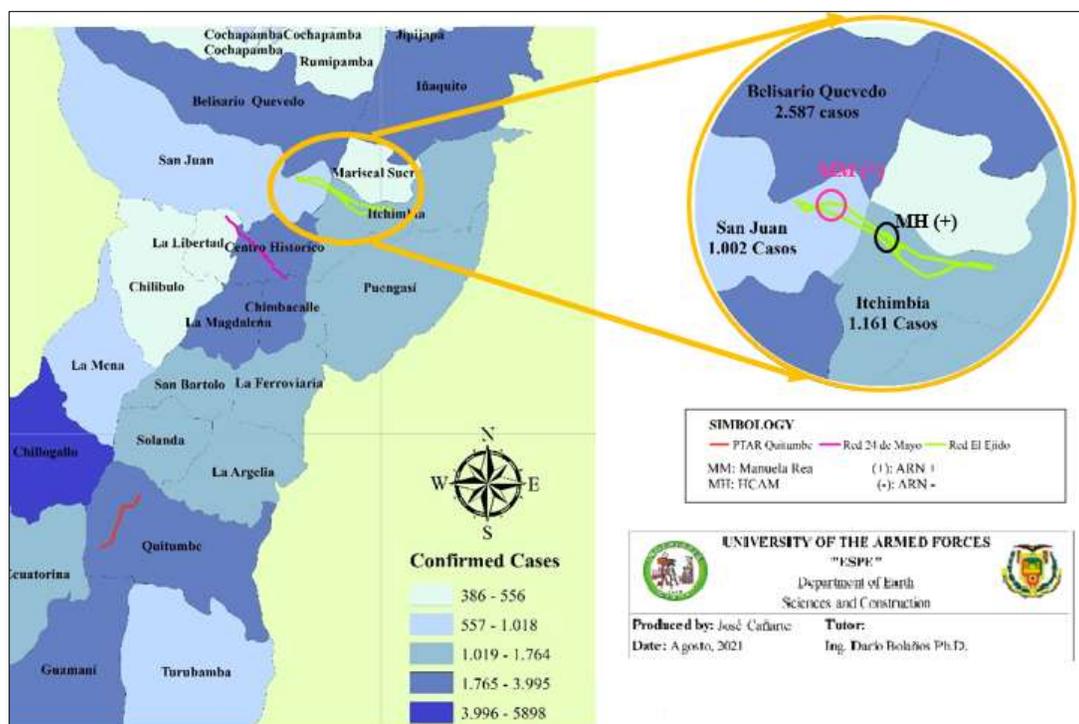
Resultados de SARS-CoV2 en aguas residuales.

Fecha	Muestra	Objetivo	Ct	Status	Cantidad	Consenso
dic-20	1 - control positivo para procesamiento	S gene	27,59	Amplificación	1,77e+1	Positivo
		N gene	30,20	Amplificación	2,56e+0	
		MS2	27,33	Amplificación	No cuantificado	
		ORF1ab	27,26	Amplificación	1,61e+1	
dic-20	2 - muestra agua residual	S gene	25,96	Amplificación	5,74e+1	Positivo
		N gene	37,44	Poco concluyente	1,25e-2	
		MS2	31,36	Amplificación	No cuantificado	
		ORF1ab	28,76	Amplificación	5,4e+0	
ene-21	3 - muestra agua residual	S gene	Indeterminado	Sin amplificación		Negativo
		N gene	Indeterminado	Sin amplificación		
		MS2	24,07	Amplificación	No cuantificado	
		ORF1ab	Indeterminado	Sin amplificación		
		S gene	Indeterminado	Sin amplificación		Negativo

ene-21	4 - muestra agua residual	N gene	Indeterminado	Sin amplificación		
		MS2	25,64	Amplificación	No cuantificado	
		ORF1ab	36,38	Poco concluyente		
abr-21	5 - muestra agua residual	S gene	25,96	Poco concluyente	4,06E-2	
		N gene	32,94	Amplificación	No cuantificado	Positivo
		MS2	27,26	Amplificación	No cuantificado	
		ORF1ab	32,43	Amplificación	No cuantificado	
abr-21	6 - muestra agua residual	S gene	Indeterminado	Sin amplificación		
		N gene	Indeterminado	Sin amplificación		Negativo
		MS2	26,03	Amplificación	No cuantificado	
		ORF1ab	Indeterminado	Sin amplificación		

Figura 6

Presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales, Colector El Ejido.

