

## **JEFATURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN**

**SAVE: Saneamiento ambiental y vigilancia  
epidemiológica.**

**Carreras Involucradas:** MEDICINA, INGENIERÍA AMBIENTAL,

### **Director del Proyecto**

CARLOS MATOVELLE BUSTOS - 0302013578

### **Colaboradores del Proyecto**

SOLANO PELÁEZ JOSÉ LUIS - 010310937

CAMPOVERDE CISNEROS MANUEL ALFREDO - 0102517265

HERAS BENAVIDES DIEGO AQUILES - 0103557518

VAZQUEZ GUILLÉN JUAN JOSE - 0104053863

**Código de Proyecto: PICCOVID-19-18**

**Cuenca, abril de 2020**

**Versión 1.0**

## 1 TABLA DE CONTENIDOS

---

<b>1</b>	<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS .....</b>	<b>3</b>
3.1	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO .....	3
3.2	INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO .....	4
3.3	ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO .....	4
3.4	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
3.5	PERMISOS O AVALES .....	5
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>5</b>
4.1	RESUMEN DEL PROYECTO .....	5
4.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
4.3	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	6
4.4	PALABRAS CLAVE .....	7
4.5	DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA .....	7
4.6	OBJETIVOS .....	7
4.6.1	GENERAL .....	7
4.6.2	ESPECÍFICOS .....	8
4.7	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
4.8	TRANSFERENCIA DE RESULTADOS .....	8
4.9	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (ANEXO I) .....	8
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS .....</b>	<b>9</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>9</b>

## 2 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>TÍTULO</b>					
SAVE: Saneamiento ambiental y vigilancia epidemiológica.					
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO</b>					
CARLOS MATOVELLE BUSTOS - 0302013578					
<b>CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN</b>					
Centro de Investigación Ingeniería, Industria, Construcción y TICs					
Grupo de Investigación MEDICINA, INGENIERÍA AMBIENTAL,					
<b>LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL</b>					
Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace <a href="#">Lineas y Ambitos de Investigación Institucionales</a> .					
<b>CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO</b>					
Consultar el código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace <a href="#">SKOS</a>					
Campo	25	Disciplina	2508	Subdisciplina	250811
<b>Programa:</b> En caso de que el proyecto sea parte de un programa.					
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b>					
Duración del proyecto en meses			24		
<b>TIPO FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO</b>					
Monto total del financiamiento proyecto			5000		

## 3 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS

### 3.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO

Incluir una tabla por cada institución con las cuales se compartirá la investigación, agregue tantas instituciones como sean necesarias.

En el caso de que la investigación será colaborada o co-ejecutada con una o más instituciones, involucrando aporte monetario, personal científico e infraestructura, se deberá completar los datos de dichas instituciones en la tabla a continuación. Además, deberá incluir una carta de entendimiento entre la Institución Postulante y cada institución co-ejecutora, en la cual se

establezca claramente cuál será la naturaleza de la participación y el grado de responsabilidad de cada institución durante la ejecución del proyecto.

<b>Institución Ejecutora Principal:</b>		Universidad Católica de Cuenca		
<b>Dirección:</b>	<b>Ciudad:</b>	<b>Correo electrónico:</b>	<b>Dirección Web:</b>	<b>Teléfonos / Fax:</b>
Av. de las Américas y Humbolt	Cuenca	info@ucacue.edu.ec	https://www.ucacue.edu.ec/	593 (07) 2-830-751 / 2-830-877 / 2-824-365

### 3.2 INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

*Nota: Debe incluirse al personal tanto de la UCACUE, como de la(s) institución(es) que comparten la investigación. Si es necesario añada una tabla por cada colaborador del equipo científico-técnico del proyecto. No se deben insertar Curriculum Vitae detallados, solamente los campos requeridos.*

#### COLABORADORES INTERNOS DEL PROYECTO

SOLANO PELÁEZ JOSÉ LUIS - 010310937  
CAMPOVERDE CISNEROS MANUEL ALFREDO - 0102517265  
HERAS BENAVIDES DIEGO AQUILES - 0103557518  
VAZQUEZ GUILLÉN JUAN JOSE - 0104053863