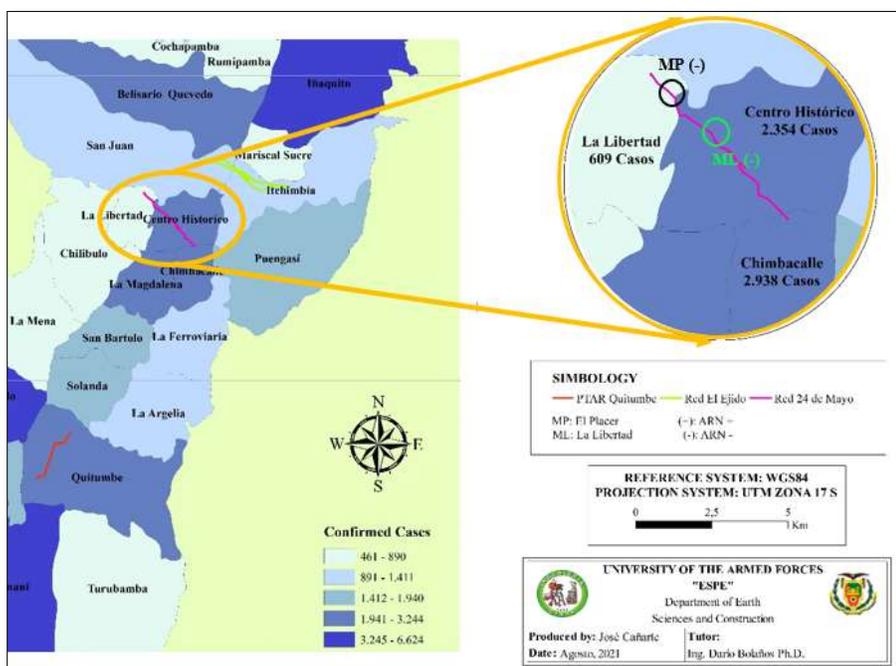


Discusión.

Con fecha del 20 de diciembre del 2020, se obtiene que en el Colector 24 de Mayo la presencia de los tres genes de SARS-CoV-2, ORF1ab, genes de proteína N y genes de proteína S, dando como resultado positivo a la presencia de SARS-CoV-2 en dichos puntos de muestras de aguas residuales, esto puede deberse a presencia de contagiados en la zona, incluyendo el HCAM ya que dichas aguas desembocan al alcantarillado de Quito, para el mes de diciembre estaba colapsado la atención médica, sobre todo Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) por la presencia de SARS-CoV2 confirmado por las autoridades competentes por medio de pruebas PCR. Un total 4.750 casos confirmados por el MSP que abarcan dichas zonas del colector, equivalente 7% del total de 67.812 casos en la zona urbana.

Figura 7

Presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales, Colector 24 de Mayo.