#### COLABORADORES EXTERNOS DEL PROYECTO

ESPINOSA CORDERO MARÍA FERNANDA - UNIVERSIDAD FEDERAL DE MINAS GERAIS BRASIL  
AUQUILLA VERÓNICA - COMISIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE CUENCA CGA

### 3.3 ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

*Determinar el detalle de estudiantes (cuáles y cuántas) que participarán directamente en las actividades del proyecto. (Añada tantas filas como sea necesario)*

#### ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Eduarda Barreto. Ingeniería Ambiental.  
Mariela Pinos. Ingeniería Ambiental.  
Erika Vanegas. Ingeniería Ambiental.

### 3.4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Descripción Beneficiarios Directos
Directos:

Instituciones públicas que estén al frente de la emergencia sanitaria, brindando una herramienta de gestión que facilite la detección y propagación del virus.

Docentes e investigadores de la Universidad Católica de Cuenca.

Investigadores de la Comisión de Gestión Ambiental de Cuenca

Zonas de alta concentración de casos confirmados de COVID19

Beneficiarios indirectos:

Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca  
ETAPA – EP

Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca EMAC – EP

Población en general de la ciudad de Cuenca

### **Estimar. Beneficiarios directos**

*Estimar personas o instituciones (cuáles y cuántas) que obtendrán una solución a un problema específico como resultado del desarrollo del proyecto; por ejemplo, personas con discapacidad que utilizarán un nuevo tipo de prótesis, usuarios de nuevos sistemas de comunicación, personas que habitarán casas construidas con materiales ecológicos, etc.*

### **Estimar. Beneficiarios indirectos**

*Estimar las personas o instituciones (cuáles y cuántas) que podrían tener interés en utilizar los resultados generados por el proyecto para su beneficio, aunque no participarán directamente en el desarrollo del mismo; como, por ejemplo, estudiantes y profesionales de un área determinada, grupos comunitarios, el sector industrial, organizaciones gubernamentales, etc.*

## **3.5 PERMISOS O AVALES.**

Descripción
NO - No, porque los ensayos se realizarán en muestras de agua

## **4 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1 RESUMEN DEL PROYECTO**

El Proyecto SAVE, es una alternativa pensada por varios investigadores desde el desarrollo de sus áreas específicas, analizando la necesidad urgente que tiene la sociedad de fortalecer sus sistemas de saneamiento y vincularlos con los sistemas sanitarios médicos. A partir de esta necesidad se plantea la propuesta que está dividida en tres fases, en la primera se plantean modelos físicos y estadísticos de transporte de SARS-CoV-2 en Sistemas de Saneamiento Ambiental, con el objetivo de conocer la distribución espacial que podría tener el virus en el medio ambiente, los datos de los sistemas de saneamiento han sido validados en Proyectos previos y la concentración del virus que ingresará al sistema se la realiza de manera teórica a partir del número de contagiados presentes en cada casa de salud que tenga su conexión al sistema de alcantarillado. En la segunda fase se validan los modelos teóricos de dispersión del virus en aguas residuales, mediante la toma de muestras de agua en los sistemas de alcantarillado de las zonas declaradas con mayores casos positivos de COVID19, con el objetivo de conocer los sectores más afectados y de esta manera poder plantear este tipo de análisis como una

herramienta de vigilancia epidemiológica, por la problemática de analizar SARS-CoV-2 se propone el monitoreo inicial de colifagos que tienen un comportamiento similar a los virus. Conocer la concentración y transporte del virus en diferente espacio y tiempo permitirá evaluar el comportamiento de la enfermedad en la población, servirá como propuesta para fortalecer los sistemas de saneamiento, y proporcionará una herramienta que permita detectar zonas con personas portadoras del virus incluso antes de que sean diagnosticadas.

## **4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La presencia de un virus que se transmite de una manera tan rápida como el SARS-CoV-2, causa que muchos sistemas colapsen como el de salud y que varios subsistemas se vean afectados como los de saneamiento, por lo que fortalecer los sistemas de manera conjunta es tarea de la ciencia. La persistencia del virus en varios sistemas como el de descarga de las aguas residuales, es una problemática que debe ser analizada para solucionar un específico, que es bajar la carga al sistema de salud ya que conociendo la distribución espacial y temporal del virus se podrá inferir los lugares de mayor afección sin necesidad de hacer pruebas clínicas, obteniendo inclusive zonas con casos positivos antes de ser diagnosticadas, el planteamiento adecuado de estos modelos permitirá servir como alerta de contagio del COVID19 y de otros posibles virus en el futuro.

## **4.3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

Existen indicadores de calidad de agua que se han usado sobre todo con bacterias fecales que están relacionadas con la transmisión de enfermedades, pero no se han incluido virus en este indicador, estudios anteriores no han mostrado que existen relación entre los indicadores fecales y enfermedades causadas por presencia de virus (1)(2)(3), por tal motivo es necesario plantear modelos de calidad de agua que incluyan los virus en su análisis.

Los patógenos virales infecciosos ingresan principalmente al ambiente del agua a través de la liberación de aguas residuales no tratadas o tratadas inadecuadamente (4), esto en países en vías de desarrollo en donde los sistemas de saneamiento son deficientes se vuelve en un riesgo potencial en la transmisión de enfermedades de origen viral. Según estudios y estadísticas levantadas se predice que los virus representan la fracción más significativa de enfermedades humanas en aguas contaminadas con aguas residuales bajo escenarios de exposición específicos (5), uno de los escenarios de exposición específicos son las aguas de residuales de pacientes diagnosticados con COVID19 y que se mezclan en los sistemas de alcantarillado.

Según un estudio realizado por (6) en el Hospital Sun Yat-sen de la Universidad de Zhuhai, China, se tomarán muestras a 98 pacientes diagnosticados con la enfermedad COVID19 y se recogieron muestras respiratorias y fecales. En las muestras fecales el 45% resultó negativo para la presencia del virus. De los 41 pacientes (55%) con muestras fecales que fueron positivas para SARS-CoV-2 ARN, se logró verificar que el virus tuvo una permanencia de una media de 27.9 días después de haber presentados los síntomas en comparación con la permanencia de 16.7 días para las muestras respiratorias. Inclusive en algunos pacientes, en la muestra fecal el virus tuvo una permanencia de hasta 33 días continuamente luego de que las muestras respiratorias se convirtieran en negativas. Al analizar la gran permanencia que puede tener el virus en residuos fecales se plantea la alternativa de analizar las aguas residuales para contrarlar posibles expansiones territoriales del virus, en lo que se refiere a posibles contagios en las aguas residuales todavía no existe estudios concluyentes que demuestren la carga viral del SARS-CoV-2 en aguas residuales, pero si nos referimos a los estudios realizados en el primer corona virus (7) se puede analizar que la actividad del virus en agua potable disminuye hasta un 99% y en 10 días a temperaturas de 23 °C y en 100 días a 4 °C. Resultados de modelos realizados a partir de datos bibliográficos apuntan a que los modelos se inactivan más rápidamente en aguas residuales con mayor grado de contaminación y altas temperaturas (8). Este es el caso específico para coronavirus, aunque existe otros virus y patógenos que representan problemas de salud por tasa de contagio en aguas residuales (9), de ahí que la propuesta tiene un nivel de sostenibilidad alto para el futuro.

#### **4.4 PALABRAS CLAVE**

COVID19, aguas residuales, saneamiento, modelos-transporte

#### **4.5 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA**

Por las restricciones de movilidad, el primer objetivo es teórico pero para que tenga validez como referencia inicial se partirá de un análisis de la evolución de los datos de contagio en el tiempo de los diferentes países que dispongan datos, para se trabaja mediante un análisis clúster que agrupará a los países y zonas por sus características de evolución similares en los contagios, es de esperar que estos incrementos dependen de muchos factores o variables involucradas en cada país, por ejemplo, los sistemas de organización políticos de cada país tienen fortalecidos sus sistemas de salud y saneamiento a diferentes niveles, de esta forma, una vez identificados los grupos de países más parecidos de contagios se procederá a analizar de cada grupo las similitudes o diferencias en sus sistemas de saneamiento, esto permitirá tener una visión sobre los mejores sistemas y cómo se comportan frente a la propagación del contagio y así analizar y proponer sistemas más robustos.