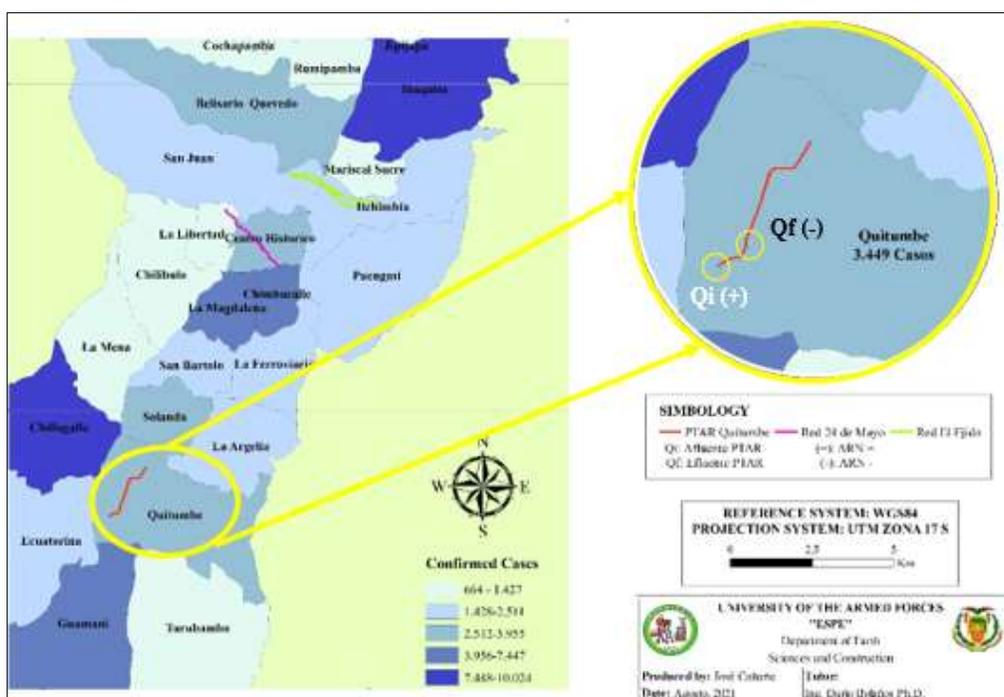


Discusión.

Con fecha de 21 de enero del presente año, en la figura 7 se observa que tanto los puntos MP y ML pertenecientes al Colector El Ejido no hay presencia de SARS-CoV2, sin embargo, los valores de MS2 en estas muestras fueron todos similares: 24,07; 25,64 y 36,38. Esto indica que no hubo diferencia significativa en los efectos inhibidores por la matriz de aguas residuales en extracción de ARN y rendimiento de RT-PCR. Esto se puede dar por que no se cuantificó por completo dichas muestras. También se puede mencionar que la figura 7 da como antecedente un total 75.710 personas contagiadas en toda la zona urbana de Quito, aumentando en un 10% el número de casos respecto al mes anterior y siendo las parroquias de estas zonas las menos afectadas por dicho virus.

Figura 8

Presencia de SARS-CoV2 en aguas residuales, PTAR Quitumbe.



Se examinó tres genes de SARS-CoV-2, ORF1ab, genes de proteína N y genes de proteína S, de las muestras del afluente y el efluente ambos de la PTAR Quitumbe. También se agregó el MS2 en cada muestra como en el control negativo para verificar la eficacia de la preparación de la muestra y la ausencia de inhibidores en la reacción de RT-PCR.

Con fecha de 21 de abril de 2021, en la figura 8 se observa que del afluente la presencia de SARS-CoV2 es positivo mientras que para el efluente todo lo contrario, no se encontró presencia de SARS-CoV2, esto se debe por el hecho que la PTAR realiza la limpieza de las aguas residuales correctamente y devuelve de forma segura a nuestro medio ambiente eliminando los restos sólidos y perdiéndose rastros de SARS-COV2.

Estos resultados proporcionan evidencia de la sensibilidad del monitoreo ambiental para detectar brotes persistentes en la población. Según el MSP para esta fecha se contaba con 116.169 personas contagiadas y siendo Quitumbe la parroquia más poblada y con el mayor número de contagios con 3.449 personas confirmadas.

Aunque la incidencia reportada de infecciones humanas es baja, la detección de virus en las aguas residuales puede estar relacionada con la capacidad de monitoreo de las aguas residuales. Después de un modelo epidemiológico cuidadoso, se pueden estimar los casos leves, subclínicos o asintomáticos.

Detectar SARS-CoV-2 en aguas residuales como una forma de monitoreo, detección y control de esta enfermedad no solo ayuda a la detección temprana, sino que también ayuda a prevenirla en las áreas mencionadas anteriormente o de éstas a las demás.