Para la primera etapa teórica, es tentador trabajar con bases de datos consultadas en páginas confiables o páginas de análisis de datos que alimentan la información sobre el tema de la pandemia constantemente como por ejemplo Kaggle y repositorios oficiales que aportan información mundial sobre los casos de contagios y muertes en el tiempo. Luego, de estas bases se extrae la información referente a Ecuador y se contrastará con la información de bases de datos oficiales en Ecuador ya que los diferentes gobiernos reportan sus cifras desde el inicio de la crisis.

Con los datos obtenidos bibliográficamente mediante análisis estadísticos se puede considerar la variable de concentración del virus al sistema de alcantarillado. Desde este punto se aplica modelos físicos de transporte del contaminante en el sistema, se trabajará con modelos hidrodinámicos para analizar el transporte por velocidad y modelos de procesos que sufra el virus en las aguas residuales.

En vista de los problemas dados lo que se pretende para minimizar los sesgos es ubicar espacialmente los números aproximados de contagios y muertes en la provincia del Azuay para luego aplicar la técnica de “muestreo estratificado” que dividirá a la población en grupos o estratos geográficos dentro de la provincia del Azuay (parroquias, urbanas o rurales, o adicionalmente al disponer de información adicional se puede usar criterios de contribución como grupos de edad, clase social o combinaciones) de esta forma se asegurará que la muestra cuente con número fijo en el tamaño muestral por cada estrato, siendo así, es posible incrementar el tamaño muestral en cada región donde se conoce que hay más afección y de esta forma profundizar de mejor manera las estimaciones y reducir el nivel de error al tomar los datos generales de las cifras totales.

En las aguas residuales se espera encontrar residuos de RNA del Sars CoV 2, por lo que no estará en una fase que pueda ser contagioso, pero que, si pueda relacionarse con la cantidad de contagiados, indicando la presencia del virus en la población.

#### **4.6 OBJETIVOS**

##### **4.6.1 GENERAL**

Estructurar un modelo de dispersión del virus SARS-CoV-2 en los servicios de manejo de aguas residuales, con el fin de aportar en los sistemas de alerta epidemiológica y manejo de los sistemas de saneamiento.

#### 4.6.2 ESPECÍFICOS

1. Plantar un modelo teórico físico de la dispersión del virus en los sistemas de saneamiento que sea alimentado por datos obtenidos mediante inferencia de casos positivos para COVID-19.
2. Validar el modelo mediante la toma de muestras en diferentes espacios y tiempos en los sistemas de alcantarillo para que sirvan como una alerta de zonas de mayor concentración del virus
3. Proponer medidas de fortalecimiento de los sistemas de saneamiento ambiental conjugados con los sistemas sanitarios

#### 4.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se han propuesto previamente indicadores de calidad del agua viral que aún no han sido ampliamente adoptado para la regulación aplicaciones. Estos indicadores previamente desarrollados caen principalmente en dos grupos: patógenos humanos y bacteriófagos cultivables asociados con las heces humanas. Ejemplos de patógenos humanos previamente propuesto como indicadores virales de calidad del agua incluyen adenovirus (6)(10) poliomavirus (11)(12)(13) norovirus (14) y reovirus (15).

Estos métodos tienen la ventaja de estar basados en virus humanos capaces de causar enfermedades y ser altamente específicos para humanos pero son desafiados por baja y variable concentraciones en aguas residuales. A diferencia de los estudios previos (6) realizados para la concentración del Sars-CoV-2 en residuos fecales que tiene varios días de permanencia por lo que llegarán a las aguas residuales y según los modelos hidrodinámicos el virus podría moverse por varios kilómetros, siendo un foco de infección. Por esta razón es importante conocer el comportamiento del virus en los sistemas ambientales.