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La determinación de concentración de SARS-CoV2 en aguas residuales del alcantarillado de Quito, se realizó en PTAR Quitumbe, Colector 24 de Mayo y Colector El Ejido. En cada estación se definieron dos puntos de muestreo, inicial y final, dando como resultado 6 puntos en total para la toma de muestras. Al ser la única PTAR en Quito, las primeras dos muestras se lo hicieron del afluente y efluente de la misma. Para el colector 24 de Mayo, los puntos estuvieron ubicados en los sectores La Libertad y El Placer, por último, para el colector El Ejido, las ubicaciones fueron Manuel Larrea y HCAM. La toma de muestras se realizó entre noviembre de 2020 y abril de 2021. El horario para la toma de muestras se lo definió en la mañana, con tipo de muestra compuesta directamente desde el alcantarillado.
- El incremento de índices de contagio fue en parroquias con mayor número de habitantes, Quitumbe con 3.535 personas contagiadas por SARS-CoV2, con corte de 26 de abril, cuenta con el mayor número de población, 97.588 habitantes, en lo que respecta a la zona Centro- Sur, seguido de la parroquia Chimbacalle que a la misma fecha cuenta con 5.114 personas contagiadas por el virus y con una población de 48.678 habitantes en lo que respecta a la zona Centro Norte, la parroquia San Juan en la zona Norte reporta 1.611 personas contagiadas por SARS-CoV2 de un total de 66.330 habitantes, dichas parroquias se ven afectadas por la afluencia de personas ya que al ser zonas metropolitanas conservan actividades económicas y proveen de suministros

básicos del hogar a las parroquias aledañas. Es decir, el mayor número de personas contagiadas se dio en Chimbacalle con un 30% mayor respecto a Quitumbe y con un 68% mayor respecto a San Juan.

- El análisis de la presencia de ARN del SARS-CoV-2 en muestras de aguas residuales en la zona urbana de Quito reveló que la carga más alta del virus es S, seguida de ORF1ab y N. La carga de ARN del virus en las aguas residuales se correlaciona positivamente con el número de casos confirmados en los puntos donde se tomaron las muestras. En términos generales, el monitoreo de aguas residuales y WBE pueden representar un método complementario para estimar la presencia de SARS-CoV2 en la población. Se detectó SARS-CoV-2 en heces e hisopados de pacientes SARS-CoV2 activos y fallecidos, y la transmisión fecal-oral es una posible vía de infección. El SARS-CoV-2 ha sido detectado en aguas residuales de varios países donde la enfermedad está presente, este es el único proyecto en Ecuador que ha analizado la presencia de SARS-CoV2 en las alcantarillas de Quito, dando un 50% positivo la presencia del ARN del virus y el otro 50% negativo de las 6 tomas de muestras, además se observó una ligera diferencia en la concentración de genes positivos del SARS-CoV-2 entre S y ORF1ab. Sin embargo, se requiere un conjunto de datos temporales a gran escala para obtener una conclusión más convincente. El estudio concluye que el monitoreo regular de muestras de aguas residuales se puede utilizar para obtener información sobre la prevalencia en un área en particular y ayudar a afinar eficazmente las intervenciones de gestión.

Recomendaciones

- La vigilancia de las aguas residuales del ARN del SARS-CoV2 podría ser una herramienta para monitorear la circulación de COVID-19 en nuestra comunidad y podría servir como una alerta temprana de la emergencia de COVID-19
- Es necesario realizar estudios infecciosos y epidemiológicos sobre las aguas residuales, sus receptores y los virus en el agua tratada.
- Hasta ahora, no existe un método estandarizado para la determinación de SARS-CoV2 en aguas residuales por ende sería un tema nuevo a tratar en el país.
- Esta es una herramienta eficaz que debe estudiarse más a fondo para orientar la respuesta de salud pública, especialmente en el caso de una capacidad de ensayo clínica limitada.

Referencias Bibliográficas

- Ahmed, W., Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., Choi, P., . . . Mueller, J. (2020). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of the Total Environment*.
- APHA, W. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual. In APHA, *Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual*. Madrid – España: Editorial Díaz de Santos.
- Avecillas, L. (2014). *Caracterización Físico - Químico del Estero Salado entre el puente de la Avenida Kennedy y el puente 5 de Junio efectuado en el periodo Agosto - Octubre del año 2012*. Retrieved from Caracterización Físico - Químico del Estero Salado entre el puente de la Avenida Kennedy y el puente 5 de Junio efectuado en el periodo Agosto - Octubre del año 2012: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3502/1/1093.pdf>
- Barreto Torrella, S. I. (2020). COVID-19 and wastewater. *Revista Cubana de Medicina Tropical*.

- Bauset Muñoz, C. (2016). Diseño de una infraestructura de datos espaciales y geoportal. Universidad politecnica de Valencia, Escuela tecnica superior.
- Bupa. (2020, Marzo). *COVID19 Coronavirus*. (Bupa Global Latinoamérica 2021) Retrieved from ¿QUÉ ES EL CORONAVIRUS?
- Cava, T., & Ramos, F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque*. Retrieved from Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque:
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/850/BC-TES-5266.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Claude, E. (2017, Octubre 23). *Conductividad eléctrica del agua*. Retrieved from Conductividad eléctrica del agua:
<https://www.aquaculturealliance.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-2/>
- Daughton, C. (2020). Wastewater surveillance for population-wide Covid-19: The present and future. *Science of the Total Environment*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139631>
- DINAMA. (1996). Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes. In DINAMA, *Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes* (p. 174).
- El Comercio. (2019, Febrero 27). *Actualidad*. Retrieved from Restos de camales ilegales llegan a planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Quitumbe:
<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/restos-camales-ilegales-quitumbe-faenamamiento.html>
- El Comercio. (2020, Junio). Ciencia. *El nuevo coronavirus ya estaba en aguas residuales de Italia en diciembre del 2019, según estudio*.
- El Telégrafo. (2020, Julio 04). Sociedad. *En aguas residuales de Quito hallan material de SARS-CoV-2*.
- Elkan, M. (2018, Noviembre). Ciencias de los materiales. *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES -PTAR*. Retrieved from <http://cienciaspascualbravo1.blogspot.com/>
- Fields, M. (1978). Bacteriología. In M. Fields, *Bacteriología*. Zaragoza: Acribia.
- Gálvez, F. (2009, mayo 7). *Ácidos Nucleicos*. Retrieved from Ácidos Nucleicos:
https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/Acidos%20Nucleicos_09.pdf
- Graham, C. W., De la Cruz, C. S., Cao, B., Pasnich, S., & Jamil, S. (2020, Feb 15). Novel Wuhan (2019-nCoV) Coronavirus. *American journal of respiratory and critical care medicine*. doi:10.1164 / rccm.2014P7

- Granja Villacís, A. I., & Nuñez Enríquez, D. A. (2016). DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RETORNO DE AGUAS SERVIDAS PARA EL ÁREA DE APOORTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO". Quito, Pichincha, Ecuador: PUCE.
- Guerrero Latorre, L., Ballesteros, I., Villacrés Granda, I., & Granda, G. M. (2020). SARS-CoV-2 in river water: Implications in low sanitation countries. *Science of the Total Environment*.
- Harris, D. (2003). *Análisis Químico Cuantitativo*. Retrieved from Análisis Químico Cuantitativo:
https://www.academia.edu/40610014/An%C3%A1lisis_qu%C3%ADmico_cuantitativo_3a_ed_nodrm
- Hart, O., & Halden, R. (2020). Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities and challenges. *Science of the Total Environment*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138875>
- Hazen and Sawyer, P.C. (2011, Marzo). Estudios de Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ. *Resumen Ejecutivo – Plan Maestro de Alcantarillado*. Quito, Ecuador.
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana. Retrieved from Metodología de la Investigación.
- IEE. (2013). *INSTITUTO DE ESTUDIOS ECUATORIANOS*. Retrieved from <https://www.iee.org.ec/>
- INEN. (2013, Diciembre). *Quito, el cantón más poblado del Ecuador en el 2020*. Retrieved from www.ecuadorencifras.gob.ec
- La Rosa, G. (2020). *Coronavirus in water environments: Occurrence, persistence and concentration methods - A scoping review*. Retrieved from Water Research: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S004313542030436X?token=DDCC2B190560ECF861C3F1E3EB6522AE20199332CFEC7912480FDA99BA790EAF80BD369594BD588DBCBF426D14371FA6&originRegion=us-east-1&originCreation=20210726202318>
- La Rosa, G., Iaconelli, M., Mancini, P., Bonanno Ferraro, G., Veneri, C., Bonadonna, L., . . . Suffredini, E. (2020). First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Science of the Total Environment*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139652>
- Lermann, Lermann, B., Gilli, M., Eliggi, M., & Zerbato, M. (2000). *Demanda Biológica de Oxígeno. Carrera de Ingeniería Química y en Alimentos FIQ-UNL*. Retrieved from Demanda Biológica de Oxígeno. Carrera de Ingeniería Química y en Alimentos FIQ-UNL: http://www.fiq.unl.edu.ar/gir/archivos_pdf/GIR-TecnicasAnaliticas-DemandaQuimicadeOxigeno.pdf

- Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., . . . Feng, Z. (2020, Mar). Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia. *The New England journal of medicine*. Retrieved from <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001316>
- Lu, H., Stratton, C. W., & Tang, Y.-W. (2020, Apr). Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: The mystery and the miracle. (*J. o. virology*, Ed.) Retrieved from <https://doi.org/10.1002/jmv.25678>
- Medema, G., Heijnen, L., Elsinga, G., Italiaander, R., & Brouwer, A. (2020, July). Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. *The Netherlands*. doi:<https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20045880>
- Medema, G., Heijnen, L., Elsinga, G., Italiaander, R., & Brouwer, A. (2020). Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. *KWR Water Research Institute*. doi:<https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20045880>
- Medema, G., Heijnen, L., Elsinga, G., Italiaander, R., & Brouwer, A. (2020). Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in Sewage and Correlation with Reported COVID-19 Prevalence in the Early Stage of the Epidemic in The Netherlands. *ENVIRONMENTAL Science & Technolgg LETTERS*, 511-516.
- Méndez, S. (2011, Enero). *Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de*. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/5/98100.pdf>
- NACIONES UNIDAS. (2015). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Retrieved Marzo 01, 2021, from 6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Naddeo, V., & Liu, H. (2020). Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond? *Environmental Science Water Research & Technology*. doi:10.1039/d0ew90015j
- OMS. (2020, Noviembre 10). *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD*. Retrieved from Información básica sobre la COVID-19: <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>
- ONU. (2015). Objetivo 6. Agua Limpia Y Saneamiento: Por Que Es Importantes. 1-2. Retrieved Febrero 22, 2021, from https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/6_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- ONU. (2015). *OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE*. Retrieved Marzo 01, 2021, from Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

- Ordenanza Metropolitana No. 0041. (2015, Febrero). Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial . Retrieved from https://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/lites_ord041_plan2015-20251.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2020). Preguntas y respuesta sobre la transmisión de la COVID-19. Retrieved Marzo 2, 2021, from <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>
- Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida*. Quito, Pichincha, Ecuador: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades. Retrieved Feberero 28, 2021, from www.planificacion.gob.ec
- Presidencia de la República. (2008). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA . *LIBRO VI ANEXO 1*.
- Quito Informa. (2020, Septiembre Quito). Planta de tratamiento de aguas residuales Quitumbe ayudará al desarrollo sostenible.
- Randazzo , W., Truchado , P., & Sanchez , G. (2020). SARS-CoV-2 RNA in Wastewater Anticipated COVID-19 Occurrence in a Low Prevalence Area. Valencia, España: University of Valencia.
- Randazzo, W., Truchado, P., Cuevas Ferrando, E., Simón, P., Allende, A., & Sánchez, G. (2020). SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. *Water Research*.
- Rivas, W. (2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de aguas residuales*. Retrieved from *Diseño de Plantas de Tratamiento de aguas residuales*: https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales
- Rothan, H., & Byrareddy , S. (2020, May). The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *Journal of autoimmunity*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2020.102433>
- SIISE. (2010). *Sistema integrado de indicadores sociales del Ecuador*. Retrieved from <https://searchworks.stanford.edu/view/4680496>
- Srivastava, V., Kumar Patel, A., Joshi, M., & Kumar, M. (2021). Reflections of COVID-19 cases in the wastewater loading of SARS-CoV-2 RNA. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100115>.
- Torske, M. (2019). *YAKUNINA*. Retrieved from *La realidad de las aguas servidas en Ecuador*: <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/>
- UTE. (2020, Junio). *UTE DETECTA CORONAVIRUS EN AGUAS SERVIDAS DE QUITO*. Retrieved from <https://www.ute.edu.ec/ute-detecta-coronavirus-en-aguas-servidas-de-quito/>

Zarza, L. F. (2021). *iagua*. (2021iAgua, Editor) Retrieved from ¿Qué es un colector de agua?