#### 4.8 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Publicaciones con ISSN planificadas en la propuesta
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Publicaciones científicas (2)</li> <li>- Congresos virtuales</li> <li>- Cursos y webinars.</li> </ul>

*\*La base de datos debe ser reconocida por el ente evaluador CACES*

#### 4.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Anexo I)

Cronograma tentativo a desarrollar.
<p>24 meses, dividido en tres fases:</p> <p>1 Fase (6 meses), desarrollo de modelos de transporte de virus en sistemas de saneamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mes 1: Recopilación de información</li> <li>- Mes 2,3,4: Planteamiento del Modelo</li> <li>- Mes 5 y 6: Resolución del Modelo</li> </ul> <p>2 Fase (12 meses), validación de los modelos mediante la toma de muestras en aguas residuales, como un indicador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mes 6 - 12: Toma de muestras</li> <li>- Mes 12-16: Validación del modelo</li> <li>- Mes 16-18: aplicación</li> </ul> <p>3 Fase (6 meses), análisis y propuestas de integración y fortalecimiento de los sistemas de saneamiento con los sistemas sanitarios de salud.</p>



-Mes 19-20: Recopilación de información  
- Mes 21-22: Extrapolación del modelo  
- Mes 23-24 Resultados de análisis

## 5 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS

### Referencias

1. Harwood, V. J. et al. Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection. *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 3163–3170 (2005).
2. Payment, P. & Locas, A. Pathogens in water: value and limits of correlation with microbial indicators. *Groundwater* 49, 4–11 (2011).
3. Gruber, J. S., Ercumen, A. & Colford, J. M. Jr Coliform bacteria as indicators of diarrheal risk in household drinking water: systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, e107429 (2014).
4. Bibby, K., Crank, K., Greaves, J. et al. Metagenomics and the development of viral water quality tools. *npj Clean Water* 2, 9 (2019).
5. Boehm, A. B., Soller, J. A. & Shanks, O. C. Human-associated fecal quantitative polymerase chain reaction measurements and simulated risk of gastrointestinal illness in recreational waters contaminated with raw sewage. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2, 270–275 (2015).
6. Wu, Y., Guo, C., Tang, L., Hong, Z., Zhou, J., Dong, X. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*. Vol 5, ISSUE 5, P434-435 (2020).
7. Gundy, P., Gerba, C., Pepper, I. Survival of Coronaviruses in Water and Wastewater. *Food and Environmental Virology*. (2009).
8. Brainard, J., K. Pond and P. R. Hunter (2017). Censored Regression Modeling to Predict Virus Inactivation in Wastewaters. *Environmental Science & Technology* 51(3): 1795-1801.
9. Chattopadhyay, S., Taft, S. Exposure Pathways to High-Consequence Pathogens in the Wastewater Collection and Treatment Systems. Threat and Consequence Assessment Division National Homeland Security Research Center Cincinnati, OH 45268. (2018)
10. Albinana-Gimenez, N. et al. Analysis of adenoviruses and polyomaviruses quantified by qPCR as indicators of water quality in source and drinking-water treatment plants. *Water Res.* 43, 2011–2019 (2009)
11. Heim, A., Ebnet, C., Harste, G. & Pring-Åkerblom, P. Rapid and quantitative detection of human adenovirus DNA by real-time PCR. *J. Med. Virol.* 70, 228–239 (2003).
12. Hewitt, J., Greening, G. E., Leonard, M. & Lewis, G. D. Evaluation of human adenovirus and human polyomavirus as indicators of human sewage contamination in the aquatic environment. *Water Res.* 47, 6750–6761 (2013).
13. McQuaig, S. M., Scott, T. M., Lukasik, J. O., Paul, J. H. & Harwood, V. J. Quantification of human polyomaviruses JC virus and BK virus by TaqMan quantitative PCR and comparison to other water quality indicators in water and fecal samples. *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 3379–3388 (2009).
14. Jothikumar, N. et al. Rapid and sensitive detection of noroviruses by using TaqMan-based one-step reverse transcription-PCR assays and application to naturally contaminated shellfish samples. *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 1870–1875 (2005).

15. Gerba, C. P., Betancourt, W. Q., Kitajima, M. & Rock, C. M. Reducing uncertainty in estimating virus reduction by advanced water treatment processes. *Water Res.* 133, 282–288 (2018).

CARLOS MATOVELLE  
BUSTOS

---

**DIRECTOR DEL PROYECTO:  
PICCOVID-19-18**



---

Ing. Javier Cabrera Mejía, PhD.  
**JEFE DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN**