



# Calidad de **AGUA** en el río Daule

**Luis Daniel Caamaño Gordillo**  
(Coordinador)

Universidad Politécnica Salesiana



CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática Aplicada (GIIMA)

El Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática Aplicada (GIIMA) de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, planteó un problema muy puntual para esta investigación: ¿cuál es la huella que ha dejado el ser humano en el río Daule?

Para responder a ese cuestionamiento ha trabajado sobre algunas variables e indicadores. La variable dependiente de investigación es la calidad del agua, siendo los indicadores más importantes de investigación las concentraciones de hierro, arsénico, sólidos totales, pH, temperatura y turbidez. La variable independiente son los factores demográficos, tales como densidad poblacional, migración y longevidad.

Un importante estudio de caso que nos habla del impacto del ser humano en la naturaleza y el entorno.



ISBN: 978-9978-10-755-3



9 789978 107553

*Luis Daniel Caamaño Gordillo*

*(Coordinador)*

# **Calidad de agua en el río Daule**



**ABYA  
YALA**

**2022**



## Calidad de agua en el río Daule

©Luis Daniel Caamaño Gordillo (Coordinador)

*Autores: Stefano Aguilar Pacheco, Raúl Álvarez Guale, Kelly Aroca Delhi, Daniel Caamaño Gordillo, Johanna Founes Merchán, Laura Garcés Villón, Sara García Álava, Roberto Garzón Morales, Andreína Guerrero Maldonado, María Belén Joza Quiroz, Nadia Mendieta Villalba, Robinson Núñez Franco, Christian Pérez Urresto, Tania Rojas Párraga, Fabiola Terán Alvarado, George Vásquez Freire, Juan Velecela, Axel Véliz Delgado*

1.ª edición:

© Universidad Politécnica Salesiana

Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja  
Cuenca-Ecuador  
P.B.X. (+593 7) 2050000  
Fax: (+593 7) 4 088958  
correo-e: rpublicas@ups.edu.ec  
www.ups.edu.ec  
Cuenca-Ecuador

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
Grupo de Investigación Interdisciplinar en  
Matemática Aplicada (GIIMA)

ISBN UPS:

978-9978-10-755-3

ISBN digital:

978-9978-10-756-0

Diseño,  
diagramación e  
impresión:

Editorial Universitaria Abya-Yala  
Quito-Ecuador  
Quito-Ecuador

Tiraje:

300 ejemplares

Impreso en Quito-Ecuador, diciembre de 2022

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

El contenido de este libro es de exclusiva responsabilidad de los autores



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>



# Índice

---

**Agradecimientos**

**Presentación**

**El efecto de la migración poblacional en la concentración de hierro del río Daule**

**El efecto de la migración poblacional en el nivel de arsénico del río Daule**

**El efecto de la migración de la población de la ciudad de Guayaquil en el nivel de sólidos totales disueltos (STD) en el río Daule**

**El efecto de la longitud a la temperatura del río Daule**

**El efecto de la longitud en la concentración del hierro en el río Daule**

**El efecto de la longitud poblacional a la turbidez del río Daule**

**El efecto de la longitud de la población del cantón Guayaquil con respecto al nivel de pH del río Daule**

**El efecto de la longitud a los sólidos totales disueltos en el río Daule**

**El efecto de la densidad poblacional en la temperatura del río Daule**

**El efecto de la densidad poblacional a la turbidez del río Daule**

**Análisis de los efectos de contaminación de la densidad poblacional y el nivel de arsénico en los alrededores del río Daule**



## Agradecimientos

---

A Raúl Álvarez Guale, vicerrector de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, quien, como director del proyecto: La calidad de agua en el río Daule, prestó todo el apoyo para que estudiantes y docentes lleven a buen término sus investigaciones, lo cual se evidencia con la publicación de este libro.

A los profesores Virgilio Ordóñez, Carmen Palacios y Marcelo Berrones, por su colaboración con los estudiantes en la parte técnica relacionada con la toma de muestras en el río Daule, lo cual permitió que los investigadores utilicen procedimientos estandarizados para realizar mediciones y recopilar información vital previo a su tratamiento y análisis.

Al Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática Aplicada (GIIMA), por haber contribuido con expertos que participaron como tutores y revisores de los diferentes trabajos de investigación que formaron parte del proyecto, entre los que se encuentran: Raúl Jimmy Álvarez Guale, Ana Fabiola Terán Alvarado, Tania Catalina Rojas Párraga, Nadia Mercedes Mendieta Villalba, Johanna Paola Founes Merchán, Laura Leonor Garcés Villón y Luis Daniel Caamaño Gordillo.

A la Dirección de Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, conducida por Ana Fabiola Terán Alvarado, por haber permitido la presentación de esta obra ante el Consejo de Carrera, concediendo la respectiva resolución para su publicación.

A los autores, el mayor de los agradecimientos por su alto nivel de compromiso y esfuerzo en la investigación realizada, lo cual dio sus frutos con la difusión de esta obra.



Un reconocimiento especial a los profesores Ana Grijalva Endara y Christian López Pinargote, por el arbitraje realizado.

Finalmente, con el objetivo de no omitir de manera involuntaria a alguien, se da las gracias a todas aquellas personas que, de una u otra manera, ayudaron a llevar adelante la impresión de este libro.



## Presentación

---

El impacto ambiental es uno de los mayores problemas que enfrenta la humanidad a nivel mundial, y en el Ecuador este inconveniente no es la excepción, en especial cuando se cuenta con poca información relacionada con la contaminación de nuestro territorio. En ese sentido, toda iniciativa que lleve a investigar el entorno (aire, suelo, agua, etc.) es bienvenida, si permite realizar un diagnóstico de nuestra realidad ambiental.

Más del 70 % del planeta Tierra está formado por agua, la cual es uno de los recursos naturales más apreciados por la humanidad, ya que sirve para mantener la vida vegetal, animal y de seres humanos. El 97,5 % del agua está concentrada en océanos, mientras que el agua dulce representa el 2,5 %. Del total del agua dulce, el 80 % está en la nieve, los glaciares y en los cascos polares, 19 % es agua subterránea y solo el 1 % se encuentra en la superficie para rápido acceso. Del total del agua que se encuentra en la superficie, el 52 % se encuentra en lagos, 38 % en humedales, y solo el 10 % en ríos.

Al observar los datos, nos damos cuenta de que el agua dulce es un recurso renovable, pero muy limitado, sobre todo, cuando el acceso es directamente de los ríos (solo el 10 % del agua dulce). El problema se agudiza más cuando los ríos se contaminan, lo cual no solo restringe la cantidad de agua, sino también la calidad requerida para el consumo humano.

El río Daule es parte del sistema fluvial de la provincia del Guayas, con gran importancia para la producción agrícola y para el aprovisionamiento de agua potable de los habitantes de la ciudad de Guayaquil, sin embargo, a través de los años, ha sido objeto de constantes impactos ambientales. Frente a esta problemática, el libro



*Calidad de agua en el río Daule* nace de una iniciativa del Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática (GIIMA) de realizar un diagnóstico del nivel de contaminación que sirva de base para futuras investigaciones.

Hoy en día se tiene poca información de estudios específicos de datos demográficos y su impacto en el río Daule. Esta obra pretende dar a conocer a la comunidad científica y a la sociedad en general que sí existen datos demográficos de los habitantes de la ciudad de Guayaquil que influyen en el nivel de la calidad del agua en el río Daule. La variable independiente son los factores demográficos de Guayaquil con el análisis de los siguientes indicadores: densidad poblacional, migración y longevidad, mientras que la variable dependiente de investigación es la calidad del agua, siendo los indicadores más importantes de investigación las concentraciones de hierro, arsénico, sólidos totales, pH, temperatura y turbidez.

Para llevar a cabo la investigación, los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial fueron preparados en el uso de técnicas de análisis químico y matemático que les permitieron realizar la medición, análisis e interpretación de datos. Así mismo, cada estudiante formó un equipo con un tutor para el desarrollo y revisión de los avances de la investigación, que finalmente dio paso a la creación de este libro.

Ing. Luis Daniel Caamaño Gordillo, M. Sc.



# **El efecto de la migración poblacional en la concentración de hierro del río Daule**

Johanna Paola Founes Merchán<sup>1</sup>  
jfounes@ups.edu.ec

Axel Alexis Véliz Delgado<sup>2</sup>  
aveliz@est.ups.edu.ec

## **Introducción**

El Daule es uno de los ríos principales del país; se origina desde la presa Daule-Peripa y termina conectándose con el Babahoyo para formar el río Guayas, el cual se constituye en uno de los recursos más importantes para Guayaquil al permitir la entrada de barcos a los diferentes puertos existentes en la zona. De allí se extrae el agua que se potabiliza para uso de los ciudadanos y la usada por las embotelladoras para la posterior venta de agua envasada y tratada.

A lo largo de la historia, las personas siempre migran a nuevos territorios, aunque no siempre por medios terrestres (Gustas y Supernant, 2019). Y este río ha sido una pieza clave en el desarrollo del país, pues tiene algunas zonas ribereñas destinadas para los residentes del área o para agricultores locales (Weng *et al.*, 2019).

Entre los objetivos de este estudio están comprobar la relación entre la migración poblacional y el nivel de concentración de hierro

- 
- 1 Magíster en Tributación y Finanzas, docente investigadora de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.
  - 2 Ingeniero industrial, graduado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>

en las aguas del río Daule, determinar los niveles de hierro con procedimientos adecuados, comparar datos tomados con el mínimo nivel aceptable de hierro en el agua, identificar si el nivel de calidad del agua en el río Daule es la misma en su extensión y comparar la influencia de la migración poblacional con los niveles de concentración de hierro en los diferentes puntos.

Bu *et al.* (2019) consideran que el ser humano ejerce un gran impacto en la gran mayoría de ríos del mundo debido al crecimiento poblacional, agricultura y el desarrollo industrial y, por lo tanto, la contaminación fluvial se ha vuelto un serio problema que compromete la salud humana y al medioambiente. A medida que va pasando el tiempo, la población que vive en las cercanías del río ha ido en aumento, por lo que la cantidad de desperdicios también. El agua de alcantarillado de la ciudad y de las industrias se envía directo al río, afectando en gran medida a la flora y fauna acuática del mismo. A pesar de que el hierro es uno de los micronutrientes necesarios para llevar procesos biológicos (Meskhidze *et al.*, 2016), inclusive para los microorganismos acuáticos (Meskhidze *et al.*, 2017), enviar estas cantidades en exceso puede causar daños perjudiciales e irreversibles al medioambiente.

El desarrollo industrial ha hecho que el uso de productos químicos aumente contaminando de mayor forma los ecosistemas acuáticos. Se ha dado una alta prioridad a los metales pesados porque tienen características que los hacen perjudiciales para la vida, no se degradan fácilmente, por lo que tienden a acumularse (Alahabadi y Malvandi, 2018; Li *et al.*, 2019). Y en casos más extremos deterioran la vida silvestre de sus alrededores, como es el caso de una minería decomisada en los Alpes italianos, donde de la cantidad de metales que se registraron, el hierro formaba parte de la mayoría de los contaminantes existentes en un río cercano (Gallini *et al.*, 2018).

A través de investigaciones de Ji *et al.* (2019) y Kotková *et al.* (2019), se determina que, por lo general, las minerías e instalaciones industriales se colocan cerca de los ríos por la facilidad de acceder al agua para enfriar las máquinas (Jaafar *et al.*, 2017) o realizar el proceso de



extracción de metales, pero contribuyendo con óxidos e hidróxidos de hierro en altas cantidades (Zhang *et al.*, 2018). Además, el uso de tierras cercanas a cuencas puede afectar los atributos intrínsecos de los sistemas fluviales, esto incluye a los aspectos hidrológicos, geomorfológicos, químicos y biológicos (Pandey *et al.*, 2019).

Estudios demuestran que altas concentraciones de arsénico en los ríos son causadas por altas concentraciones de hierro y sus hidróxidos (Nandeshwar *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2016), implicando que existe una relación entre estos dos metales donde los hidróxidos de hierro reaccionan con arsenopirita y escorodita de origen industrial, liberando grandes cantidades de arsénico (Wang *et al.*, 2016).

## Antecedentes

Se considera que el 99,8 % de los ríos en el mundo tienen varios tipos de impactos ambientales causados por los seres humanos debido al rápido crecimiento poblacional y al desarrollo del sector agrícola e industrial (Ahumada *et al.*, 2011). La contaminación de los ríos y mares es un serio problema alrededor del mundo, tanto en países desarrollados como en los que no lo son (Pandey *et al.*, 2019). Afecta a la propia salud porque si no se tratan las diferentes fuentes de contaminación a tiempo, podrían provocarse epidemias difíciles de controlar, además de limitar el suministro de agua a la población. Por otro lado, el medioambiente también resultaría afectado por involucrar el ecosistema acuático.

De los contaminantes que entran a estos entornos, los metales pesados son los que han captado una atención especial debido a sus características de toxicidad, ubicuidad, abundancia, resistencia a la descomposición y capacidad de bioacumulación (He *et al.*, 2019; Ali *et al.*, 2016), la cual es una particularidad de no descomponerse fácilmente acumulándose en sedimentos, cuerpos de organismos, otros animales y plantas. Su aumento se debe al uso de fertilizantes y otros químicos en campos de cultivo. Nguyen *et al.* (2016) afirman que el aumento de la contaminación de hierro en las aguas se debe a tres factores:





1. Reacciones naturales de oxidación-reducción.
2. Actividades microbiológicas de varios microorganismos.
3. Origen humano, en particular por las aguas servidas de las urbanizaciones.

Gracias a varios estudios realizados, entre ellos el realizado por Sarkar y Shekhar (2018) se puede observar que, por lo general, la cantidad de hierro por litro de agua sobrepasa el límite máximo, sobre todo, en aguas servidas.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El Daule tiene una extensión total de 330 km, es uno de los ríos con mayor densidad poblacional e industrial. En sus orillas están ubicadas la mayoría de grandes compañías multinacionales y varias zonas con una alta densidad poblacional que, lamentablemente, ayudan a la contaminación del río cuando realizan las descargas de los desechos al agua. Hasta el 2012, 44 empresas se habían regularizado en el ámbito ambiental, 93 estaban en proceso y 43 desconocían el trámite, por lo que el Ministerio del Ambiente (2013) les hizo seguimiento para que cumplan con todas las normas y leyes ambientales. También propone un proyecto para reforestar la cuenca del río, realizar un control de erosión y sedimento, además de capacitar a la población rural acerca de las buenas prácticas de agricultura y ganadería.

### **Tomas de muestra y métodos estadísticos a usar**

Se tomaron un total de 48 muestras porque se hicieron cuatro recorridos durante el día en los doce puntos seleccionados, que representan zonas industriales y urbanas con mayor actividad y que poseen descargas directas a lo largo de la ribera que rodea a Guayaquil, desde el km 24 vía a Daule hasta el sector de La Aurora.



Se utilizaron encuestas y un kit de medición colorimétrica de hierro para determinar sus niveles totales en el agua. Primero, todos los iones férricos son reducidos por el sulfito de sodio a iones ferrosos. La fenantrolina forma un complejo con el ion ferroso de color naranja. La intensidad del color de la solución determina la concentración de hierro, esta se compara con los discos y se determina la medida en números (Hach, s. f.).

### Figura 1

*Kit de medición de hierro (Hach, s. f.)*



Los pasos que se siguieron para realizar las mediciones fueron los siguientes:

1. Tomar la muestra a partir de dos metros de profundidad en los puntos seleccionados del río.
2. Depositar la muestra en el primer tubo de ensayo que es parte del medidor.
3. Colocar agua destilada en el segundo tubo de ensayo.
4. Tomar el lente circular (luz externa) y se lo deposita en la caja.
5. Insertar los dos tubos de ensayo en la caja.

6. Calibrar el lente para que ambos tubos se vean del mismo color a través de la luz.
7. Anotar el valor conseguido a través de la calibración.

Para hallar la cantidad de personas a encuestar se utilizó la fórmula estadística para calcular el tamaño de la muestra, desconociendo el tamaño de la población, y determinar la cantidad de encuestados que se necesitarán para el estudio (Martínez-Bencardino, 2012):

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{E^2}$$

En donde:

Z = valor de la distribución normal estándar del nivel de significancia del 5 %

P = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

E = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

### **Muestras tomadas**

Los sitios donde se tomaron las muestras fueron puntos cercanos a parroquias y plantas industriales de los alrededores de la ribera utilizando el kit de prueba de hierro. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 1, 2, 3 y 4. En el Ecuador el límite máximo permisible de la cantidad de hierro por litro de agua en los casos de agua dulce y agua salada en la naturaleza es de 0,3 mg, esto se especifica en la tabla 3: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario de la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes (Ecuador, 2015).

**Tabla 1***Resultados de muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de hierro</b>	<b>Un.</b>
1	8:53	1	mg/L
2	9:01	1,1	mg/L
3	9:10	1	mg/L
4	9:20	1,6	mg/L
5	9:24	1,2	mg/L
6	9:33	1,2	mg/L
7	9:50	1	mg/L
8	9:55	1	mg/L
9	10:05	0,8	mg/L
10	10:14	0,8	mg/L
11	10:20	1,2	mg/L
12	10:35	1,3	mg/L

**Tabla 2***Resultados de muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de hierro</b>	<b>Un.</b>
13	11:20	0,6	mg/L
14	11:35	1,2	mg/L
15	11:42	1,6	mg/L
16	11:48	1,4	mg/L
17	11:55	1,2	mg/L
18	12:02	1,6	mg/L
19	12:14	1,5	mg/L
20	12:20	2,4	mg/L
21	12:23	1,8	mg/L
22	12:30	1,8	mg/L
23	12:35	3,2	mg/L
24	12:53	1	mg/L

**Tabla 3**

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>

*Resultados de muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de hierro</b>	<b>Un.</b>
25	13:53	1,2	mg/L
26	14:04	1	mg/L
27	14:12	1	mg/L
28	14:18	0,8	mg/L
29	14:24	1,2	mg/L
30	14:33	1,2	mg/L
31	14:44	1,8	mg/L
32	14:51	1,6	mg/L
33	14:54	1,4	mg/L
34	15:00	2	mg/L
35	15:05	2,8	mg/L
36	15:26	1,4	mg/L

**Tabla 4**

*Resultados de muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de hierro</b>	<b>Un.</b>
37	16:10	0,8	mg/L
38	16:17	1	mg/L
39	16:23	0,8	mg/L
40	16:29	2,6	mg/L
41	16:34	1,3	mg/L
42	16:41	0,8	mg/L
43	16:52	1,2	mg/L
44	16:56	0,6	mg/L
45	17:00	0,8	mg/L
46	17:08	1,2	mg/L
47	17:11	1,6	mg/L
48	17:38	1	mg/L

## Población

Las zonas escogidas como muestras son las más cercanas al río. Mediante la investigación de campo, aplicando encuestas, se obtendrá información de la cantidad de habitantes por cada familia y algunos detalles adicionales; de igual manera, la utilización de herramientas estadísticas para determinar una muestra significativa de la población a analizar. Uno de los inconvenientes en la determinación de la muestra, radica en el hecho de que el sector a analizar no cuenta con un número de habitantes tabulados en los registros del INEC, por tanto, se procede a una determinación de una muestra tomando el número de habitantes de todo el cantón Guayaquil y sus alrededores. Cuando se conoce el número de viviendas y su varianza (también asumida), se puede determinar el número de muestras con la fórmula previamente mencionada.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * (p - q)}{E^2}$$

Se establece que la probabilidad de éxito es de 0,5 y, por lo tanto, la de fracaso se considerará también de 0,5 para los fines de estudio. Para que una aproximación sea más exacta se establece un nivel de confianza del 95 % con un 5 % de error, que es lo más aceptable y adecuado para la realización de esta investigación, así el coeficiente de confianza que le corresponde a un nivel de confianza de 95 % es 1,96 según las tablas de distribución normal.

$$Z_{\alpha}^2: 1,96$$

$$p: 0,5$$

$$q: 0,5$$

$$E: 0,05$$

$$n = \frac{(1,96)^2 * (0,5 * 0,5)}{(0,05)^2}$$

$$n = 384,16$$

$$n = 385 \text{ viviendas}$$



Dada la muestra de 385 viviendas para todo el cantón Guayaquil y alrededores, las cuales serán distribuidas en las diferentes zonas que comprende esta ciudad.

## Recolección de información

Las encuestas fueron estructuradas de manera descriptiva y se las aplicaron a los jefes de hogar u otras personas que se encontraban a cargo al momento de la entrevista. Esta encuesta se distribuyó de tal forma que se pudo encuestar tres familias a la vez, luego de esto se calcularon los promedios por el conjunto de casas para determinar las cantidades de personas viviendo por familia, cuántos habían migrado en los últimos diez años y edad de cada miembro. Se seleccionaron once puntos cercanos a la ribera del Daule para realizar las encuestas respectivas, las cuales fueron hechas de forma aleatoria seleccionando tres casas por manzana. Esto se puede ver en las figuras 2 y 3.

Figura 2

*Puntos del 1 al 7 de encuestas realizadas*



### Figura 3

Puntos del 9 al 11 de encuestas realizadas



### Factores ambientales

Es complicado realizar una medición a través de toda la ribera partiendo desde la represa, por lo que se toma en cuenta los sectores aledaños a Guayaquil. Se tiene la hipótesis de que influyen bastante a la contaminación del río. La contaminación metálica es un potencial riesgo para la salud humana por la bioacumulación en la cadena de comida acuática (Wang *et al.*, 2018). De hecho, existen estudios que demuestran una alta concentración de metales en sedimentos de ríos localizados en zonas altamente urbanas y/o industrializadas (Nguyen *et al.*, 2016), además de que, al ser un país en desarrollo, no se han implementado los procedimientos adecuados para realizar los tratamientos correctos a las aguas residuales que salen de la ciudad, por lo que existe un flujo constante de toxicidad arrojado al río.

### Determinación de concentraciones de hierro

Para la medición de hierro por puntos existentes se tomaron las coordenadas respectivas de cada medición, anexándolos a los puntos más cercanos que se presentaron de modo previo.



Una vez anexados los resultados con los puntos se procedió a promediar aquellas medidas que existen dentro de cada zona para tener los totales por punto, dando así los resultados mostrados en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Promedios de muestras tomadas*

Punto	Prom. migración	Prom. de hierro
1	0,55	0,9
2	0,75	1,075
3	0,83	1,1
4	0,67	1,6
5	0,72	1,225
6	0,17	1,2
7	0,8	1,375
8	0,36	1,4
9	0,82	1,2
10	0,33	1,45
11	0,79	2,2

Para determinar si las distintas hipótesis son correctas se realizaron pruebas para obtener la homogeneidad y correlación entre el hierro y migración.

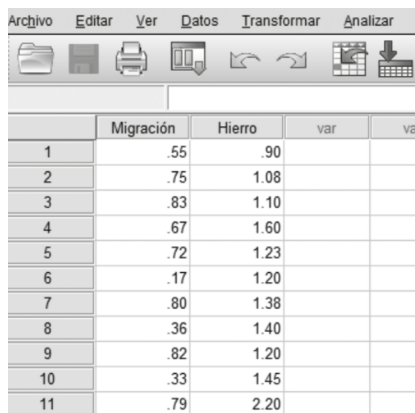
A fin de conocer si existe homogeneidad de contaminación a lo largo de la zona muestral, se procedió a realizar la prueba de Levene en el programa SPSS.

Se decidió realizar un estudio de correlaciones por medio del método de coeficiente de correlación de Pearson para identificar la relación existente entre las variables y comprobar si estas se afectaban entre sí.

Para esto se optó por usar el programa, puesto que permite obtener los resultados de manera rápida con los datos tabulados en la hoja de trabajo de Excel, tal como se puede apreciar en la figura 4.

**Figura 4**

*Datos insertados en SPSS*



	Migración	Hierro	var	va
1	.55	.90		
2	.75	1.08		
3	.83	1.10		
4	.67	1.60		
5	.72	1.23		
6	.17	1.20		
7	.80	1.38		
8	.36	1.40		
9	.82	1.20		
10	.33	1.45		
11	.79	2.20		

Las variables consideradas para el estudio se dividen en dependiente, que es el hierro, y la independiente, que es la migración.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en SPSS indican en la prueba de homogeneidad que las variables no son iguales a lo largo de la zona donde se tomaron las muestras, esto se puede ver en la tabla 6 con el nivel de significancia de 0,001, lo cual es menor a 0,05 que es el mínimo aceptable para aceptar una igualdad entre variables. Así se demuestra que el grado de contaminación existente a lo largo de la ribera no es igual; esto puede ser comprobado incluso en la tabla 5, se puede observar que hay puntos donde el nivel es inferior a la media, como el caso de los puntos 1 y 2; pero en otros casos excede la media, como los puntos 4 y 11.

**Tabla 6**

*Prueba de homogeneidad de varianzas*

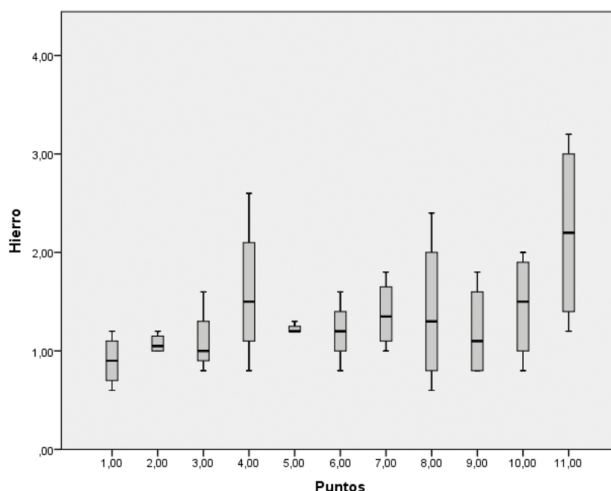
Estadístico de Levene	g1	g12	Sig.
3,909	10	33	0,001

Este primer resultado fue observable en la toma de muestras, puesto que hubo lugares donde se vio distintos flujos de aguas servidas expulsadas hacia el río. Sin embargo, en la prueba ANOVA se pudo percibir que existe una igualdad de medias debido a que el nivel de significancia es mayor a 0,05 tal como se muestra en la tabla 7 por lo que no existen diferencias significativas entre los grupos. A pesar de que existen diferencias entre flujos, comprobamos que los niveles de hierro desechados son muy similares a lo largo de la ribera, por lo que este nivel de contaminación es constante. Esto se graficó en un diagrama de cajas para su mayor comprensión.

**Tabla 7**  
*Prueba de igualdad de medias (ANOVAS)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Entre grupos	4,792	10	0,479	1,728
Dentro de grupos	9,153	33	0,277	
Total	13,944	43		

**Figura 5**  
*Diagrama de cajas*



Al usar el coeficiente de correlación de Pearson, el resultado mostró que existe una correlación mínima entre las variables. Esto se observa en la tabla 8.

**Tabla 8**  
Correlaciones

		Migracion	Hierro
Migracion	Correlacion de Pearson	1	0,109
	Sig.(bilateral)		0,749
	N	11	11
Hierro	Correlación de Pearson	0,109	1
	Sig. (bilateral)	0,749	
	N	11	11

Como se observa, la correlación de Pearson arroja un valor de 0,109 acercándose al cero, sin embargo, es positiva, lo que significa que al pasar los años se incrementará la correlación entre estas dos variables, por lo que cuanto más suba el nivel de migración hacia las cercanías del río Daule más aumentará el nivel de concentración de hierro en sus aguas.

## Conclusiones

Al observar estos resultados se puede concluir que las cantidades de hierro expulsadas a través de las aguas servidas son diferentes en cada punto muestreado. Se puede comprobar que lugares cercanos a compañías industriales la concentración está a un nivel más alto y en los sectores residenciales es menor. El nivel de migración de habitantes afecta muy poco a los niveles de hierro, tal como se muestra en la correlación de 0,107 que tiende a cero, pero cabe destacar que aportan medidas significativas de contaminación hacia el río. Se recomienda que se realicen más estudios para comprobar si estas variables se correlacionarán más o no en el futuro.

## Referencias bibliográficas

- Ahumada, R., Rudolph, A., González, E., Fones, G. y Saldías, G. (2011). Dissolved trace metals the water column of Reloncaví Fjord, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(3), 567-574. <https://cutt.ly/WZUOIh1>
- Alahabadi, A. y Malvandi, H. (2018). Contamination and ecological risk assessment of heavy metals and metalloids surface sediments of the Tajan River, Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 741-749. <https://doi.org/jm8c>
- Ali, M., Ali, M., Islam, S. y Rahman, Z. (2016). Preliminary assessment of heavy metals water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5, 27-35. <https://doi.org/ghfqtq>
- Bu, H., Song, X. y Zhang, Y. (2019). Using multivariate statistical analyses to identify and evaluate the main sources of contamination a polluted river near to the Liaodong Bay Northeast China. Beijing-China. *Environmental Pollution*, 245, 1058-1070. <https://doi.org/gkbf27>
- Gallini, L., Ajmone-Marsan, F. y Scalenghe, R. (2018). The contamination legacy of a decommissioned iron smelter the Italian Alps. *Journal of Geochemical Exploration*, 186, 121-128. <https://doi.org/gc4d99>
- Gustas, R. Supernant, K. (2019). Coastal migration into the Americas and least cost path analysis. *Journal of Anthropological Archaeology*, 54, 192-206. <https://doi.org/gfz2dr>
- Hach Test Kit. (s. f.). *Manual de instrucciones Test Kit de Hierro monoparamétrica*.
- He, Z., Li, F., Dominech, S., Wen, X., Yang, S. (2018). Heavy metals of surface sediments the Changjiang (Yangtze River) Estuary: Distribution, speciation and environmental risks. *Journal of Geochemical Exploration*, 198, 18-28. <https://doi.org/gpgsqv>
- Jaafar, H., Montarges-Pelletier, E., Losson, B., Bihannic, I., Grey, R., Bauer, A., Villieras, F., Manceau, L., El Samrani, A, Kazpard, V. y Mansuy-Huault, L. (2017). Iron mineralogy as a fingerprint of former steelmaking activities river sediments. *Science of the Total Environment*, 599-600, 540-553. <https://doi.org/jm8d>
- Ji, Y., Luo, W., Lu, G., Fan, C., Tao, X., Ye, H., Xie, Y., Shi, Z., Yi, X. y Dang, Z. (2019). Effect of phosphate on amorphous iron mineral generation and arsenic behavior paddy soils. *Science of the Total Environment*, 657, 644-656. <https://doi.org/gqdvj6>

- Kotková, K., Nováková, T., Tumová, S., Kiss, T., Popelka, J. y Famera, M. (2019). Migration of risk elements within the floodplain of the Litavka River, the Czech Republic. *Geomorphology*, 329, 46-57. <https://doi.org/jm8f>
- Li, R., Tang, C., Li, X., Jiang, T., Shi, Y. y Cao, Y. (2019). Reconstructing the historical pollution levels and ecological risks over the past sixty years sediments of the Beijiang River, South China. *Science of the Total Environment*, 649, 448-460. <https://doi.org/jm8h>
- Martínez-Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo*, 13.<sup>a</sup> ed., (p. 872). Ecoe Ediciones. <https://cutt.ly/kZuKLjS/>
- Meskhidze, N., Hurley, D., Royalty, T., Johnson, M. (2017). Potential effect of atmospheric dissolved organic carbon on the iron solubility seawater. *Marine Chemistry*, 194, 124-132. <https://doi.org/gb43bz>
- Meskhidze, N., Johnson, M., Hurley, D. y Dawson, K. (2016). Influence of measurement uncertainties on fractional solubility of iron mineral aerosols over the oceans. *Aeolian Research*, 22, 85-92. <https://doi.org/f88c3q>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *MAE trabaja para disminuir los contaminantes de la cuenca del río Daule*. <https://cutt.ly/EZuKJau/>
- Nandeshwar, S., Mahakalakar, A., Gupta, R. y Kyzas, G. (2016). Green activated carbons from different waste materials for the removal of iron from real wastewater samples of Nag River, India. *Journal of Molecular Liquids*, 216, 688-692. <https://doi.org/jm8>
- Nguyen, T. T., Zhang, W., Li, Z., Li, J., Ge, C., Liu, J., Bai, X, Feng, H. y Yu, L. (2016). Assessment of heavy metal pollution Red River surface sediments, Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1-2), 513-519. <https://doi.org/f9jfsx>
- Pandey, L. K., Park, J., Son, D. H., Kim, W., Islam, M. S., Choi, S., Lee, H. y Han, T. (2019). Assessment of metal contamination water and sediments from major rivers South Korea from 2008 to 2015. *Science of the Total Environment*, 651(1), 323-333. <https://doi.org/gjtbk4>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. *Libro VI, Anexo 1, Tabla 3*. <https://cutt.ly/yZuKVil/>
- Sarkar, A., Shekhar, S. (2018). Iron Contamination the waters of Upper Yamuna basin. In *Groundwater for Sustainable Development*, 7, 421-429. <https://doi.org/jm8p>

- Wang, Y., Liu, X., Si, Y. y Wang, R. (2016). Release and transformation of arsenic from As-bearing iron minerals by Fe-reducing bacteria. *Chemical Engineering Journal*, 259, 29-38. <https://doi.org/f8m7c8/>
- Wang, Z., Zhou, J., Zhang, C., Qu, L., Mei, K., Dahlgren, R. A., Zhang, M. y Xia, F. (2019). A comprehensive risk assessment of metals riverine surface sediments across the rural-urban interface of a rapidly developing watershed. *Environmental Pollution*, 245, 1022-1030. <https://doi.org/jm8n>
- Weng, J., Tang, C., Cao, J., Li, X. y Chen, Q. (2019). Assessment of trace metals an aquifer with river-groundwater interaction: The influence of colloidal redistribution and porous matrix change on the migration of metals. *Chemosphere*, 223, 588-598. <https://doi.org/gqdtgz>
- Zhang, J., Ma, T., Yan, Y., Xie, X., Abass, OK., Liu, C., Zhao, Z. y Wang, Z. (2018). Effects of Fe-S-As coupled redox processes on arsenic mobilization shallow aquifers of Datong Basin, northern China. *Environmental Pollution*, 237, 28-38. <https://doi.org/gdzhm4>



# El efecto de la migración poblacional en el nivel de arsénico del río Daule

---

Ana Fabiola Terán Alvarado<sup>1</sup>  
ateran@ups.edu.ec

María Belén Joza Quiroz<sup>2</sup>  
mjoza@est.ups.edu.ec

## Introducción

El arsénico se encuentra presente en el medioambiente, ya que es un metal que se halla en forma natural en la atmósfera, es decir, que nos encontramos expuestos a su contaminación, por ingerir alimentos que hayan sido contaminados con productos que utilicen este metal o por manipulación directa con el mismo.

No obstante, la ley y el reglamento de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua garantizan el derecho humano de agua salubre, aceptable, accesible y asequible para uso personal, doméstico, ya sea en cantidad, calidad y continuidad (Decreto Ejecutivo 650). La exposición prolongada al arsénico en el agua de consumo se relaciona con el aumento de los riesgos de cáncer de piel (Mandal, 2017). La muestra a grupos bajos o altos de arsénico, ya sea debido al empleo directo de agua potable contaminada, o indirectamente a través de la ingesta habitual de alimentos contaminados, puede ser fatal para la salud humana (Singh *et al.*, 2015). La bronquitis crónica, problemas

---

1 Magíster en Administración de Empresas, docente investigadora de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.

2 Ingeniera industrial, graduada en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.





pulmonares, hepáticos son algunas de las enfermedades causadas por el contacto con arsénico (Guha, 2015). Ramsey (2015) afirma que los peligros de desarrollar infecciones respiratorias e inflamaciones pulmonares son altos. Para prevenir la contaminación por arsénico, es fundamental descubrir las interacciones geoquímicas del arsénico con su naturaleza (Flora, 2015).

Existe un programa de simulación (ARRPA) en la plataforma Microsoft Visual Basic, fácil de usar, que ayuda a mejorar los parámetros operativos como el reconocer el trabajo de una planta de tratamiento (Pal, 2015). El arsénico se ha abierto camino en el suelo, las plantas y los alimentos debido al agua contaminada que, a menudo, se emplea para el riego (Ahmad *et al.*). Según Wu y Zhang (2015), la migración poblacional se da porque temen que afecte a sus familias en general, causándoles graves problemas en la piel o en peores casos la muerte. Sin embargo, de acuerdo con Raźniak y Winiarczyk-Raźniak (2014) se aprecia una pérdida total de población, incluso en sitios que brindan un alto nivel de vida. Producto de los cambios a los que se ha sido sometido el planeta, las personas se han visto obligadas a migrar, dejando de lado todo por lo que una vez lucharon (Lu *et al.*, 2019).

Esta investigación trata sobre los efectos del arsénico relacionados con la migración poblacional producida en el río Daule, los cuales se comprobarán mediante la metodología a desarrollar en este proyecto. El impacto producido por este tipo de contaminación ha obligado, en muchos aspectos, a una gran ausencia de población en este cantón.

Es de conocimiento general que este metal pesado se encuentra presente en la atmósfera en forma natural, es por eso por lo que el estudio de este proyecto se centrará en medir en partes por billón (ppb) la concentración de arsénico presente en las riberas del río Daule. El límite permitido en Ecuador para el agua potable es de 10 a 50 ppb (Ecuador, 2015).

El objetivo general es examinar la correlación existente entre la migración poblacional con respecto al nivel de arsénico del río Daule.



Y como objetivos específicos están el establecer si el nivel de arsénico en el río Daule es el mismo en su extensión y comparar los datos tomados con el mínimo nivel aceptable de arsénico en el agua del río.

## Marco teórico

La migración, como un proceso demográfico, se refleja en varios aspectos de la vida humana. Afecta la política, la cultura, la economía, transforma la situación epidemiológica y ambiental, y cambia el nivel de salud pública. Los migrantes se deslizan hacia malos hábitos con más frecuencia que la población nativa, es más probable que ingresen a hospitales en la fase aguda de los trastornos mentales. Al mismo tiempo, la diferencia en la incidencia de enfermedades en los migrantes depende de la población de origen (Atramentova, 2018).

La migración de la población, incluida la interregional y la rural-urbana, se ve afectada debido a la contaminación de arsénico (Wang *et al.*, 2017). Ciertos minerales como el realgar contiene altas concentraciones de arsénico (As) y el real garlibera con niveles significativos. Después de una serie de migraciones y transformaciones, el As puede convertirse en el principal contaminante del suelo, la atmósfera y el agua al provocar reacciones físicas, químicas y biológicas. Las causas del aumento de la toxicidad en el área se ven reflejada en el agua y el suelo (Wu *et al.*, 2017). Debido a ello, el arsénico sigue siendo un peligro ambiental importante que causa varios tipos de cáncer. La enfermedad de Bowen provocada por arsénico (As-BD) es un carcinoma de piel *situ*, es el cáncer más común. Si bien se han hecho grandes avances científicos en la carcinogénesis del arsénico, aún se desconoce cómo contribuye la inmunidad del huésped a este proceso (Hong, 2015). La ingestión de arsénico (As) a través del agua subterránea se ha convertido en un problema grave de salud pública en todo el mundo. En diversos países se ha informado de aguas subterráneas con concentraciones elevadas de As; como es el caso en la cuenca del río Rapti que se encuentra en la región de Terai en Uttar Pradesh, India. Las aldeas en la orilla izquierda mostraron contami-



nación, mientras que las aldeas en la orilla derecha no mostraron una concentración de As por encima de los estándares de la OMS de 10 µg/l (Singh *et al.*, 2018).

En la figura 1 se muestra las razones por las cuales las personas encuestadas decidieron migrar en estos últimos diez años. Cabe recalcar que la información fue obtenida mediante encuestas y muestra que la mayor tendencia (veinte personas) es por la falta de empleo, es decir, el 80 % migra por ese motivo.

**Figura 1**  
*Causas de migración*



## **Problemática ambiental y arsénico en el agua**

### **Problemática ambiental**

El río Daule es parte de uno de los sistemas fluviales más importantes del Ecuador. Años atrás, gozaba de gran popularidad porque servía de cruce para muchos viajeros, quienes lo consideraban como uno de los más lindos y sumisos afluentes. Con el paso del tiempo esto ha cambiado, ahora el río toma, por tramos, una coloración verdosa y, por momentos, más oscura, en especial cuando su caudal baja por la época de verano, y se remueven sus riberas deforestadas por las descargas existentes sin tratar. Las dificultades que surgen en el río son justamente la alta tasa de deforestación en las riberas y la realización de malos usos agrícolas y ganaderos (Avilés, 2013).

## Figura 2

*Contaminación directa a la población*



Un estudio de la Prefectura del Guayas refiere que un indicador de la contaminación orgánica son las altas concentraciones de coliformes fecales en Balzar, El Rosario, El Empalme y aguas abajo del cantón Daule y la actividad agrícola mal manejada debido a la presencia de plaguicidas (Guayaquil, 2013).

El Ministerio del Ambiente (MAE, 2020) ha tomado medidas para disminuir la contaminación del Daule; este proceso continuará con una socialización de la regulación ambiental vigente, información del reconocimiento Punto Verde que pueden alcanzar por cumplir excelentes estándares de ahorro de recursos como el agua, la energía, generación de desechos, etc.

El trabajo que realiza el MAE es arduo en los temas de contaminación, por ello trabaja en concienciar a la ciudadanía, pero se requiere mayor aporte de la comunidad para disminuirla, tomando en cuenta que estamos afectando los afluentes, la tierra y el planeta, en general.

## Arsénico en el agua

Si bien es cierto que el agua es de suma importancia para el ser humano, por algo se lo llama líquido vital, pero no todos contamos con calidad y cantidad de agua adecuada; la misma comunidad no se encarga de su cuidado y preservación. Los primeros contaminantes son los pesticidas y funguicidas empleados para erradicar diversas plagas y que tienen como compuesto tóxico al arsénico. El polvo de estos vuela hacia los ríos y los contamina, por lo tanto, las aguas que son de superficie, es decir, que son originarias de las aguas residuales industriales y de aguas negras sin tratar, son las que más causan daño al ser humano. La ingesta de agua con altas concentraciones de arsénico provoca enfermedades en adultos que les incapacita para el trabajo, y en casos muy graves lleva a la muerte. Debemos tener en cuenta que los síntomas pueden aparecer en la pubertad o en la niñez si no se trata a tiempo (Frers, 2007).

La Organización Mundial de Salud (OMS) clasificó al arsénico como uno de los diez principales productos químicos más alarmantes desde el punto de vista de la salud pública. La ingesta del arsénico, específicamente en el agua potable y los víveres sembrados que requieren regadío, provoca el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, dermatológicas y neurológicas, asimismo como diversas formas de cáncer.

**Figura 3**

*Intoxicación por arsénico*



## **Amenaza de arsénico, sus efectos y tratamiento de agua**

### **Amenaza de arsénico**

Cada día hay más sospechas de que los altos niveles de arsénico en el agua empleada para la agricultura podrían desgastar los suelos, por ende, reducir las cosechas y transferirse a los alimentos. La gran amenaza por arsénico en el río Daule establece un riesgo del 25 % para la salud de los habitantes, ya que las familias que se encuentran instaladas en el río Daule ingieren directamente el agua de las riberas sin ningún tratamiento.

El arsénico presente en el agua no tiene olor, color, ni sabor. Gracias a los resultados que se han obtenido y dan validez a esta investigación, se constata que existe este metal dañino para la salud.

Se debe considerar que las personas residentes en áreas rurales y que se sospeche de algún síntoma relacionado con el arsénico recibirán atención inmediata en los hospitales o clínicas, si bien existe un sistema de salud comunitaria a nivel rural, pero en realidad no dan importancia a esta enfermedad mortal. Es por ello por lo que se necesita una estrategia completa de mitigación del arsénico en cuanto a las riberas del río Daule. Cabe recalcar que el nivel de arsénico en ríos es bajo, inferior a 0,8  $\mu\text{g/L}$  aunque puede variar dependiendo de factores como recarga (superficial y subterránea), litología de la cuenca, drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y disposición de residuos urbanos y/o industriales, lo cual se pudo constatar en la toma de muestras.

### **Efectos del arsénico a nivel mundial**

La presencia de As en agua subterránea está relacionada con situaciones geológicas diferentes como son las creaciones de volcanes, etc. Los países en donde hay más gravedad por la toxicidad de arsénico son Bangladés, India (Bengala Oeste), Nepal, China, Taiwán, Vietnam, en el continente



asiático. En América tenemos a EE. UU., Argentina, Chile, Perú, El Salvador y México; en Europa, Grecia, Hungría, Rumania y España. Esta situación es un asunto de gran importancia a nivel mundial por la aparición de molestias vinculadas a este elemento, identificándose la escala del problema a partir de que se diagnosticaron efectos de envenenamiento en la población y de enfermedades hídricas (Alarcón *et al.*, 2014).

## Métodos de tratamiento de agua con presencia de arsénico

### Tratamiento de agua de pozo (Pure Aqua)

Los tratamientos de agua de pozo se los genera para la purificación del agua y también para descartar impurezas de todo tipo (pozos excavados, pozos hincados, pozos perforados). Para tener el tratamiento de agua correcto y que sea eficaz, se debe inspeccionar de forma correcta la composición química del agua de pozo y tener un conocimiento fundamental de cómo funciona el sistema.

La mayor parte de los métodos de tratamiento de agua se realiza bajo ciertas circunstancias, antes de realizar o elegir un sistema de tratamiento se debe reconocer y observar de manera directa los contaminantes químicos, bacterias, malos sabores, olores y manchas. También es necesario realizar una exploración para hierro, manganeso, sólidos totales disueltos, pH, calcio, dureza, alcalinidad, turbidez, arsénico, nitrato, sulfato, cloruro, sodio, plomo, etc, para evitar cualquier anomalía.

### Tratamiento de agua de pozo (servipresión)

Luego de realizar la investigación y conseguir la muestra de agua de pozo, es importante comprobar la calidad del agua, especialmente si esta se utiliza para consumo humano.

Los diferentes tipos pueden variar según las situaciones que lo rodean. Si el pozo está ubicado en la zona agrícola, junto a una zona industrial, es posible que fertilizantes y químicos lleguen al agua de pozo (ServiPresion, 2003).



## Materiales y métodos

### Materiales

Durante el día se observaron las diferentes descargas residenciales, industriales y agrícolas sin tratamiento. Para esto se utilizaron encuestas y un kit de reactivos para determinación visual de arsénico, que se basó mediante la metodología de ANSAM. Este método de prueba visual requiere alrededor de 15 a 45 minutos y emplea una tira de prueba. Los compuestos inorgánicos  $As^{+3}$  y  $As^{+5}$  se convierten en arsina, este gas reacciona con la tira de prueba en un recipiente cerrado, produciendo un color que puede ir de amarillo a café. Los colores de la tira se comparan con una carta de colores para determinar la concentración de arsénico en ppb.

Figura 4  
*Kit de arsénico*





## Método

Para esta investigación se utilizó una metodología exploratoria, que permitió describir la realidad de situaciones, eventos, personas, escenarios que se están abordando y que se pretenden analizar.

Las principales etapas por seguir son:

1. Examinar las características físico-químicas del agua del río Daule utilizando la técnica establecida en la norma técnica ecuatoriana y las dadas por el organismo rector, Ministerio del Ambiente y, correlacionarlo con la población existente en el cantón Daule.
2. Compra de kit de arsénico.
3. Ir a los puntos donde se tomarán las muestras.
4. Se sumergen los envases en el río del punto a explorar.
5. Retirar las muestras de agua para colocarles los reactivos.
6. Esperar media hora para cada muestra y obtener los resultados.
7. Comparar el nivel de las tiras con la guía de colores.
8. Saber qué porcentaje presenta el agua del río.
9. Anotar los valores conseguidos.
10. Seleccionar mediante la fórmula estadística a cuántas personas se realizará la encuesta.
11. Elaborar un cuestionario de preguntas que servirán para armar el formulario de la encuesta.
12. Tabular los resultados.
13. Elaborar el informe.

#### 14. Exponer los resultados.

### Toma de muestra

Para este proyecto se realizó la toma de 48 muestras a lo largo del río Daule desde el km 24, vía a Daule hasta la sección de La Aurora. En las tablas 1, 2, 3 y 4 se presentan los datos recolectados del nivel de arsénico.

**Tabla 1**

*Resultados de muestras tomadas en verano*

<b>Toma</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
1	615926	9778038	10	ppb
2	616464	9776795	10	ppb
3	617750	9777142	30	ppb
4	618151	9776440	0	ppb
5	617968	9775788	30	ppb
6	618606	9774772	20	ppb
7	617854	9772792	20	ppb
8	617888	9772258	10	ppb
9	617944	9771926	30	ppb
10	619072	9771685	0	ppb
11	-	-	20	ppb
12	618559	9775070	10	ppb

**Tabla 2**

*Resultados de muestras tomadas en verano*

<b>Toma</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
13	615915	9778040	20	ppb
14	616545	9776697	20	ppb
15	617731	9777177	10	ppb
16	618107	9776411	20	ppb
17	617954	9775785	20	ppb

18	618591	9774773	10	ppb
19	617827	9772793	10	ppb
20	617875	9772265	20	ppb
21	617938	9771924	20	ppb
22	619074	9771678	20	ppb
23	619308	9772028	20	ppb
24	618566	9775088	10	ppb

**Tabla 3**

*Resultados de muestras tomadas en verano*

<b>Toma</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
25	615917	9778032	0	ppb
26	616547	9776694	20	ppb
27	617744	9777182	20	ppb
28	618104	9776406	20	ppb
29	617955	9775785	10	ppb
30	618592	9774771	10	ppb
31	617836	9772783	0	ppb
32	617876	9772251	30	ppb
33	617934	9771926	20	ppb
34	619069	9771681	0	ppb
35	619189	9771980	30	ppb
36	618561	9775070	20	ppb

**Tabla 4**

*Resultados de muestras tomadas en verano*

<b>Toma</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
37	615919	9778027	10	ppb
38	616544	9776695	30	ppb
39	617724	9777165	20	ppb
40	618121	9776401	20	ppb
41	617971	9775776	20	ppb



42	618596	9774771	30	ppb
43	617852	9772792	30	ppb
44	617888	9772230	30	ppb
45	617947	9771926	30	ppb
46	619071	9771694	30	ppb
47	619193	9771968	30	ppb
48	618572	9775046	30	ppb

## Aplicación de fórmula estadística y programa

### Aplicación de fórmula

Para establecer las causas de la migración, se aplicaron encuestas directas a la población. Mediante la ecuación (1) se determina el número de migrantes.

$$N = \frac{Z a^2 x p x q}{d^2} \quad (1)$$

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión

### Programa utilizado [IBM SPSS Statistics]

SPSS. Paquete estadístico para las Ciencias Sociales es un programa que se utiliza de forma general en las empresas y profesionales de investigación de mercados. Este programa estadístico lo que realiza es reasignar las variables y registros según las necesidades del consumidor. Su mayor ventaja es la capacidad para trabajar con bases de datos de gran tamaño.



## Análisis y resultados estadísticos

Para dar validez se construye la siguiente prueba de hipótesis: Examinar la correlación existente entre la migración poblacional con respecto al nivel de arsénico del río Daule.

$H_0$ : No existe correlación entre la migración poblacional con respecto al nivel de arsénico del río Daule.

$H_1$ : Existe correlación entre la migración poblacional con respecto al nivel de arsénico del río Daule.

Se acepta la hipótesis del investigador porque la correlación de Pearson es de 0,753, lo cual indica que hay una correlación entre la migración poblacional y el arsénico mediante el valor de significancia menor 0,05. En este caso se observa que el valor de significancia es mayor a 0,05, de igual forma tiene la correlación, tal y como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5  
Correlación

		Migración	As
Migración	Correlación de Pearson	1	0,753
	Sig. (bilateral)		0,008
	N	11	11
As	Correlación de Pearson	0,753	1
	Sig. (bilateral)	0,008	
	N	11	11

En la tabla 6 se observa que el R cuadrado es de 0,566, es decir, que hay una relación y el modelo de regresión lineal se ajusta bien.

**Tabla 6***Estimación del modelo regresión lineal*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,75	0,566	0,518	3,70706
	3 <sup>a</sup>			

Debido a que el valor de significancia es menor a 0,05, la regresión y los residuos se ajustan al modelo, como se demuestra en la tabla 7.

**Tabla 7***Análisis de varianza*

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	161,547	1	161,547	11,755	0,008 <sup>b</sup>
Residuo	123,681	9	13,742		
Total	285,227	10			

En el resumen de contraste demuestra que sí cumple la condición de ser  $< 0,05$ , las varianzas son homogéneas tal y como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8***Resumen de contraste de hipótesis*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La secuencia de valores definida por valor $\leq 20,00$ y $> 20,00$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	0,502	Conservar la hipótesis nula.
2	La distribución de valor es normal con la media 18,41 y la desviación estándar 4,908.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200	Conservar la hipótesis nula.

Con la prueba de homogeneidad se puede percatar que el valor es mayor a 0,05, es decir, las varianzas son homogéneas como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Prueba de homogeneidad de varianza*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,159	10	33	0,352

Se establece la siguiente prueba de hipótesis: Establecer si el nivel de arsénico del río Daule es el mismo en su extensión.

$H_0$ : El nivel de arsénico en todo el río en el punto  $i$  es diferente.

$H_2$ : El nivel de arsénico en todo el río en el punto  $i$  es igual.

Se acepta  $H_2$ , las varianzas son homogéneas, es decir, que la media del arsénico en el punto  $i$  es igual en todos los puntos de investigación en el río Daule, como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	963,636	10	96,384	1,051	0,425
Dentro de grupos	3025,000	33	91,667		
Total	3988,636	43			

Se acepta  $H_2$  mediante el análisis antes realizado, el cual si los valores de significancia de los subconjuntos son mayores a 0,05 indica que el arsénico en el punto  $i$  es igual en todos los puntos de investigación donde se tomaron las muestras en el río Daule, tal y como se muestra en la tabla 11.



**Tabla 11***Subconjuntos homogéneos*

	N	Subconjunto para alfa = 0,05
1,00	4	10,0000
10,00	4	12,5000
4,00	4	15,0000
7,00	4	15,0000
6,00	4	17,5000
2,00	4	20,0000
3,00	4	20,0000
5,00	4	20,0000
8,00	4	22,5000
9,00	4	25,0000
11,00	4	25,0000

Se realiza la prueba de hipótesis correspondiente: Comparar los datos tomados con el mínimo nivel aceptable de arsénico en el agua del río.

$H_0$ : Nivel del arsénico es igual 10.

$H_3$ : Nivel del arsénico es diferente a 10.

Mediante el programa SPSS se realizó la prueba de muestra única, considerando que el límite inferior es 10 ppb, se muestra que es menor a 10, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , ya que es menor a 10, tal como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12***Prueba de muestra única*

Valor de prueba = 10

t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
0,060	47	0,000	8,33333	5,5667	11,0999





## Conclusión

El presente documento brinda la información necesaria para corroborar que existe la correlación entre la migración poblacional y los niveles de arsénico presente en el río Daule, como se muestra en la tabla de Pearson, cuyo valor es de 0,753. También se da validez mediante la prueba de significancia que el objetivo específico, verificar si el nivel de arsénico en las riberas del río es igual en todos los puntos; de igual forma sucede con el segundo objetivo específico, que verifica que el nivel aceptable de arsénico en el agua del río es diferente a 10 tal como se observa en la tabla de muestra única (menor al límite permisible). Así se llega a la conclusión de que la relación entre la migración y el arsénico tiene una relación directa: a mayor nivel poblacional, mayor es la concentración de arsénico en los sectores aledaños al río Daule. Esto indica que el agua no es apta para el consumo humano sin haber pasado antes por un proceso de tratamiento adecuado, pues todas las descargas residuales van directamente al río.

## Referencias bibliográficas

- Ahmad, S. A., Khan, M. H. y Haque, M. (2018). Arsenic contamination groundwater Bangladesh: implications and challenges for health-care policy. *Risk Manag Healthc Policy*, 11, 251-261. <https://doi.org/gj4qnz>
- Alarcón Herrera, M., Leal, L., Miranda, S., Benavides, A. y Martín, I. (2014). *Arsénico en agua. Presencia, cuantificación analítica y mitigación*. <https://cutt.ly/qZu1P05/>
- ANSAM. *Kit de prueba para la determinación de arsénico en agua*.
- Atramentova, L., Luchko, E. y Filiptsova, O. (abril, 30, 2018). Impact of migration on the expression of aggression and empathy urban populations. *The Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 19(2), 83-86. <https://cutt.ly/nZu1kVL/>
- Avilés Pino, E. (s. f.). *Enciclopedia del Ecuador*. <http://www.encyclopediadelecuador.com/>
- Decreto Ejecutivo 650. (2015). *Reglamento ley recursos hidricos, usos y aprovechamiento del agua*. 20 de abril de 2015. R. O. 483. <https://cutt.ly/pZuMbrT/>



- Flora, S. (2015). Arsenic: Chemistry, Occurrence, and Exposure. *Handbook of Arsenic Toxicology*, 1-49. <https://doi.org/jm8q>
- Frers, C. (Junio 8, 2007). *Contaminación, Arsénico y posibles soluciones*. Ecoportal. <https://cutt.ly/IZu1ITe/>
- Guayaquil. (Julio 11, 2013). Amenaza de contaminación río Daule. *El Telégrafo*. <https://cutt.ly/dZu1mq0/>
- Guha Mazumder, D. N. (2015). Health Effects Chronic Arsenic Toxicity. *Handbook of Arsenic Toxicology*, 137-177. <https://doi.org/jm8b>
- Hong, C., Lee, C., Chen, C., Chang, K. y Yu, H. (2015). STAT3-dependent VEGF production from keratinocytes abrogates dendritic cell activation and migration by arsenic: A plausible regional mechanism of immunosuppression arsenical cancers. *Chemico-Biological Interactions*, 227, 96-103. <https://doi.org/f63bhq>
- Lu, Y., Yeung, J. W., Liu, J. y Treiman, D. J. (2019). Migration and children's psychosocial development China: When and why migration matters. *Social Science Research*, 77, 30-147. <https://doi.org/jm8r>
- Mandal, P. (2017). *An insight of environmental contamination of arsenic on animal health*. *Emerging Contaminants*, 3(1), 17-22. <https://doi.org/jm8s>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *MAE trabaja para disminuir los contaminantes de la cuenca del río Daule*. <https://cutt.ly/hZu1RsG/>
- Pal, P. (2015). Arsenic Removal by Membrane Filtration. *Groundwater Arsenic Remediation*, 105-177. <https://doi.org/jm8t>
- Pure Aqua, Inc. (s. f.). *Sistemas de tratamiento de agua*. [www.pureaqua.com/](http://www.pureaqua.com/)
- Ramsey, K. (2015). Arsenic and Respiratory Disease. *Handbook of Arsenic Toxicology*, 335-347. <https://doi.org/jm8v>
- Raźniak, P. y Winiarczyk-Raźniak, A. (2014). Influence of the Societal Security Level on Population Migrations Poland. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 120, 2-12. <https://doi.org/jm8w>
- ServiPresion. (Enero 31, 2003). *Sistema de tratamiento de agua de pozo*. <https://cutt.ly/YZu1SCL/>
- Singh, C., Kumar, A. y Bindal, S. (2018). Arsenic contamination Rapti River Basin, Terai region of India. *Journal of Geochemical Exploration*, 192, 120-131. <https://doi.org/gdzthk>
- Singh, R., Singh, S., Parihar, P., Singh, V. P. y Prasad, S. M. (2015). Arsenic contamination, consequences and remediation techniques: a review. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 112, 247-70. <https://doi.org/f6tkrt>

- Wang, X., Chi-Man, E., Sun, J. (Agosto, 2017). Population migration, urbanization and housing prices: Evidence from the cities China. *Habitat International*, 66, 49-56. <https://doi.org/gbsrtx/>
- Wu, X., Zhang, Z. (2015). Population migration and children's school enrollments China, 1990-2005. *Social Science Research*, 53, 177-90. <https://doi.org/f7ms7n>
- Wu, Y., Zhou, X., Lei, M., Yang, J., Ma, J., Qiao, P. y Chen, T. (2017). Migration and transformation of arsenic: Contamination control and remediation realgar mining areas. *Applied geochemistry*, 77, 44-51. <https://doi.org/f9q3xj>



# El efecto de la migración de la población de la ciudad de Guayaquil en el nivel de sólidos totales disueltos (STD) en el río Daule

---

Luis Daniel Caamaño Gordillo<sup>1</sup>  
lcaamano@ups.edu.ec

George Steeven Vásquez Freire<sup>2</sup>  
gvasquezf@est.ups.edu.ec

## Antecedentes

Este estudio se enfoca en el agua del río al analizar la población y el nivel de sólidos totales disueltos en el agua del río Daule. También se quiere determinar si esta agua sirve para convertirla en agua potable, ya que es un recurso vital que necesitamos todos los seres vivos y es muy escasa. Cabe recalcar que no toda el agua está disponible para el consumo, el 70 % del exterior del mundo está asegurado por agua, el 2,05 % está solidificado y solo el 0,65 % es consumible. Lo que queda es hielo continental, gran porcentaje está en los mares y océanos mismos que contienen exceso de 30 gramos de sólidos totales disueltos por cada litro de agua y no es apta para los seres humanos y criaturas; adicionalmente aguas duras y con una alta concentración de STD. Su mal uso puede afectar a las personas de forma negativa. Algunas enfermedades se pueden transmitirse por el agua, como son el ántrax, dermatitis, tifo, tuberculosis, leptospirosis, salmonelosis, brucelosis y coccidiosis. En el agua puede crecer una baba verde que

- 
- 1 Magíster en Gestión de la Productividad y la Calidad, docente investigador de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.
  - 2 Ingeniero industrial, graduado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>

es peligrosa, también se puede crear el crecimiento de baba verde azul (Lagger *et al.*, 2000). Investigadores como Amado *et al.* (2006) ratifican que debemos contar con el agua más pura posible para evitar posteriores problemas; un parámetro que sirve como referente es el índice de calidad del agua (ICA).

En países desarrollados como Estados Unidos se toman medidas para encontrar alternativas y así evitar el uso de las aguas de menor calidad. El agua salobre durante la fracturación hidráulica podría ser una buena alternativa a los recursos de agua dulce, la reducción de la competencia en estas fuentes busca aliviar las preocupaciones del público con la escasez de agua. Esmaeilrad y su equipo realizaron un análisis del uso de agua salobre con sólidos disueltos totales (STD) de 2,500 mg/l.

Otro país a ser tomado como ejemplo para mejorar la calidad de agua es España, allí las empresas de agua utilizan nuevos tratamientos de ingeniería, como las tecnologías de oxidación avanzada o de membrana, para proporcionar agua segura a sus consumidores.

En el estudio de Devesa y Dietrich (2018) se ratifica que el contenido de minerales, típicamente estimado como sólidos disueltos totales (STD), es uno de los principales determinantes para el sabor y olor del agua. En general, las sustancias de brebaje pueden dar al agua un sabor desagradable; sin embargo, esto es observable si la sal o las sustancias sintéticas están en grandes cantidades. En diferentes ocasiones pueden responder a mezclas de sustancias con una letalidad ajustada, como el arsénico, bario, cadmio, cianuro, cromo hexavalente, plata y plomo. El selenio y fluoruro transmiten propiedades venenosas para el agua. Esto demuestra la importancia de los controles de calidad del agua (Rivera *et al.*, 2004).

Contar con agua segura es esencial para la salud de los consumidores y constituye el objetivo primordial del tratamiento del agua y control de calidad del agua de consumo, cuyas características finales dependerán de su origen (agua subterránea o superficial) y del proceso de potabilización al que sea sometida (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2017).



Para el control de la calidad del agua de consumo, muchos países adoptan reglamentaciones, basadas, en su mayoría, en las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (Álvarez *et al.*, 2008). En todos los países la calidad del agua está afectada por diversos factores como el uso del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida de nuevo a los cuerpos de agua, y la cantidad misma del agua de los ríos y lagos, ya que de esta depende su capacidad de purificación.

La calidad del agua es el término más usado, sin embargo, la cuantificación científica resulta bastante importante (Rivera *et al.*, 2004). En Ecuador tenemos todos esos factores que afectan la calidad del agua en los ríos. Durante los últimos diez años, el Lliquino, uno de los afluentes del río Pastaza, en el Oriente ecuatoriano, ha sufrido episodios de intervención antrópica, influenciados principalmente por procesos de colonización y extracción minera (Terneus *et al.*, 2008). La determinación de los tiempos de permanencia de agua y solutos en las cuencas de los ríos es importante para proteger la calidad del agua, la vegetación de ribera y los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas.

Del mismo modo, la comprensión de los tiempos de permanencia es importante para interpretar las reacciones bio e hidrogeoquímica dentro de los entornos fluviales y cercano al río, la comprensión del destino y el transporte de nutrientes y solutos (Howcroft *et al.*, 2018).

El problema principal de la contaminación de las corrientes está relacionado con las comunidades urbanas situadas en sus orillas, con un notable incremento de la población. El modelo más inmediato es la vía fluvial de Cautín, en Chile, que obtiene las aguas residuales de Temuco, Padre Las Casas y Lautaro que liberan un arroyo sin tratamiento, de 407,1 l/s (12 842 462 m<sup>3</sup>/año) (Howcroft *et al.*, 2018).

Los ríos y sus cuencas son parte muy importante de nuestro patrimonio natural. Estos han sido utilizados por la humanidad durante siglos; muy pocos o ninguno se halla en su estado natural. Entre 1985 y 1990 hubo una disminución en la longitud total de ríos y canales en



Inglaterra y Gales. Hoy en día es preocupante la menor disponibilidad rápida del agua dulce utilizable en términos de calidad y cantidad como resultado de las prácticas de uso del suelo en las zonas de captación.

Un reto contemporáneo a los servicios de agua es proporcionar agua de grifo segura y aceptable y que los consumidores perciban como constante, cuando la calidad del agua de la fuente y/o el tratamiento cambian continuamente (Ngoye y Machiwa, 2004).

En los ríos encontramos altas cantidades de STD, provenientes de las aguas residuales o aguas utilizadas por empresas, acumulación de cuerpos de organismos, otros animales y plantas. Esta misma agua es utilizada por comunidades o pueblos que viven cerca de esos ríos y desconocen lo que esta agua contiene.

En Ecuador no se da la suficiente importancia para el tratamiento de aguas residuales que vienen de hogares o de las industrias y que llegan a los ríos cercanos. Tenemos muchos ríos contaminados por esta causa, tal es el caso del río Daule, donde se observa gran descargue de aguas residuales. Es necesario conocer los efectos ocasionados para poder tomar medidas correctivas y preventivas.

## Teoría

Los movimientos migratorios internacionales se han extendido a todo el globo en un proceso que Castles y Miller (2004) nombran “la era de la migración”, cuyo origen está en la creciente desigualdad de la riqueza, así como en las presiones políticas, ecológicas y demográficas (Hernández, 2011). Hoy, el gran temor de los países desarrollados, que una vez alentaron la migración y se alimentaron de ella para cubrir sus déficits laborales, es que las migraciones a sus territorios se intensifiquen; sin embargo, parece que se ha introducido una dinámica que no se puede detener, a pesar de las restricciones impuestas de acuerdo con Muñoz (2002).

Los procesos de migración están vinculados a las condiciones internas que privan a la gran mayoría de los países emisores de migrantes. Tanto la cultura como los grupos sociales a los que per-



tenecemos afectan la forma en que conceptualizamos nuestra salud. Comprender esto es muy relevante dado que la llegada de migrantes internacionales ha aumentado, de modo considerable, en los últimos años. Este escenario plantea desafíos importantes, tal como lo visualizan Pedrero *et al.* (2018).

El conjunto total de transitorios universales no se conoce precisamente por la ausencia de información en ciertas regiones y la falta de consistencia de las fuentes accesibles.

Durante la década de 1990, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) evaluó que había entre 70 y 85 millones de migrantes (de los cuales 30 o 35 millones eran trabajadores, lo que equivale al 1,2-1,4 % de la fuerza laboral mundial), y más de 20 millones de refugiados. El conjunto abarca de 90 a 105 millones de personas que viven fuera de la nación de nacimiento, lo que representaba casi el 1,7 % de la población total, es decir, aproximadamente el volumen de crecimiento anual de esta. (Aja y Carbonel, citado por Muñoz, 2002)

Otros sucesos vitales frecuentes, tales como los relacionados con cambios económicos, actividades sociales, tipo de trabajo, mayor consumo de recursos naturales, etc., suelen estar relacionados y/o producirse a consecuencia del cambio de residencia (Valiente *et al.*, 1996). Entre los inconvenientes de la migración, su afluencia masiva comporta el peligro de la superpoblación en las áreas de acogida, lo que significa más congestión del tráfico, excesiva urbanización, etc. Además, esta migración puede sobresaturar los suministros (de agua, electricidad o saneamiento) y afectar al medioambiente (Membrado, 2015).

La migración puede aumentar la capacidad de consumo de aquellos que se quedan y que tienen un grado de parentesco con quien se fue. Si existe un incremento de población por motivos de migración, va a incrementar el consumo, así como el nivel de aguas residuales que descienden en las cuencas de los ríos (Aruj, 2008). El incremento de la actividad industrial y el aumento poblacional en los alrededores de la ciudad de Guayaquil, en los últimos años, ha provocado un aumento de aguas residuales y por consecuencia sube la concentración de STD





en el ecosistema estuarino, debido a que en muchas ocasiones son vertidas directamente aguas residuales sin tratamiento, generando así una gran acumulación de estas sustancias tóxicas (Alcívar y Mosquera, 2011). Las aguas de los ríos experimentan un deterioro en su calidad debido a su uso como receptor de los vertimientos generados en los centros poblados, las zonas industriales, las actividades agropecuarias y escorrentías (Quiroz *et al.*, 2017); los sistemas de agua dulce más que ningún otro ecosistema son sensibles a modificaciones antrópicas. De acuerdo con Lozano (205), a través de los años estos sistemas han sido usados como depósitos de aguas residuales.

Las aguas residuales se originan en los baños, duchas, cocinas, etc., creadas por hogares, organizaciones y locales comerciales, y se depositan en las alcantarillas. En numerosos territorios, a las aguas residuales también incorporan agua sucia de empresas y organizaciones. El agua oscura es la que se origina en los inodoros y urinarios. Los marcos de alcantarillado que transmiten juntas las aguas desordenadas y las de precipitación se denominan marcos de alcantarillado unidos. En la actualidad, en el país, las aguas residuales han sido uno de los principales problemas ecológicos, donde una gran parte de las pendientes, estuarios, estanques de marea y vías fluviales sufren un cambio extraordinario en la calidad del agua sin tratamiento. El río Guayas (Daule-Babahoyo), fuente principal de presentación de contaminaciones en el golfo de Guayaquil, representa una suma comparable con el 75 % de todas las emisiones domésticas y mecánicas que se completan en la Costa (Enríquez, 2011).

La cuestión de la contaminación de los activos hídricos es mundial. Según la UNICEF (2022), 748 millones de personas en todo el mundo siguen teniendo serios problemas para acceder al agua y mil niños mueren diariamente por enfermedades diarreicas asociadas con agua potable contaminada, saneamiento deficiente o malas prácticas de higiene.

Algunos elementos, los metales pesados, provocan efectos adversos en la salud humana. El plomo a bajas concentraciones puede causar lesiones irreversibles en el sistema nervioso central, así como



reducir la inteligencia; si los niveles son mayores, puede provocar lesiones renales graves.

Los resultados obtenidos permitirán organizar nuevas investigaciones para reconocer las fuentes de contaminación y, en este sentido, limitar las consecuencias antagónicas para el bienestar humano por la contaminación del agua por metales, metaloides y parámetros físico-sintéticos. Entonces, es importante conocer el impacto que la migración genera sobre la calidad del agua en el río Daule, con la finalidad de informar a las autoridades para que puedan emprender acciones correctivas para preservar la fuente de agua más importante que tiene nuestra comunidad (Holguín *et al.*, 2006).

Las investigaciones relacionadas con la búsqueda de alternativas para el tratamiento de aguas para consumo humano, se orientan hacia el uso de elementos naturales, considerando las ventajas comparativas que ofrecen frente al uso de químicos. En muchos países como en Ecuador se usa el agua de río para las actividades cotidianas e ingesta. Aquí las aguas superficiales, formadas por ríos, lagos y lagunas, son las principales fuentes de abastecimiento de los sistemas de agua potable que sirven a las grandes ciudades y a las comunidades rurales también.

Los habitantes de Guayaquil consumen el agua que proviene del río Daule, previa depuración en la planta de tratamiento de La Toma, ubicada en el km 26 de la vía a Daule. En esta se eliminan las partículas sólidas y microorganismos perjudiciales para los humanos, hasta lograr valores menores a los límites máximos permisibles, de acuerdo con las normas de cada país (Paredes, 2013). La Organización Mundial de la Salud (OMS) publica periódicamente las guías de calidad del agua de consumo con valores guía para diversas sustancias con el objetivo de proteger la salud de la población. Estas guías son una orientación fundamental para el desarrollo de las normativas internas de cada país (Gómez-Gutiérrez, 2016).

Las cuencas son zonas de drenaje o captación donde se junta el agua de las montañas y corre río abajo para alimentar a los ríos y lagos;



pero la presión del crecimiento demográfico (en parte ocasionado por la migración), la deforestación, las prácticas agrícolas insostenibles, el cambio climático del planeta, entre otros, están ejerciendo un gran peso y, por lo tanto, poniendo en peligro la escasa agua dulce disponible (Jaya, 2017).

## **Problema de la investigación**

¿Cuál es la relación existente entre la migración de la población del cantón Guayaquil con el nivel de sólidos totales disueltos de la ribera del río Daule?

## **Hipótesis**

Si el valor de significancia es menor a 0,05, entonces se rechaza la  $H_0$ .

$H_0$ : No existe relación entre la migración y el nivel de STD.

$H_a$ : Existe relación entre la migración con los sólidos totales disueltos.

Si el valor de significancia es menor a 0,05, entonces se rechaza la  $H_0$ .

$H_0$ : La media de STD en el punto  $i$  es igual en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_a$ : Alguna media del STD en el punto  $i$  es diferente en algunos de los puntos investigados en el río Daule.

Si el valor de significancia es menor a 0,05, entonces se rechaza la  $H_0$ .

$H_0$ : La media del nivel de STD a lo largo del río Daule es igual que el máximo nivel recomendado.

$H_a$ : Las medias son diferentes.

## **Objetivo general**

Comprobar la relación entre la migración de la población del cantón Guayaquil y la concentración de sólidos totales disueltos en las aguas del río Daule.



## Objetivos específicos

Determinar si el nivel de sólidos totales disueltos en la extensión del río Daule es el mismo.

Realizar una comparación de datos tomados en los puntos del río Daule con el máximo nivel aceptable de sólidos totales disueltos.

## Materiales y métodos

La metodología que se aplicó fue exploratoria y el diseño de la investigación es transaccional, el mismo que recolecta datos en un solo momento, en tiempo único. Para precisar a la población migrante se realizaron encuestas, esta tiene características especiales objetivas. Con esta muestra se pudo generalizar a todos los fragmentos que conforman dicha población; para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2_a \times p \times q}{e^2}$$

En donde:

n = muestra inicial

Z = nivel de confianza = 1,96

p = probabilidad de éxito = 0,5

q = probabilidad de fracaso = 0,5

E = margen de error o nivel de precisión = 0,04925

De esta forma, se realizó la investigación en un valor de n = 396 viviendas.

Se plantearon los objetivos:

(i) Comprobar la relación entre la migración de la población del cantón Guayaquil y la concentración de sólidos totales disueltos en las aguas del río Daule.



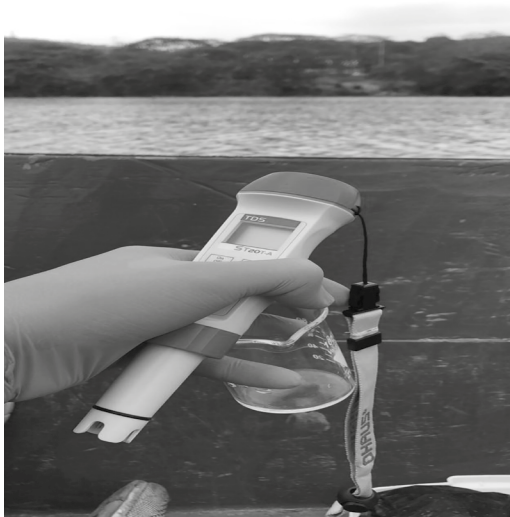
(ii) Determinar si el nivel de sólidos totales disueltos en la extensión del río Daule es el mismo.

(iii) Realizar una comparación de datos tomados en los puntos del río Daule con el máximo nivel aceptable de sólidos totales disueltos.

Para poder cumplir con estos objetivos se optó por adquirir un kit de prueba para medición de STD, ST Series pen Meter marca OHAUS, modelo ST10, con un medidor de pH de pluma a prueba de agua de resolución 0,01 pH (figura 1).

### Figura 1

*Equipo de medición en campo de experimento*



Para la recolección de muestras de agua, los pasos seguidos fueron:

1. Seleccionar equipos necesarios para el muestreo.
2. Calibrar del equipo de medición de sólidos totales.
3. Recolectar las muestras a partir de un metro de profundidad en cada punto del río con un recolector genérico (figura 2).

4. Colocar agua destilada en un primer vaso de precipitado para la limpieza del equipo.
5. Depositar la muestra en un segundo vaso de precipitado.
6. Introducir los sensores del equipo en el vaso de la muestra.
7. Esperar un tiempo de 5 minutos.
8. Anotar la cantidad de STD con su temperatura, valores que se ven expresados en la pantalla del equipo.
9. Calibrar y limpiar los sensores del equipo para la recolección de las muestras restantes.
10. Realizar la correlación entre estos valores y los lugares poblacionales existentes en los alrededores de los puntos tomados.

## Figura 2

*Equipo recolector utilizado a un metro de profundidad*



Como medio de transporte para la toma de muestras se empleó un bote perteneciente a la comunidad que vivía a los alrededores. Al ser estas aguas contaminadas y expuestas al sol por varias horas, los estudiantes encargados de la recolección utilizaron equipo de protección personal como guantes de látex, mascarilla de protección respiratoria, gafas de protección solar y ropa adecuada para evitar quemaduras por los rayos ultravioleta y cualquier infección.

Este proceso de recolección de muestras de agua se realizó a un metro de profundidad para que los resultados sean más viables, sumergiendo el equipo recolector en once puntos específicos que fueron escogidos por ser áreas de desfogue de aguas residuales. A horas predeterminadas se realizaron cinco recorridos alrededor de la ribera, recogiendo 55 muestras para su posterior análisis.

Adicional, sobre las mismas once áreas, se realizó un mapeo (figuras 3 y 4) para determinar las comunidades e industrias cercanas. Así se determinó un promedio de las personas que han migrado en la última década desde otros países o provincias, relacionada por cada uno de los puntos. Se obtuvo el tamaño de la muestra poblacional mediante la fórmula indicada, 396 encuestas, y el promedio del sector en cada punto del río. Las personas que realizaron la encuesta fueron estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana.

### Figura 3

*Ubicación de los puntos a realizar las encuestas*





## Figura 4

Ubicación de los puntos a realizar las encuestas



Para calcular las correlaciones de nuestras variables y hacer el análisis de varianza se utilizó el programa estadístico SPSS, una de las mejores herramientas de tratamiento de datos y análisis estadístico, junto con el BMDP, que son los más utilizados en la investigación conectada en las sociologías (Bisquerra, 1989). Debemos llamar la atención sobre esto, a pesar de que enfatizamos su utilidad, su cuidado y su visión simples, en cualquier caso, su utilización está sujeta a un período específico, adaptado por un permiso, que en ocasiones hace que sea problemático y difícil capitalizarlo (Bausela, 2005).

## Análisis y resultados

En el recorrido que se realizó a lo largo del río, se tomaron muestras para medir los sólidos totales disueltos en el agua por cada punto, para comprobar si el nivel de STD (mg/l) es el mismo a lo largo del río. El número total de muestras recogidas fueron 55 (tabla 1), estas fueron tomadas a lo largo de las zonas escogidas (tabla 2). También se puede

observar los resultados de STD en promedio de las cinco vueltas por cada punto en la figura 5.

**Tabla 1**

*Valores de STD por hora y zona*

N.º	Hora	STD	N.º	Hora	STD
1	8:29	51,2	7	8:52	57,2
	11:22	60		12:14	49,2
	13:52	48,9		14:44	61,4
	16:10	47,5		16:52	47,7
	17:59	48,9		17:44	53,7
2	8:33	51,6	8	8:55	59,5
	11:35	45		12:23	55
	14:04	52		14:51	63
	16:17	46,6		16:56	48,2
	17:08	45,7		18:00	56,425
3	8:37	52,6	9	8:58	58,4
	11:42	41,8		12:23	55
	14:11	51,1		14:54	73,2
	16:23	47,2		17:00	63,4
	17:10	48,175		18:15	62,5
4	8:40	52,6	10	9:01	63,5
	11:48	46,3		12:30	54,7
	14:18	52,8		15:00	59,7
	16:29	46,1		17:08	84
	17:20	49,45		18:30	65,475
5	8:42	55,8	11	9:03	57,7
	11:55	47,4		12:35	45
	14:24	57,6		15:05	79,2
	16:34	47,5		17:11	48,4
	17:25	52,075		18:35	57,575

6	8:46	53
	11:55	47,4
	14:33	52,9
	16:41	46,2
	17:30	49,875

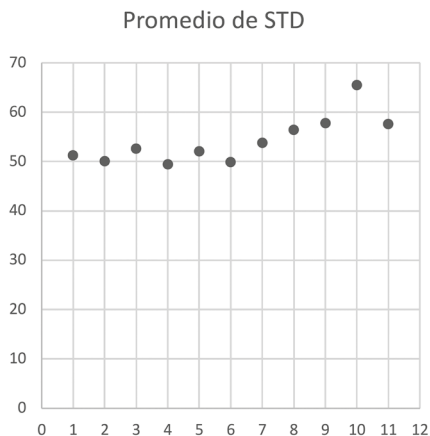
**Tabla 2**

*Zonas escogidas*

1	Unilever	7	La penitenciaria
2	Las Lojas (paradero)	8	Agripac
3	Las Lojas (desembarque)	9	Olianac
4	Ciudad Santiago	10	Pascuales
5	Costanera	11	Villa Italia
6	Las Germanias		

**Figura 5**

*Resultados en promedio del nivel de STD en el agua*

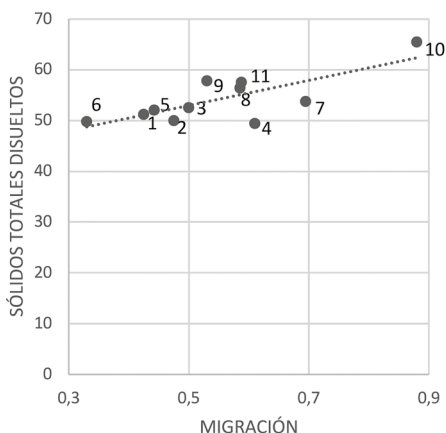


Una vez obtenidos los resultados de las encuestas, que daba el número de personas que han migrado en la última década a esa área, comparamos el promedio de migración con el promedio de nivel de

sólidos totales disueltos en cada uno de los once puntos (figura 6) cabe recalcar que los resultados de migración varían en un rango de 0 a 1.

**Figura 6**

*Comparación de resultados recogidos de migración y STD*



Utilizando el programa estadístico IBMSPSS Statistics, se hizo la prueba en la distribución observada con el valor hipotetizado (prueba de Kolmogorov-Smirnov). Esto sirvió para determinar si los datos de migración y STD son normales y así hacer una correlación. Se observa en la tabla 3, que se conservan las dos hipótesis nulas, es decir, pasan la prueba de normalidad. Cabe recalcar que el recorrido en bote fue de 5 km, a una velocidad promedio de 15 km/h; se vio que las descargas de aguas residuales se hacían en horas específicas en algunos puntos, por esto se utilizó el método de la media truncada, ya que teníamos que descartar algunos datos que eran demasiado altos debido a la hora en que se recogió la muestra.

**Tabla 3***Resumen de contraste de hipótesis*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de migración es normal con la media 0,55 y la desviación estándar 0,148.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200 <sup>2</sup>	Conservar la hipótesis nula.
La distribución de STD es normal con la media 54,23 y la desviación estándar 4,802.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200 <sup>2</sup>	Conservar la hipótesis nula.

Para comprobar el objetivo general se escogió Pearson en el programa, donde se analizó que, si la prueba bilateral es menor que 0,05 existe correlación o relación, en este caso (tabla 4) sobre la base de la significancia bilateral se rechaza la hipótesis de investigación de  $H_0$ : No existe relación entre la migración y el nivel de STD. Es decir, existe relación entre la migración y el nivel de sólidos totales disueltos en el río, ya que nuestro valor de significancia bilateral es de 0,006.

**Tabla 4***Correlaciones*

			Migración	STD
Rho de Spearman	MIGRACIÓN	Coefficiente de correlación	1,000	0,046
		Sig. (bilateral)		0,006
		N	11	11
	STD	Coefficiente de correlación	0,764	1,000
		Sig. (bilateral)	0,006	
		N	11	11

Posteriormente, mediante ANOVA hacemos a prueba de homogeneidad que mide que las varianzas deben ser homogéneas.

$H_0$ : Las varianzas son homogéneas.

$H_a$ : Las varianzas no son homogéneas.

Como observamos (tabla 5) el valor de significancia es 0,003, es decir, es menor que 0,005, entonces se rechaza la hipótesis nula.

$H_0$ : Las varianzas son homogéneas, significa que las varianzas no son homogéneas.

Tabla 5

Valor estadístico de Leven	gl1	gl2	Sig.
3,481	10	35	0,003

Como las varianzas no son homogéneas, se escogió la prueba estadística Games-Howell, en la que se notó que todos los niveles de significancia son mayores a 0,05.

Para determinar el objetivo 1 se plantearon las hipótesis.

$H_0$ : La media de STD en el punto i es igual en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_a$ : Alguna media del STD en el punto i es diferente en algunos de los puntos investigados en el río Daule.

Utilizando el ANOVA para determinar si las medias de STD son aleatorias se tuvo un valor de significancia menor que 0,05 (tabla 6), por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación  $H_a$ : Alguna media del STD en el punto i es diferente en algunos de los puntos investigados en el río Daule.

**Tabla 6**  
ANOVA

<b>Valor</b>	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1382,314	10	138,231	2,384	0,028
Dentro de grupos	2029,354	35	57,982		
Total	3411,668	45			

Al revisar la prueba de Games-Howell no se mostró que existan medias diferentes, por lo tanto, se realizó un análisis individual de medias considerando las varianzas diferentes (tabla 7).

**Tabla 7**  
*Estadísticas de grupo*

	Punto	N	Media	Desviación estándar	No se asumen varianzas iguales
VA-LOR	2	5	48,18	3,3559	0,42
	9	4	62,5	7,9238	
VA-LOR	3	4	48,18	4,8211	0,28
	9	4	62,5	7,9238	
VA-LOR	4	4	49,45	3,7546	0,38
	9	4	62,5	7,9238	
VA-LOR	6	4	49,88	3,5846	1,38
	9	4	62,5	7,9238	

Para el objetivo específico 2, se realizó una comparación en la que se determinó si el nivel de STD es igual al límite máximo recomendado, utilizando una comparación de medias de una muestra en la plataforma de SPSS.

$H_0$ : La media del nivel de STD a lo largo del río Daule es igual que el máximo nivel recomendado.

$H_a$ : Las medias son diferentes

Según la guía de purificadores de agua, el nivel máximo de STD ideal para tratar un agua y consumirla debe ser de 140 mg/l.

En la tabla 8 se da un valor de significancia bilateral de 0,00 que es menor a 0,05, entonces se rechaza nuestra hipótesis nula  $H_0$ : La media del nivel de STD a lo largo del río Daule es igual que el máximo nivel recomendado.

Es decir, el nivel de sólidos totales disueltos en el río Daule es diferente al valor máximo recomendado.

Tabla 8

Prueba de muestra única

Valor de prueba = 140						
t	gl	Sig. bilateral	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		
				Interior	Superior	
V	-72,547	49	0,000	-86,45400	-88,8488	-84,0592

## Conclusiones

Durante esta investigación se observó que muchas personas utilizan el agua del río Daule para actividades cotidianas, como cocinar, aseo personal y hasta usan para su consumo. Algunas personas encuestadas que viven cerca al río no tienen conocimiento de que existen algunas áreas de desagüe a lo largo de la ribera, donde se encontró alto contenido de sólidos totales disueltos. La mayoría de los moradores tienen la idea de que esa agua es más pura que el agua potable.



Analizando las variables se llegó a la conclusión de que sí existe relación directa entre la migración y el nivel de sólidos totales disueltos.

Tras el análisis estadístico de las 55 muestras recogidas, se concluye que el nivel de sólidos totales disueltos en el agua no es el mismo. Existe variación entre los puntos 2-9, 3-9, 4-9 y 6-9, esto se debe a que hay áreas donde la población varía, por lo que existe mayor o menor cantidad de aguas servidas que, a su vez, influye en el nivel de STD e incluso los valores cambian dependiendo la hora. La muestra con mayor cantidad de sólidos fue la del punto 10 que corresponde a la zona de Pascuales.

Se llega también a la conclusión de que esta agua no sobrepasa el nivel máximo recomendado de sólidos totales. El agua del río puede ser tratada y mejorada; se podría preservar la flora y fauna de sus alrededores, así como evitar efectos que deterioren la salud de las personas que viven junto a la ribera y que en su mayoría utilizan esta agua.

Cabe recalcar que la calidad de agua no solo depende de los STD, hay otras variables tales como el pH, contaminación microbiana y la conductividad. El nivel de sólidos sí es un indicador del estado del agua. Se concluye que esta agua del río Daule no es de las peores y puede ser tratada llegando a una pureza ideal para actividades cotidianas y hasta para el consumo humano.

## Referencias bibliográficas

- Alcívar, M. y Mosquera, J. (2011). Concentración de metales pesados (Cr total, Pb, Cd) en agua superficial y sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil) [Tesis]. Universidad de Guayaquil. <https://cutt.ly/LNgrHwi/>
- Álvarez, J., Panta, J., Ayala, C. y Acosta, E. (2008). Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del río Amajac. *Inf. tecnol.*, 19(6), 21-32. <https://doi.org/c2j7p8>
- Amado, J., Rubiños, E., Gavi Reyes, F., Alarcón, J. J., Hernández, E., Ramírez, C., Mejía, E., Pedrero, F., Nicolás, E. y Salazar Sosa, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Phyton*, 75, 71-83. <https://cutt.ly/lZu9jJe/>



- Aruj, R. (2008). Causas, consecuencias, efectos e impacto de las migraciones en Latinoamérica. *Papeles de población*, 14(55), 95-116. <https://cutt.ly/mZu94ZS/>
- Bausela Herreras, E. (2005). SPSS: un instrumento de análisis de datos cuantitativos. [Recurso electrónico] / Esperanza Bausela Herreras. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 2(4), 62-69.
- Bisquerra, R. (coord.). (2009). *Metodología de la investigación educativa*, 2.<sup>a</sup> edición. Editorial La Muralla, S. A. <https://cutt.ly/AZSip6X/>
- Castles, S. y Miller, M. (2004). *La era de la migración. Movimientos internacionales de población en el mundo moderno*. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Devesaa, R., Dietrich, A. (2018). Guidance for optimizing drinking water taste by adjusting mineralization as measured by total dissolved solids (TDS). *Desalination*, 439, 147-154. <https://doi.org/gdwg6n>
- Enríquez Ocampos, R. (2011). Las aguas residuales del barrio Gustavo Andrade y su incidencia en la calidad del agua del estero sin nombre del cantón Lago Agrio de Sucumbíos [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Técnica de Ambato. <https://cutt.ly/KZu3hah/>
- Esmailirad, N., Terry, C. y Carlson, C. (2016). Optimization of carboxyl-methyl cellulose frac fluid low TDS water sources based on pH and crosslinker concentrations. *Fuel*, 185, 211-218. <https://doi.org/jnjbq>
- Gómez-Gutiérrez, A., Miralles, J., Corbella, I., García, S., Navarro, S. y Llebaria, X. (2016). La calidad sanitaria del agua de consumo. *Gaceta sanitaria: Órgano oficial de la Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria*, 30(Extra 1), 63-68. <https://cutt.ly/fZu3xxz>
- Guía de purificadores de agua. (s. f.). *Parámetros de interés en la purificación de agua*. <https://cutt.ly/YZu3IEJ/>
- Hernández, M. (2011). *La migración peruana en Chile y su influencia en la relación bilateral durante el gobierno de Michelle Bachelet (2006-2010)*. [Tesis Magíster en estudios internacionales]. Universidad de Chile.
- Holguín, C., Rubio, H., Olave, M. E., Saucedo, R., Gutiérrez, M. y Bautista, R. (2006). Calidad del agua del río Conchos en la región de Ojinaga, Chihuahua: parámetros fisicoquímicos, metales y metaloides. *Universidad y Ciencia*, 22(1), 51-63. <https://cutt.ly/rZu3kmA/>
- Howcroft, W., Cartwright, I. y Cendón, D. (2018). Residence times of bank storage and return flows and the influence on river water chemistry the upper Barwon River, Australia. *Applied Geochemistry*, 101, 31-41. <https://doi.org/jnbr>

- Jaya Cabrera, F. (2017). *Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del río Tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca*. [Tesis en Ingeniería Civil]. Universidad de Cuenca. <https://cutt.ly/nZu3vfj/>
- Lagger, J. R., Mata, H. T., Pechin, G. H., Larrea, A. T., Otrosky, R. N., Cesan, R. O., Caimier, A. G. y Meglia, G. E. (2000). La importancia de la calidad del agua en producción lechera. *Veterinaria Argentina*, 17(165), 346-354. <https://cutt.ly/mZu9sW7/>
- Lozano Ortiz, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral Científico*, (7), 5-11. <https://cutt.ly/HZu3dKV/>
- Membrado Tena, J. (2015). Migración residencial y urbanismo expansivo en el mediterráneo español. *Cuadernos de Turismo*, (35), 259-285. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39838701011/>
- Muñoz, A. (2002). Efectos de la globalización en las migraciones internacionales. *Papeles de población*, 8(33), 9-45. <https://www.redalyc.org/pdf/112/11203301.pdf>
- Ngoye, E. y Machiwa, J. (2004). The influence of land-use patterns the Ruvu river watershed on water quality the river system. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 29(15-18), 1161-1166. <https://doi.org/dmkdtn>
- Paredes Ramos, P. (2013). El uso de moringa oleífera como material natural para el tratamiento del agua potable en países en vías de desarrollo. *Yachana Revista Científica*, 2(2). <https://cutt.ly/oM5cs2M>
- Pedrero, V., Bernal, M. y Pérez, C. (2018). Migración y competencia cultural: un desafío para los trabajadores de salud. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 29(3), 353-359. <https://doi.org/jnbs>
- Quiroz, L., Izquierdo, E. y Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51. <https://cutt.ly/OZu3pTi/>
- Rivera, N. R., Encina, F., Muñoz-Pedrerros, A. y Mejías, P. (2004). La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Información tecnológica*, 15(5), 89-101. <https://doi.org/fjg386>
- Rodríguez-Álvarez, M., Morana, L., Salussoa, M. y Seghezzo, L. (2017). Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de Salta. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 366-376. <https://doi.org/jnbt>

- Terneus, E., Hernández, K. y Racines, M. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza-Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16, 31-45. <https://cutt.ly/AZu9ERH/>
- UNICEF. (2019). *Día Mundial del Agua: 1000 niños mueren al día por su falta*. <https://cutt.ly/RZdcPKu/>
- Valiente, R., Sandín, B., Chorot, P., Santed, M. y González de Rivera, J. (1996). Sucesos vitales mayores y estrés: efectos psicopatológicos asociados al cambio por migración. *Psiquis*, 17(5), 211-230. <https://cutt.ly/NZu90DS/>



# El efecto de la longevidad a la temperatura del río Daule

Laura Leonor Garcés Villón<sup>1</sup>  
lgarces@ups.edu.ec

Christian Oswaldo Pérez Urresto<sup>2</sup>  
cperez@est.ups.edu.ec

## **Introducción**

En el cantón Daule son varios los ríos que presentan problemas de contaminación originados por el mal uso de sus cuencas y descargas de aguas residuales por parte de la zona urbana.

El funcionamiento de presas y las instalaciones civiles afectan a los caudales de los ríos y, por ende, a la calidad del agua, el hábitat para la vida acuática y el buen uso del consumo humano (Barceló y Alda, 2007).

- 
- 1 Magíster en Administración de Empresas, docente investigadora de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.
  - 2 Ingeniero industrial, graduado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



## Figura 1

*Descargas de centros urbanos*



El Daule es considerado una fuente muy importante de agua potable para Guayaquil; son aproximadamente tres millones de habitantes que reciben las descargas de aguas residuales de varios centros urbanos que se encuentran a lo largo del río. Este es considerado una importante fuente hídrica para las personas que se dedican al cultivo de arroz, y para poder suministrar agua potable a las ciudades en la península de Santa Elena por medio de un sistema de derivación y de bombeo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2018).

En la actualidad es conocido el impacto que la humanidad ha tenido con respecto al medioambiente, no obstante, en Ecuador se tiene poca información de estudios de datos demográficos y su impacto en los ríos. Por lo cual, este proyecto tiene como justificativo, dar a conocer a la comunidad científica y a la sociedad en general datos demográficos específicos de los habitantes del cantón Guayaquil y su influencia en el nivel de la calidad del agua del río.

Según Montelongo *et al.* (2008), la temperatura en el agua de un río es un factor muy importante para realizar un buen estudio de su calidad, en cuanto a los procesos físicos, la densidad y viscosidad,

a los procesos químicos, en las tasas de reacción y solubilidad de gases y, finalmente, a los procesos biológicos en las tasas de crecimiento y metabolismo. Es muy importante cuando nos referimos a problema de salud pública porque las altas temperaturas pueden presentar efectos peligrosos sobre la calidad del agua del río.

Los cambios naturales de calor y la atmósfera, aguas subterráneas y las alteraciones de orígenes humanos son variables o factores que influyen en los cambios de temperatura del agua en los ríos. Las aguas del río Daule han sido afectadas por actividades como el desarrollo urbano, la agricultura, labores industriales, entre otras, sin considerar las consecuencias negativas y amenazas sobre el ecosistema, diversidad biológica, etc. (Medrano y Gutiérrez, 2017). El daño ambiental que existe en todo el mundo, generado por las empresas industriales, es un problema grave, ya que afecta en su gran parte a la salud pública y, al mismo tiempo, al medioambiente.

La contaminación de las industrias es consecuencia de las emisiones de sustancias peligrosas que provienen de los procesos industriales; estas por lo general hacen daño por ser vertidos directamente al suelo, ruidos a su alrededor y la disposición de residuos industriales.

Lo principal del proyecto es analizar la relación existente entre la longevidad de los habitantes del cantón Guayaquil con respecto al estudio de la temperatura de su río, para así determinar si los cambios de temperatura entre los sectores escogidos del río Daule son los mismos y hallar la relación existente del nivel de la calidad del agua en el río Daule con los datos demográficos de los habitantes del cantón Guayaquil.

En este artículo se presenta un resumen del estudio de la temperatura y calidad del agua del río Daule, dichos estudios se realizaron en noviembre de 2019 para saber si el aumento de la densidad poblacional y el desarrollo económico del cantón Guayaquil influyen en los niveles de contaminación de las aguas del río Daule.



**Tabla 1**

*Coordenadas de los puntos estudiados*

Punto	Coordenada	
	X	Y
1	655919	9778027
2	616544	9776695
3	617724	9777165
4	618121	9776401
5	617971	9775776
6	628596	9774771
7	617852	9772792
8	617888	9772230
9	617947	9771926
10	619071	9771694
11	619193	9771968

El objetivo principal de este proyecto es analizar la relación existente entre la longevidad de los habitantes del cantón Guayaquil con respecto al estudio de la temperatura del río Daule.

Teniendo así como objetivos específicos, los siguientes:

- Determinar si los cambios de temperatura entre los sectores escogidos del río Daule se mantienen constantes.
- Determinar la relación existente entre el nivel de calidad del agua en el río Daule con los datos demográficos de los habitantes del cantón Guayaquil.

## **Problemática ambiental**

La estratificación térmica es un proceso físico que genera la diferencia de temperaturas en el agua, lo cual provoca que en los ríos la temperatura del agua varíe entre 20 °C y 25 °C, según la estación del año, lo que puede afectar la calidad del agua. Este proceso físico se organiza

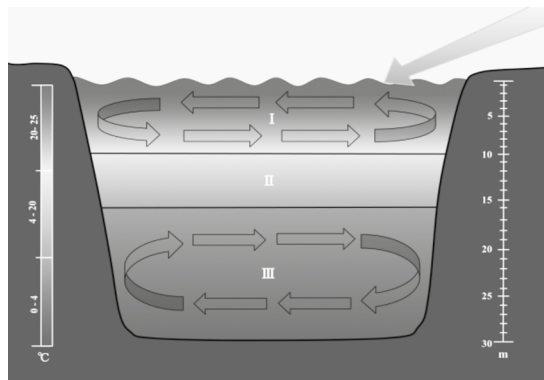




como capas de agua de distintas densidades, causado por la variación de la temperatura entre el fondo y la superficie del río.

**Figura 2**

*Distintas densidades de las capas de agua*



La capa I (*epilimnion*) es la zona superior de temperatura más elevada, la capa II (*metalimnion*) es la zona intermedia de transición entre la zona superior más caliente y la inferior más fría y la capa III (*hipolimnion*) es la zona profunda de temperatura más baja.

Estas variaciones pueden ser causadas por distintos factores ambientales como el viento, la radiación solar, el ingreso de aguas residuales y su extracción para diferentes usos.

La estratificación es el resultado del balance de calor que existe entre el agua almacenada y las contribuciones externas. Las contribuciones externas pueden ser las radiaciones solares y atmosféricas, cambio de calor entre la atmósfera y el agua. Otras cosas que influyen en la estratificación térmica son el viento y las lluvias.

En el cantón Guayaquil se han tenido condiciones para poder estructurar su desarrollo urbano con una tasa de crecimiento igual a 1,4 %. La migración a Guayaquil de los sectores rurales y de las ciudades intermedias de Guayas, Los Ríos y Manabí ha aumentado, lo cual

destaca una buena participación para el progreso del cantón; los avances tecnológicos, la industria y el comercio son de alta importancia para el florecimiento del cantón Guayaquil, pero, al mismo tiempo, representan una gran amenaza para la contaminación de los ríos circundantes.

Los altos niveles de contaminación en los ríos son un problema del que adolece el cantón hace muchos años, lo que conlleva a la dificultad de obtener agua de buena calidad proveniente del río Daule. Este inconveniente se deriva del crecimiento de la población, específicamente de las comunidades que se han formado en las orillas del río, que han generado residuos orgánicos, productos de desagües y desperdicios químicos que afectan a las aguas, porque su composición deja de ser natural (Osorio, 2006).

Por lo expuesto, es importante aplicar métodos de evaluación para la calidad de agua del río Daule, basados en procedimientos que ofrezcan beneficios para el futuro, de manera que los resultados puedan ser analizados con eficacia y consistencia, lo que permitirá contar con una herramienta apropiada para el buen análisis del agua del río Daule (*El Telégrafo*, 2016).

El aumento de la densidad poblacional y el desarrollo económico del cantón Guayaquil pueden llegar a influir en los niveles de contaminación de las aguas a lo largo del río Daule, debido a que el crecimiento demográfico es el problema principal y responsable de los daños que está sufriendo el medioambiente

El daño que se ocasiona en el medio natural puede depender mucho del tamaño y la distribución de la población; el aumento de la población está en parte determinado por el crecimiento demográfico y los niveles de urbanización. Los mayores problemas al respecto se plantean en las ciudades más desarrolladas, sobre todo, con el tipo de sociedad que se ha desarrollado en ciertas ciudades en los últimos años.

El principal problema ambiental se relaciona con la acumulación de desperdicios y de contaminantes. El consumo de recursos puede estar



ligado a factores como la agricultura porque causa pérdida de biodiversidad, genera la explotación de los suelos, es decir, que los deteriora, contribuye al calentamiento global y afecta a la disponibilidad del agua.

El aumento de la densidad poblacional sin ningún tipo de control puede causar cuatro tipos de contaminaciones muy importantes: la del agua, por todos los desechos y contaminantes que pueden volverla peligrosa; la del aire, por la emisión de gases y sustancias tóxicas; la de los suelos y la vegetal, ya que las plantas son muy importantes para la calidad del aire en algún lugar determinado.

## **Descarga de aguas residuales**

La sobrecarga de desechos en el agua es el principal motivo de daño medioambiental, debido a la escasez de plantas de tratamientos para aguas residuales en industrias y ciudades. La mayoría de las aguas son descargadas en los ríos por medio de los llamados pozos sépticos.

Hoy en día la preocupación por el ambiente es alta y se buscan soluciones a problemas relacionados con los residuos de líquidos que, por lo general, son provenientes del uso doméstico, industrial y comercial de las aguas (Guzmán-Colis *et al.*, 2011).

Las fuentes de agua, como el río, no son capaces de absorber y neutralizar esta carga contaminante, razón por la cual las masas de agua pierden sus condiciones naturales tanto como puede ser su apariencia física y, a la vez, su capacidad para sostener una adecuada vida acuática y así mantener un equilibrio ecológico (Baccaro *et al.*, 2006).

Las aguas residuales que, sin ningún tipo de tratamiento, llegan a una fuente de agua, como un río, ocasionan grandes problemas de contaminación que afectan al medioambiente. Estas aguas residuales deben pasar por un proceso adecuado antes de ser vertidas, con el fin de poder cambiar tanto su condición microbiológica y física como su condición química para aminorar los problemas mencionados antes. Es importante que las plantas de tratamiento de aguas residuales estén



diseñadas para convertir el líquido cloacal en un efluente final que sea aceptable y para disponer de modo adecuado los sólidos ofensivos que necesariamente son separados durante el proceso (Quiroz *et al.*, 2018).

## **Bacterias en las aguas residuales**

La aparición de organismos patógenos que, por lo general, son provenientes en su mayoría de origen fecal, provoca que las aguas se consideren como muy peligrosas, sobre todo, cuando son descargadas en la superficie de la tierra o en el subsuelo (Baccaro *et al.*, 2006). La presencia de bacterias del grupo entérico produce enfermedades transmitidas por el agua como, por ejemplo: fiebre tifoidea, poliomielitis, hepatitis infecciosa, entre otras (Pumarola, 1975).

## **Elementos dañinos en aguas residuales**

La polución térmica se produce por residuos líquidos industriales con temperaturas altas.

Los malos olores son el resultado de la presencia de sustancias y compuestos extraños.

Acción tóxica como resultado de compuestos que contienen las aguas residuales y provocan sobre los cuerpos receptores y sobre los consumidores que utilizan estas aguas.

Potencialidad infectiva aparece en aguas receptoras y permite transmitir enfermedades que son peligrosas para las comunidades (Guzmán-Colis *et al.*, 2011).

## **Efecto mundial**

Estudios realizados dicen que más de mil millones de toneladas de aguas residuales por año son derramadas a ríos, lagos y océanos, los cuales son contaminados por productos químicos, metales, aceites, grasas y sustancias radioactivas. Este tipo de contaminación se ha



convertido en un problema global muy grave para la humanidad (Pumarola, 1975).

Esta contaminación se presenta por, lo general, en países con gran explotación agrícola e industrializados. Por ejemplo, China es un claro ejemplo, tiene más del 70 % de sus ríos contaminados, los cuales ya no son aptos para utilizarlos como fuente de agua potable (Barceló y Alda, 2007). En Estados Unidos, aproximadamente dos de cada cinco ríos tienen un nivel de contaminación alta, por lo cual las autoridades sanitarias han tenido que hacer un llamado de atención a los habitantes para que no los utilicen para actividades como la pesca ni para bañarse en ellos. República Dominicana presenta una situación aún más difícil, ya que no existe una política de saneamiento que establezca las estrategias adecuadas a seguir (Montelongo *et al.*, 2008).

Las tareas para superar los problemas que tienen que ver con la higiene de los hogares, entorno urbano, rural y de las cuencas de los ríos. Se debe mejorar la recolección de desechos sólidos, tener un buen drenaje pluvial y, así mismo, realizar el tratamiento adecuado a las aguas residuales para la remoción de patógenos y realizar construcciones obligatorias de plantas de tratamiento en las industrias para poder reutilizar esas aguas residuales en labores de actividades productivas.

## **Longevidad asociada al cambio climático**

Con el pasar de los años, la esperanza de vida aumenta. Las razones principales son la innovación de la medicina y la mejora de la calidad de vida. Pero, por otro lado, la contaminación tiene aún reservadas algunas sorpresas, por ejemplo, el calor que es originado por el calentamiento global prolonga el tiempo de vida, y el excesivo CO<sub>2</sub> en la atmósfera hace que las plantas produzcan mayor cantidad de algunas sustancias que frenan la acción de radicales libres que se asocian con el envejecimiento (Bustamante-González *et al.*, 2016).

Durante los últimos dos siglos existe un aumento muy significativo de la temperatura de la Tierra. La cantidad de CO<sub>2</sub> presente



en la atmósfera ha sobrepasado las concentraciones de otras épocas. Estos problemas han afectado la salud humana y la vida en la Tierra. Existe una cuestión que llama mucho la atención y se ha empezado a tener en cuenta, desde hace poco, el aumento de la longevidad. ¿Tiene algo que ver el cambio climático con el incremento desmesurado de la esperanza de vida en el ser humano? (Arcos *et al.*, 2005).

Estudios realizados por investigadores internacionales (Valencia *et al.*, 2007) relacionan la longevidad con la cantidad de dióxido de carbono en el aire. Las investigaciones señalan que existe una relación entre las concentraciones de este gas contaminante y el aumento de la esperanza de vida en las personas, debido a que el dióxido de carbono favorece al desarrollo de ciertas sustancias en las plantas, las cuales son buenas para nuestra salud.

El incremento en la cantidad de vitaminas A y C son consecuencia de una respuesta de la vegetación debido a las altas concentraciones de este gas contaminante en el aire. Así también el aumento del dióxido de carbono en plantas resulta efectivo en la lucha contra diversas enfermedades como el cáncer o las insuficiencias cardíacas. Y con respecto al calentamiento global, las altas temperaturas siempre ayudan a que la vida se prolongue, mientras que el frío produce en general muertes prematuras.

## **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio experimental donde se recopiló información, por medio de un termómetro digital, de la temperatura del río con los respectivos materiales de protección, de lo cual se tomó agua a un metro de profundidad en once puntos a lo largo del río con un vaso de precipitados. En cada punto se recogieron cinco muestras. Esto fue para obtener el nivel de temperatura. Adicional, en los cinco puntos, se realizó un mapeo para determinar el promedio de la edad en los puntos, de los cuales se utilizó el tamaño de la muestra poblacional, obteniendo un valor de cuatrocientas encuestas y se obtuvo el promedio del sector en el punto del río. La técnica que se utilizó



para obtener los promedios en cada punto fue por medio de la técnica de la media recortada, debido a que en las horas de la mañana tuvimos la presencia de una leve lluvia, por lo tanto, la temperatura mostró picos de baja temperatura al momento de tomar la primera muestra. Las personas que realizaron las encuestas fueron estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana del grupo que se gradúan por medio de artículo científico. El tipo de investigación utilizada es la metodología exploratoria, la investigación describió la realidad de situaciones, eventos, personas, escenarios que se están abordando y que se pudieron analizar (Baccaro *et al.*, 2006). Las principales etapas establecidas son:

- Examinar las características fisicoquímicas del agua del río Daule utilizando la técnica establecida en la norma técnica ecuatoriana y las implantadas por el Ministerio del Ambiente y correlacionarlas con la población existente en el cantón Guayaquil.
- Obtención de las características de la población mediante encuestas directas a la localidad para determinar las características de longevidad, urbe y migración.

$$N = \frac{Za^2 * p * q}{d^2}$$

Z = nivel de confianza (0,95)

p = probabilidad de éxito o proporción esperada (0,05)

q = probabilidad de fracaso (0,05)

d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción) (0,049)

$$Z = \frac{(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,049)} = 400$$



## **Análisis de resultados**

Una variable importante para el estudio de la calidad del agua de un río es la temperatura del agua. Debido a que la temperatura afecta los procesos físicos como la densidad y viscosidad, procesos químicos como las tasas de reacción y solubilidad de gases, y procesos biológicos como las tasas de crecimiento y tasas metabólicas. En los ríos, el comportamiento hidrodinámico está muy relacionado con la distribución vertical de calor, ya que se estudia la dinámica de los fluidos y se pueden considerar diferentes aproximaciones siempre dependiendo del problema que se pueda presentar; en muchos casos sucede que los cambios de densidad en los fluidos se logran despreciar, por lo cual podemos considerar que el fluido a estudiar su densidad no varía con el cambio de presión, es decir, es un líquido incompresible.

La temperatura del agua determina el área de distribución de muchas especies acuáticas y, así mismo, afecta a la composición de las comunidades biológicas. La temperatura del agua es muy importante en cuestiones de salud pública. Las altas temperaturas traen efectos indeseables sobre la calidad del agua (Martínez-Bencardino, 2012).

El resumen del estudio de la temperatura del río Daule para saber si el aumento de longevidad en cada punto analizado a lo largo de la costa del río Daule influye con la temperatura del río.

Este estudio nos permite analizar si existe una relación entre la edad de los once puntos analizados en la costa del río Daule y el nivel de temperatura de la ribera del río.

Se muestran los siguientes resultados promedios analizando los cambios de temperatura en los distintos puntos:



**Tabla 2***Análisis promedio de temperatura*

<b>Punto</b>	<b>Temp. °C</b>
1	27,48
2	27,38
3	27,43
4	27,37
5	27,15
6	27,23
7	27,50
8	27,50
9	27,38
10	27,55
11	27,57

Para realizar el análisis de validación de medias iguales en cada punto a lo largo del río en la prueba de rachas que mide si los datos son aleatorios, en este caso se conserva la hipótesis nula, es decir, la secuencia de los valores definida es aleatoria (Martínez-Bencardino, 2012). La prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra que mide si los datos son normales también se conserva la hipótesis nula, es decir, la distribución de valores es normal con la media 27,44 y la desviación estándar 0,323.

El desarrollo de lo mencionado se encuentra en la siguiente tabla:

**Tabla 3***Resumen de contrastes de hipótesis*

<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
La secuencia de valores definida por valor $< 27,40$ y $> 27,40$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	0,351	Conservar la hipótesis nula.
La distribución de valor es normal con la media 27,33 y la desviación estándar 0,323.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,58	Conservar la hipótesis nula.

Para realizar la comparación de medias, es necesario hacer análisis de varianza ANOVA, en primera instancia se debe verificar la homogeneidad para las varianzas, para la cual se eligió la prueba de Tukey (Carrasco, 2008). Siendo la hipótesis:

$H_0$ : las varianzas son homogéneas.

$H_a$ : las varianzas no son homogéneas.

En la tabla 4 se muestra que el valor de significancia es mayor a 0,05, por lo tanto, se retiene la hipótesis nula. En la hipótesis nula, las varianzas son homogéneas y en la hipótesis alternativa alguna varianza de la población no es homogénea con el resto, por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir, las varianzas son homogéneas (Carrasco, 2008).

El desarrollo de lo mencionado se encuentra en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Prueba de homogeneidad de varianzas*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,941	10	44	0,506

Debido a que el valor de significancia 0,506 es mayor a 0,05, se admite la hipótesis de que las varianzas son homogéneas.

La tabla 5 muestra el análisis de varianza donde se muestra el grado de significancia de 0,342 mayor a 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir, de que la media de temperatura en el punto i es igual en todos los puntos investigados en el río Daule (Giacometti y Bersosa, 2006).

**Tabla 5**  
*Análisis ANOVA*

Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
1,173	0,117	1,162	0,342
4,444	0,101		
5,617			

En la tabla 6 se muestra el único grupo con sus promedios de temperatura obtenidos en cada uno de los once puntos. Se observa el grado de significancia de 0,491, por lo tanto, es mayor a 0,05, en este caso se aprueba la hipótesis nula, es decir, estos puntos forman un grupo homogéneo.

**Tabla 6**  
*Análisis promedio de temperatura*

Punto	n	Subconjunto para alfa = 0,05
4,00	5	27,1000
6,00	5	27,1000
5,00	5	27,1500
2,00	5	27,3000
11,00	5	27,3160
9,00	5	27,3740
7,00	5	27,3800
1,00	5	27,4000
3,00	5	27,4240
8,00	5	27,5000
10,00	5	27,5500
Sig.		0,491

Analizando los datos estadísticos descriptivos con respecto a la edad nos da como resultado que tiene una media de 32,5518, una desviación estándar de 2,85092 y una varianza de 8,128.



**Tabla 7**

*Estadísticos descriptivos con respecto a la edad*

Min	Max	Media	Desv. Est.	Varianza
29,	37,6	32,5	2,85	8,12

Analizando los datos estadísticos descriptivos con respecto a la temperatura nos da como resultado que tiene una media de 27,14, una desviación estándar de 0,42339 y una varianza de 0,179.

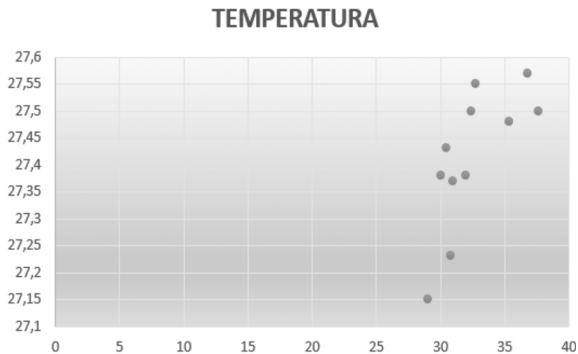
**Tabla 8**

*Estadísticos descriptivos con respecto a la temperatura*

Min.	Max.	Media	Desv. Est.	Varianza
26,3	27,55	27,13	0,42	0,179

**Figura 3**

*Gráfico estadístico con respecto a la temperatura*



Para determinar la relación existente entre la longevidad (edad) y la temperatura analizaremos los datos de edad como la variable independiente y los datos de temperatura como la variable dependiente (Carrasco, 2008).

Se realizaron las pruebas no paramétricas y dieron como resumen de contrastes de las hipótesis de edad (longevidad) y temperatura que la distribución de edad es normal con la media 33, y la desviación estándar 2,851, lo cual se conserva la hipótesis nula. La distribución de temperatura con la media 27 y la desviación estándar 0,423, rechazan la hipótesis nula. Para ambas hipótesis se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov para su muestra (Giacometti y Bersosa, 2006).

**Tabla 9**

*Resumen de contraste de hipótesis*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de edad es normal con la media 33 y la desviación estándar 2,851.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200	Conservar la hipótesis nula.

En la tabla 10 se analizan las correlaciones no paramétricas.

**Tabla 10**

*Datos de análisis de correlación*

	Prueba	Sig.	Decisión
Edad	Coefficiente de correlación	1,000	0,728
	Sig. (bilateral)		0,04

Se aprueba la hipótesis:

$$H_0: r = 0$$

$$H_a: P \neq 0$$

Debido al nivel de significancia bilateral de 0,04 que es menor a 0,05, da como resultado que existe una correlación, por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación. Es decir, existe relación entre la longevidad (edad) y la temperatura como contaminante del río.

## Conclusiones

Se demostró que el nivel de temperatura a lo largo del río Daule, analizado y experimentado en los once puntos, fue la misma y el promedio de la edad en cada punto de la costera existió correlación, por lo tanto, la temperatura del río Daule es la misma, pues no hay variación. Es decir, que sí influye el promedio de habitantes que existe en el sector: en algunos puntos había muchas personas y en otros puntos existían diferentes tipos de personas.

Con este trabajo investigativo se ha identificado que la temperatura del agua regula varios procesos químicos y las funciones fisiológicas de los organismos acuáticos. El Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, indica que para una buena conservación de flora y fauna la temperatura debe ser menor de 32 °C y que no sea superior de la temperatura normal (hasta 3 °C). Las mediciones realizadas en el río Daule se encuentran entre 27,15 y 27,57.

## Referencias bibliográficas

- Arcos Pulido, M., Ávila de Navia, S., Estupiñán, S. M. y Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 69-79. <https://www.redalyc.org/pdf/411/41130408.pdf/>
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 95-110. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86435307.pdf/>
- Barceló, D. y López de Alda, M. J. (2016). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Fundación Nueva Cultura del Agua*. <https://cutt.ly/lZjfQqx/>
- Bustamante-González, Á., Galindo, G., Jaramillo, J. y Vargas-López, S. (2016). Percepción de la contaminación del río Tlapaneco por la población ribereña. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(1), 47-62. <https://cutt.ly/PZjj24G/>



- Carrasco, S. (2008). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Bibliotecas Especializadas – UNSAAC.
- Cubillos, L. (Diciembre 2, 2014). La migración de los sectores rurales y de las ciudades intermedias ha disminuido significativamente. *El Telégrafo*. <https://cutt.ly/IZk35ED/>
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. *CEPAL*. <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF/>
- Giacometti, J. y Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico*, 6, 17-32.
- Guzmán-Colis, G., Ramírez-López, E., Thalasso, F., Rodríguez, N., Guerrero-Barrera, A y Avelar-González, F. (2011). Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. *Universidad y ciencia*, 27(1), 17-32. <https://cutt.ly/KZjeNm/>
- Martínez-Bercardino, C. (2012). *Estadísticas y muestreo*, 13.ª ed., (p. 898). Ecoe Ediciones. <https://cutt.ly/kZuKLjS/>
- Medrano, N. y Gutiérrez, V. (2017). Análisis de la calidad del agua y factores de contaminación ambiental en el lago San Jacinto de Tarija. *Ventana Científica*, 8(13), 13-19. <https://cutt.ly/OZjl3Lo/>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Daule, gran impulsor del desarrollo económico del Ecuador*.
- Montelongo, R., Gordillo, A., Martínez, Otazo, E., Villagómez, J., Acevedo, O. y Prieto, F. (2008). Modelación de la calidad del agua del río Tula, estado de Hidalgo, México. *Dyna*, 75(154), 5-18. <https://cutt.ly/kZjyAcF/>
- Osorio, P. (2006). La longevidad: más allá de la biología. *Papeles del CEIC*, 22, 1-28. <https://www.redalyc.org/pdf/765/76500603.pdf/>
- Pumarola, A. (1975). *Contaminación microbiológica de ríos y mares*. Anales de la Real Academia Nacional de Medicina.
- Quiroz, L., Izquierdo, E. y Menéndez, C. (2017). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de guas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Centro Azúcar*, 45(1), 73-83. <https://cutt.ly/VZjrCev/>
- Valencia, R., Sánchez, J., Ortiz, E. y Gómez, J. (2007). *La contaminación de los ríos, otro punto de vista*. *Ciencia en la Frontera*, V(1), 35-49. <https://cutt.ly/1Zk88T2/>



# El efecto de la longevidad en la concentración del hierro en el río Daule

Nadia Mercedes Mendieta Villalba<sup>1</sup>  
nmendieta@ups.edu.ec

Ruth Sara García Álava<sup>2</sup>  
rgarciaa1@est.ups.edu.ec

## Introducción

De la superficie total de la Tierra, se estima que el 71 % está cubierto de agua, del cual el 96,5 % es agua salada, dejando tan solo el 3,5 % de agua dulce a nivel superficial en ríos y arroyos, a nivel subterráneo en acuíferos naturales y en forma de hielo en los polos y cimas de montañas (Jofre-Meléndez *et al.*, 2015). Además, es importante destacar que, respecto a los continentes, América, incluido el Caribe, cuenta con una tercera parte del agua dulce del planeta, alrededor del 30 % en América Latina y un 21 % en América del Norte (Infocampo, 2006).

La industrialización de las ciudades y países, en general, ha desencadenado grandes niveles de contaminación en el medioambiente, siendo esto, el aire, el suelo y el agua, entre los principales.

Ahora bien, uno de los recursos más imprescindibles del ser humano es el agua. Esta se ha visto afectado en gran medida por el desarrollo de las comunidades y también por las actividades agrícolas, las cuales, al utilizar afluentes de agua dulce como ríos o lagos, crean

- 
- 1 Magíster en Ciencias en Administración de Seguridad Marítima, docente investigadora de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.
  - 2 Ingeniera industrial, graduada en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>



niveles de contaminación en el agua que afectan directamente a la salud de la sociedad (Bjardway *et al.*, 2017).

A nivel mundial es necesario determinar, que los afluentes de agua dulce sean aptos para el consumo humano, es decir, que, pese a la concentración de diversos elementos, estos no sean contaminantes para el organismo y, por ende, no contribuyan a ser un riesgo para la población, la cual requiere consumir el líquido vital. Esto conlleva a buscar otras formas para manejar y tratar los afluentes de agua dulce, a fin de contar con el servicio de agua potable.

Además, por la progresiva industrialización, crecimiento constante de la población y de las actividades agrícolas inherentes, se requiere adoptar procesos de reutilización de aguas residuales (emisión de industrias, aguas residuales domésticas y aguas de drenaje), dando como resultado una de las problemáticas que se pretende analizar, el cómo se podría contrarrestar el hecho de que en los afluentes de agua dulce tengan altos niveles de contaminación de metales pesados (considerados nocivos para el medioambiente), según lo que propone Assubaie (2015).

Este artículo presenta el análisis del efecto de la longevidad en la concentración del hierro en el río Daule, el cual es importante para las ciudades y cantones aledaños de la provincia del Guayas; junto con el Babahoyo origina el Guayas, principal recurso hídrico para la región, y en especial para Guayaquil; de allí se extrae el agua que es potabilizada para el uso de los ciudadanos en sus hogares.

Por otra parte, el río Daule presenta un nivel de riesgo ecológico bajo, esto definido luego de un análisis de metales pesados en sus aguas. Los resultados del índice de carga de contaminación y comparación de concentraciones de estos elementos (relacionados directamente con los análisis de riesgo ecológico), en contraste con los valores medios de la corteza terrestre y los sedimentos a nivel mundial, fueron de gran utilidad para poder determinar la existencia o no de niveles



de contaminación perjudiciales en el agua en función de los niveles de concentración de metales pesados (Alahabadi y Malvandi, 2018).

Considerando los objetivos del presente estudio, se debe indicar que las comparaciones y muestreos de concentraciones de hierro (Fe) en agua y los sedimentos (suspendidos y depositados) comprueban una clara disminución de las concentraciones de Fe en sedimentos suspendidos. Esto es una consideración general que tienen en cuenta García-Aragón *et al.*, (2013) en lo que respecta a afluentes de agua dulce.

Con respecto a sedimentos, todos los metales trazas (metales pesados) tuvieron registros por debajo del límite inferior, esto en comparación con otros estudios y resultados científicos realizados. Esta información revisada (dos zonas de muestreo), se obtuvo como resultado desde el punto de vista del análisis que en este tipo de afluentes (citando el ejemplo del río Meghna en Bangladés en el trabajo de Bhuyan *et al.*, 2017). La mayor concentración la tienen el zinc (Zn), aluminio (Al), cobre (Cu), manganeso (Mn) y hierro (Fe), debido a interferencias antropogénicas (conjunto de efectos que se producen por actividades humanas en el medioambiente), lo cual se puede asemejar a lo que ocurre en la mayoría de ríos en Ecuador, y en específico, en la costa, tal como el Guayas y el Daule.

En lo que respecta al territorio ecuatoriano, se tiene conocimiento del impacto que genera la contaminación de metales pesados al ser humano y al medioambiente; sin embargo, no hay suficiente información a nivel local con respecto a este tipo de estudios, que incluyan datos demográficos y el impacto de la contaminación por metales pesados.

Este proyecto tiene como justificativo, el dar a conocer a la comunidad científica y a la sociedad en general los datos demográficos de los habitantes de la ciudad de Guayaquil y Daule que puedan intervenir en cuanto a la calidad del agua en los ríos Daule y Guayas. La variable dependiente de la investigación es la calidad del agua, siendo el indicador más importante de investigación el nivel de hierro (Fe). La variable



independiente constituye los factores demográficos de la ciudad de Guayaquil y Daule basados en el análisis del indicador de la longevidad.

## Objetivos

### Objetivo general

Comprobar la relación entre longevidad del cantón Daule y el nivel de hierro en las aguas del río Daule.

### Objetivos específicos

Identificar si el nivel de hierro del agua del río Daule es la misma en su extensión.

Comparar datos tomados del nivel de hierro en los diferentes puntos del río Daule con los valores establecidos como niveles permisibles.

## Marco teórico

### Definiciones básicas

*Río Daule.* Río de la provincia de Guayas, Ecuador. En el sector de La Puntilla, cerca de Guayaquil, se une con el río Babahoyo, y forman el río Guayas.

*Guayaquil.* La ciudad más grande y la segunda más poblada del país, después de la capital, Quito. También se la conoce como la capital económica de Ecuador, con una población en su área metropolitana próxima a los tres millones de habitantes. El área urbana de Guayaquil, el Gran Guayaquil, es la más poblada del país, y se alinea entre las ciudades más representativas en términos de dimensión territorial de América.

La *longevidad* y la *duración de la vida* son conceptos relacionados con la biología y con la evolución de las células y órganos que



componen los cuerpos de los seres vivos, y transformaciones con el transcurrir de su vida. De forma general, este término se utiliza en estudios demográficos al ser un aspecto sociológico, pero no solo es empleado para estos fines. Este parámetro va relacionado con las definiciones de la población de estudio, es decir, los que hacen uso del río Daule, por ejemplo, el contraste de la concentración de metales en el agua del río y las tasas de longevidad para una cierta cantidad de habitantes (Mora *et al.*, 2015).

### **Aguas residuales**

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica; incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados (Zamora *et al.*, 2008).

Este tipo de agua es el resultado de la utilización del líquido vital en domicilios, fábricas o actividades ganaderas, por lo que tienen aspecto sucio y contaminado, al ser mezclas de grasas, materia orgánica, residuos industriales, herbicidas, plaguicidas o algún otro tipo de sustancia tóxica (Zamora *et al.*, 2008).

### **Contaminación por metales pesados**

En términos generales, los afluentes tienen concentraciones de metales pesados en menor o mayor proporción según como se han conformado o han sido contaminados por agentes externos como desechos industriales o desechos que por el paso del tiempo han llegado al cauce de agua, esto a nivel general en el mundo. Por otra parte, en Ecuador, existen muchos ríos que tienen cercanía o conexión directa con carreteras, con lo cual se puede inferir que los gases emanados por los vehículos que circulan son la principal fuente de contaminación en la atmósfera, el suelo y el agua que está en los alrededores (Lukashev, 2006).



Los elementos contaminantes entran a los cuerpos de agua en forma de polvo (levantado por las ruedas de los vehículos), también puede causarse por el lavado de la carretera, el agua de lluvia o los desechos líquidos que pudiesen llegar hasta el afluente. Esto pudo ser corroborado en estudios realizados por Alomar *et al.* (2017) con respecto a ríos y lagos con concentraciones de sedimentos y metales que fueron considerados como dañinos. En este se examinaron afluentes con una distancia no mayor de 500 m a una vía o carretera, estos fueron contrastados con afluentes alejados de las vías y se comprobó una clara diferencia en la concentración de metales pesados (tomando en cuenta los otros agentes contaminantes ya expuestos).

## Metales pesados

Los metales pesados son los elementos conocidos dentro de la tabla periódica con una alta densidad (superior a  $4 \text{ g/cm}^3$ ), masa y peso atómico superior a 20, tóxicos en concentraciones bajas y que cuentan con propiedades metálicas, entre ellos, se encuentran los metales de transición, elementos semimetálicos, elementos lantánidos y actínidos (Santos *et al.*, 2004).

Además de los conceptos dados sobre los metales pesados, también hay que tener en cuenta que incluyen elementos livianos y, en ocasiones, excluyen a algunos de los metales más pesados (Macholz, 1988).

Ahora bien, la afectación que tiene este tipo de metales a los organismos vivos no es crítica si las cantidades de hierro, cobalto, cobre, manganeso, etc., son pequeñas. De manera adicional, metales como plutonio, mercurio o plomo son metales pesados tóxicos que no son influyentes de forma positiva en el organismo, en concentraciones en un tiempo prolongado pueden causar enfermedades en los organismos, el más común, envenenamiento (Robards y Worsfold, 1991).

De forma general, se considera que cualquier metal es perjudicial para la salud, pero como es de conocimiento general, algunos de estos son fundamentales en un plan alimenticio balanceado, llegando

hasta el punto de que, una deficiencia o exceso de uno en particular puede causar problemas de salud, como es el caso del zinc, estroncio, vanadio, molibdeno, entre otros (Abrahams, 2002).

## Origen de los metales pesados

Dado que son elementos químicos presentes en la tabla periódica, es correcto suponer que se encuentran de forma natural en el medioambiente en concentraciones no perjudiciales para las diferentes formas de vida existentes. Este tipo de elementos químicos no pueden ser destruidos o degradados (cumplen el principio básico de la materia, no crearse ni destruirse, solo transformarse), pero sí pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos externos. Dentro de este escenario, estos metales pueden ser disueltos y distribuidos en el ecosistema hasta el punto de ser asociados en la cadena trófica. En la tabla 1 se detallan fuentes de contaminación en los alimentos causada por metales pesados.

**Tabla 1**

*Fuentes de contaminación de metales en los alimentos*

<b>Origen de contaminación</b>	<b>Metal pesado asociado</b>
Natural, proveniente del suelo	Cadmio, bromo, flúor, cobre
Insecticidas, desinfectantes, medicamentos	Arsénico, cobre, plomo, mercurio
Suelo arenoso y envases de vidrio	Silicio
Equipo de procesamiento	Cobre, hierro, níquel, estaño, plomo, zinc
Almacenamiento	Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio
Oxidación en el envase	Hierro, cobre
Procesamiento	Cobre, cadmio, arsénico
Suplementos alimenticios en dietas de animales	Cobre, cadmio, hierro, zinc, arsénico

## Características del hierro - Fe

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, con un 5 % del total. Este material es maleable, tenaz y magnético. Cuenta con cuatro isótopos estables con masas de 54, 56, 57 y 58, respectivamente. Se compone de dos minerales esenciales, como lo son la hematita y la limonita, aunque también existe presencia de cromita y piritita, pero en pequeñas concentraciones, esto por cuanto el hierro se encuentra presente en muchos otros minerales, en aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre (García *et al.*, 2010).

Este metal se puede encontrar en la carne, productos integrales, tubérculos como papas e incluso en vegetales, entonces, el cuerpo humano absorberá el hierro de los animales más rápido que el de las plantas (Dwivedi *et al.*, 2001).

## Problemática

La definición del problema se orienta a esclarecer la relación existente entre la longevidad del cantón Guayaquil, en contraste con el nivel de hierro de la ribera del río Daule y como esto tiene influencia, ya sea negativa o positiva, en la toxicidad del río, en términos de las posibles afectaciones de salud de la comunidad que hace uso de este cauce fluvial para actividades de pesca o para el consumo humano.

Con respecto a lo ya indicado, es importante tomar en cuenta la afectación en los seres humanos, pero sobre la base de las consecuencias ambientales producidas por altas concentraciones de metales pesados, producto de contaminación industrial o incluso ganadera en los afluentes del país.

De acuerdo con el análisis de Azoulay y Houngbo (2019) sobre el daño ambiental a nivel global, se prevé que para el año 2050 la población mundial no podrá satisfacer sus necesidades. Todo esto como producto de la constante pelea entre los grandes niveles de producción y los niveles de consumismo, ya que a mayor demanda



de productos a ser consumidos, las industrias generarán una mayor producción, lo que desemboca en una contaminación mucho más evidente y constante a cualquier fuente de líquido vital que se tenga en las cercanías de la industria.

## Metodología

La metodología del proyecto sigue una investigación cuantitativa en el proceso de recolección de datos. Primero, se procede con la estandarización de las técnicas de recolección de datos, en el caso particular, se harán mediciones en el río Daule para determinar los niveles de hierro y contrastarlos con la longevidad del cauce fluvial. Luego, todos los datos observados serán tabulados con el fin de procesarlos, y después, según métodos estadísticos inferenciales, se efectuará la comprobación y estudio de los objetivos generales y específicos planteados.

Por otra parte, dentro del proyecto también se prevé un análisis de investigación descriptivo, por cuanto, se figuran las características de una población o fenómeno estudiado, con lo cual se pretende analizar las siguientes etapas:

Examinar las características fisicoquímicas del agua del río Daule utilizando las técnicas establecidas en la norma ecuatoriana y las del organismo rector, el Ministerio del Ambiente.

Correlacionar los resultados con normativa ambiental vigente y con la densidad poblacional.

La metodología empleada es exploratoria y el diseño de la investigación es un diseño transaccional correlacional. Por otra parte, se examinarán las características de la población mediante encuestas, en donde, se precisará: la longevidad poblacional, a la población determinada en la muestra. Para calcular el tamaño de la muestra seguimos la fórmula sugerida por Zurita (2010).

$$n = \frac{Z^2_a \times p \times q}{e^2}$$





En donde:

$n$  = muestra inicial = 396

$Z$  = nivel de confianza = 1,96

$p$  = probabilidad de éxito o porción esperada = 0,5

$q$  = probabilidad de fracaso = 0,5

$e$  = margen de error o nivel de precisión = 0,5

De acuerdo con los objetivos específicos planteados, y para que estos sean cumplidos, se optó por adquirir un kit de hierro (dispositivo utilizado para realizar las mediciones de concentración de Fe), a partir de una pequeña muestra de agua. Los pasos que se realizarán las mediciones son los siguientes:

1. Seleccionar el equipo necesario para el muestreo.
2. Tomar la muestra a partir de un metro de profundidad en cada punto del río identificado de manera aleatoria, cabe destacar que en cada punto se tomaron cuatro muestras.
3. Depositar en la muestra el reactivo de percloruro de hierro en el equipo.
4. Graduar para buscar la similitud con respecto al envase.
5. Anotar la cantidad de nivel de Fe en el río que se observa en el equipo.
6. Calibrar y limpiar los recipientes para posterior prueba en el equipo.
7. Realizar la correlación entre estos valores de nivel de hierro del río con respecto a los alrededores de las coordenadas establecidas.

## **Análisis de resultados**

Como se ha descrito en secciones anteriores, el objetivo principal que antecede a esta investigación es de comprobar la relación entre longevidad del cantón Daule y nivel de hierro de las aguas del mismo nombre. Esto se realizó a partir de una serie de mediciones de los valores promedio de hierro para determinar si el creciente valor de longevidad en los puntos de medición tiene algún efecto en la concentración del metal antes indicado.

Se analizó la posible existencia de una relación entre las edades promedio de las personas que habitan en los alrededores de la ribera del río Daule con los diferentes valores de concentración de Fe medidos en el río ante mencionado. En la tabla 2 se muestran los valores promedios de hierro en los once puntos de medición.

**Tabla 2**

*Valores promedio de Fe*

<b>Punto</b>	<b>Valor de Fe</b>
1	0,900
2	1,075
3	1,100
4	1,600
5	1,225
6	1,200
7	1,375
8	1,400
9	1,200
10	1,450
11	2,200

Una vez que se realizaron las mediciones en los puntos indicados, se hizo uso del software estadístico SPSS de IBM para comprobar, mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, si las variables de longevidad y concentración de Fe tienden a una distri-

bución normal. Se escogió el coeficiente de correlación adecuado que permita esclarecer la relación entre ambas variables mencionadas.

En la tabla 3 se puede observar que, para la primera hipótesis planteada de la variable longevidad, se conserva la hipótesis nula, por lo que se concluye que dicha variable sigue una distribución normal. Por otra parte, realizando la misma prueba para la variable de concentración de Fe indica que se rechace la hipótesis nula, lo que indica que la variable no puede ser considerada como una distribución normal.

**Tabla 3**

*Contraste de hipótesis*

Resumen de contraste de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de <b>longevidad</b> es normal con media 32,57 y desviación estándar 2,843.	Prueba para una muestra Kolmogorov-Smirnov	0,200	Conservar la hipótesis nula.
La distribución de <b>nivel Fe</b> es normal con media 1,31 y desviación estándar 0,543.	Prueba para una muestra Kolmogorov-Smirnov	2,543e <sup>-4</sup>	Rechazar la hipótesis nula.

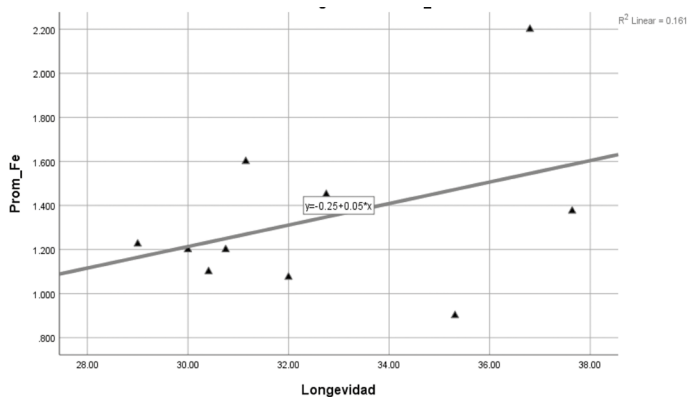
Con base en los resultados expuestos en la tabla 3 se decide utilizar el coeficiente de correlación de Pearson debido a que al menos una de las dos variables de estudio tuvo una distribución normal. La tabla 4 muestra el grado de relación utilizando el coeficiente de correlación mencionado; se nota que el valor de la correlación entre la longevidad y de Fe es de 0,4 con una significancia bilateral de 0,22.

**Tabla 4**  
*Correlación Longevidad vs. Fe*

Nivel de correlación			
		Fe	Longevidad
<b>Fe</b>	Correlación de Pearson	1	0,401
	Sig. (bilateral)		0,222
	N	11	11
<b>Longevidad</b>	Correlación de Pearson	0,401	1
	Sig. (bilateral)	0,222	
	N	11	11

En primera instancia, se puede observar que existe relación entre la longevidad y nivel de Fe, siendo positiva débil. Para entender el sentido de relación se puede observar en la figura 1 en donde se muestra de una manera más didáctica un pequeño modelo de regresión a base de los puntos.

**Figura 1**  
*Correlación entre longevidad y concentración de Fe*



Se debe considerar que la hipótesis nula  $H_0$  es: No existe relación entre el Fe y la longevidad en el río Daule.

La prueba realizada fue bilateral, con la cual se logró comprobar que el nivel de significancia fue de 0,222 y este es mayor que el de la prueba (0,05), con lo que se puede concluir que la hipótesis nula es aceptada, es decir, no existe una relación entre la longevidad y los niveles de Fe en el río Daule, ya que dicho valor de significancia bilateral es mayor que el de la prueba realizada.

### **Prueba de subconjuntos homogéneos**

Mediante esta prueba se puede tener una tabla de comparación para la prueba no paramétrica de  $n$  muestras. En la tabla 5 se observa que cada fila del grupo corresponde a una muestra que hace referencia a una relación distinta entre ellas, es decir, se representa los datos mediante diferentes campos. Lo antes mencionado implica que las muestras que no son muy diferentes en términos estadísticos son agrupadas en el mismo subconjunto, por lo que se tiene una columna para cada subconjunto distinto.

Con esto, se realiza el cálculo del estadístico de prueba con un nivel de significancia del 95 % el cual es corregido para cada subconjunto que conlleve más de una muestra. Esto se produce basándose en la prueba de rangos de Tukey, la cual es una prueba de comparación múltiple, para poder encontrar las medias que son diferentes una de otras en forma significativa.

**Tabla 5***Comparación de subconjuntos homogéneos*

		Nivel de Fe	
	Punto	N	Subconjunto para $\alpha=0,5$
			I
<b>Tukey HSD</b>	6	5	0,9200
	4	5	1,1000
	1	5	1,1600
	2	5	1,1800
	11	2	1,2000
	5	5	1,2600
	8	5	1,2800
	3	5	1,3800
	7	5	1,5600
	9	5	1,6000
	10	5	1,7200
	Sig.		0,506

Como resultado particular se obtuvo que, en dicha prueba de rangos, los tamaños de los grupos (subconjuntos) son desiguales, por lo que se utilizó una media armónica de los grupos, generando que los niveles del error tipo I (falso positivo, rechazar la hipótesis nula cuando esta es verdadera) no sean confiables.

Para identificar si el nivel de hierro del agua del río Daule es la misma en su extensión se procede a realizar análisis de varianza con un factor.

El análisis de varianza de un factor o ANOVA permitió comparar los subconjuntos de la variable cuantitativa de estudio, es decir, se hizo un contraste de igualdad de medias de poblaciones independientes y con distribución normal. Lo que se plantea es que la hipótesis nula haga referencia a una igualdad de medias poblacionales y la hipótesis alterna indique que son distintas.

**Tabla 6***Prueba de homogeneidad de varianzas*

Nivel de Fe	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
	1,305	10	14,189	0,314

En función de lo descrito en la tabla 6, se confirma que si el nivel crítico (Sig.) es mayor a 0,05 se debe aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas ( $0,314 > 0,05$ ).

Luego de esto se construyó la tabla ANOVA, de la cual se encontró el estadístico F con su nivel de significancia usando la siguiente condición:

Si el nivel de significancia (Sig.) es menor igual que 0,05 se rechaza la hipótesis nula, si es mayor, se acepta la hipótesis nula.

$H_0$ : El nivel del hierro es el mismo en la extensión del río Daule.

$H_a$ : El nivel del hierro no es el mismo en la extensión del río Daule.

**Tabla 7***Prueba ANOVA*

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Intergrupos</b>	2,817	10	<b>0,282</b>	0,984	0,472
<b>Intragrupos</b>	11,736	41	0,286		
<b>Total</b>	14,553	51			

Basado en lo dispuesto en la tabla 7 el estadístico de prueba es mayor que el valor de significancia, Sig. ( $0,472 > 0,05$ ), por lo que se concluye que se acepta la hipótesis nula que indica igualdad de medias, es decir, el nivel del hierro es el mismo en todo lo existente del río Daule.

Para comparar los datos tomados del nivel de hierro en los diferentes puntos del río con los valores establecidos como niveles permisibles, se procede a hacer un análisis de comparación de me-

días utilizando las pruebas T de una muestra debido a que no pasó la prueba de normalidad con respecto a la variable del nivel del hierro.

En vista a esto se observa los resultados en la tabla 8 en donde se observa que el nivel de significancia bilateral es  $> 0,05$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

$H_0$ : El nivel de Fe en el río Daule es igual a 1.

$H_a$ : El nivel de Fe en el río Daule es diferente a 1.

**Tabla 8**

*Medidas estadísticas básicas*

Estadísticos para una muestra				
	N	Media	Desv. estándar	Error tip. de la media
Nivel Fe	52	1.3115	0,53419	0,07408

### **Prueba t para muestra única**

Una vez obtenidos los datos estadísticos de la muestra se realiza la prueba T con significancia bilateral, en ella, se hace un contraste de hipótesis para comprobar si la media del nivel de hierro en el río Daule guarda una diferencia significativa de un dado (valor de prueba =1).

De la tabla 8 se observa que la media tiene un valor de 1,3115, este valor difiere del valor de la prueba por muy poco, por lo que según los datos de la tabla 9, se concluye que se acepta la hipótesis nula que menciona que los valores de nivel de hierro en el río Daule tienen un valor promedio (media) de 1.



Tabla 9

Prueba T para una muestra

Valor de prueba = 1						
			Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % Int. de confianza para la diferencia	
	t	Gl			Inf.	Sup.
Nivel Fe	4,206	51	0,000	0,31154	0,1628	0,4603

## Conclusiones

Sobre la base de los niveles de significancia bilateral y de la prueba de correlación, se pudo comprobar que no existe evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis nula planteada, lo que implica que no existe una relación entre la longevidad y la concentración de hierro en el río Daule.

El análisis de varianza ANOVA permitió definir que existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la hipótesis nula hace referencia a la igualdad de medias, siendo que el nivel de Fe es el mismo en toda su extensión, por lo que según esto, además, se concluye que, las pruebas de comparaciones múltiples *post hoc* no son necesarias, puesto que no existen diferencias entre las medias.

Se logró comprobar que el nivel de hierro es diferente de 1 que es el límite permisible para el consumo humano.

## Referencias bibliográficas

- Alahabadi, A. y Malvandi, H. (2018). Contamination and ecological risk assessment of heavy metals and metalloids surface sediments of the Tajan River, Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 741-749. <https://doi.org/jm8c>
- Abrahams, P. W. (2002). Soils: their implications to human health. *Science Total Environmental*, 29(1-3), 1-32.
- Alomar, C., Sureda, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejada, S. y Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environ. Res.*, 159, 135-142.

- Assubaie, F. (2015). Assessment of the levels of some heavy metals water Alahsa Oasis farms, Saudi Arabia, with analysis by atomic absorption spectrophotometry. *Arab. J. Chem.*, 8(2), 240-245, 2015.
- Azoulay A. y Hounghbo, G. (2019). *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*.
- Bhardwaj, R., Gupta, A. and Garg, J. (2017). Evaluation of heavy metal contamination using environmetrics and indexing approach for River Yamuna, Delhi stretch, India. *Water Sci.*, 31(1), 52-66.
- Bhuyan, S., Abu Bakar, M., Akhtar, A., Hossain, B., Ali, M. e Islam, S. (2017). Heavy metal contamination surface water and sediment of the Meghna River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 8, 273-279. <https://doi.org/gmq2kh>
- Dwivedi, S., Swarup, D., Dey, S. y Patra, R. (2001). Lead poisoning cattle and buffalo near primary lead-zinc smelter India. *Vet. Hum. Toxicol.*, 43(2), 93-94.
- García-Lestón, J., Méndez, J., Pásaro, E. y Laffon, L. (2010). Genotoxic effects of lead: An updated review. *Environ. Int.*, 36(6), 623-636.
- García-Aragón, J., Zarazúa-Ortega, G., Díaz-Palomarez, V., Tejada-Vega, S. y Ávila-Pérez, P. (2013). Modelo del transporte y deposición de Fe y Mn en el curso alto del río Lerma. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 14(3), 355-367. <https://cutt.ly/UZjbQmI/>
- infocampo.com.ar. (1 de marzo, 2006). América Latina tiene 30 % de agua dulce del mundo. <https://cutt.ly/tZjvvhJ/>
- Jofre-Meléndez, R., Cervantes Pérez, J. y Barradas, V. (2015). Quality of fog-water artificially collected the Pixquiac watershed, Veracruz, México: preliminary results (in Spanish). *TIP Revista Especializada en Ciencias Químicas-Biológicas*, 18(2), 122-130.
- Lukashev, D. (2006). Effect of Kiev-Odessa highway on the pollution of the Yuzhnyi Bug River by heavy metals. *Water Resource*, 33(3), 335-337.
- Macholz, R. (1988). J. M. Concon: Food Toxicology. Part A: Principles and Concepts, Part B: Contaminants and Additives. 1371 Seiten, zahlr. Tab. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel 1988. *Food / Nahrung*, 32(10), 1013-1013. <https://doi.org/bwv2tt>
- Mora, D., Portuguez, C., Alfaro, N. y Hernández, M. (2015). Diferencias de dureza del agua y las tasas de longevidad en la península de Nicoya y los otros distritos de Guanacaste. *Tecnología en Marcha*, 28(3), 3-14. <https://cutt.ly/2ZjmgNw/>
- Robards, K. y Worsfold, P. (1991). Cadmium: toxicology and analysis. A review. *Analyst*, 116(6), 549.

- Santos, E., Lauria, D. y Porto da Silveira, C. (2004). Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro City. *Science Total Environmental*, 327(1-3), 69-79.
- Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, D. y Yendis, H. (2008). Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, estado Falcón. *Bioagro*, 20(3), 193-199.
- Zurita, G. (2010). *Probabilidad y Estadística: Fundamentos y Aplicaciones*, segunda edición. Instituto de Ciencias Matemáticas.



# El efecto de la longevidad poblacional a la turbidez del río Daule

Tania Catalina Rojas Párraga<sup>1</sup>  
trojas@ups.edu.ec

Andreína Vanessa Guerrero Maldonado<sup>2</sup>  
aguerrerm3@est.ups.edu.ec

## Introducción

Este documento establece la longevidad de las personas con respecto al nivel de turbidez del río Daule. El mismo que goza de gran fama y fue muy importante para los viajeros que en épocas pasadas viajaban por sus aguas, quienes lo calificaron como uno de los más bellos y mansos. Existe riqueza y variedad de cultivos en sus orillas, en las que sobresalen hasta hoy diversas variedades de árboles frutales. Es primordial estar al tanto del impacto que la población genera con respecto a la calidad del agua en el río Daule con el propósito de notificar a las autoridades para que puedan organizar acciones correctivas para resguardar la fuente de agua más valiosa que tiene nuestra sociedad.

Este estudio se enfocó en el impacto de la longevidad de la población del cantón Guayaquil en la turbidez del río Daule y todos los indicadores que son favorables para su evaluación (Lee *et al.*, 2016). Se ha demostrado que en muchos países desarrollados reducen los flujos de nutrientes a los ríos mediante un tratamiento mejorado de las aguas residuales (Chen *et al.*, 2018). Existen instrumentos que ayudan

- 
- 1 Magíster en Gestión de la Productividad y la Calidad, docente investigadora de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.
  - 2 Ingeniera industrial, graduada en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>

a medir la turbidez en áreas inundadas, lo que usualmente suele ser peligroso (Marchant *et al.*, 2015). En este caso se demostró que los ríos se ven afectados por la longevidad y la turbidez que afecta a la salud (Yu *et al.*, 2014), ya que los ecosistemas de los ríos están siendo afectados de manera negativa sin importar lo que ocurra en un futuro (Al Sawaf y Kawanisi, 2019).

Hay ríos que tienen sedimentos finos que suelen transportar en la parte inferior de la tierra y se puede atrapar en la parte superior debajo del flujo de agua dulce, causando problemas a diferentes especies acuáticas que ahí vivan (Mitchell *et al.*, 2017). Se ha demostrado en investigaciones de grupos de familias longevas que tienen una vida larga y saludable y que habitan en un ambiente libre de metales tóxicos que no perjudican a su salud (Van den Berg *et al.*, 2017). Por ejemplo, en Europa el fragmento de rápido desarrollo de la población está entre grupos de 65 años o más.

Una de las razones clave diseñadas por esta dramática evolución, es cómo se puede causar el envejecimiento saludable en los adultos mayores (Hilbrand *et al.*, 2017). En gran parte de la mejora para la salud, la humanidad moderna está envejeciendo sucesivamente y está formada cada vez de personas mayores (Han *et al.*, 2017). Los seres humanos que logran una longevidad plena sin enfermedades relacionadas con la edad demuestran el ejemplo del envejecimiento triunfante (Pareja-Galeano *et al.*, 2017).

El problema es la relación existente entre la longevidad de la población del cantón Guayaquil con respecto al nivel de turbidez del río Daule, ya que el aumento de la longevidad poblacional y el desarrollo de la turbidez en la ciudad de Guayaquil influyen en los niveles de contaminación de las aguas a lo largo del río Daule.

El objetivo de esta investigación es analizar la relación existente entre la longevidad de la población del cantón Daule con respecto al nivel de turbidez de la ribera de su río, también se plantean los siguientes objetivos específicos: determinar si el nivel de turbidez en la



extensión del río Daule es el mismo y comparar que los datos tomados estén en el rango de mínimo nivel aceptable de turbidez en el agua.

## Marco teórico

La cuenca del río Guayas está entre 1–3 °S y 79–81 °O, en la parte centro-occidental de Ecuador, cubriendo un sector de 32 112 km<sup>2</sup>. Recibe una precipitación anual promedio de 1662 mm y descargas en promedio de 835 m<sup>3</sup>/s en el golfo de Guayaquil. Toda la cuenca del río Guayas se compone de dos ríos principales: Daule y Babahoyo, donde se ubican las primordiales ocupaciones antropogénicas (residenciales y agrícolas). Dentro de la cuenca del río Guayas se han realizado amplias ocupaciones antropogénicas, que incluye la transformación de tierras, por el incremento de la gente. Los cambios en la utilización del suelo son una de las fuentes clave que afectan la eficacia del agua ecológica de la cuenca del río Guayas. La escorrentía agrícola, por lo común, acaba en aguas superficiales, modificando las cambiantes de calidad del agua, como las concentraciones de nutrientes y la composición de los sedimentos (Ambarita *et al.*, 2016).

La turbidez puede llevar a cabo un papel estructurante en las comunidades acuáticas, dado que la atenuación de la luz ocasionada por la turbidez decrece el nivel de producción principal; algunos productores secundarios tienen la posibilidad de usar sedimentos enriquecidos orgánicamente como fuente suplementaria de comestibles. Además, los ambientes de alta turbidez degradan el campo de perspectiva de los depredadores visuales, ofreciendo de esta forma refugio a sus presas. Los efectos negativos menos discriminantes de la turbidez en la biota acuática tienen dentro el inconveniente físico provocado por la abrasión y la desnutrición ocasionada por la carga intestinal de sedimentos nutricionalmente pobres (Jones *et al.*, 2015).

Los sedimentos de agua del río Daule alteran la dinámica del transporte de agua dulce y depositan en el estuario, por consiguiente, tienen la posibilidad de perjudicar la calidad del agua y el ecosistema gracias a que es el primordial mecanismo de transporte de agua dulce,



sedimentos en suspensión, carbono diluido, nutrientes y contaminantes en las aguas estuarinas y costeras. Esta interacción río-mar apoya un efecto tándem en los procesos biológicos, como hacer más simple la retención local de larvas de peces y el reclutamiento de peces. La variabilidad espacial y temporal de las plumas de los ríos está íntimamente relacionada con causantes ambientales que tienen dentro la fuerza de Coriolis, el viento, la descarga del río, las corrientes costeras, los ciclos de mareas, la pendiente de la interfaz y la dirección del canal submarino (Guo *et al.*, 2017).

El exceso de carga de sedimentos, además, puede provocar inconvenientes en el transporte de sedimentos en suspensión porque brinda una vía para la acumulación de contaminantes en los estuarios. Numerosos metales trazas y sustancias químicas orgánicas hidrófobas se asocian con los sedimentos debidos a los procesos de adsorción en las superficies minerales, la absorción en la materia orgánica, el trueque iónico y los efectos de la salazón en ambientes estuarinos (Rudorff *et al.*, 2018).

Una vida extendida es deseable, pero es preferible si se vive con buena salud física y mental. Esto puede ser viable con los distintos patrones alimenticios habituales y el estilo de vida, se asocian con una menor incidencia de anomalías de la salud crónicas y mejoran la longevidad, la reducción de la mortalidad, la prevención y régimen de los trastornos crónicos asociados con la edad, como las anomalías de la salud cardiovasculares y metabólicas, algunos tipos de cáncer, anomalías de la salud neurodegenerativas, depresión, fracturas de cadera y fragilidad. Entonces, esta herencia intangible configura una manera saludable de comer y de vivir en armonía con el medio (Domínguez y Barbagallo, 2019).

La longevidad es la consecuencia de las contribuciones conjuntas del medioambiente, la atención médica, el estilo de vida, la herencia y los componentes psicológicos. Varios estudiosos revisaron la relación entre el ámbito y la longevidad (Hamilton *et al.*, 1973, Morishita, 1991, Foster y Zhang, 1995, Christensen y Vaupel, 1996, Ljungquist *et al.*, 1998,



Lv *et al.*, 2011). Hallaron que las creaciones de elementos presentes en tejidos humanos son semejantes con el valor de la corteza media. La calidad del agua es un aspecto considerable. Es esencial porque el agua potable segura suministra elementos que son fundamentales para el cuerpo humano. Estos elementos se asimilan mejor en el agua potable frente a los de los comestibles. Entonces, el agua potable puede ser una fuente considerable de elementos asimilables. Estos elementos tienen la posibilidad de ser beneficiosos o dañinos para la salud (Liu *et al.*, 2014). Es decir, la longevidad está estrechamente relacionada con una buena calidad de agua; si el líquido vital tiene presencia de sólidos disueltos, como es en este caso de estudio, la longevidad de los habitantes se ve afectada debido a que no gozan de un agua potable saludable.

## Métodos y materiales

### Tipo de investigación

El estudio es correlacional y explicativo (Carrasco Díaz, 2018). El tipo de investigación a utilizar será la metodología exploratoria, porque los estudios exploratorios se abordan desde campos poco populares donde el inconveniente, que solo se vislumbra, requiere ser aclarado y delimitado. Este último constituye el propósito de una investigación exploratoria. Las indagaciones exploratorias acostumbran a integrar amplias revisiones de literatura y consultas con expertos. Los resultados de estos estudios tienen, por lo general, la delimitación de uno o numerosos problemas científicos en el sector que se inspecciona y que necesitan de estudio posterior. La investigación describirá la situación de sucesos, individuos y escenas que están sacudiendo que se pretendan examinar (Jiménez, 1998).

### Métodos de aplicación

Se tomaron un total de 48 muestras a lo largo de la ribera que rodea la ciudad de Guayaquil; se examinó el agua del río Daule utilizando las técnicas establecidas en la norma ecuatoriana y las del organismo





rector, el Ministerio del Ambiente al correlacionarlo con la población existente en el cantón Guayaquil.

Los resultados de la población se obtuvieron mediante encuestas directas a la población para establecer las características de longevidad. El número de población requerida mediante la fórmula estadística propuesta por Martínez-Bencardino (2012).

$$n = \frac{Z_a^2 * p * q}{d^2}$$

En donde:

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

Para poder desarrollar estas etapas se diseñó un disco Secchi, de ahí se seleccionó los puntos del río Daule para evaluar la turbidez, se diseñó la logística del monitoreo y de la encuesta para realizar la evaluación programada en el río y se elaboró el informe correspondiente.

## Programa IBM SPSS Statistics

El sistema SPSS no da un menú especializado para crear o investigar diseños de experimentos, de forma que numerosas planeaciones, como es la generación de un ensayo factorial, se hacen de forma manual o con algún otro programa. No obstante, este tiene las suficientes configuraciones estadísticas de uso genérico para investigar toda clase de experimentos. En la hoja de trabajo, llamada Data View, se tienen dentro las variables que corresponden a un ensayo. Estos datos se capturan directamente, pero antes se definen las variables, los escenarios y los nombres de estos en la vista de variables, que es una segunda



hoja tipo Excel. En la primera columna se listan todas las variables involucradas en el ensayo. Cuando se introducen los datos del ensayo se procede con el examen. Si el ensayo es un diseño totalmente al azar, su examen se ejecuta en la opción: Analyze, compare means, One-way ANOVA. Pero si es un diseño de bloques o factorial se examina en Analyze, General linear model, Univariate (Carrasco, 2013).

## Procedimiento de toma de muestra

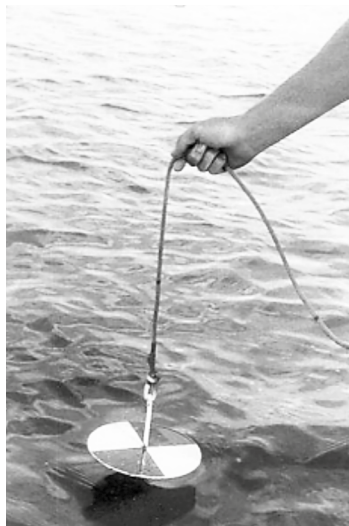
Las tomas se harán siempre desde el sector de la masa del agua y no desde puentes, presas o azudes.

Se utiliza para la medición de la penetración radiante en masas de agua como ríos, lagos y mares un disco Secchi que se elaboró de 2 cm de espesor y 20 cm de ancho, con un peso de 5 kg.

Al disco se le colocó un cabo para poder sostenerlo y se procedió a pintar de negro y blanco, así como se muestra en la figura 1.

**Figura 1**

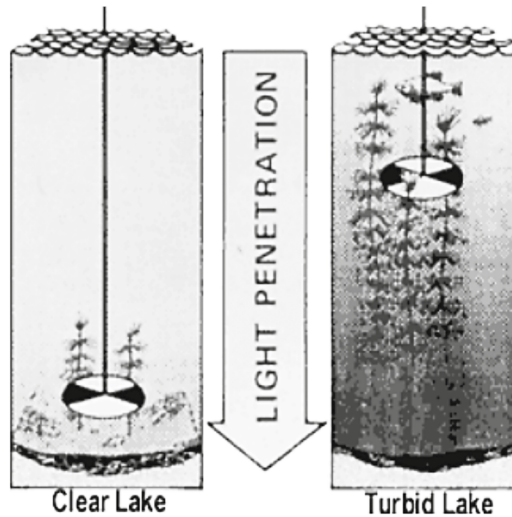
*Disco Secchi*



Se anota la hondura que el disco consigue hasta que se pierde de vista como se muestra en la figura 2 y así sucesivamente se realiza en cada vuelta para anotar los datos de las muestras escogidas.

**Figura 2**

*Medición de la claridad del agua con un disco Secchi*



## **Resultados de las tomas de muestra**

Los lugares donde se tomaron las muestras de turbidez son puntos cercanos a las viviendas y empresas industriales del entorno del río Daule utilizando un disco Secchi para calcular el nivel de turbidez en el río, los resultados que se lograron se observan en las tablas 1, 2, 3 y 4.

**Tabla 1***Resultados de las muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
1	8:53	615926	9778038	51	NTU
2	9:01	616464	9776795	43	NTU
3	9:10	617750	9777142	43	NTU
4	9:20	618151	9776440	35	NTU
5	9:24	617968	9775788	46	NTU
6	9:33	618606	9774772	43	NTU
7	9:50	617854	9772792	32	NTU
8	9:55	617888	9772258	34	NTU
9	10:05	617944	9771926	42	NTU
10	10:14	619072	9771685	33	NTU
11	10:20	-	-	28	NTU
12	10:35	618559	9775070	35	NTU

**Tabla 2***Resultados de las muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
13	11:20	615915	9778040	34	NTU
14	11:35	616545	9776697	30	NTU
15	11:42	617731	9777177	36	NTU
16	11:48	618107	9776411	48	NTU
17	11:55	617954	9775785	34	NTU
18	12:02	618591	9774773	28	NTU
19	12:14	617827	9772793	27	NTU
20	12:20	617875	9772265	19	NTU
21	12:23	617938	9771924	17	NTU
22	12:30	619074	9771678	22	NTU
23	12:35	619308	9772028	14	NTU
24	12:53	618566	9775088	23	NTU

**Tabla 3***Resultados de las muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
25	13:52	615917	9778032	41	NTU
26	14:04	616547	9776694	25	NTU
27	14:12	617744	9777182	30	NTU
28	14:18	618104	9776406	25	NTU
29	14:24	617955	9775785	23	NTU
30	14:33	618592	9774771	23	NTU
31	14:44	617836	9772783	20	NTU
32	14:51	617876	9772251	16	NTU
33	14:54	617934	9771926	25	NTU
34	15:00	619069	9771681	16	NTU
35	15:05	619189	9771980	14	NTU
36	15:26	618561	9775070	28	NTU

**Tabla 4***Resultados de las muestras tomadas*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
37	16:10	615919	9778027	37	NTU
38	16:17	616544	9776695	36	NTU
39	16:23	617724	9777165	37	NTU
40	16:29	618121	9776401	29	NTU
41	16:34	617971	9775776	28	NTU
42	16:41	618596	9774771	34	NTU
43	16:52	617852	9772792	28	NTU
44	16:56	617888	9772230	33	NTU
45	17:00	617947	9771926	27	NTU
46	17:08	619071	9771694	25	NTU
47	17:11	619193	9771968	26	NTU
48	17:38	618572	9775046	29	NTU

Para esta investigación se aplicaron encuestas para obtener información sobre la cantidad de habitantes que hay por familia y así analizar de forma estadística los resultados. Las encuestas realizadas se hicieron de manera descriptiva para los jefes o representantes de cada hogar.

Luego se calculó el promedio por el conjunto de casas para determinar las cantidades de personas viviendo por familia y así sacar el total de migración, edad y habitantes por manzana. Se seleccionaron once puntos y aleatoriamente tres casas por manzana; esto se puede ver en las figuras 3 y 4.

**Figura 3**

*Puntos de recolección de datos*



**Figura 4**

*Puntos de recolección de datos*



## **Análisis estadísticos**

Gracias al resultado estadístico se permite conocer la media poblacional (promedio de la muestra), desviación estándar (cómo varían dentro de cada uno, los datos con respecto a la media) y varianza, tal y como se da a conocer en la tabla 5.

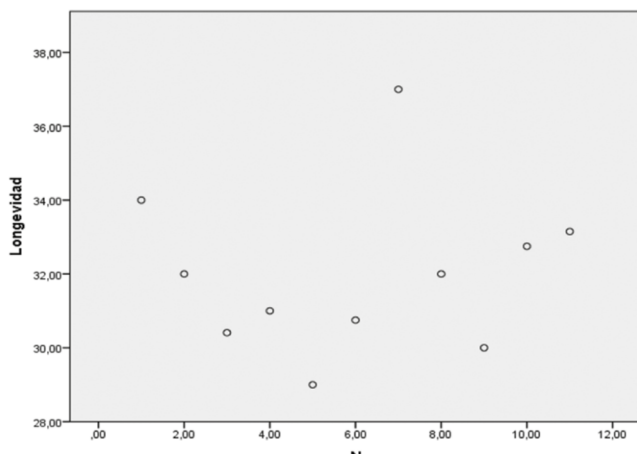
**Tabla 5**

*Resumen de contraste de hipótesis Longevidad*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Longevidad	11	29,00	37,00	32,0005	2,21304	4,898
N válido (por lista)	11					

La longevidad es similar en los puntos que se realizó la toma de muestra, como se puede apreciar en la figura 1.

**Figura 5**  
*Longevidad*



Este estadístico descriptivo permite conocer la media poblacional (29,2445), desviación estándar (3,98750) y varianza (15,900), tal y como se da a conocer en la tabla 6.

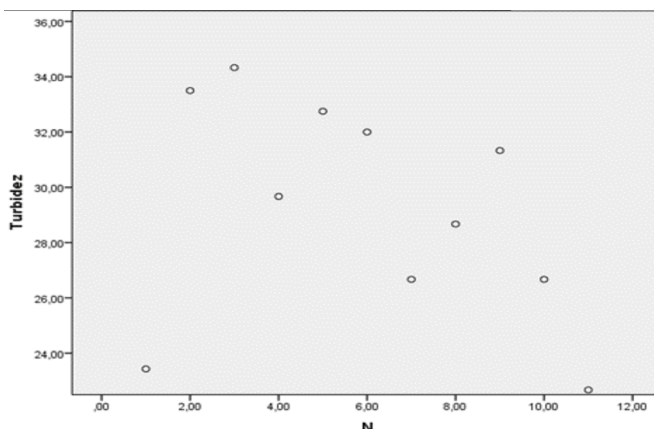
**Tabla 6**  
*Resumen de contraste de hipótesis Turbidez*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estandar	Varianza
Turbidez	11	22,67	34,33	29,2445	3,98750	15,900
N válido (por lista)	11					

En la figura 6 se muestra la turbidez en los puntos que se realizó la toma de muestra.



**Figura 6**  
*Turbidez*



Para comprobar el objetivo de la investigación general, analizar la relación existente entre la longevidad de la población del cantón Daule con respecto al nivel de turbidez de la ribera de su río, se plantea las siguientes hipótesis:

$H_0$ : No existe relación entre la longevidad de la población del cantón Daule con respecto al nivel de turbidez de la ribera de su río.

$H_g$ : Existe relación entre la longevidad de la población del cantón Daule con respecto al nivel de turbidez de la ribera de su río.

Con las pruebas no paramétricas se demuestra que en la prueba de Kolmogorov–Smirnov, muestra que los datos son normales en longevidad y turbidez debido a que el valor es mínimo a 0,05, es decir, se acepta la hipótesis nula, como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Prueba no paramétrica*

	Hipotesis nula	Prueba	Siguien- te	Decisión
1	La distribución de Longevidad es normal con la medida 32,01 y la desviación estandar 2,213.	Prueba de Kolomogorov-Smirnov para una muestra	,200 ^1.2	Conserve la hipotesis nula
2	La distribución de Turbidez es normal con la media 29,24 y la desviación estandar 3,988.	Prueba de Kolomogorov-Smirnov para una muestra	,200 ^1.2	Conserve la hipotesis nula

La correlación de Pearson es de 0,019 y podemos asegurar que sí hay una correlación entre la turbidez y la longevidad de los habitantes, como se aprecia en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Correlación*

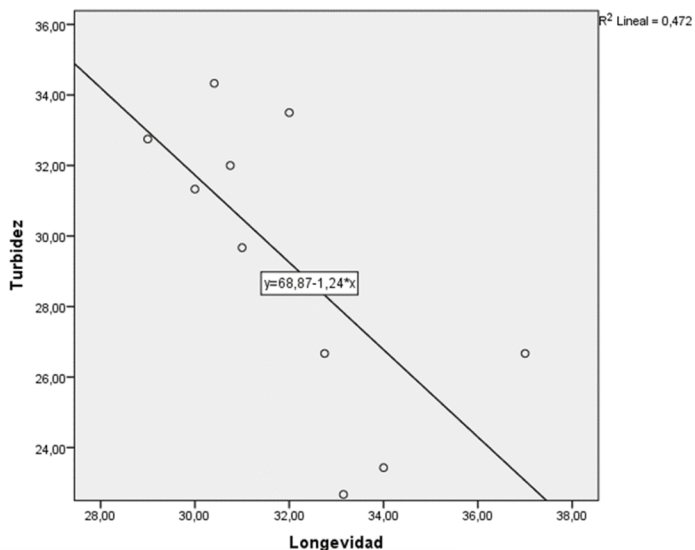
		Longevidad	Turbidez
Longevidad	Correlacion de Pearson	1	- 0,687
	Sig. (bilateral)		0,019
	N		11
Turbidez	Correlacion de Pearson	- 0,687	1
	Sig. (bilateral)	0,019	
	N	11	11

Analizando el significado total bilateral que es inferior a 0,05, se rechaza la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis de investigación Hg que indica que no existe relación entre la longevidad de la población del cantón Daule con respecto al nivel de turbidez en la ribera de su río.

Es decir, a medida que la longevidad de los moradores aledaños del río Daule aumenta, también lo hace el nivel de turbidez en dicho río, como se demuestra en la figura 7.

**Figura 7**

*Turbidez vs. Longevidad*



En la tabla 9 se observa que el R cuadrado es de 0,472, es decir, que hay una relación y el modelo de regresión lineal se ajusta bien.

**Tabla 9**

*Estimación del modelo regresión lineal*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estandar de la estimación
1	0,687	0,472	0,414	3,05374

Debido a que el valor de significancia es menor a 0,05, la recta de regresión y los residuos se ajustan al modelo, como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Tabla de análisis de varianza*

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadratica	F	Sig.
1	Regresión	75,074	1	75,074	8,051	0,019
	Residuos	83,928	9	9,325		
	Total	159,002	10			

Se puede apreciar en la tabla 11 que el valor de la constante “ $B_0$ ” es menor a 0,05 y Longevidad “ $B_1$ ” también es menor a 0,05, la tentativa es “ $B_1$ ” multiplica a “ $X$ ” para así el R cuadrado, regresión y los residuos se ajusten de mejor forma la represión lineal mediante la formal  $B_0 + B_1(X)$ .

**Tabla 11**

*Tabla de coeficientes*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	68,871	13,996	-0,687	4,921	,001
(Constante)	-1,238	0,436		-2,837	,019
Longevidad					

Para comprobar si el nivel de turbidez en la extensión del río Daule es el mismo es necesario efectuar un análisis de varianza, para lo cual se necesita realizar la prueba de aleatoriedad (prueba de rachas) y prueba de normalidad (prueba de Kolmogorov–Smirnov). Se comprueba que los datos son aleatorios debido a que se conserva la hipótesis nula y que los datos son normales, en este caso se puede utilizar el análisis de varianza para verificar si el nivel de turbidez es el mismo. Se plantea la siguiente prueba de hipótesis:

$H_0$ : El nivel de turbidez en la extensión del río Daule desigual.

$H_1$ : El nivel de turbidez en la extensión del río Daule no es igual.



**Tabla 12**

*Cuadro de diferencia de hipótesis*

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
1	La secuencia de valores definida por valor $\leq 29,00$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	0,111	Conserve la hipótesis nula.
2	La distancia de Valor es normal con la media 30,25 y la desviación estandar 8,941	Prueba de Kolomogorov-Smirnov para una muestra	0,200 <sup>^</sup> 1.2	Conserve la hipótesis nula.

Con el resultado de homogeneidad se puede percatar que el valor es mayor a 0,05, es decir, las varianzas son homogéneas como se muestra en la tabla 12.

$H_a$ : Las varianzas son homogéneas.

$H_b$ : Las varianzas no son homogéneas.

Además, se necesita determinar si los datos poseen una varianza homogénea o no, por lo que en el resumen de contraste no se rechaza la hipótesis nula debido a que si cumple la condición de ser  $> 0,05$ , las varianzas son homogéneas tal y como se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Prueba de homogeneidad de varianza*

<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
0,666	11	36	0,760

Se acepta " $H_a$ ", las varianzas son homogéneas, esto indica que la media de la turbidez en el punto i es el mismo en todos los puntos de investigación en el río Daule, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14  
ANOVA

Prueba de muestra única						
Valor de prueba=1						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la	
					Inferior	Superior
Turbidez	25,037	10	0	29,34182	26,7306	31,9531

Se acepta “H<sub>a</sub>” mediante el análisis anteriormente realizado, el cual si los valores de significancia de los subconjuntos son mayores a 0,05, esto nos indica que la turbidez en el punto i es igual en todos los puntos de investigación donde se tomaron las muestras en el río Daule, tal y como se muestra en la tabla 15. Se admite la hipótesis nula de este objetivo específico.

Tabla 15  
Subconjuntos homogéneos

Punto	N	subconjnto para alfa= 0.05		Medida cuadrática
		1	2	
HSD Turkey	11,00	4	20,5000	
	10,00	4	24,0000	24,0000
	8,00	4	25,5000	25,5000
	7,00	4	26,7500	26,7500
	9,00	4	27,7500	27,7500
	12,00	4	28,7500	28,7500
	6,00	4	32,0000	32,0000
	5,00	4	32,7500	32,7500
	2,00	4	33,5000	33,5000
	4,00	4	34,2500	34,2500
	3,00	4	36,5000	36,5000
	1,00	4		40,7500
Sig.			0,211	0,163

Para comprobar si los datos tomados son el mínimo nivel aceptable de turbidez en el agua del río Daule, es necesario realizar una prueba para pequeñas muestras, por lo que se plantean las siguientes pruebas de hipótesis:

$H_0$ : El nivel de turbidez es igual a 1.

$H_2$ : El nivel de turbidez es diferente a 1.

Tabla 16

	Suma de cuadrados	gl.	Medida cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1450,500	11	131,864	2,058	0,051
Dentro de grupos	2306,500	36	64,069		
Total	3757,00	47			

Observando la tabla 16 el nivel de significancia que es inferior a 0,05; se admite la hipótesis de investigación e indica que el nivel de turbidez es diferente a 1 y en este caso es mucho mayor debido a que el promedio es de 29,34182.

## Conclusión

Se ha logrado demostrar que existe una relación existente entre la longevidad poblacional con respecto al nivel de turbidez del río Daule y determinar los niveles de turbidez mediante un método aceptable de medición. Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso los 1 NTU y en los datos muestrales el nivel de turbidez es mayor que el límite establecido (Stevenson y Bravo, 2019).

## Referencias bibliográficas

- Al Sawaf, M. y Kawanisi, K. (2019). Novel high-frequency acoustic monitoring of streamflow-turbidity dynamics in a gravel-bed river during artificial dam flush. *Catena*, 172, 738-752. <https://doi.org/jnbv>
- Ambarita, N., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Tien, T., Forio, M., Musonge, P., Suhareva, N. Bennetsen, E., Landuyt, Domínguez-Granda, L., Goethals, P. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas

- river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters*, 57.  
<https://doi.org/gn5tpx>
- Carrasco Díaz, S. (2013). *Metodología de la investigación científica*. Biblioteca especializada-UNSAAC.
- Chen, N., Krom, M., Wu, Y., Yu, D., Hong, H. (2018). Storm induced estuarine turbidity maxima and controls on nutrient fluxes across river-estuary-coast continuum. *Sci Total Environ.*, 628-629, 1108-1120.  
<https://doi.org/gpcv2v>
- Christensen, K. y Vaupel, J. W. (1996). Determinants of longevity: genetic, environmental and medical factors. *Journal of internal medicine*, 240(6), 333-341. <https://doi.org/b5s3b9>
- Domínguez, L. y Barbagallo, M. (2019). Mediterranean diet and longevity. *Encyclopedia of Biomedical Gerontology 2020* (pp. 400-413).  
<https://doi.org/jnbw>
- Foster, H. D. y Zhang, L. (1995). Longevity and selenium deficiency: evidence from the People's Republic of China. *Science of the total environment*, 170(1-2), 133-139. <https://doi.org/cpq8kh>
- Guo, K., Zou, T., Jiang, D., Tang, C. y Zhang, H. (2017). Variability of Yellow River turbid plume detected with satellite remote sensing during water-sediment regulation. *Continental Shelf Research*, 135, 74-85.  
<https://doi.org/f9xmzq>
- Hamilton, E. I., Minski, M. J. y Cleary, J. (1973). The concentration and distribution of some stable elements in healthy human tissues from the United Kingdom an environmental study. *Science of the Total Environment*, 1(4), 341-374. <https://doi.org/bc967p>
- Han, B., Sivaramakrishnan, P., Lin, C., Neve, I., He., J. Rachel, L., Sowa, J., Sizov, A., Du, G., Wang, J., Herman, C. y Wang, M. (2017). Microbial Genetic Composition Tunes Host Longevity. *Cell*, 169, 1249-1262.  
<https://doi.org/jnbx>
- Hilbrand, S., Coall, D., Meyer, A., Gerstorf, D. y Hertwig, R. (2017). A prospective study of associations among helping, health, and longevity. *Social Science & Medicine*, 187, 109-117. <https://doi.org/gbtkvr>
- Jiménez, R. (1998). *Metodología de la investigación. Elementos básicos para la investigación clínica*. Editorial Ciencias Médicas.  
<https://cutt.ly/DZbIdfS/>



- Jones, S., Carrasco, N. y Perissinotto, R. (2015). Turbidity effects on the feeding, respiration and mortality of the copepod *Pseudodiaptomus stuhlmanni* in the St Lucia Estuary, South Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 469, 63-68. <https://doi.org/f7g5tk>
- Lee, C., Lee, Y. y Chiang, H. (2016). Abrupt state change of river water quality (turbidity): Effect of extreme rainfalls and typhoons. *Science of The Total Environment* 557.558, 91-101. <https://doi.org/jnbnz>
- Liu, Y., Luo, K., Lin, X., Gao, X., Ni, R., Wang, S. y Tian, X. (2014). Regional distribution of longevity population and chemical characteristics of natural water in Xinjiang, China. *Science of The Total Environment*, 473-474, 54-62. <https://doi.org/jnb3>
- Ljungquist, B., Berg, S., Lanke, J., McClearn, G. E. y Pedersen, N. L. (1998). The effect of genetic factors for longevity: a comparison of identical and fraternal twins in the Swedish Twin Registry. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 53(6). <https://doi.org/df3h27>
- Lv, J., Wang, W. y Li, Y. (2011). Effects of environmental factors on the longevous people in China. *Archives of gerontology and geriatrics*, 53(2), 200-205. <https://doi.org/fqvp5r>
- Marchant, R., Reading, D., Ridd, J., Campbell, S. y Ridd, P. (2015). A drifter for measuring water turbidity in rivers and coastal oceans. *Marine Pollution Bulletin*, 91, 102-106.
- Martínez-Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo*, 13.ª ed. (p. 872). Ecoe Ediciones. <https://cutt.ly/kZuKLjS/>
- Mitchell, S. Green, M., MacDonald, I. y Pritchard, M. (2017). Field studies of estuarine turbidity under different freshwater flow conditions, Kaipara River, New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198(B), 542-554. <https://doi.org/gcnxc5>
- Morishita, K. (1991). *The world longevity diet: investigation for Centenarians*. Arts Publishing House.
- Pareja-Galeano, H., Santos-Lozano, A., Sanchis-Gomar, F., Fiuza-Luces, C., Garatachea, N., Gálvez, B., Lucia, A. y Emanuele, E. (2017). Circulating leptin and adiponectin concentrations in healthy exceptional longevity. *Mechanisms of Ageing and Development*, 162, 129-132. <https://doi.org/f93c3n>
- Van den Berg, N., Beekman, M., Smith, K., Janssens, A. y Slagboom, P. (2017). Historical demography and longevity genetics: Back to the future. *Ageing Research Reviews*, 38, 28-39. <https://doi.org/jnb4>

- Rudorff, N., Rudorff, C., Kampel, M. y Ortiz, G. (2018). Remote sensing monitoring of the impact of a major mining wastewater disaster on the turbidity of the Doce River plume off the eastern Brazilian coast. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 145, 349-361. <https://doi.org/gfnnfm>
- Stevenson, M. y Bravo, C. (2019). Advanced turbidity prediction for operational water supply planning. *Decision Support Systems*, 119, 72-84. <https://doi.org/jnb5>
- Yu, Y., Zhang, H. y Lemckert, C. (2014). Salinity and turbidity distributions in the Brisbane River estuary, Australia. *Journal of Hydrology*, 519(2), 3338-3352. <https://doi.org/f6wwmt>



# **El efecto de la longevidad de la población del cantón Guayaquil con respecto al nivel de pH del río Daule**

Ana Fabiola Terán Alvarado<sup>3</sup>  
ateran@ups.edu.ec

Kelly Alexis Aroca Delhi<sup>4</sup>  
karoca@est.ups.edu.ec

## **Introducción**

Por lo general, la contaminación del agua es provocada por el hombre, haciéndola no adecuada para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, domésticas y la vida natural.

El agua es un componente del medioambiente que se deteriora en mayor grado debido a la actividad humana. No solo recibe de forma directa fuertes contaminantes, sino también productos que se generan en la atmósfera o en el suelo de forma natural.

El Daule es uno de los ríos con mayor importancia del país, puesto que se conecta con el Babahoyo para formar el río Guayas; es importante conocer el impacto de la población que se genera sobre la calidad del agua en el río Daule (Kędra y Wiejaczka, 2018).

En comparación de los lagos y estanques, los ríos son sistemas abiertos, en donde el intercambio de agua sucede con gran frecuencia. Por esa razón, los organismos que dependen de los ríos requieren cierto

---

3 Magister en Administración de Empresas, docente investigadora de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.

4 Ingeniera industrial, graduada en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.

equilibrio; varios indicadores proporcionan una medida de la calidad del agua en un río. Estas medidas incluyen el oxígeno disuelto, la temperatura y el pH, que es una medida de la concentración de iones hidrógeno.

La escala de medición del pH va de 0 al 14, y 7 o menos representan un ambiente ácido, mientras que un registro por encima de 7 indica uno alcalino (Kędra y Wiejaczka, 2018).

Un pH bajo podría incluso matar a los peces al estresar los sistemas de los animales y causarles daños físicos, lo cual a su vez los hace más vulnerables a las enfermedades.

Los recursos de longevidad ambiental se refieren a la suma de varios factores ambientales que logran mejorar la calidad de vida humana y extender la vida útil. Son parte de los recursos ambientales con la función y el valor de prolongar la vida: los recursos de longevidad de los medioambientes aéreo, acuático, del suelo, del biológico, etc. (Shichen, 2009).

Con el avance del envejecimiento global y el enfoque del tiempo de envejecimiento no reversible, los recursos ambientales, principalmente los de longevidad del medioambiente, son cada vez más significativos en la vida social humana y la protección y progreso de los recursos de longevidad del medioambiente natural son urgentes (Shichen, 2009).

En la cuenca del río Guayas, diversos ríos presentan signos de contaminación cuyo origen estaría relacionado con el uso agropecuario y descargas de los centros urbanos asentados en sus márgenes (ARCSA, 2017). La operación de presas y obras civiles que alteran los caudales de estos ríos también afectan la calidad del agua y el hábitat para la vida acuática, así como el uso para consumo humano y su recreación. Una de las subcuencas más importantes, es la del río Daule. Esta trayectoria de agua es la principal fuente de agua potable para la ciudad de Guayaquil y recibe las aguas residuales de varios centros urbanos que utilizan agua subterránea (Arcos *et al.*, 2005).



El crecimiento poblacional mundial ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con el vertido de agua de desecho de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua. En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por elevados porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal. El control de la calidad microbiológica del agua de consumo y de desecho requiere de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos; los agentes involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias, virus y protozoos, que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad (CSIC, 2007).

El Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Industrias y Productividad han identificado 202 empresas en la cuenca de Daule, de las cuales el 25 % ya se han regularizado ambientalmente y un 50 % está dentro del proceso.

En los últimos años, las técnicas de control para las industrias de procesos se han tornado más exigentes, por la creciente complejidad de los procesos mismos, así como a los requisitos mejorados en términos de calidad del producto y factores ambientales. Por esa razón, las industrias de procesos requieren sistemas de control más confiables, precisos, robustos, eficientes y flexibles para la operación de la planta de procesos (Suchithra *et al.*, 2006).

Para cumplir con los requisitos anteriores, existe una necesidad continua de investigación sobre formas mejoradas de control. En las industrias, el pH de una solución tiene un papel importante en la producción y la eficiencia del sistema. La desviación en el pH puede afectar la salud de los humanos y las plantas.

La Organización Mundial de la Salud ha emitido una orden para que el valor del pH del agua del metro se mantenga en 7, que es un valor neutral. Hoy en día, en las industrias, el valor del pH se conserva solo utilizando métodos manuales. Este método no puede ser determinado como error menos preciso. Esta es una de las razones



más importantes por las que se debe desarrollar y utilizar un controlador de pH automático en las industrias. Durante el control manual del pH, existen muchas posibilidades de que ocurra un error que, a su vez, puede afectar muchas formas de vida. Este método de control automático de pH es rápido, sin errores y preciso (Qinghai *et al.*, 2011).

El objetivo principal de este artículo científico es analizar la relación existente entre la longevidad de la población del cantón Guayaquil con respecto al nivel de pH de la ribera de su río.

Obteniendo los siguientes objetivos específicos:

- Determinar si el nivel de pH en la extensión del río Daule es el mismo.
- Comprobar que el nivel de pH es igual a los niveles estándares de un río de agua dulce.

## Río Daule

El río Daule está concebido en el núcleo de Sandomo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, a corta distancia de San Miguel o Peripa (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2011). Su longitud estimada es de 262 km. y es la subcuenca más extensa de la cuenca del Guayas, cubre un aumento regional de 11 587,16 km<sup>2</sup> que abarca alrededor del 5 % de su territorio nacional y el 35 % de toda la cuenca del río Guayas, como se describe en la figura 1.

Está situado en el territorio occidental superior de la cuenca del río Guayas, es uno de los territorios con asombrosa unión de la producción agrícola (Universidad de Guayaquil, 1967). Su impacto está en las regiones de Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí y Santa Elena, dentro de su región de influencia hay una población de cuatro millones de individuos (Huayamave, 2013).

El río Daule es una de las siete subcuencas que proveen a la cuenca del río Guayas; hacia el Daule se conectan las vías fluviales:

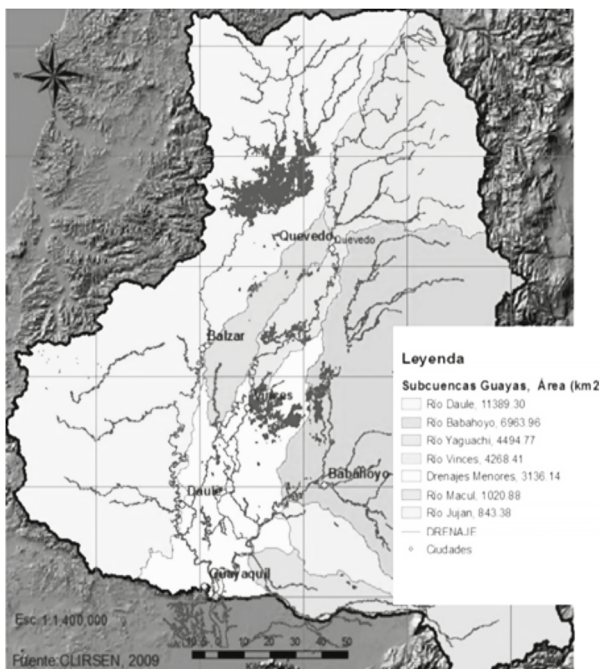


Peripa, Puca, Pedro Carbo, Pula, entre otras; su corriente normal más extrema es alrededor de 1000 m<sup>3</sup>/s, la base normal más de 100 m<sup>3</sup>/s (Escobar, 2002).

En la época tempestuosa, el flujo de la corriente se desplaza hacia el río Guayas, sin embargo, en la época seca, donde varios afluentes tienen esencialmente 0 compromisos con el río Daule, el flujo y reflujo se da vuelta con la marea elevada (Huayamave, 2013).

**Figura 1**

*Cuenca del río Guayas*



Fuente: Huayamave (2013)

## Contaminación de ríos

Las principales fuentes fijas de contaminación corresponden a las plantas industriales, desechos municipales y sitios de extracción,

explotación y construcción, tales como excavación (explotación industrial, aprovechamiento forestal, etc.).

Los contaminantes presentes en las fuentes industriales son por lo general nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos específicos y propiedades fisicoquímicas específicas como pH, salinidad, demanda de oxígeno, dureza, etc.

Los desechos industriales contienen, además, cantidades altas de materia orgánica provenientes de las plantas procesadoras (Xi *et al.*, 2010).

El Ministerio del Ambiente controla las industrias asentadas en la cuenca del río Daule (Ecuador, 2015).

No existen actualmente estimativos, ni catastros regionales fortalecidos, que anuncien sobre las descargas de contaminantes a los cuerpos de agua que llegan al mar, pero se conoce que el origen principal de contaminación se debe a las descargas municipales que ingresan al mar por medio de los ríos y por emisarios submarinos directos. Contribuyen con esta fuente los drenajes pluviales, que son trasladados por los sistemas de alcantarillado ligado con las aguas servidas domésticas e industriales (Escobar, 2002).

El río Guayas (Daule-Babahoyo) constituye la principal fuente de introducción de contaminantes en el golfo de Guayaquil, introduce una cantidad equivalente al 75 % de todas las descargas domésticas e industriales que se ejecutan en el Litoral.

El río Teatone recibe más o menos 3 000 000 m<sup>3</sup>/año de efluentes de la actividad petroquímica, ubicada cerca de la ciudad de Esmeraldas, también el río Esmeraldas, capta desechos domésticos e industriales y del cultivo del camarón (Cabrera, 2002).

Como podemos observar en la tabla 1 hay varias fuentes que pueden afectar la calidad del agua del río, los contaminantes y procesos.





**Tabla 1**

*Procesos, contaminantes y fuentes que afectan a la calidad del agua*

<b>Contaminantes y procesos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fuentes</b>
Contaminantes orgánicos	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno.	Fuentes industriales, domésticas, asentamientos humanos.
Nutrientes	Se originan de desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas.	Fuentes domésticas, industriales y escorrentía agrícola.
Metales pesados	Se originan alrededor de centros industriales.	Fuentes industriales, asentamientos humanos.
Contaminación microbiológica	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales, etc.	Fuentes municipales.
Compuestos tóxicos orgánicos	Químicos industriales, plásticos, pesticidas agrícolas, etc.	Fuentes industriales, domésticas y asentamientos humanos.
Salinización	Se produce por la presencia de sales en los suelos y drenajes inadecuados.	Presencia de sales en los suelos, la que aflora por carecerse de un buen drenaje.
Acidificación	Está relacionado con un pH bajo del agua dado por la deposición sulfúrica producida por la actividad y por emisiones urbanas.	Fuentes industriales y fuentes municipales.

*Nota.* Tomado de Kraemer *et al.*, 2011.

## **Población del río Daule**

El río Daule es un activo de suma importancia para la localidad que incorpora la cuenca del río Guayas, el país, y las comunidades urbanas que se encuentran en sus márgenes: Palestina, Balzar, Nobol, Daule, Pichincha, Santa Lucía, Colimes y para la ciudad de Guayaquil, en relación con otros enfoques urbanos.

El agua potable consumida en Guayaquil se origina en el río Daule, cuya admisión se encuentra en el lugar reconocido como el Puente de Lucía, con el objetivo de que la calidad del agua, tanto para la utilización local como industrial de Guayaquil, dependa de la



calidad del río Daule. Por tal motivo es importante la preservación de la vía fluvial del Daule, para el país y la región. De aquel dependerá una gran mayoría de la agricultura de zonas de Guayas, Santa Elena y Manabí, y, particularmente, la región arrocera del cantón Daule (Decreto Ejecutivo 3516).

**Figura 2**  
*Río Daule*



## **Parámetros de calidad del agua del río Daule**

En el presente estudio se efectuó, la determinación de indicadores fisicoquímicos, como se muestran a continuación.

### **pH: Potencial hidrógeno**

El pH es uno de los parámetros primordiales que permiten determinar la calidad química del agua, el agua contiene una serie de bases y ácidos débiles que controlan la acción del ion de hidrógeno, el cual se expresa como pH (Scotland *et al.*, 2001).

El pH establece la acidez y alcalinidad de la concentración del agua (Piedrahita, 1995).

El pH es un parámetro del cual dependen un gran número de procesos que tienen lugar en aguas naturales y es posiblemente el único parámetro químico que de forma significativa alcanza a tener mano con la especiación de metales. El pH permite a los organismos activos progresar y multiplicarse, cuando se mantiene constante. Valores bajos o elevados de pH pueden romper el balance de químicos que existen en el agua y movilizar los contaminantes. En un bajo nivel de pH aumentan la solubilidad de metales como el zinc, plomo, níquel, cadmio, cobre, y hierro, mientras que el mercurio y el vanadio tienden a ser mucho más solubles en situaciones que son menos ácidas.

El criterio de calidad admisible para la conservación de la vida acuática y silvestre en aguas frías, cálidas o dulces, y en estuarios o aguas marinas es pH 6-9 (Ecuador, 2015).

## Nivel de pH del río Daule

El valor de pH indica la acidez de la muestra, pero en realidad es una medida de la actividad potencial de los iones de hidrógeno en la muestra. El valor de pH determina si el agua es dura o blanda. El pH del río alcanzó entre 7,35 y 8,50. Los estándares sugieren un rango de pH de 6,0 a 9,0. A partir de los datos medidos, podemos ver que todos los valores de pH satisfacen la demanda de los estándares (Huayamave, 2013).

## Temperatura

La temperatura del agua del río alcanzó entre 2,5 y 21 °C. El alcance del río se encuentra en una región de gran altitud con un rango de temperatura relativamente mayor.

Los sistemas hídricos muestran variaciones de temperatura por factores como la profundidad del arroyo, la temperatura de ambiente, caudal, el horario del día y, además, variaciones anuales afectadas a la época seca o de lluvia.



La temperatura en el agua es un parámetro significativo por su efecto en las propiedades tanto químicas como físicas, un acrecentamiento de ella precipita las reacciones químicas, aumenta la solubilidad de varias sustancias, lo que causará aumento de sólidos disueltos (Toro *et al.*, 2002).

Cuando existe un aumento en la temperatura, el pH disminuye, de igual manera una disminución de la temperatura involucra un aumento en el potencial hidrógeno, eso significa que la temperatura en el río, las moléculas se separan en sus dos elementos: oxígeno e hidrógeno (Muñoz, 2001).

## Hipótesis

$H_0$ : En la extensión del río Daule no existe relación entre el pH y la longevidad.

$H_g$ : Existe relación entre las variables de pH y longevidad a lo largo de los puntos investigados.

$H_0$ : La media de pH es el mismo en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_1$ : Alguna media de pH en el punto  $i$  es diferente en algunos los puntos investigados en el río Daule.

$H_0$ : El nivel de pH es igual a los niveles estándares de un río de agua dulce.

$H_2$ : El nivel de pH es diferente a los niveles estándares de un río de agua dulce.

## Materiales y métodos

Se ejecutó un estudio experimental, en el cual se analizaron correlaciones de espurias.



Se efectuaron con los datos de pH obtenidos en la ribera del río Daule, para lograr establecer la relación existente con una muestra de habitantes que habitan en esa zona. Se tomó una muestra significativa con la variable de estudio longevidad.

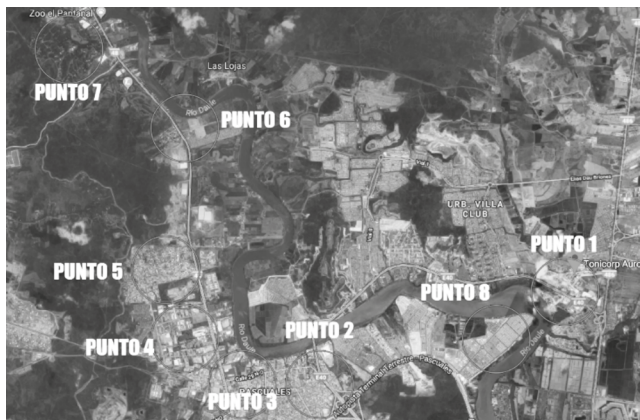
La presente es una investigación que servirá como base para futuras investigaciones a efectuarse.

En el río se recopiló información del pH por medio de un medidor de pH digital marca OHAUS, modelo Starter300, a un metro de profundidad.

Se eligieron once puntos en la extensión del río, por cada punto se recopilaron cinco muestras, relacionando los puntos de las coordenadas con los diferentes puntos encuestados como se puede observar en las figuras 3 y 4.

### Figura 3

*Coordenadas de toma de encuestas*



**Figura 4**

*Coordenadas de toma de encuestas*



De las figuras 3 y 4 se efectuó un mapeo para obtener la cantidad de población por cada punto, la cual se determinó con la fórmula que propone Martínez-Bencardino (2012) para determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{Z^2_{\alpha} \times p \times q}{e^2}$$

En donde:

$\alpha$  = Nivel de significancia = 0,05

n = Tamaño de muestra

$Z_{\alpha}$  = Distribución normal basado en el 5 % de nivel de significancia y 95 % de confianza = 1,96

P = probabilidad de éxito o porción esperada = 0,5

q = probabilidad de fracaso = 0,5

E = margen de error o nivel de precisión = 0,04925

$$n = \frac{(1.96)^2_a \times 0,5 \times 0,5}{(0,05)^2} \cong 396$$

Se realizaron encuestas a la población mayor de edad, investigando el número de habitantes que había por casa. Se contabilizó el número de domicilios en cada manzana y se consiguió el valor promedio de las tres casas, dicho valor se multiplicó por el total de casas en la manzana, consiguiendo un número apreciado de habitantes que había por manzana. Estas encuestas fueron realizadas por alumnos de la Universidad Politécnica Salesiana, recopilando datos a los alrededores de los puntos escogidos a lo largo del río Daule.

La presente investigación describe la realidad de situaciones, eventos, personas, escenarios que se están abordando y que se pretende analizar. Las principales etapas por seguir son:

1. Examinar las características fisicoquímicas del agua del río Daule, utilizando las técnicas establecidas en la norma ecuatoriana y las del organismo rector, el Ministerio del Ambiente, y correlacionarlas con la población existente en el cantón Guayaquil.
2. El método utilizado para la toma de muestras de pH fue a tres niveles distintos a diferentes horas.
3. Para cumplir con los objetivos propuestos en la investigación se optó por adquirir un kit de prueba para medición de pH a partir de muestras de agua, los pasos que se realizaron son:
4. Calibrar el medidor de pH.
5. Toma de muestra a partir de un metro de profundidad en cada punto de la extensión del río.
6. Colocar agua destilada en un envase precipitado para la limpieza del equipo.
7. Colocar la muestra en un diferente envase de precipitado.
8. Introducir los sensores del equipo en el vaso de la muestra.

9. Esperar tres minutos.
10. Visualizar y escribir los valores de pH.
11. Calibrar y limpiar los sensores del equipo.
12. Realizar la correlación entre estos valores y los lugares poblacionales e industriales existentes en los alrededores de los puntos tomados con horas predeterminadas.

## **Análisis y resultados**

El estudio del pH del río Daule se lo realizó para determinar si el aumento de longevidad en los once puntos analizados en la extensión del río Daule influye con el pH del río.

Con este artículo se logró analizar si existe alguna relación entre las edades promedios por sector y los once puntos promedios del pH estudiados en la ribera del río.

En la tabla 2 se muestran los resultados promedios, particularmente analizando los cambios de pH en los distintos puntos.

**Tabla 2**

*Análisis promedio de pH*

<b>Punto</b>	<b>pH</b>
1	7,06
2	7,84
3	7,66
4	7,64
5	7,73
6	7,61
7	7,66
8	7,55
9	7,24
10	7,69
11	7,11





Utilizando el programa estadístico SPSS se realizó la prueba en la distribución observada con el valor hipotetizado (prueba de Kolmogorov-Smirnov), esta prueba sirve para determinar si los datos de longevidad y pH siguen una distribución normal, y así usar determinado tipo de coeficiente de correlación. Se puede visualizar en la tabla 3, que las dos hipótesis nulas se conservan, por el hecho de pasar la prueba con normalidad.

Para establecer la relación existente entre la longevidad (edad) y el pH, se analizaron los datos de edad como la variable independiente y los datos de pH como la variable dependiente. Se ejecutan las pruebas no paramétricas, dando como resumen de contrastes de las hipótesis de edad (longevidad) y pH, que la distribución de edad es normal con la media 32,57 y la desviación estándar 2,84, lo cual se conserva la hipótesis nula. La distribución de la variable pH con la media 7,45 y la desviación estándar 0,324, se conserva la hipótesis nula, es decir, ambas distribuciones son normales.

**Tabla 3**  
*Resumen de contrastes de hipótesis*

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
1	La distribución de pH es normal con la media 7,45 y la desviación estándar 0,324.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	61.000	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de edad es normal con la media 32,57 y la desviación estándar 2,843.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200	Retener la hipótesis nula.

Para comprobar el objetivo general se eligió el coeficiente de correlación de Pearson, donde se analizó por medio de una prueba bilateral, dando como resultado el coeficiente de significancia que fue igual a 0,467 mayor que 0,05, por tal motivo se acepta la hipótesis nula  $H_0$ : En la extensión del río Daule no existe relación entre el pH y la longevidad.

Es decir, no existe relación entre la longevidad y el nivel de pH en el río, ya que el valor de significancia bilateral es mayor al valor de significancia de la presente investigación.

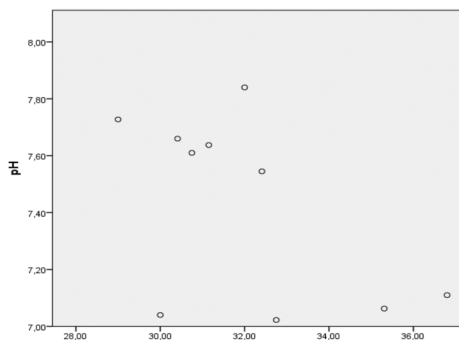
**Tabla 4**

*Correlación de Pearson*

		Correlaciones	
		pH	Edad
pH	Correlación de Pearson	1	-0,245
	Sig. (bilateral)		0,467
	N	11	11
Edad	Correlación de Pearson	-0,245	1
	Sig. (bilateral)	0,467	
	N	11	11

**Figura 5**

*Relación entre la longevidad y el pH*



Para determinar si el nivel de pH en la extensión del río Daule es el mismo, se utilizó la técnica estadística análisis de varianza, para saber si las medias de las muestras obtenidas en promedio en cada punto son iguales a lo largo de la extensión del río. Es necesario que los datos sean aleatorios, por lo tanto, se necesita realizar la prueba de rachas. Observando la tabla 5 se puede determinar de que se retiene

la hipótesis nula, es decir, existe una secuencia de valores definidos y aleatorios de  $pH \leq 7,61$  y  $\geq 7,61$ , por lo que se comprueba que los datos son aleatorios. En la tabla 3 también se comprobó que los datos tenían una distribución normal.

Para determinar el segundo objetivo se plantearon las siguientes hipótesis:

$H_0$ : La media de pH es el mismo en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_1$ : Alguna media de pH en el punto  $i$  es diferente en algunos los puntos investigados en el río Daule.

Tabla 5

*Resumen de contrastes de hipótesis*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La secuencia de valores definida por $pH < 7,61$ y $> 7,61$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	58 000	Retener la hipótesis nula.

Antes de realizar el análisis de varianza ANOVA, se realizó la prueba de homogeneidad. En la tabla 6 se muestra que el nivel de significancia es igual a 0,004 y menor 0,05, donde se rechaza en la hipótesis de que las varianzas son homogéneas.

Tabla 6

*Prueba de homogeneidad de varianzas*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,326	10	33	0,004

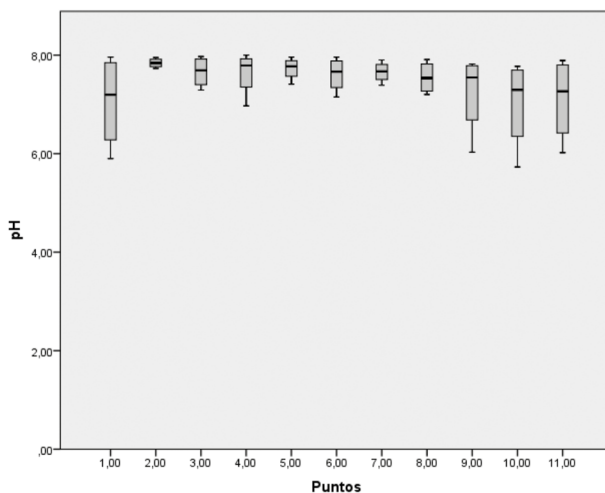
En la tabla 7 se muestra el análisis de varianza, se puede observar el grado de significancia de 0,465 mayor a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis nula; eso significa que la media de pH en cada uno de los puntos investigados es la misma en el río Daule.

**Tabla 7**  
Análisis ANOVA

pH	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,514	10	0,351	0,998	0,465
Dentro de grupos	11,625	33	0,352		
Total	15,139		43		

Se puede denotar mediante la figura 6, los datos tomados de las medias de pH a lo largo del río Daule son las mismas en toda su extensión.

**Figura 6**  
Datos de pH en el río Daule



Para determinar el tercer objetivo se plantearon las siguientes hipótesis:

$H_0$ : El nivel de pH es igual a los niveles estándares de un río de agua dulce, en este caso igual a 7.

$H_2$ : El nivel de pH es diferente a los niveles estándares de un río de agua dulce.



Se realizó una prueba de hipótesis para muestras pequeñas (prueba T de una muestra debido a que el número de elementos es menor que 30). Se observa que el valor de significancia bilateral es menor a 0,05, se rechaza  $H_0$  y se acepta la hipótesis de investigación, es decir, que el nivel de pH es diferente de 7. Como se observa en la tabla 8, el nivel inferior y superior se encuentra entre 0,23 y 0,6, observando que la media es 0,47 que está por encima del nivel 7.

Tabla 8

Prueba T

Prueba de muestra única					
Valor de prueba =7					
95 % de intervalo de confianza de la diferencia					
t	gl	Sig. bilateral	Diferencia de medias	Inferior	Superior
4,660	10	0,001	0,45470	0,2373	0,6721

## Conclusiones

El nivel de longevidad no influye en los niveles de pH en la ribera del río Daule, esto se debe a que el coeficiente de significancia bilateral es mayor a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis nula de que existe relación entre la edad y los niveles de pH.

Se comprobó que la media de los niveles de pH fue la misma en cada uno de los puntos investigados a lo largo del río Daule; se comprobó la hipótesis por medio del análisis de varianza, donde se muestra que el nivel de significancia es igual a 0,465 mayor al nivel de significancia bilateral es 0,05, por lo tanto, se aprueba la hipótesis nula.

Se comprobó que los niveles de pH fueron diferentes a los niveles de estándares de un río de agua dulce, debido a que el tamaño de la muestra fue de 11, se lo comprobó mediante una prueba de hipótesis para muestra pequeña (prueba T) de las cuales se obtuvo que el valor de significancia bilateral igual 0,01 es menor a 0,05, por lo que se acepta

la hipótesis de investigación, en donde se demuestra que es diferente a 7, que es el nivel estándar de un río.

## Referencias bibliográficas

- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria-ARCSA. (1 de junio de 2017). *Biomonitoreo de la calidad del agua para determinar la naturaleza y grado de contaminación por la agricultura y actividades afines en los principales ríos de la cuenca del río Guayas*. <http://www.controlsanitario.gob.ec/>
- Arcos Pulido, M., Ávila de Navia, S., Estupiñán, S. M. y Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 69-79. <https://www.redalyc.org/pdf/411/41130408.pdf/>
- Decreto Ejecutivo 3516. *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA)-Norma Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua*. (21 de enero de 2016). Ministerio del Ambiente. <https://cutt.ly/EZbMvQ9/>
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL. <https://cutt.ly/fNgiBZN/>
- Huayamave, J. (2013). *Estudio de las aguas y sedimentos del río Daule, en la provincia del Guayas, desde un punto de vista fisicoquímico*. [Tesis doctoral]. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <http://hdl.handle.net/10553/11262/>
- Kędra, M. y Wiejaczka, L. (2018). Climatic and dam-induced impacts on river water temperature: Assessment and management implications. *Science of The Total Environment*, 626, 1474-1483. <https://doi.org/gmpgp8>
- Kraemer, R., Choudhury K. y Kampa, E. (2001). Protecting Water Resources: Pollution Prevention, Thematic Background Paper. International Conference on Freshwater Bonn 2001. <https://cutt.ly/tZSfXdy/>
- Martínez-Bencardino, C. (2012). Estadística y muestreo, 13.ª ed., (p. 872). Ecoe Ediciones. <https://cutt.ly/kZuKLjS/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (Magap/Sigagro). (2011). *Análisis sectorial*.
- Muñoz, A. (2001). *Efectos de la globalización en las migraciones internacionales*. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://www.scielo.org.mx/pdf/pp/v8n33/v8n33a2.pdf>



- Presidencia de la República del Ecuador. (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. *Libro VI, Anexo 1, Tabla 3*. <https://cutt.ly/yZuKVil/>
- Piedrahita, R. (1995). Calculation of pH fresh and sea water Aquaculture Systems. *Aquacultural Engineering*, V(14-4), 331-346.
- Qinghai, W., Shuihong, Y., Bo X. y Cui, L. (2011). Improvement of water quality by emergent vegetation restoration in Chaohe river. *International Symposium on Water Resource and Environmental Protection*, (pp. 497-500). <https://doi.org/dctz7w>
- Revista Universidad de Guayaquil*, 5 (1967). pp. 26-27.
- Scotland, D., Jarvie, H., Neal, C., Smart, R., Owen, R. Fraser, D., Forbes, I., Wade, A. (2001). Use of continuous water quality records for hydrograph separation and to assess short-term variability and extremes acidity and dissolved carbon dioxide for the river. *The Science of the Total Environment* 265, 85-98.
- Shichen, F. (2009). *Research on the Type and Distribution of Environment Longevity Resources of Hainan Island* [R]. Hainan University.
- Suchithra, R., Sruthilaya, V., Sneha, V., Shanmathi, R. y Navaseelan, P. (2006). pH Controller for Water Treatment using fuzzy logic. *2016 IEEE International Conference on Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development TIAR 2016* (pp. 200-2004).
- Toro, M., Robles, S., Avilés, J. y Nuño, C. (2002). Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características fisicoquímicas. *Limnetica* 21(3-4), 63-75.
- Xi, H., Feng, Q., Si, J., Chang, Z. y Cao, S. (2010). Impacts of river recharge on groundwater level and hydrochemistry in the lower reaches of Heihe River Watershed, northwestern China. *Hydrogeology Journal*, 3(18), 791-801. <https://cutt.ly/9ZSffoI/>

# El efecto de la longevidad a los sólidos totales disueltos en el río Daule

---

Luis Daniel Caamaño Gordillo<sup>1</sup>  
lcaamano@ups.edu.ec

Stefano David Aguilar Pacheco<sup>2</sup>  
saguilarp@est.ups.edu.ec

## Introducción

El agua es el elemento más importante para todo ser vivo; su disponibilidad es fundamental para todas las formas de vida conocidas, sin embargo, en la antigüedad no se le otorgaba la debida importancia que requería este elemento natural. En el siglo XIX se dieron los primeros análisis que el no tratarla de manera adecuada podía un causar sinnúmero de enfermedades infecciosas. Desde ese momento, se le dio una valoración al agua, teniendo presente que su calidad puede ser degradada (Cortez, 2012).

El agua es el solvente universal debido a su propiedad molecular, la cual le permite disolver fácilmente compuestos iónicos, polares y disolver otros de carácter lipídico, debido a esta característica el agua es considerado como el elemento más importante debido a su sinnúmero de aplicaciones, sin olvidar que este es el elemento esencial de vida en nuestro planeta (Pérez, 2016).

- 
- 1 Magíster en Gestión de la Productividad y la Calidad, docente investigador de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.
  - 2 Ingeniero industrial, graduado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>



El agua potable es aquella que está lista para ser ingerida, logrando cubrir las necesidades de los seres humanos, porque su composición química no presenta contaminantes como microorganismos, residuos químicos, agentes infecciosos y otros. Estos contaminantes pueden hacer que el agua genere efectos nocivos al ser consumida, representando un riesgo, de allí donde nace la necesidad de su potabilidad (Hernández, 2016).

La calidad de agua es un término que se usa para dar a conocer que el agua es apta para el consumo o uso en varios procesos, el uso que se le dé tendrá un particular requerimiento de acuerdo con las características físicas, químicas y biológicas del agua. Con lo mencionado podemos decir que la calidad de agua puede medirse de acuerdo con un rango de procesos y variables que limitan su uso (Vargas, 2014).

El censo del 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el Ecuador relacionado con el consumo de agua indica que el 79 % de agua potable se distribuye por red pública en las áreas urbanas; en las áreas rurales la distribución solo se llega al 46 %; según este estudio indica que el 40 % de la población procede a hervir el agua, el 3 % le aplica cloro, el 1,3 % tienen a filtrarla antes de beberla, y el 33 % restante consume el agua tal como les llega a su vivienda (Burgos y Agudo, 2015).

El consumo de agua que contengan más de 1000 mg/l de sólidos totales en disolución no es recomendable para el consumo humano (Universidad de Jaén, 2010) debido a la presencia de sales que le dan un sabor salino o salobre. Este efecto que se origina por los sólidos totales en disolución causa que el agua potable tenga un ligero incremento de salinidad a lo largo de las redes de distribución en relación con el contenido salino del agua que se genera a la salida de la estación del tratamiento de las aguas (Universidad de Jaén, 2010). Esto se origina debido a los procesos de disolución de materiales que se genera en el interior de los sistemas de distribución, los cuales son los principales señalados a medida que estos se vayan alejando de la estación principal que realiza el proceso de potabilización del agua (Ortega *et al.*, 2016).



El agua que se distribuye y consume en el cantón Guayaquil se purifica a las orillas del río Daule, en donde el agua en su estado natural es captada para posteriormente pasar a ser filtrada y tratada hasta dejarla apta para el consumo. Este procedimiento se hace cumpliendo con todos los estándares de Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud. El agua que sale de este sector llamado “La Toma” es netamente potable, la cual cumple con todas las exigencias. El problema de la calidad reside en la red distribución de todo el cantón, la cual es extensa y en ciertos sectores es obsoleta (*Diario Expreso*, 2014).

Estudios realizados en este afluente muestran resultados alarmantes respecto a la calidad de agua del río Daule, los resultados muestran rastros de fertilizantes, insecticidas, fungicidas, material fecal y otras sustancias que degradan la calidad del líquido vital. Esta contaminación proviene de las haciendas y poblaciones que se encuentran aledañas al río Daule (*El Telégrafo*, 2012), la contaminación sucede cuando las aguas lluvias realizan un lavado de estas tierras cercanas, haciendo que las aguas no tratadas se mezclen con las del río Daule alterando la composición fisicoquímica y bacteriológica de este afluente, lo cual complica la purificación del agua debido a que la estación potabilizadora no posee el sistema para eliminar insecticidas, fungicidas o rastros de fertilizantes (Moncada, 2016).

## **Objetivo general**

Determinar la relación existente entre la longevidad de los habitantes del cantón Guayaquil con respecto a los sólidos totales disueltos en el río Daule.

## **Antecedentes**

La investigación realizada por Carolina Chico (2010) evaluó el impacto de la descarga del canal 15 de aguas lluvias en el río Daule, en donde estudia la contaminación que se da por descargas de aguas servidas



domésticas, aguas residuales industriales, drenajes de lluvias, drenajes de aguas lluvias y cultivos agrícolas que son generadas por el cantón Guayaquil. Para ver el impacto se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la carga contaminante del río Daule, los resultados mostraron concentraciones por coliformes fecales y totales; con el estudio se demostró que todos los canales de descarga son pésimos para el cuerpo hídrico del río Daule.

Tenelanda y Muyulema (2013) realizaron el estudio de optimización de la unidad de floculación y calidad microbiológica y fisicoquímica del agua del sistema de abastecimiento de la parroquia Sinincay, en los meses de junio y agosto del 2013. Tenía como objetivo evaluar la calidad microbiológica y fisiológica debido a que el agua que se repartía en esta población presentaba alteraciones en su color y turbidez. Características que incumplían con lo que demanda la norma INEN en donde la turbidez presentaba un 50 % y el color un 20 %. Para contrarrestar esta problemática se procedió a realizar un experimento en el que se optimizó la dosis de sulfato de aluminio para el proceso de potabilización.

El estudio realizado por Cobos (2019) se encargó de evaluar la calidad del agua en el punto de captación de agua potable del río Lelia en el cantón Santo Domingo; se trabajó en tres puntos de monitoreo estratégicos con el objetivo de analizar el antes, durante y después de los estudios fisicoquímicos y biológicos de este afluente. Los resultados mostraron que el agua que estaba destinada para el consumo de la ciudad de Santo Domingo mostraba alto grado de contaminación, procedente de los hatos ganaderos que se encuentran localizados a lo largo del río. Para enfrentar este problema, el autor exige implementar estrategias como capacitación a los ganaderos para reubicar los corrales y fomentar la reforestación de la zona, lo cual permitirá recuperar la calidad del agua del río Leila.

El estudio realizado en el año 2016 por Sotil y Flores (2016) en su investigación llamada “Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán – Loreto”,



determina que las aguas de estos cuerpos hídricos se encuentran con niveles de contaminación permitidos, lo cual hace que el líquido vital que se extraiga de estos afluentes sea apta para el consumo de las poblaciones aledañas. Los autores recomiendan realizar campañas de sensibilización de la población y de todos los niveles educativos que tomen conciencia sobre el cuidado de los ríos, evitando la contaminación ambiental por acciones antrópicas.

## **Aspectos generales del agua**

El agua es el elemento de mayor abundancia en nuestro planeta, siendo sinónimo de vida. La importancia de este elemento indispensable radica en que está presente en todos los procesos químicos de la naturaleza, tanto en organismos vivos e inertes, así como también en los laboratorios e industrias, en donde es usada para disolver diferentes sustancias y compuestos químicos.

El agua se presenta en todo nuestro planeta en tres formas: estado sólido mostrándose en el hielo y la nieve, el cual se halla en las zonas más frías como en los polos y elevaciones como montañas y volcanes; estado líquido, el cual observamos en los ríos y mares, los cuales cubren casi tres cuartas partes de la superficie terrestre, alcanzando una masa de unos 1400 millones de  $\text{km}^3$ . En estado de vapor se lo encuentra en la atmósfera, en donde puede variar de acuerdo con el estado del clima, haciéndose presente de un 6 a 7 % en el aire.

El agua está presente en todos los seres vivos, en el cuerpo humano forma parte de 65 % del peso; su fórmula es  $\text{H}_2\text{O}$ , donde se describe su estructura molecular con cuatro orbitales orientados espacialmente mediante los vértices de un tetraedro, guiados desde el centro formado por el átomo de oxígeno, dos orbitales forman enlaces con los átomos de hidrógeno, dos más describen dos pares de electrones no enlazante (Bravo, 2014).



## Calidad del agua

La calidad del agua no es una característica propia de ella; este término se le otorga a un atributo definido por la necesidad del uso que se le otorgue a este importante elemento. La calidad de agua es una problemática que preocupa a todos los países del mundo sin excepción, esta importancia de dicho problema radica en la repercusión que tiene en la salud de toda la población por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos y la contaminación radiológica y demás factores de riesgos (Organización Mundial de la Salud, 2019).

A nivel mundial solo el 10 % de los países en desarrollo dan tratamiento a las aguas utilizadas, lo que determina que la mayor cantidad de agua usada proveniente de diferentes usos se vierten directamente a ríos, lagos o mares, contaminándolos y, por ende, causando la reducción del agua disponible para el uso. La estimación de la disponibilidad del líquido vital no refleja en su totalidad el problema que se afronta según las necesidades de este elemento, debido a que la mayor del mundo no presta la atención adecuada para tratar el agua y distribuirla lo más apta para el consumo de las personas (Calderón y Orellana, 2015).

## Fuentes de contaminación de agua

Las principales fuentes de contaminación se las puede dar a conocer de acuerdo con su procedencia.

*Urbanas o sociales.* Corresponde a los desechos derivados de inodoros, lavado de ropa, duchas, desperdicios de cocina, limpieza y demás que procedan de origen doméstico y públicos.

*Industriales.* Este tipo de contaminación se da por el desarrollo de sinnúmeros de actividades que extraen, procesan y transforman los recursos naturales en bienes para el comercio y consumo.

*Agropecuarias.* Esta contaminación procede de las actividades que se relacionan con todo tipo de ganado. La producción agrícola es otro agravante que se suma a la contaminación del agua, en donde los re-



siduos químicos como pesticidas, fungicidas y demás son arrastrados por las aguas lluvias a los principales afluentes.

*Naturales.* Esta se produce cuando los desechos orgánicos y excrementos de la fauna silvestre son llevados a los ríos por los escurrimientos de agua pluvial, así como los productos orgánicos producidos por la erosión (Hernández, 2016).

## **Problemas de salud relacionados con la deficiencia de calidad de agua**

Las enfermedades que se producen por el consumo de agua no tratada adecuadamente se dan por la presencia de microorganismos y sustancias químicas. La deficiencia de la calidad del agua es un problema que representa una gran amenaza para la salud humana, ocasionando enfermedades diarreicas, las cuales se producen por el abastecimiento de agua con poco saneamiento e higiene, lo que acarrea infecciones por parásitos, bacterias o virus, siendo los niños los principales afectados.

Se estima que el agua contaminada ingerida por los humanos es causante del 88 % de los más de cuatro billones de enfermedades diarreicas, y de 1,8 millones de las muertes que ocasionan las mismas; sumado a esto se lo hace responsable del 50 % y de las 860 000 muertes de los casos de desnutrición infantil que se generan por no ingerir el agua de una calidad apropiada (Calderón y Orellana, 2015).

Las poblaciones en desarrollo son las más afectadas por consumo de agua contaminada debido a que en algunos sectores las personas viven en extrema pobreza tanto en áreas urbanas y rurales; los problemas que se atribuyen a esta situación son la falta de importancia que se les da a este sector, escasos recursos económicos, carencia para el abastecimiento del agua, falta de saneamiento de entidades públicas.



## Parámetros fisicoquímicos para analizar la calidad del agua

### Color

El color le da al agua una característica visible, puede ser por muchas razones, no se puede atribuir una específica que lo provoque, aunque en algunos casos los colores dan idea de la procedencia, en especial en las aguas naturales, por ejemplo, por materiales orgánicos de los suelos vegetales.

Color amarillento por ácidos húmicos

Color rojizo, suele significar la presencia de hierro

Color negro, presencia de manganeso (Vela, 2018).

Este tipo de parámetros son denominados de esta manera debido a que pueden causar impresiones en todos los sentidos del ser humano, afectando de manera directa a las condiciones estéticas y captables del agua, entre las cuales tenemos:

### Olor y sabor

El agua, en su forma más pura, no posee ningún tipo de olor perceptible para el olfato humano. El olor del agua en ocasiones se usa de manera subjetiva para describir en cantidades, ya sean por grados, porcentajes y demás medidas, su calidad, estado de procedencia o contenido. Aun cuando exista algún tipo de método para poder determinar la calidad del agua mediante el olor, existen aromas que dan una percepción de calidad de acuerdo con su fuente y origen (Vela, 2018).

El sabor y el olor están muy relacionados, se asume que el olor que posee el agua es a lo que debe saber, lo cual ocasiona el rechazo para el consumo y uso. La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación; que indica la presencia de sustancias peligrosas, pero sí puede indicar la actividad biológica que en ella se realiza.



**Tabla 1**

*Tipos de olores del agua según su procedencia*

<b>Tipo de olor</b>	<b>Tipo de agua</b>
Inodoro	Típico de agua dulces y frescas
Metálico	Típico de aguas subterráneas
A sulfuro	Típico de ARD, de MO y en general de sistemas anaeróbicos
Vegetal	Típicos de aguas poco profundas, de humedales
Pírico	Típico de lixiviados de RS y de aguas procedentes de PTAR
A pescado	Típico de aguas y de cultivos piscícolas

## Temperatura

La temperatura del agua es muy importante por su influencia tanto en la vida biológica acuática, como reacciones químicas y velocidades de reacción. Este indicador establece la absorción de radiación en las capas superiores del líquido, las variaciones que puede tener este vital elemento inciden en la solubilidad de sales, gases y todos sus demás componentes tanto químicos como microbiológicos (Calderón y Orellana, 2015).

## Turbiedad

La turbiedad ayuda a estimar la suspensión de sólidos en el agua, los cuales interfieren con el paso de la luz a través del agua; cuando la luz solar logra penetrar en mayor cantidad, en medio de las corrientes, menor es la cantidad de sólidos y partículas que se encuentran suspendidas. Por lo general, la turbiedad se da por el uso del suelo, tipos, coberturas de suelos (Jaya, 2017). La turbidez es un indicador de la calidad del agua, midiendo la eficiencia de la filtración para evaluar y determinar si existen organismos o residuos de minerales y metales que puedan causar enfermedades.



## Sólidos totales disueltos

Son sustancias orgánicas e inorgánicas que se presentan en el agua de forma molecular, ionizada o microgranular, comprendidos de sólidos coloidales y disueltos. Su presencia se debe a la existencia de minerales, gases, producto de la descomposición de materia orgánica e inorgánica, que pueden dar olores y sabores eventuales a este líquido indispensable (Toasa, 2012).

Las sustancias disueltas que se presentan en el agua pueden provenir de la naturaleza o generadas por las actividades que realiza el ser humano, y contaminar los afluentes. Los factores que influyen en la disolución de los sólidos totales son los siguientes:

Superficie de contacto

Trayectoria del recorrido

Concentración de las sales en roca

Tiempo de contacto

Temperatura y presión (Toasa, 2012)

## Parámetros microbiológicos

### Coliformes totales y/o fecales

Este tipo de análisis son de suma importancia para el agua que se destina al consumo humano debido a que el factor microbiológico puede variar considerablemente de un momento a otro. En lugares donde se almacena el líquido vital, como las cisternas, puede ser contaminada por diferentes infiltraciones provenientes del exterior como el agua lluvia, polvo, etc.

Para medir la calidad del agua, la presencia de bacterias coliformes totales es de mucha importancia, ya sea para fuentes naturales o



potabilizadas, pues son referentes de organismos patógenos causantes de enfermedades, por lo general este tipo de microorganismos no suele causar enfermedades, a excepción de los coliformes fecales.

Los coliformes totales se encuentran comúnmente en el medioambiente, se clasifican en *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*. De esta clasificación, los coliformes fecales (*Escherichia coli*) se encuentran en animales de sangre caliente; en el ser humano se encuentran alojados en el interior de los intestinos. La presencia de estas bacterias en el agua indica que se encuentran contaminadas con heces fecales o desechos de alcantarilla; si se encuentra estos organismos en el agua potable destinada para el consumo humano indican que los sistemas de desinfección no sirven (Imbaquingo y Mendoza, 2018).

## **Materiales y métodos**

Para realizar el presente trabajo de investigación sobre los sólidos totales disueltos y su impacto en la longevidad en la población del cantón Guayaquil, se realizó un estudio experimental, junto con el uso de herramientas como un termómetro digital, y un vaso de precipitados, el cual se sumergió a un metro de profundidad en once puntos diferentes a lo largo del río Daule, recogiendo cinco muestras de cada sector para determinar la cantidad de sólidos totales disueltos en el río Daule.

Posteriormente, se realizó un mapeo con la finalidad de determinar la edad promedio de la población en estudio, aplicando la muestra de población infinita, obteniendo como resultado una muestra de cuatrocientas personas, quienes serían encuestadas por los estudiantes del curso de titulación de la Universidad Politécnica Salesiana.

La metodología exploratoria se usó con la finalidad de describir las realidades de las situaciones, eventos, características de las personas y descripción de los escenarios, objetos de estudio que serán analizados. Las principales etapas establecidas son:



Examinar las características fisicoquímicas del agua del río Daule, utilizando las técnicas establecidas en la norma ecuatoriana y las del organismo rector, el Ministerio del Ambiente, y correlacionarlo con la población existente en el cantón Guayaquil.

Obtención de las características de la población mediante encuestas directas a la localidad para determinar las características de longevidad, urbe y migración.

*Muestra infinita.* Este método es usado para determinar una muestra cuando el número de elementos no tiene un tamaño exacto o definido, debido a esto se consideran infinitos (Guerra, 2016).

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,049)} = 400$$

n = muestra inicial

Z = nivel de confianza = 1,96

p = probabilidad de éxito = 0,5

q = probabilidad de fracaso = 0,5

E = margen de error o nivel de precisión = 0,04925

## **Análisis de resultado**

Los sólidos totales disueltos que se presentan en los afluentes de agua son originados de manera natural y artificial, debido a las actividades industriales y comerciales; la dispersión de estos en todo lo largo de un río puede tener un impacto en la salud de la población que accede a ingerir el agua de estos afluentes. Las actividades que realiza el ser humano en los diferentes puntos se dan en diferentes niveles, lo cual indica que en unas zonas del río Daule exista más contaminación que en otras. Esto se comprobó con el análisis de los datos mediante diferentes herramientas estadísticas que proporciona el programa SPSS, como las pruebas de hipótesis en función de lo que indiquen la aceptación o rechazo de estas, correlación de variables y medias de distribución. Se tomaron cinco muestras en once puntos diferentes (ver tabla 2), obteniendo un promedio de cada una.

**Tabla 2**

*Análisis promedio de temperatura*

<b>Punto</b>	<b>Sólidos totales disueltos (mg/l)</b>
1	51,3
2	48,2
3	48,2
4	49,5
5	52,1
6	49,9
7	53,9
8	58,2
9	62,5
10	65,5
11	57,6

Para demostrar el siguiente objetivo general se planteó la siguiente hipótesis general:



$H_0$ : La media de sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es igual en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_a$ : La media de sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es diferente en algunos puntos investigados en el río Daule.

En vista de que es relacional, se necesita determinar qué tipo de coeficiente de relación se utilizó en este estudio, para lo cual se debe comprobar por medio de una prueba de hipótesis el tipo de distribución de datos de los 55 que se recopilaron; según la información obtenida se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (ver tabla 3).

**Tabla 3**

*Resumen de prueba de hipótesis*

<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
La distribución de edad es normal con la media 32,57 y la desviación estándar 2,843.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200 <sup>1,2</sup>	Retener la hipótesis nula.
La distribución de sólidos totales disueltos es normal con la media 54,26 y la desviación estándar 5,913.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200 <sup>1,2</sup>	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0,05.

<sup>1</sup> Lilliefors corregida.

<sup>2</sup> Se trata de un límite inferior de la significancia real.

En vista de que ambas pasan la prueba de Kolmogorov-Smirnov, indica que la edad y los sólidos totales corroboran la aplicación del coeficiente de aplicación de Pearson debido a que las dos variables presentan una distribución normal.

Para realizar la correlación entre las variables edad y sólidos totales disueltos se usará la correlación con el método Pearson, dado que se retiene la hipótesis nula de la investigación en ambas variables, dado que tienen una distribución normal (ver tabla 4).

**Tabla 4**  
*Correlaciones*

		<b>Edad</b>	<b>STD</b>
Edad	Correlación Pearson	de 1	0,139
	Sig. (bilateral)		0,684
	N	11	11
STD	Correlación Pearson	de 0,139	1
	Sig. (bilateral)	0,684	
	N	11	11

En función de la significación bilateral, se rechaza la hipótesis de investigación, determinando que no existe correlación entre la edad y los sólidos totales disueltos que se encuentran en el río Daule, dado que el valor de la prueba bilateral es de 0,684 siendo mayor a 0,05.

**Tabla 5**  
*Resumen de prueba de hipótesis*

<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
La secuencia de valores definida por valor $\leq 52,60$ y $> 52,60$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	0,894	Retener la hipótesis nula.
La distribución de valor es normal con la media 54,25 y la desviación estándar 8,381.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,008 <sup>1</sup>	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0,05.

<sup>1</sup> Lilliefors corregida.

Para comprobar la hipótesis específica, se necesita realizar la prueba de análisis de varianza para determinar si las medias en cada uno de los puntos son iguales. Para lo cual se deben cumplir supuestos como el de la normalidad (demostrado en la tabla 3), el supuesto de la aleatoriedad que se demuestra en la tabla 5, en donde se verifica que por medio de las pruebas de rachas los datos son aleatorios. Para

comprobar el análisis de varianza es necesario comprobar si la varianza en los datos cumple con ser homogénea (ver tabla 6).

**Tabla 6**

*Prueba de homogeneidad de varianzas unidireccional*

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,070	10	440	0,405
Se basa en la mediana	0,917	10	44	0,526
<b>Valor</b> Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,917	10	18,175	0,539
Se basa en la media recortada	1,080	10	44	0,398

$H_0$ : Las variables son homogéneas.

$H_a$ : Las variables no son homogéneas.

Si el valor de significancia es menor a 0,05, entonces se rechaza  $H_0$ , lo cual indica que las variables no son homogéneas. Como se observa en los resultados el valor de significancia es de 0,405, el cual es mayor 0,05, esto muestra que las variables son homogéneas, aceptando así la hipótesis de la investigación.

**Tabla 7**

*Prueba ANOVA*

Valor	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1748,026	10	174,803	3,761	0,001
Dentro de grupos	2045,191	44	46,482		
Total	3793,217	54			

Para analizar y comparar las medias se trabajará con la prueba ANOVA de un factor, complementadas con las pruebas *post hoc* y Tukey, las cuales ayudarán a comprender la similitud de las varianzas;

Con la prueba ANOVA vamos a comprobar las siguientes hipótesis:



$H_0$ : La media de sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es igual en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_a$ : La media de sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es diferente en algunos puntos investigados en el río Daule.

Si el valor de significancia es menor a 0,05 se rechaza  $H_0$ , lo cual indicaría que la media de sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es diferente en algunos puntos de investigación del río Daule.

La prueba ANOVA mostró un resultado de 0,001, lo cual rechaza la hipótesis nula, e indica que la media en los sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es diferente en algunos puntos del río Daule.

En la tabla 8 se muestran los grupos homogéneos, se consideran que son homogéneos los grupos 3, 2, 4, 6 y los puntos 1, 5, 7, 11, 8, 9, 10 se agrupan de manera igual, lo que da la presencia de subgrupos diferentes.

**Tabla 8**

*Grupos que causan mayor y menor contaminación*

*Subconjuntos homogéneos*

Valor	Subconjunto para alfa = 0,05		
	Punto	1	2
HSD Tukey <sup>a</sup>	3,00	48,1760	
	2,00	48,1800	
	4,00	49,4500	
	6,00	49,9260	
	1,00	51,3000	51,3000
	5,00	52,0760	52,0760
	7,00	53,8760	53,8760
	11,00	57,5760	57,5760
	8,00	58,1760	58,1760
	9,00	62,5000	62,5000
	10,00		65,4760
Sig.	0,060	0,065	



*Nota.* Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Para poder analizar qué grupo muestra mayor o menor contaminación se plantean las siguientes hipótesis.

### **Análisis de varianza Grupo 1**

$H_0$ : La media de los sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es igual en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_a$ : Alguna media de los sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es diferente en algunos los puntos investigados en el río Daule.

Los resultados de la prueba en el primer grupo muestran un valor de 0,060, el cual es mayor a 0,05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula, indicando que la media en el primer grupo es igual.

### **Análisis de varianza Grupo 2**

$H_0$ : La media de los sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es igual en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_a$ : Alguna media de los sólidos totales disueltos en el punto  $i$  es diferente en algunos los puntos investigados en el río Daule.

Los resultados de la prueba en el primer grupo muestran un valor de 0,065, el cual es mayor a 0,05, lo que indica que se acepta la hipótesis de investigación, dando que la media en el segundo grupo es diferente.

### **Conclusiones**

Con el presente trabajo realizado sobre el efecto de la longevidad a los sólidos totales disueltos en el río Daule, se concluye que no existe correlación entre las variables de edad y este contaminante que está



presente en este afluente, dado que la distribución de los sólidos totales disueltos en los once puntos se encuentra disperso en diferentes medias.

Se determina que la longevidad de la población del cantón Guayaquil no depende de los sólidos totales disueltos que se encuentran en el agua que proviene de río Daule, lo que indica que este punto de potabilización de agua cumple con todos los estándares de calidad para brindar un excelente servicio a esta comunidad.

## Referencias bibliográficas

- Bravo, C. (2014). *Análisis de la calidad de agua cruda y potabilizada y sus problemas colaterales en el barrio Jocay, Tarqui, cantón Manta*. [Tesis Maestría en Gestión Ambiental]. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://cutt.ly/jZUAYDw/>
- Burgos, E. y Agudo, D. (2015). *Análisis de la eficiencia de filtros a base de zeolita para la remoción de contaminantes en el agua proveniente de dos pozos de abastecimiento público en el recinto Tres Postes, cantón Alfredo Baquerizo Moreno*. [Tesis Ingeniería Civil]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://cutt.ly/ZNgoqap/>
- Calderón, C. y Orellana, V. (2015). *Control de la calidad del agua potable que se distribuye en los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y las Granjas de Irquis y Romeral pertenecientes a la Universidad de Cuenca*. [Tesis de Bioquímica]. Universidad de Cuenca. <https://cutt.ly/hZUVHto/>
- Chico, C. (2010). *Evaluación cuantitativa del impacto de la descarga del canal N.º 15 de aguas lluvias en el río Daule*. [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <https://cutt.ly/MZUByCn/>
- Cobos, L. (1 de 2019). *Evaluación de calidad de agua en el punto de captación de agua potable del río Lelia – Cantón Santo Domingo*. [Tesis de Ingeniería Ambiental]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://cutt.ly/AZUBcnc/>
- Cortez, J. (2012). *El agua en el mundo: cooperación y conflicto*. <https://cutt.ly/LZUBAyv/>
- Diario Expreso. (4 de 3 de 2014). *El agua del río Daule*. Recuperado el 6 de marzo de 2019. <https://cutt.ly/zNgotf9/>
- El Telégrafo. (26 de 4 de 2012). *Polución del Daule preocupa a cantones*. <https://cutt.ly/3ZUB0te/>



- Guerra, C. (2 de 2 de 2016). *Fórmula para determinar la población infinita y finita*. <https://cutt.ly/fZU8YAb/>
- Hernández, C. (2016). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón*. <https://cutt.ly/gNgouW2/>
- Imbaquingo, K. y Mendoza, R. (9 de 2018). *Evaluaciones fisicoquímicas y microbiológica del agua almacenada en cisternas en la Escuela Politécnica Nacional*. [Tesis de Tecnología]. Escuela Politécnica Nacional. <https://cutt.ly/0ZU4voL/>
- Jaya, F. (2017). *Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del río Tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca*. [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad de Cuenca. <https://cutt.ly/VZU4I14/>
- Mero, K. y Barona, W. (2018). *Depuración de una muestra del río Daule, captada en el km 26 vía Daule, en el Recinto Puente Lucía, mediante método electrónico*. [Tesis de Ingeniería Química]. Universidad de Guayaquil. <https://cutt.ly/bZU43Cl/>
- Moncada, B. (23 de 6 de 2016). La provisión de agua en Guayaquil es vulnerable. *El Expreso*. <https://cutt.ly/RZU7IhW/>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Agua, saneamiento e higiene*. <https://cutt.ly/oNgoaxE/>
- Ortega, A., Miguez, V. y Sansone, S. (2016). *Capítulo 3 Determinando la calidad del agua que bebemos*. <https://cutt.ly/JZU5rFF/>
- Pérez, E. (3 de 3 de 2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3). <https://doi.org/jnb6>
- Sotil, L. y Flores, H. (2016). *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán – Loreto*. [Tesis de Ingeniería Química]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <https://cutt.ly/dZU6sUA/>
- Tenelanda, F. y Muyulema, J. (2013). *Optimización de la unidad de floculación y calidad microbiológica y fisicoquímica del agua del sistema de abastecimiento de la parroquia Sinincay*. [Tesis de Bioquímica]. Universidad de Cuenca. <https://cutt.ly/TNgolrV/>
- Toasa, F. (2012). *Validación de los métodos de ensayo para fenoles, tensoactivos, sólidos suspendidos y total de sólidos disueltos*. [Tesis de Ingeniería Química]. <https://cutt.ly/mZU6KsD/>
- Universidad de Jaén. (2010). *Análisis de aguas*. <https://cutt.ly/UZU643p/>

- Vargas, P. (2014). *Programa de monitoreo de la calidad de agua del río Portoviejo*. Gobierno Provincial de Manabí. <https://cutt.ly/YZlqU6M/>
- Vela, J. (2018). *Diseño de un proceso biológico como medida de remediación de las aguas del río El Rosario de la ciudad de Quito*. [Tesis de Tecnología]. Escuela Politécnica Nacional. <https://cutt.ly/MZlqBaz/>



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>

# El efecto de la densidad poblacional en la temperatura del río Daule

---

Raúl Álvarez Guale<sup>1</sup>  
ralvarezg@ups.edu.ec

Robinson Denis Núñez Franco<sup>2</sup>  
rnunezf@est.ups.edu.ec

## Introducción

En un clima tornadizo con una tendencia al calentamiento en la temperatura del aire, la temperatura del agua del río (Holguín *et al.*, 2006) aumenta como resultado del intercambio de calor con la atmósfera, en el aumento de la temperatura de la corriente, afectaría la dinámica de la calidad del agua. Es decir, disminuir las concentraciones de oxígeno disuelto y al aumentar las tasas de reacción bioquímica en las corrientes (Kędra y Wiejaczka, 2018). La temperatura del río es importante para las especies de peces adaptadas al agua fría, como los salmónidos, que afectan su crecimiento, supervivencia y características demográficas (Du *et al.*, 2019).

La temperatura del agua es un importante impulsor de muchos procesos en los ecosistemas fluviales (Jackson *et al.*, 2018). El tratamiento del agua puede atenderse en dos vertientes: para la obtención del agua potable y para la regeneración de aguas servidas. La fuerte relación entre el aire y las temperaturas de la corriente implica que los cambios en la misma son el resultado de cambios en el clima. Es

---

1 Doctor en Administración de Empresas, vicerrector de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, sede Guayaquil.

2 Ingeniero industrial, graduado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



posible que esto pueda ocurrir como resultado del efecto del aumento de la temperatura del aire (Cole *et al.*, 2014). Investigaciones previas demuestran la relación existente entre la densidad poblacional y los niveles de contaminación; a mayor densidad poblacional, mayor es el grado de contaminación de las aguas superficiales (Bond *et al.*, 2015).

Los valores de la temperatura de los lagos cálidos tropicales están entre 25-26 °C (Mora y Calvo, 2011).

Los animales y las plantas acuáticas son sensibles a los cambios de temperatura del agua y requieren que esta se mantenga dentro de un intervalo determinado para poder sobrevivir y reproducirse.

Los sedimentos en los reservorios y las cargas de nutrientes de fósforo y nitrógeno están directamente relacionados con la ocupación del suelo para los lugares urbanos y el alejamiento de la flora y fauna (Sánchez *et al.*, 2012), debido a aguas residuales sin tratar. Si la temperatura del agua permanece fuera de este intervalo durante mucho tiempo, los organismos quedarán expuestos a condiciones inadecuadas.

La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua. El agua a menor temperatura transporta más oxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir.

También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos.

La contaminación de los ríos es uno de los problemas que está afectando al planeta, siendo este recurso fundamental para el consumo de los seres humanos para sus necesidades, más de la mitad de los ríos del mundo están contaminados, ya sea por vertimientos urbanos, industriales, mineros y agrícolas, dando dificultades de salud para las personas que reciben el agua del río.

El clima y el ciclo hidrológico están estrechamente vinculados; en el incremento de temperatura y la variación en la precipitación en



el cambio climático obtendrá un impacto importante en la disponibilidad de los recursos hídricos (Van Vliet *et al.*, 2014).

Las temperaturas del agua del Río de la Plata, en la zona interna, oscilan entre 8,0 y 27,5 °C y en la zona estuarina existen registros de campañas de investigación que oscilan entre 10 y 23 °C (Boschi, 2001).

En el país no se da la debida importancia a la calidad del río para su debido consumo de los seres humanos y para sus necesidades. El río Daule es uno de los ríos vitales de la costa ecuatoriana, al conectarse con el Babahoyo dan nacimiento a uno de los ríos más importantes de la región, el río Guayas. De este río se extrae el agua que luego es tratada y potabilizada para su utilidad por parte de la ciudadanía e industria en lo que respecta a la comercialización de agua embotellada.

En la actualidad la contaminación de los ríos se ha vuelto uno de los problemas que más preocupan a los expertos, ya que es indispensable para el abastecimiento de agua en muchos territorios del planeta.

Los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos urbanos. Gracias a los volúmenes de agua que transportan y a la corriente de las mismas, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos, contrarrestando los efectos de las grandes cantidades de aguas residuales industriales, domésticas, agrícolas, etc.

El desarrollo de la humanidad, el crecimiento demográfico, el asentamiento poblacional y el avance industrial, han buscado aprovechar las fuentes de aguas para la subsistencia humana y la generación de energía eléctrica, elementos que ayudan a que las poblaciones se mantengan con los servicios básicos.

La necesidad del agua para el planeta, para la sobrevivencia de cualquier tipo de vida, pero en especial para el ser humano, plantea la necesidad de garantizar el acceso a un líquido vital de calidad para la ciudadanía.



## Marco teórico

La contaminación de los ríos depende de la densidad poblacional; sin embargo, los alcances de la contaminación en cada zona dependerán del tipo de suelo, del desarrollo urbanístico y la cobertura boscosa (Bond *et al.*, 2015).

La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene una secuela dañina para cualquier ser vivo que consuma esa agua. Cuando los seres humanos beben agua contaminada tienen a menudo problemas de salud. La contaminación del agua puede también hacerla inadecuada para el uso deseado (Vásquez-de Kartzow *et al.*, 2015).

La temperatura del agua debe situarse entre 8 y 15 °C para que sea refrescante. En la práctica, la temperatura del agua no tiene incidencia directa sobre la salud del hombre. No obstante, más allá de 15 °C favorece el desarrollo de microorganismos y puede intensificar su gusto y su olor. Por debajo de 10 °C retrasa las reacciones químicas en los diferentes tratamientos del agua (Vega *et al.*, 1998).

### Contexto general del recurso hídrico

El agua es un detalle vital no solo para la renovación de la existencia, sino también para la conservación de la vida vegetal y la fauna de los alrededores, que representa el atractivo turístico de la zona. El uso del agua es el indicador excepcional del mejoramiento social y monetario de un país (Langan *et al.*, 2001).

Su conservación y amabilidad están vinculadas con casi todas las actividades monetarias y sociales en forma inevitable, así como con la aptitud de la población.

El agua es un recurso finito: solo el 2,5 % del total de agua del planeta es dulce. De ese 2,5 %, el 70 % es hielo, un 30 % está en el subsuelo y un 1 % es superficial (Mora y Calvo, 2011). La cantidad





total de agua limpia que existe en el mundo puede satisfacer todos los deseos de la clase humana si se cubre de manera uniforme y es útil.

Pero la verdad es distinta, por lo que áreas especiales del mundo enfrentan problemas relacionados con la disponibilidad del recurso, su uso y manipulación (Valiente *et al.*, 1996). La Organización Mundial de la Salud ha dicho que el 80 % de las enfermedades del mundo se debe a problemas con el agua que tiende a ser de efecto a enfermedades para la población (Aruj, 2008).

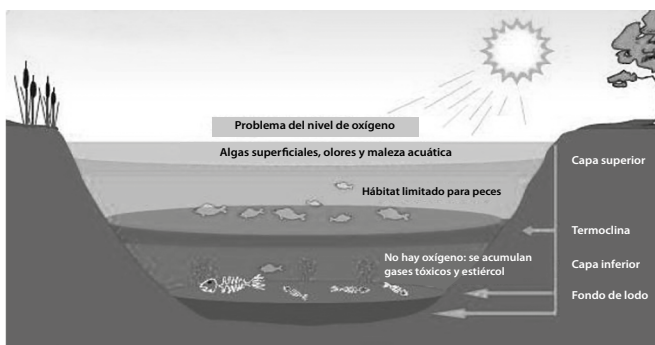
La malaria y la fiebre amarilla son enfermedades transmitidas por vectores que se crían en el agua.

## Cambio climático

El Sol es la principal fuente de energía de nuestro planeta. La Tierra absorbe energía solar y emite energía propia; si absorbe más energía de la que irradia, se calienta, y si es al contrario, se enfría. En la figura 1 se muestra cómo el agua es capaz de asimilar una cantidad limitada de oxígeno, basada esta cantidad en tres factores principalmente: presión atmosférica, temperatura y salinidad del agua.

**Figura 1**

*Temperatura en el agua*



Cuando hay un incremento en la temperatura, el pH tiende a disminuir, de igual forma una disminución de temperatura implica un aumento en el pH, es decir, las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno.

Es importante conocer la temperatura del agua porque se tiende a validar otras condiciones (Muñoz, 2001). La temperatura tiene influencia directa con respecto a otros factores de la calidad del agua, tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de algunas especies biológicas.

Determinar la relación entre la densidad poblacional del cantón Guayaquil y el nivel de temperatura en las aguas del río Daule.

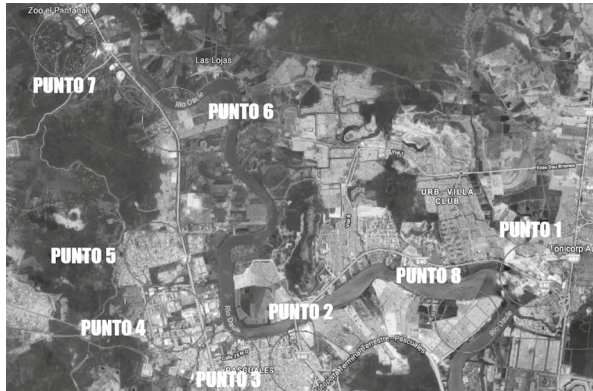
Identificar si el nivel de la temperatura del agua del río Daule es la misma en su extensión.

Determinar la ecuación correlacional entre las variables dependiente e independiente.

## **Metodología y diseño de la investigación**

Se realizó un estudio experimental, donde no se eliminan las correlaciones de espurias, se realizaron con los datos de la temperatura en el río Daule con respecto a la muestra de la densidad poblacional en su contrapartida de sus alrededores, este es una base para investigaciones próximas a realizarse. Se recopiló información de la temperatura por medio de un termómetro digital, a una profundidad de un metro, teniendo en cuenta que se escogieron doce puntos a lo largo del río Daule, por cada punto se recogieron cinco muestras, relacionando los puntos de las coordenadas, con los puntos encuestados como se muestra en la figura 2, teniendo puntos cercanos a la ribera del río Daule.

**Figura 2**  
*Puntos de encuestas*



Adicionalmente, se realizó un mapeo determinando la cantidad de habitantes por cada punto escogido, para lo cual se utilizó un análisis de tamaño de muestra empleando la siguiente fórmula propuesta por Stein (2004):

$$n = \frac{Z^2_{\alpha} \times p \times q}{e^2}$$

En donde:

$\alpha$  = Nivel de significancia = 0,05

n = Tamaño de muestra

$Z_{\alpha}$  = Distribución normal basado en el 5 % de nivel de significancia y 95 % de confianza = 1,96

p = probabilidad de éxito o porción esperada = 0,5

q = probabilidad de fracaso = 0,5

E = margen de error o nivel de precisión = 0,04925

$$n = \frac{(1.96)^2_{\alpha} \times 0,5 \times 0,5}{(0,05)^2} \cong 396$$

Se realizaron 396 encuestas para determinar la densidad poblacional, se encuestaron a personas mayores de 18 años preguntando el número de habitantes que existía. Luego se contabilizó el número de viviendas en cada manzana y se obtuvo el promedio de las tres casas, lo cual se multiplicó por el total de casas en la manzana, obteniendo un número estimado de habitantes que existía por manzana. Estas encuestas fueron desarrolladas por estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, ayudando a la recopilación de datos a los alrededores de los puntos escogidos a lo largo del río Daule.



Se realizó el análisis estadístico con el *software* SPSS para calcular las correlaciones entre la densidad poblacional y las temperaturas medias por medio del análisis de varianza.

La investigación es cuantitativa con enfoque correlacional, describe la realidad de situaciones, eventos, personas, y se pretende analizar los principales objetivos a seguir son:

- Examinar las características de la temperatura del agua en el río Daule utilizando las técnicas establecidas en la norma ecuatoriana y las del organismo rector, el Ministerio del Ambiente.
- Correlacionar los resultados con normativa ambiental vigente de la temperatura del río Daule con la densidad poblacional.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se optó por adquirir un medidor de temperatura a partir de una pequeña muestra de agua en el río Daule, los pasos que se realizarán las mediciones son los siguientes:

1. Calibración del equipo de medición (termómetro digital ICO Technonology Water Resistant obteniendo el dato de la temperatura en el río).
2. Tomar la muestra a partir de un metro de profundidad en cada punto del río.
3. Colocar agua destilada en un primer vaso de precipitados para la limpieza del equipo.
4. Depositar la muestra en un segundo vaso de precipitados.
5. Anotar la cantidad de temperatura en el río que se ven expresados en la pantalla del equipo.
6. Calibrar y limpiar los sensores del equipo.
7. Proceder a realizar la correlación entre estos valores de temperatura del río y con respecto a los lugares poblacio-

nales en los alrededores de los puntos tomados con horas predeterminadas.

La unidad de medida de la temperatura es el grado centígrado (°C). Corresponde a la centésima parte entre el punto de fusión del agua y el punto de su ebullición en la escala que fija el valor de cero grados para la fusión y cien para la ebullición.

## **Análisis y resultados**

La variable utilizada para el proceso de análisis n = 12 puntos analizados a lo largo de la ribera del río Daule, con respecto las temperaturas como variable dependiente y la densidad poblacional como variable independiente, los datos de temperatura en lo largo de la ribera del río se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Datos de temperatura*

<b>Punto</b>	<b>Temp. °C</b>
1	26,38
2	26,3
3	27,3
4	27,1
5	27,15
6	27,1
7	27,38
8	27,5
9	27,38
10	27,55
11	27,44
12	27,44

Teniendo en cuenta los puntos establecidos, el objetivo de la investigación es notar si existe relación entre la densidad poblacional a los



alrededores del río Daule con respecto al nivel de temperatura en el río. Esta medida de relación se la realizó mediante el *software* estadístico SPSS, que indica mediante la muestra establecida si existe relación entre las variables densidad poblacional y temperatura, efectuado una técnica denominada media recortada con los datos recopilados de temperaturas en el río. Durante el día señalado para la toma de datos de la variable independiente con respecto a clima en las horas de la mañana se presentó una llovizna, la cual se alteraba con la investigación con respecto a los otros datos tomados durante el mismo día. Para realizar el proceso de correlación es necesario validar los datos, para eso se debe demostrar que los datos son normales y aleatorios. Determinando si los datos tomados son normales para la relación existente entre la densidad poblacional y la temperatura, analizaremos los datos de densidad poblacional como variable independiente y los de temperatura como variable dependiente.

Se realizaron las pruebas no paramétricas dando como resumen de contrastes de las hipótesis de densidad poblacional y temperatura, resultando que la distribución de densidad poblacional es normal con la media de 4846,08 y la desviación estándar 1478,898, lo cual conserva la hipótesis nula por el grado de significancia que es 0,107 es mayor a 0,05, es decir, que los datos de densidad poblacional tomados a los alrededores de los puntos del río son datos normales.

La distribución de temperatura con la media 27,41 y la desviación estándar 0,121 da la hipótesis nula. Para ambas hipótesis se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov para su muestra, el grado de significancia es de 0,083 es mayor a 0,05, por lo cual se conserva la hipótesis nula, es decir, que a lo largo de los puntos tomados en la ribera del río Daule son datos normales. Los resultados se indican en la tabla 2.



**Tabla 2**

*Resumen de contrastes de hipótesis*

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
1	La distribución de densidad poblacional es normal con la media 4846,08 y la desviación estándar 1478,898.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,107 <sup>1</sup>	Conservar la hipótesis nula.
2	La distribución de temperatura es normal con la media 27,41 y la desviación estándar 0,423.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,083 <sup>1</sup>	Conservar la hipótesis nula.

*Nota:* Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es, 05.

<sup>1</sup>Lilliefors corregida.

Para relacionar la temperatura con la densidad poblacional se utilizó el coeficiente de correlación bivariado Pearson, ya que ambas variables aleatorias pasaron la prueba de normalidad.

Se presenta el primer objetivo de la investigación a desarrollar mediante la prueba de hipótesis general.

### **Prueba de hipótesis general**

$H_0$ : A lo largo del río Daule no existe relación entre la temperatura y la densidad poblacional.

$H_g$ : Existe relación entre las variables de temperatura y densidad poblacional a lo largo de los puntos investigados.

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson dio como resultado el grado de significación bilateral igual a 0,008, por lo tanto, menor al nivel de significancia de 0,05, es decir, que se rechaza la hipótesis nula, lo cual se acepta la hipótesis alternativa ( $H_g$ ), es decir, existe una relación entre las variables de densidad poblacional y temperatura.

El resultado está denotado en la siguiente tabla 3.



**Tabla 3**

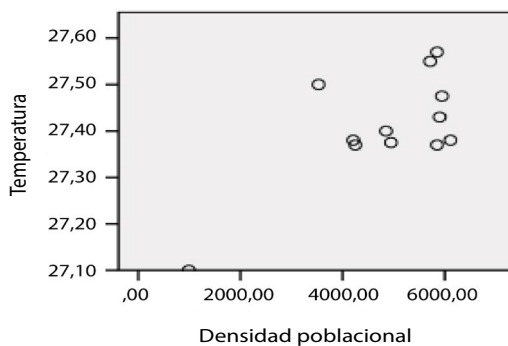
*Correlaciones de variables*

Correlaciones		Densidad poblacional	Temperatura
Densidad poblacional	Correlación de Pearson	1,000	0,719
	Sig. (bilateral)		0,008
	N	12	12

La gráfica que indica la relación de los datos con respecto a las variables de estudio se muestra en la figura 3.

**Figura 3**

*Correlaciones de variables*



En la tabla 4 se muestran los coeficientes de relación existentes entre la variable de temperatura y la densidad poblacional, teniendo un modelo de relación buena por la constante R que es de 0,719 es aceptable, con respecto al R cuadrado ajustado, lo cual indica que el 46,9 % de los datos se ajustan al modelo de regresión. La significancia bilateral es de 0,008, lo cual indica que la recta de regresión con respecto a la constante R es un buen tipo de investigación. Se da el siguiente modelo de relación entre las dos variables:

$$Y = a + b X$$

$$Y = 27,1 + 0,0007X$$

En donde:

Y: Es la variable de temperatura.

X: Es la variable densidad poblacional.

**Tabla 4**

*Constantes del modelo*

Resumen del modelo					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	
1	0,719	0,517	0,469	0,08796	
a Predictores (Constante), Densidad ANOVA					
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	0,083	1	0,083	10,721	0,008
Residuo	0,077	10	0,008		
<b>Total</b>	<b>0,16</b>	<b>11</b>			
Coeficientes					
Modelo	Coeficientes no estandarizados	Coeficientes estandarizados	1	Sig.	
	B	Error estándar	Beta		
1 constante	27,1	0,091	3,209	0,009	
Densidad	0,00007	0	0,719	3,274	0,008

Para realizar la comparación de medias es necesario hacer la prueba de análisis ANOVA, por lo cual se debe considerar la homogeneidad de las varianzas.

$H_0$ : Las varianzas son homogéneas.

$H_a$ : Las varianzas no son homogéneas.



El resultado muestra que el valor de significancia es de 0,543 (tabla 5), y es mayor que 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir, las varianzas son homogéneas.

**Tabla 5**

*Prueba de homogeneidad de varianzas*

<b>Temperatura</b>			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,909	11	31	0,543

Se escogió la prueba de Turkey que mide las varianzas que son iguales a partir de que el resultado de la prueba de Kolmogorov conserva las dos variables, por lo que se toma en consideración la siguiente hipótesis de media de datos tomados son iguales en toda la ribera del río Daule.

$H_0$ : La media de temperatura en el punto  $i$  es igual en todos los puntos investigados en el río Daule.

$H_a$ : Alguna media de la temperatura en el punto  $i$  es diferente en algunos los puntos investigados en el río Daule.

El valor de significancia de la prueba de análisis ANOVA es 0,80, es mayor al grado de significancia de 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis nula, es decir, la media en el punto  $i$  es igual en todos los puntos investigados en el río Daule como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Media de temperatura*

<b>ANOVA</b>					
<b>Temperatura</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	8,994	11	0,818	0,621	0,800
Dentro de grupos	51,351	39	1,317		
Total	60,345	50			



El resultado mediante el *software* estadístico denota que la media de la temperatura es de 0,800 como se detalla en la tabla 7, lo cual indica que las medias de temperatura en el punto i son iguales en todos los puntos investigados a lo largo de la ribera del río Daule.

**Tabla 7**  
*Medias en los puntos*

<b>Temperatura</b>			
	<b>Punto</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0,05</b>
			1
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	2,00	5	26,3000
	1,00	5	26,3800
	4,00	4	27,1000
	6,00	4	27,1000
	5,00	4	27,1500
	9,00	4	27,3750
	7,00	5	27,3800
	11,00	4	27,4000
	12,00	4	27,4000
	3,00	4	27,4250
	8,00	4	27,5000
	10,00	4	27,5500
		Sig.	

*Nota.* Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,211.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

## **Análisis y discusión**

Estos datos indican la correlación entre la variable de temperatura y la de densidad poblacional, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alternativa, dado por el grado de significancia bilateral que es menor, a pesar de las industrias, aguas servidas y otros factores, cabe



resaltar que el flujo y reflujos del río es detonante para la conservación de la temperatura (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

Siendo estos que no varían en la correlación entre las variables dependiente e independiente.

El aumento de la temperatura en nuestros ríos se puede deber a vertidos de agua caliente de plantas industriales, esencialmente de agua de refrigeración (Holguín *et al.*, 2006).

La media de temperatura es igual en todos los puntos investigados en el río Daule, siendo un río de cálidos tropicales la temperatura reside en 26 °C en toda su extensión (Rivera *et al.*, 2004), los datos son homogéneos, es decir, que son datos característicos en la extensión del río Daule para sobrevivencia de especies en la región Costa.

## Conclusiones

Realizada la investigación se toma como referencia que a lo largo de la ribera del río Daule, analizada en diferentes puntos de los mismos, tienen relación la temperatura del río con respecto a la densidad poblacional, por lo que se considera que la densidad poblacional con la temperatura son variables que inciden en la misma.

Además, se concluye que a lo largo del río Daule, el nivel de temperatura se mantiene, y es aceptable para la supervivencia de las especies acuáticas.

En la investigación realizada se obtuvo un modelo de correlación en el río Daule entre la temperatura y la densidad poblacional,  $Y = 27,1 + 0,0007X$ ; donde la Y corresponde a la temperatura y la X a la densidad poblacional donde se puede denotar que esta tiene relación con los coeficientes estandarizados.

## Referencias bibliográficas

- Aruj, R. (2008). Causas, consecuencias, efectos e impacto de las migraciones en Latinoamérica. *Papeles de población*, 14(55), 95-116. <https://cutt.ly/mZu94ZS/>
- Amado, J., Rubiños, E., Gavi Reyes, F., Alarcón, J. J., Hernández, E., Ramírez, C., Mejía, E., Pedrero, F., Nicolás, E. y Salazar Sosa, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Phyton*, 75, 71-83. <https://cutt.ly/lZu9jJe/>
- Bond, R., Stubblefield, A. y Van Kirk, R. (2015). Sensitivity of summer stream temperatures to climate variability and riparian reforestation strategies. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4(B), 267-279. <https://doi.org/gg3m63>
- Boschi, E. (2001). *El ecosistema estuarial del Río de la Plata*. <https://cutt.ly/CZQZQuo/>
- Cole, J., Maloney, K., Schmid, M., McKenna, J. (2014). Developing and testing temperature models for regulated systems: A case study on the Upper Delaware River. *Journal of Hydrology*, 519(A), 588-598. <https://doi.org/f6v2t3>
- Du, X., Shrestha, N. y Wang, J. (2019). Assessing climate change impacts on stream temperature the Athabasca River Basin using SWAT equilibrium temperature model and its potential impacts on stream ecosystem. *Science of The Total Environment*, 650(2), 1872-1881. <https://doi.org/jnb7>
- Enríquez, R. (2011). Las aguas residuales del barrio Gustavo Andrade y su incidencia en la calidad del agua del estero sin nombre del cantón Lago Agrío de Sucumbíos. [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Técnica de Ambato. <https://cutt.ly/NM5W4bQ>
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (pp. 150-170). McGraw-Hill Interamericana.
- Holguín, C., Rubio, H., Olave, M., Saucedo, R., Gutiérrez, M. y Bautista, R. (2006). Calidad del agua del río Conchos en la región de Ojinaga, Chihuahua: parámetros fisicoquímicos, metales y metaloides. *Universidad y Ciencia*, 22(1), 51-63. <https://cutt.ly/mM5EakH>
- Jackson, F., Fryer, R., Hannah, D., Millar, C. y Malcolm, I. (2018). A spatio-temporal statistical model of maximum daily river temperatures to inform the management of Scotland's Atlantic salmon rivers under climate change. *Science of The Total Environment*, 612, 1543-1558. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.010/>

- Kędra, M. y Wiejaczka, L. (2018). Climatic and dam-induced impacts on river water temperature: Assessment and management implications. *Science of The Total Environment*, 626, 1474-1483. <https://doi.org/gmpgp8>
- Langan, S., Johnston, L., Donaghy, M., Youngson, A., Hay, D. y Soulsby, C. (2001). Variation in river water temperatures in an upland stream over a 30-year period. *Science of The Total Environment*, 265(1-3), 195-207. <https://doi.org/d68m5v>
- Mora, J. y Calvo, G. (2011). Evaluación y clasificación de la calidad de varios cuerpos de agua en la Península de Osa. *Revista Tecnología en Marcha*, 24(3), 15. <https://cutt.ly/OZQLORf/>
- Muñoz, A. (2001). *Efectos de la globalización en las migraciones internacionales*. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://cutt.ly/PNGoTtv/>
- Paredes Ramos, P. (2013). El uso de moringa oleífera como material natural para el tratamiento del agua potable en países en vías de desarrollo. *Yachana Revista Científica*, 2(2). <https://cutt.ly/9M5RYxA>
- Quiroz, L., Izquierdo, E. y Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51. <https://cutt.ly/OZu3pTi/>
- Rivera, N., Encina, F., Muñoz-Pedrerros, A. y Mejías, P. (2004). La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Información tecnológica*, 15(5), 89-101. <https://doi.org/fjg386>
- Sánchez, A., Salcedo, M., Macossay-Cortez, A., Feria-Díaz, Y., Vázquez, L., Ovando, N., y Rosado, L. (2012). Calidad ambiental de la laguna urbana. La Pólvora en la cuenca del río Grijalva. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(3), 143-152. <https://cutt.ly/zZQZipG/>
- Stein, L. (2004). Random patterns. En J. S. Brake (ed.), *Computers and You*, (pp. 55-70). Wiley.
- Valiente, R., Sandín, B., Chorot, P., Santed, M. y González de Ribera, J. (1996). Sucesos vitales mayores y estrés: efectos psicopatológicos asociados al cambio por migración. *Psiquis*, 17(5), 211-230. <https://cutt.ly/NZu90DS/>
- Van Vliet, M., Franssen, W., Yearsley, J., Ludwig, F., Haddeland, I., Lettenmaier, D. y Kabat, P. (2013). Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change*, 23(2), 450-464 <https://doi.org/f4wqfz>

- Vásquez-de Kartzow, R., Castillo-Durán, C., y Lera, L. (2015). Migraciones en países de América Latina: Características de la población pediátrica. *Revista chilena de pediatría*, 86(5), 325-330. <https://doi.org/f3jbk6>
- Vega, M., Pardo, R., Barrado, E. y Debán, L. (1998). Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*, 32(12), 3581-3592. <https://doi.org/bmpgjq>



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>



# El efecto de la densidad poblacional a la turbidez del río Daule

---

Laura Leonor Garcés Villón<sup>1</sup>  
lgarces@ups.edu.ec

Roberto Francisco Garzón Morales<sup>2</sup>  
rgarzonm@est.ups.edu.ec

## Introducción

El río Daule es un sistema fluvial que forma parte de la hidrografía del río Guayas (Ecuador); nace al sur de la presa Daule-Peripa, que tiene 260 km de longitud. Las aguas de este río conforman un recurso sustancial para las distintas ocupaciones de sus moradores (agrícola, pesca), cabe nombrar que cuando se integra al río Babahoyo para conformar el Guayas, y que después de corto paseo desemboca en el golfo de Guayaquil, es la exclusiva fuente de agua potable para la localidad de Guayaquil. Hoy en día la calidad del agua del río está muy afectada por las descargas de aguas residuales y residuos rígidos de los moradores localizados en sus riberas.

El agua se compone de baja salinidad y se controla por la inercia del fluido de salida, efectos de rotación (Coriolis), flotabilidad, viento y forzamiento de mareas. La predominación de estas fuerzas motrices en la pluma del río es complicada de generalizar porque varían bastante entre los distintos sistemas costeros (Fernández-Nóvoa *et al.*, 2015).

---

1 Magíster en Administración de Empresas, docente investigador de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.

2 Ingeniero industrial, graduado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.

El área de estudio es el río Daule y tiene una gran fauna tales como:

Rapabalsa (*Plecostomus spinosissimus*).

Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*).

Bagre (*Hexanematichthys ssp*).

Lisa de río (*Schizodon fasciatum*).

Corvina de río (*Cynoscion albus*).

Camarones, cangrejos.

En el río Daule se ven gabarras, botes y canoas, ya que tiene gran actividad pesquera, comercial, transporte y recreación: sin embargo, el río está siendo afectado porque sus aguas reciben, además, las descargas residenciales, industriales y agrícolas sin tratamiento.

Se procedió a tomar el nivel de turbidez 44 veces en los once puntos ya establecidos del río Daule en diferentes horas del día para monitorear el nivel de turbidez aumenta (Milledge *et al.*, 2018).

La turbidez es sencillamente la reducción de la intensidad de la luz en la columna de agua debido al esparcimiento de los materiales suspendidos y disueltos. La hidratación es ocasionada por el agua en sí, la materia orgánica diluida y las partículas en suspensión, en tanto que la dispersión es ocasionada por moléculas de agua. La proporción de esparcimiento y absorción de la luz se establece no solo por las concentraciones absolutas de SPM (a menudo, medidas como peso seco), sino además por la estructura de esta materia (Lenntech, s. f.). Cuanto más sólidos suspendidos haya en el agua, más alta será la turbidez. Cabe recalcar que el nivel de turbidez se considera una buena medida de la calidad del agua, las principales causas de que persista la turbidez en el agua se deben a los siguientes factores:

Sedimentos procedentes de la erosión.



Sedimentos resuspendidos (revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa).

Descarga de efluentes.

Crecimiento de las algas.

La turbidez se mide en JTU (Unidades de turbidez de Jackson), medidas con el turbidímetro de vela de Jackson. En lagos, la turbidez se mide con un disco Secchi. Este es un disco blanco o blanco con negro que se deja caer en el agua atado a una cuerda. De ahí se procede a anotar la hondura que el disco consigue hasta que se pierde de vista (Lennetech, s. f.).

El inconveniente que existe entre la densidad poblacional del cantón Daule en relación con el nivel de turbidez de su propio río y saber si el incremento de la densidad o el avance del cantón Daule influye en los escenarios de contaminación de las aguas en todo el río Daule. La turbidez desempeña un papel primordial en las comunidades acuáticas, debido a que los ambientes con enorme turbidez degradan el campo de perspectiva de los depredadores visuales, lo cual ofrece refugio a sus presas. Los efectos negativos de la turbidez en la biota acuática que tienen dentro el inconveniente físico provocado por el desgaste y la desnutrición ocasionada por la carga intestinal de sedimentos nutricionalmente pobres (Jones *et al.*, 2015). En la mayoría de los casos, todos los sedimentos necesitan un manejo cuidadoso, se ven perjudicados de manera directa a la penetración de luz, lo cual que se ve reducida en un sistema poco profundo (Mitchell *et al.*, 2017).

La población humana sobrepasa los siete mil millones y el número de personas hambrientas supera los mil millones de habitantes; es decir, que la demanda de comestibles va a aumentar debido al incremento poblacional, lo que va a llevar a un incremento anual de la preparación de comestibles para prever esa demanda. El problema del desarrollo y la consistencia de la gente se abordan en el contexto ecológico. En la cuenca del río Guayas (Ecuador) se han realizado



amplias ocupaciones antropogénicas, que ocasionan la mutación de tierras. Los cambios del uso del suelo se consideran una de los principios clave que afectan la calidad del agua del río Guayas (Carrasco, 2008). La turbidez tiene una participación muy sustancial en las comunidades acuáticas, obstante, la reducción de la luz ocasionada por la turbidez disminuye el nivel de producción principal, algunos productores secundarios usan sedimentos enriquecidos orgánicamente como fuente suplementaria de comestibles. La turbidez del agua puede influir en la transmisión de luz bajo el agua, alterando de esta forma la eficacia del fitoplancton de columna de agua y las condiciones de vida de los animales acuáticos y la vegetación. Además, los sedimentos en suspensión se consideran portadores destacables de contaminantes y metales pesados de origen terrestre que repercuten en la salud de ambientes subacuáticos (Hou *et al.*, 2017).

Debido al incremento de la carga de sedimento se perjudica de manera directa a los estuarios, pues son centros de población y comercio. La disponibilidad de agua, el ingreso a las rutas comerciales, los puntos tierra adentro, las fuentes de comestibles y materiales hacen que el manejo cuidadoso de los estuarios sea primordial para el desarrollo económico (Mitchell *et al.*, 2017). Los ríos son los más indispensables mecanismos de transporte de agua dulce, sedimentos en suspensión, carbono diluido, nutrientes y contaminantes en las aguas estuarinas y costeras. Esta interacción río-mar apoya un efecto tándem en procesos biológicos, como hacer más simple la retención local de larvas de peces y el reclutamiento de peces (Jones *et al.*, 2015).

La concentración total de sedimentos suspendidos (o turbidez del agua) se encuentra dentro de los parámetros considerables en la calidad del agua, tiene un papel muy crítico en la configuración del paisaje físico y en la regulación de los sistemas ecológicos (Hou *et al.*, (2017). El río Daule tiene una función importante en el cuidado de las funcionalidades ecológicas y ambientales regionales, como el período hidrológico, el riego agrícola, la pesca, etc. El desarrollo de la consistencia de población es un inconveniente crítico de avance agrícola, gracias a su huella en la

producción de cultivos por medio de su resultado en la disponibilidad y calidad de la tierra. La cercanía a las localidades brinda un mercado listo para la producción agrícola, los capitales tienen la posibilidad de volver a invertir para apoyar una más grande intensificación agrícola. El ingreso al trabajo urbano puede hacer más grande la intensificación de las explotaciones (Willy *et al.*, 2019). Cabe recalcar que población en general desempeña un papel fundamental en la actualización de la eficacia, la administración y el desempeño económico (Adams *et al.*, 2019). Pero esto se ve truncado por las anomalías de la salud que se crea al consumir los alimentos que se ven afectados por las aguas turbias o con sedimentos, los cuales se encuentran en el agua del río (Guo *et al.*, 2017). El incremento de las ciudades crea cambios en la producción de comestibles, lo que transporta a la desviación del agua y la reducción de humedales. En casos severos, los cambios en la utilización de la tierra afectan la diversidad de especies y la estructura de plantas y animales. La colisión por las cuales se dan estos cambios todavía no se conoce bien (Damanik-Ambarita *et al.*, 2018). Las crecientes solididades de los elementos hídricos incrementan la intranquilidad sobre el suministro sostenible de agua limpia a nivel mundial. El agua sucia expone peligros significativos de diarrea, infecciones oportunistas y la consiguiente desnutrición, que representa precisamente 1,7 millones de muertes cada un año, de las cuales más del 90 % están en países en desarrollo y la mitad son jóvenes (Hopfenberg, 2018).

Por lo cual se ha planteado el siguiente objetivo general: Desarrollar un informe que describa la relación existente entre la densidad de los habitantes del cantón Daule con el nivel de turbidez del río Daule. De igual forma se plantearon los siguientes objetivos específicos:

Analizar si la turbidez que se presenta en el río Daule es la misma.

Evaluar con el mínimo aceptable de turbidez del agua.



## Materiales y métodos

### Materiales

La hondura de Secchi está determinada no solo por la consistencia del fitoplancton, sino, además, por la materia en partículas en suspensión, la materia orgánica cromofórica diluida y por las características ópticas del agua. La hondura de Secchi se puede utilizar como un indicio ecológico de eutrofización. Entonces, se la reconoce como un indicio sustancial de la salud de las aguas de lagos y mares (Nishijima *et al.*, 2018). Para hacer la toma de datos se usó el disco Secchi, una lámina de metal de 2 mm de grosor por 20 cm de diámetro, agregando en la parte de arriba del disco un gancho para lograr sostenerlo y medir la turbidez del río; se medirá la parte mojada en cada punto (once puntos) de la toma en el río.

Cabe recalcar que la estimación de la claridad del agua en relación con la transparencia del disco Secchi permite constatar la calidad del agua en los distintos cuerpos de agua costeros, tal como se muestra en la figura 1.

#### Figura 1

*Disco Secchi*



### Método

Para la toma de datos se procede a sumergir el disco Secchi a los lados de la canoa, hasta que se pierda de vista el mismo, después se toma la medida de la parte mojada y de esta forma se tendrá conocimiento el nivel de turbidez del río como se muestra en la figura 2.

Se detalla el procedimiento del análisis de datos, el cual se encuentra en el paquete habitual SPSS. Este procedimiento es de esencial asistencia para el investigador. “La estadística es la ciencia que se encarga de planear estudios y experimentos, obtener datos y luego organizar, resumir, presentar, analizar e interpretar esos datos para obtener conclusiones basadas en ellos” (Triola, 2011). Gracias a ello se puede esperar que las estadísticas logren dar forma de manera directa al acompañamiento estadístico SPSS (Kulshreshtha y Shanmugam, 2015).

El acrónimo de producto de estadística y satisfacción de servicio es SPSS, el cual es un programa muy habitual, ya que puede administrar enormes volúmenes de datos y tiene la capacidad de realizar examen de texto, etc. El programa en mención tiene dentro estadística descriptiva, se compone de tabulación y frecuencias de cruce, estadística de dos cambiantes, además, prueba T.

El ANOVA es una prueba de comparación de medias y resultado de dos muestras independientes al caso de la comparación de tres o más medias. En la situación de tres o más muestras emparejadas o conexas va a poder usarse en medidas periódicas. El ANOVA puede ser de efectos fijos o de efectos al azar (también podría darse la situación de que esté en una conjunción de efectos fijos y aleatorios) en funcionalidad de las propiedades de la variable que define los grupos o aspectos (Moncho, 2015). ANOVA tiene correlación con SPSS porque es viable hacer una enorme recolección de datos, la construcción de estadísticas, examen de elecciones y muchísimo más. El estudio que se ejecuta en este archivo es correlacional y explicativo (Martínez-Bencardino, 2012).

Se usó metodología exploratoria (ofrece un primer acercamiento al inconveniente que se quiere estudiar y comprender el tema que se abordará, lo que nos permita “familiarizarse” con algo que hasta el día de hoy desconocemos). Y la exploración, la cual describirá la verdad de ocasiones, eventos, personas, niveles que se están abordando y que se muestren a investigar.



Se puede investigar las propiedades fisicoquímicas del agua del río Daule utilizando las técnicas establecidas en la norma ecuatoriana y las del organismo rector, el Ministerio del Ambiente, y correlacionarlo con la gente que existe en el cantón Daule.

Las propiedades poblacionales se las obtendrá por medio de investigaciones directas a la gente para saber las propiedades de longevidad, población, migración. El número de población requerida va a ser cierta por medio de la aplicación de la siguiente fórmula: (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

$$N = \frac{Z a^2 x p x q}{d^2}$$

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión

Para cumplir con estos objetivos procede a realizar los siguientes pasos:

- Diseñar y construir el disco Secchi.
- Seleccionar los puntos del río Daule para evaluar la turbidez.
- Diseñar la logística del monitoreo y de la encuesta.
- Tomar los datos respectivos.
- Realizar la encuesta.
- Elaboración de informe.
- Exposición del proyecto.



## Toma de muestra

Los lugares donde se procedió a tomar las muestras son puntos muy cercanos a viviendas e industrias, en toda la ribera del río en el cual se llevó a cabo este estudio, y se encuentra detallado en las siguientes tablas 1, 2, 3 y 4.

**Tabla 1**

*Resultados de las muestras tomadas “vuelta 1”*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
Unilever	8:53	615926	9778038	51	cm
Las Lojas (paradero)	9:01	616464	9776795	43	cm
Las Lojas (desembarque)	9:10	617750	9777142	43	cm
Ciudad Santiago	9:20	618151	9776440	35	cm
Costanera	9:24	617968	9775788	46	cm
Las Germanias	9:33	618606	9774772	43	cm
La Penitenciaría	9:50	617854	9772792	32	cm
Agripac	9:55	617888	9772258	34	cm
Olianac	10:05	617944	9771926	42	cm
Pascuales	10:14	619072	9771685	33	cm
Villa Italia	10:20	-	-	28	cm
La Joya	10:35	618559	9775070	35	cm

**Tabla 2**

*Resultados de las muestras tomadas “vuelta 2”*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
Unilever	11:20	615915	9778040	34	cm
Las Lojas (paradero)	11:35	616545	9776697	30	cm
Las Lojas (desembarque)	11:42	617731	9777177	36	cm
Ciudad Santiago	11:48	618107	9776411	48	cm
Costanera	11:55	617954	9775785	34	cm
Las Germanias	12:02	618591	9774773	28	cm



La Penitenciaría	12:14	617827	9772793	27	cm
Agripac	12:20	617875	9772265	19	cm
Olianac	12:23	617938	9771924	17	cm
Pascuales	12:30	619074	9771678	22	cm
Villa Italia	12:35	619308	9772028	14	cm
La Joya	12:53	618566	9775088	23	cm

**Tabla 3**

*Resultados de las muestras tomadas “vuelta 3”*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
Unilever	13:52	615917	9778032	41	cm
Las Lojas (paradero)	14:04	616547	9776694	25	cm
Las Lojas (desembarque)	14:12	617744	9777182	30	cm
Ciudad Santiago	14:18	618104	9776406	25	cm
Costanera	14:24	617955	9775785	23	cm
Las Germanías	14:33	618592	9774771	23	cm
La Penitenciaría	14:44	617836	9772783	20	cm
Agripac	14:51	617876	9772251	16	cm
Olianac	14:54	617934	9771926	25	cm
Pascuales	15:00	619069	9771681	16	cm
Villa Italia	15:05	619189	9771980	14	cm
La Joya	15:26	618561	9775070	28	cm

**Tabla 4**

*Resultados de las muestras tomadas “vuelta 4”*

<b>Toma</b>	<b>Hora</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
Unilever	16:10	615919	9778027	37	cm
Las Lojas (paradero)	16:17	616544	9776695	36	cm
Las Lojas (desembarque)	16:23	617724	9777165	37	cm
Ciudad Santiago	16:29	618121	9776401	29	cm
Costanera	16:34	617971	9775776	28	cm

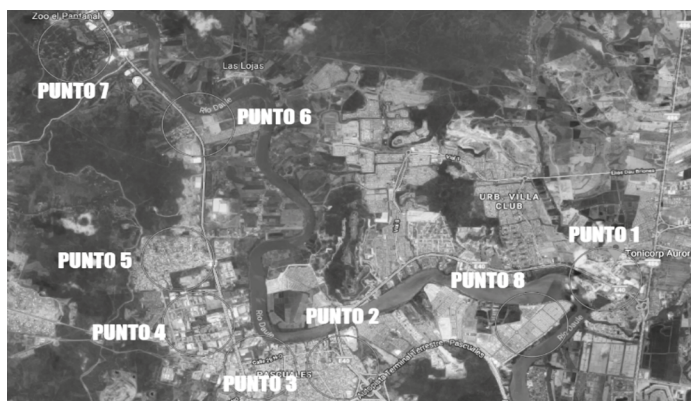
Las Germanias	16:41	618596	9774771	34	cm
La Penitenciaría	16:52	617852	9772792	28	cm
Agripac	16:56	617888	9772230	33	cm
Olianac	17:00	617947	9771926	27	cm
Pascuales	17:08	619071	9771694	25	cm
Villa Italia	17:11	619193	9771968	26	cm
La Joya	17:38	618572	9775046	29	cm

Mediante esta investigación que se realizaron encuestas descriptivas a jefes o representantes de cada hogar para determinar cuántas personas habitan por hogar y de esta forma calcular el promedio de habitantes por familia y obtener el total de migración, edad y habitantes por manzana.

Se escogieron once puntos aleatoriamente del cual se tomó tres casas de cada manzana, como se indica en las figuras 3 y 4.

### Figura 3

*Puntos de recolección de datos, 2019*



**Figura 4**

*Puntos de recolección de datos, 2019*



En la tabla 5 se da a conocer el promedio de habitantes en los puntos donde se realizaron las encuestas dirigidas a los representantes de cada hogar.

**Tabla 5**

*Resultados de las muestras tomadas Daule-Guayaquil*

<b>Punto</b>	<b>Lugar</b>	<b>Promedio habitantes</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Unidad</b>
1	La Aurora	5945	40,75	cm
2	Vilcabamba	4950	33,50	cm
3	Pascuales	5900	36,50	cm
4	Pascuales	5850	34,25	cm
5	Lotización industrial	4250	32,75	cm
6	Las Lojas	991	32,00	cm
7	El Pantanal	4208	26,75	cm
8	Mucho Lote 2	3531	25,50	cm
9	Valle de Los Geranios	6113	27,75	cm
10	Los Vergeles	5715	24,00	cm
11	Los Vergeles	5850	20,50	cm

## Resultados estadísticos

Para apreciar mejor los resultados estadísticos y corroborar que se cumplen los objetivos planteados se construye la siguiente prueba de hipótesis: La relación existente entre la densidad de los habitantes del cantón Guayaquil con el nivel de turbidez del río Daule.

$H_0$ : No hay relación existente entre la densidad poblacional del cantón Daule que habita en las riberas del río con el nivel de turbidez propio río Daule.

$H_1$ : Existe relación existente entre la densidad poblacional del cantón Daule que habita en las riberas del río con el nivel de turbidez propio río Daule.

Como se muestra en la tabla 6, la correlación de Pearson es de 0,637, aun así podemos asegurar que hay una correlación entre la turbidez y la densidad de los habitantes mediante el valor de significancia debido a que es menor 0,05, es decir, se acepta la hipótesis de investigación " $H_1$ ".

Tabla 6  
Correlación

	Puntos	Turbidez
Correlación de Pearson	1	0,637
Sig. (bilateral)		0,048
N	10	10
Correlación de Pearson	0,637	1
Sig. (bilateral)	0,048	
N	10	10

En los resultados que se obtuvieron mediante el programa SPSS se observó que, en la prueba de rachas, los datos sí son aleatorios, mientras que en la prueba de Kolmogorov-Smirnov se aprecia que los datos son normales (tabla 7).

**Tabla 7**

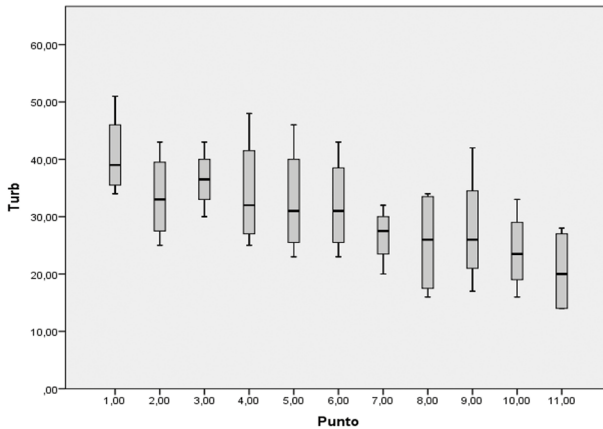
*Resumen de contraste de hipótesis*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,666	11	36	0,760

Gracias al diagrama de cajas se puede constatar que en el punto 1 (Unilever) se encuentra al mayor nivel de turbidez según su media (línea de color negro en la barra de la figura 5), mientras que el punto 11 (Villa Italia) se encuentra a la menor turbidez.

**Figura 5**

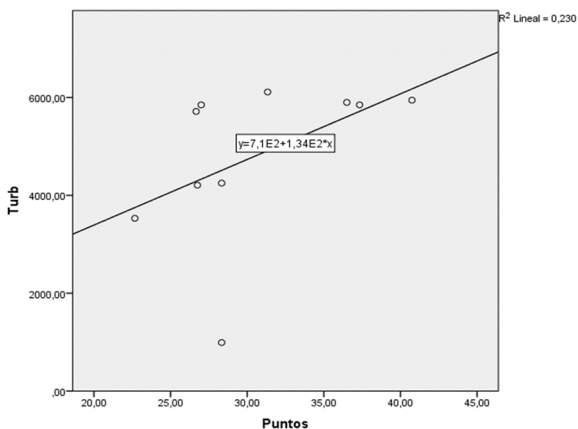
*Diagrama de cajas, 2019*



En la figura 6 se observa la correlación que hay entre la turbidez con los puntos donde se tomaron las muestras, debido a un valor menor en la tabla de datos de la densidad de la población, da un dato aberrante, lo cual impide que la gráfica sea más óptima y por consiguiente su recta.

**Figura 6**

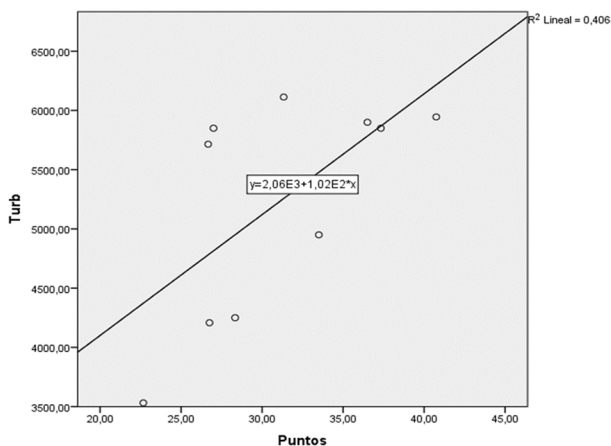
*Turbidez vs. Densidad “sin ajustar”, 2019*



La densidad de los moradores tiene una estrecha relación con la turbidez del río, cabe recalcar que se procedió a sacar el dato aberrante que se mencionó en la figura 6 y así tener unas gráficas más idóneas para corroborar la correlación, como se muestra en la figura 7.

**Figura 7**

*Turbidez vs. Densidad “ajustada”, 2019*



De igual forma, para apreciar mejor los resultados estadísticos, se plantea la hipótesis: Analizar si la turbidez que se presenta en el río Daule es la misma.

$H_0$ : La turbidez en el punto i es diferente en todos los puntos de investigación en el río Daule

$H_2$ : La turbidez en el punto i es igual en todos los puntos de investigación en el río Daule.

Con la prueba de homogeneidad se podrá demostrar que el valor de significancia no es menor a 0,05, es decir, las varianzas son homogéneas como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Prueba de homogeneidad de varianza*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La secuencia de valores definida por valor $\leq 29,00$ y $> 29,00$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	0,111	Conservar la hipótesis nula.
La distribución de valor es normal con la media 30,25 y la desviación estándar 8,941.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200	Conservar la hipótesis nula.

Se acepta " $H_2$ ", las varianzas son homogéneas, es decir, que la media de la turbidez en el punto i es igual en todos los puntos de investigación en el río Daule, como se muestra en la tabla 9 (Rudorff *et al.*, 2018).

**Tabla 9**

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Medida cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1450,500	11	131,864	2,058	0,051
Dentro de grupos	2306,500	36	64,069		
Total	3757,00	47			



La siguiente tabla muestra cuáles son los grupos que causan mayor contaminación, mediante el análisis realizado; si los valores de significancia de los dos subconjuntos son mayores a 0,05, se acepta la hipótesis nula “ $H_0$ ”, la media de la turbidez en el punto  $i$  es igual en todos los puntos de investigación en el río Daule, como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**  
*Subconjuntos homogéneos*

Punto	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
11,00	4	20,5000	
10,00	4	24,0000	24,0000
8,00	4	25,5000	25,5000
7,00	4	26,7500	26,7500
9,00	4	27,7500	27,7500
12,00	4	28,7500	28,7500
6,00	4	32,0000	32,0000
5,00	4	32,7500	32,7500
2,00	4	33,5000	33,5000
4,00	4	34,2500	34,2500
3,00	4	36,5000	36,5000
1,00	4		40,7500
SIG.		0,211	0,163

De igual forma, para apreciar mejor los resultados estadísticos se construye la siguiente prueba de hipótesis: Evaluar con el mínimo aceptable de turbidez del agua.

$H_0$ : La turbidez es igual a 1.

$H_3$ : La turbidez es diferente de 1.

Como se observa la tabla 11, se rechaza la hipótesis nula “ $H_0$ ” y se acepta la hipótesis de investigación “ $H_3$ ”, es decir, el nivel de turbidez es diferente a 1 debido al que el nivel de significancia bilateral que es igual a 0,006.

**Tabla 11**

*Prueba de muestra única*

<b>Valor de prueba = 34</b>						
<b>Prueba de muestra única</b>						
<b>Valor de prueba = 1</b>						
	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>95 % de intervalo de confianza de la diferencia</b>	
					<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
Turbidez	25,037	10	0,006	29,34182	26,7306	31,9531

En la tabla 12 se presenta el intervalo de confianza, límite inferior (26,7306) y límite superior (31,9531) al 5 % del nivel de significancia, tomando en cuenta que el límite permisivo de turbidez es 1 (min.) y 51 (máx.) lo que demuestra que está dentro del rango.

**Tabla 12**

*Análisis descriptivo*

<b>Estadístico</b>	<b>Error estándar</b>		
		30,2500	1,29048
95 % de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	26,7306	
	Límite superior	31,9531	
Media recortada al 5 %		30,0972	
Mediana		29,0000	
Varianza		79,936	
Desviación estándar		8,94070	
Mínimo		14,00	
Máximo		51,00	
Rango		37,00	
Rango intercuartil		10,75	
Asimetría		0,227	0,343
Curtosis		-0,316	0,674



## Análisis

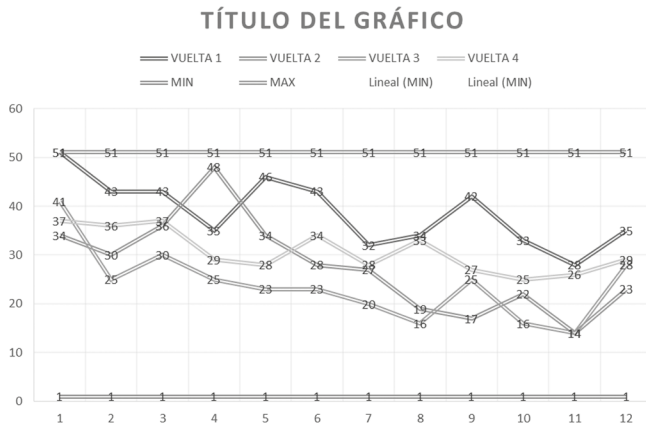
Gracias a los datos que se recolectaron en las distintas vueltas que se realizó (cuatro vueltas), se puede graficar y dar a conocer los niveles de turbidez a diferentes horas del día.

Como se puede apreciar que el nivel máximo es de 51 cm y mínimo es de 1 cm.

En todo el trayecto de la toma de datos se aprecia que tanto en el inicio de la toma de datos (vuelta 1) comienza con el máximo nivel permisivo de 51, mientras que en la vuelta 2 y 3 en el punto 11, el nivel de turbidez se encuentra cerca del mínimo nivel permisivo, tal y como se muestra en la figura 8.

**Figura 8**

*Niveles máximo y mínimo, 2019*



## Conclusiones

Con el presente trabajo de investigación se ha logrado demostrar que el nivel de turbidez del agua del río Daule es el mismo entre los puntos observados, desde Unilever hasta la urbanización Villa Italia, tal como se da a conocer en las tablas 4 y 8.

También se ha logrado demostrar la relación que existe entre el nivel de turbidez y la densidad poblacional, tal como se muestra en la tabla 6.

Por consiguiente, se demuestra que los niveles de turbidez se encuentran entre los límites permisibles (Figura 8).

## Referencias bibliográficas

- Adams, C., Thapa, S. y Kimura, E. (2019). Determination of a plant population density threshold for optimizing cotton lint yield: A synthesis. *Field Crops Research*, 230, 11-16. <https://doi.org/jnb8>
- Carrasco, S. (2008). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Bibliotecas Especializadas – UNSAAC.
- Damanik-Ambarita, M., Boets, P., Nguyen Thi, H., Eurie Forio, M., Everaert, G., Lock, K., Sasha Musonge, P., Suhareva, N., Bennetsen, E., Gobeyn, S., Ho, T., Domínguez-Granda, L. y Goethals, P. (2018). Impact assessment of local land use on ecological water quality of the Guayas river basin (Ecuador). *Ecological Informatics*, 48, 226-237.
- Fernández-Nóvoa, D., Mendes, R., De Castro, M., Díaz, J., Sánchez-Arcilla, A. y Gómez-Gesteira, M. (2015). Analysis of the influence of river discharge and wind on the Ebro turbid plume using MODIS-Aqua and MODIS-Terra data. *Journal of Marine Systems*, 142, 40-46. <https://doi.org/f6whb2>
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (pp. 150-170). McGraw-Hill Interamericana.
- Guo, K., Zou, T., Jiang, D., Tang, C. y Zhang, H. (2017). Variability of Yellow River turbid plume detected with satellite remote sensing during water-sediment regulation. *Continental Shelf Research*, 135, 74-85. <https://doi.org/f9xmz>

- Hopfenberg, R. (2018). Population Density and Redistribution of Food Resources. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 1, 26-30. <https://doi.org/jnb9>
- Hou, X., Feng, L., Duan, H., Chen, X., Sun, D. y Shi, K. (2017). Fifteen-year monitoring of the turbidity dynamics large lakes and reservoirs the middle and lower basin of the Yangtze River, China. *Remote Sensing of Environment*, 190, 107-121. <https://doi.org/f9wb4q>
- Jones, S., Carrasco, N. y Perissinotto, R. (2015). Turbidity effects on the feeding, respiration and mortality of the copepod *Pseudodiaptomus stuhlmanni* in the St Lucia Estuary, South Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 469, 63-68. <https://doi.org/f7g5tk>
- Lenntech. (s. f.). Turbidez. <https://lenntech.es/turbidez.htm/>
- Martínez-Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo*, 13.<sup>a</sup> ed., (p. 898). Ecoe Ediciones. <https://cutt.ly/kZuKLjS/>
- Milledge, D., Gurjar, S., Bunce, J., Tare, V., Sinha, R. y Carbonneau, P. (2018). Population density controls on microbial pollution across the Ganga catchment. *Water Research*, 128, 82-91. <https://doi.org/gcsd4m>
- Mitchell, S. Green, M., MacDonald, I. y Pritchard, M. (2017). Field studies of estuarine turbidity under different freshwater flow conditions, Kaipara River, New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198(B), 542-554. <https://doi.org/gcnxc5>
- Moncho Vasallo, J. (2015). Análisis de la varianza. ANOVA. En *Estadística aplicada a las ciencias de la salud* (pp. 135-156). Elsevier.
- Nishijima, W., Umehara, A., Sekito, S., Wang, F., Okuda, T. y Nakai, S. (2018). Determinación y distribución de la profundidad de Secchi de fondo específica de la región basada en datos de monitoreo a largo plazo en el mar interior de Seto Japon. *Ecological Indicators*, 84, 583-589. <https://doi.org/gc6qvp>
- Rudorff, N., Rudorff, C., Kampel, M. y Ortiz, G. (2018). Remote sensing monitoring of the impact of a major mining wastewater disaster on the turbidity of the Doce River plume off the eastern Brazilian coast. I/SPRS *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 145, 349-361. <https://doi.org/gfnfm>
- Triola, M. (2011). *Estadística*, 12.<sup>a</sup> edición. Pearson. <https://cutt.ly/5ZSvUy4>
- Willy, D., Muyanga, M. y Jayne, T. (2019). Can economic and environmental benefits associated with agricultural intensification be sustained at high population densities? A farm level empirical analysis. *Land Use Policy*, 81, 100-110. <https://doi.org/gn96s7>



# Análisis de los efectos de contaminación de la densidad poblacional y el nivel de arsénico en los alrededores del río Daule

Tania Catalina Rojas Párraga<sup>1</sup>  
trojas@ups.edu.ec

Juan Velecela<sup>2</sup>  
jvelecelaz@est.ups.edu.ec

## Introducción

La presencia del arsénico en la corteza de la Tierra, hidrófera y biofera se debe a factores naturales de origen geológico, así como a actividades antropogénicas en las cuales se encuentran involucradas la explotación minera, en este caso en específico en los ríos, los cuales en su gran parte sirven como fuentes de agua captadas para el consumo humano. La presencia natural de arsénico en aguas superficiales y subterráneas se encuentra asociada al volcanismo terciario y cuaternario desarrollado en la cordillera de los Andes, proceso que aún continúa y que se lo puede observar en flujos de lava, géiseres, fumarolas, aguas termales y fenómenos geotérmicos relacionados con el volcanismo circumpacífico del llamado “Círculo de Fuego del Pacífico” (Chi *et al.*, 2017).

El arsénico en las aguas superficiales y en las aguas subterráneas proviene de la disolución de minerales, la erosión y desintegración de rocas y por deposición atmosférica (Singh *et al.*, 2018). Es conocido

- 
- 1 Magíster en Gestión de la Productividad y la Calidad, docente investigadora de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.
  - 2 Ingeniero industrial, graduado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.



<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23913>

<http://abyayala.org.ec>

para la sociedad que el arsénico es un elemento altamente tóxico para el organismo humano, llegando a causar estragos que pueden causar la muerte de una persona, ya sea por el consumo de un alimento contaminado o en este caso por el agua (Sing *et al.*, 2015).

Existen diversas formas de arsénico presentes en el agua, entre las cuales tenemos al arsenito, arseniato, ácido monometil-arsónico, ácido dimetil-arsónico, etc. El arsénico inorgánico es muy tóxico, debido a su alta movilidad y su capacidad de unirse al azufre en las proteínas. Debido a la concentración de otros elementos disueltos en los diferentes lugares en donde se encuentre agua contaminada por arsénico, existen diferentes formas y métodos que permiten la captación óptima del nivel de contaminación por arsénico de estos ríos, lagos, etc. (Devi *et al.*, 2018).

La presencia de arsénico en aguas subterráneas es un problema de salud mundial, debido a los problemas que ocasiona (Cheng *et al.*, 2018); su exposición causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales, aunque también en concentraciones relativamente bajas durante un largo periodo su incidencia tiene efectos negativos crónicos para la salud (Bhowmick *et al.*, 2018). Como podemos palpar, el arsénico es una gran amenaza para la salud, por tal motivo organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea (Directiva 98/83), la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA) han llegado a establecer la reducción del límite del contenido de arsénico permitido en agua de consumo de 0,050 a 10  $\mu\text{g/l}$  (WHO, 1993; Fowler *et al.*, 2015). Para estudiar los problemas y consecuencias que genera el arsénico hay que realizar un estudio que conlleve una mayor profundidad del mismo (Pal, 2015). Alrededor de doscientos millones de personas viven en zonas donde la concentración de arsénico en el agua potable, utilizada a diario para su consumo normal y regular, se encuentra por encima del estándar que estipula la OMS, (10  $\mu\text{g/l}$ ). Además, no se debe desconocer que el arsénico es un elemento carcinógeno (Rahman *et al.*, 2019). Las actividades mineras son una importante fuente antropogénica de este elemento; ya que la



producción y el procesamiento de mineral generan sedimentos que, a menudo, están altamente contaminados Cagnin *et al.*, 2017).

Los datos de censo obtenidos por cada país, desarrollado o subdesarrollado, son esenciales para poder comprender la dinámica urbana de cada región, ya sea que esta se encuentre ubicada en sitios remotos. Sin embargo, los datos obtenidos en los países en desarrollo, por lo general, son pocos precisos; esto puede deberse a los métodos que se utilizan, quizás por ser más antiguos, dan un mayor error (Song *et al.*, 2019). En gran parte de los países en desarrollo existe una correlación significativa entre la densidad de la población con el nivel de desarrollo económico, es muy común relacionar a la urbanización con la industrialización, puesto que a medida que se urbanizan los sectores antes rurales, las industrias tienden a crecer en dichos sectores, al igual que el comercio (De la Croix y Gobbi, 2017).

Con respecto al continente africano, países como Etiopía, Ruanda y Ghana, en donde el aumento de la densidad poblacional en los sectores rurales proviene del crecimiento agrícola, de la diversidad de sus cultivos, que han generado ganancias para sus comunidades, aumentando el PIB y reduciendo la pobreza, tal como sucedió con la revolución verde en Asia. Eso logró generar un impacto fuerte en las tasas de crecimiento agrícola, además de cambiar la actitud pública hacia el crecimiento agrícola, y con un poco de años a su haber se redujo considerablemente la pobreza en este continente (Mellor, 2014).

La densidad poblacional se relaciona con la cultura, porque la movilidad de las personas hace que estas entren en contacto con otras provenientes de diversas culturas, así se transmiten conocimientos y normas culturales que aportan a una nueva sociedad y enriquecen a nuevas poblaciones (Grove, 2016). Por otro lado, la migración es también uno de los principales motivos de que en ciertas poblaciones su densidad poblacional sea baja; y, más aún, cuando esta se lleva a cabo de una manera forzada; hecho que contrasta con lo antepuesto, debido a que las personas se han visto obligadas a marcharse de su lugar de origen, ya sea por guerras o por desastres naturales.





Esto afectará tanto a las personas desplazadas como a los nuevos poblados que acogerán de una manera indistinta a este tipo de personas, siendo estas sujetas al rechazo (Becker y Ferrara, 2019).

## **Objetivo general**

Comprobar la relación entre la densidad poblacional del cantón Guayaquil y el nivel de arsénico en las riberas del río Daule.

## **Objetivos específicos**

Identificar si el nivel de arsénico del agua del río Daule es la misma en su extensión.

Comparar los datos tomados del nivel de arsénico en los diferentes puntos del río Daule con los valores establecidos como niveles permisibles.

Relacionar los datos de densidad poblacional obtenidos mediante las encuestas efectuadas en los once puntos aledaños al río Daule, con los datos del nivel de arsénico, mediante el programa SPSS.

## **Metodología**

La metodología con la que se va a desarrollar este proyecto es de tipo exploratoria y el diseño de la investigación es transaccional-correlacional, en donde se examinarán las características de la población mediante encuestas; con lo cual se pretende analizar las siguientes etapas:

Examinar las características fisicoquímicas del agua que comprende el río Daule, utilizando las técnicas establecidas en la norma ecuatoriana y las del organismo rector, el Ministerio del Ambiente; correlacionar los resultados con la normativa ambiental vigente y con la densidad poblacional.



Además, se precisará la densidad poblacional determinada en la muestra, para poder calcular el tamaño de la muestra, ecuación (1) (Martínez-Bencardino, 2012). Seguimos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{e^2} \quad (1)$$

(1)

En donde:

n = muestra inicial

z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito o porción esperada

q = probabilidad de fracaso

e = margen de error o nivel de precisión

Para desarrollar este estudio se establece que la probabilidad de éxito es de 0,5 y la probabilidad de fracaso es de 0,5, con un nivel de confianza del 95 % y con un margen de error del 5 % y el coeficiente de confianza que le corresponde al 95 % de éxito o de confianza y al 5 % de fracaso o significancia es 1,96 basados en las tablas de distribución normal, ecuación (1).

$$n = \frac{(1,96)^2 * (0,5 * 0,5)}{(0,05)^2}$$

$$n = 384,16$$

$$n = 385 \text{ viviendas}$$

De esta forma, se plantea como objetivo general: comprobar la relación entre la densidad poblacional del cantón Guayaquil y el nivel de arsénico en las riberas del río Daule, y como objetivos específicos:

(i) Identificar si el nivel de arsénico del agua del río Daule es la misma



en su extensión; (ii) Comparar datos tomados del nivel de arsénico en los diferentes puntos del río Daule.

Este estudio servirá como base para investigaciones futuras, puesto que no se encuentran registros de estudios similares o que sirven como antecedentes para la investigación que se está llevando a cabo, además, no se realizó el estudio de denominación de correlaciones de espurias (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

### **Niveles de arsénico-recorrido y muestras**

Las muestras obtenidas durante el recorrido que se llevó a cabo el 29 de noviembre del 2018 fueron sometidas a pruebas fisicoquímicas, las cuales se puede apreciar en las tablas 1, 2, 3 y 4. Cada recorrido tuvo como promedio una duración de 1:34.15, empezando con la primera parada que tuvo como punto de encuentro Unilever hasta el sector de La Aurora como punto final. El Daule posee una extensión total de 330 km, además, es uno de los ríos que cuenta con una alta densidad poblacional e industrial, ya que en sus alrededores están ubicadas grandes compañías como también sectores urbanizados y rurales, los cuales aportan a la contaminación cuando realizan sus descargas de desechos directos al río.

Debido a la hora en que se realizó cada vuelta, depende su variabilidad en los niveles de arsénico representados en las tablas ya antes mencionadas, además de que a medida que duraba el muestreo tanto las industrias como los moradores del sector empezaron a desembarcar sus desechos descontrolada e irresponsablemente.



**Tabla 1***Niveles de arsénico-vuelta 1*

<b>Muestra</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
1	8:53	10	ppb
2	9:01	10	ppb
3	9:10	30	ppb
4	9:20	0	ppb
5	9:24	30	ppb
6	9:33	20	ppb
7	9:50	20	ppb
8	9:55	10	ppb
9	10:05	30	ppb
10	10:14	0	ppb
11	10:20	20	ppb

**Tabla 2***Niveles de arsénico-vuelta 2*

<b>Muestra</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
12	11:20	0	ppb
13	11:35	20	ppb
14	11:42	10	ppb
15	11:48	20	ppb
16	11:55	20	ppb
17	12:02	10	ppb
18	12:14	10	ppb
19	12:20	20	ppb
20	12:23	20	ppb
21	12:30	20	ppb
22	12:35	20	ppb

**Tabla 3**

*Niveles de arsénico-vuelta 3*

<b>Muestra</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
23	13:52	20	ppb
24	14:04	20	ppb
25	14:12	20	ppb
26	14:18	20	ppb
27	14:24	10	ppb
28	14:33	10	ppb
29	14:44	0	ppb
30	14:51	30	ppb
31	14:54	20	ppb
32	15:00	0	ppb
33	15:05	30	ppb

**Tabla 4**

*Niveles de arsénico-vuelta 4*

<b>Muestra</b>	<b>Hora</b>	<b>Nivel de arsénico</b>	<b>Unidad</b>
34	16:10	10	ppb
35	16:17	30	ppb
36	16:23	20	ppb
37	16:29	20	ppb
38	16:34	20	ppb
39	16:41	30	ppb
40	16:52	30	ppb
41	16:56	30	ppb
42	17:00	30	ppb
43	17:08	30	ppb
44	17:11	30	ppb

## Densidad poblacional y contaminante del río

Para el estudio de este proyecto se llevaron a cabo encuestas en once puntos aleatorios, las cuales estaban basadas en la edad, el número de habitantes por hogar, el número de personas que migraron los últimos tres años; para así obtener el promedio por sector de cada punto determinado para cada estudiante. En este caso, como se aprecia en la tabla 5 los datos corresponden al promedio de la densidad poblacional de cada punto o sector, así como el promedio del nivel de arsénico en cada uno de los once puntos aleatorios en donde se receptó su muestra, para las pruebas pertinentes.

Con respecto al dato de densidad poblacional, se lo obtuvo dividiendo el número total de habitantes de cada sector para la superficie territorial total. El cálculo de esta división arroja como resultado el promedio de habitantes por kilómetro cuadrado. Tomando como dato referencial la superficie total del cantón Daule 543,86 aproximadamente, se obtuvo los datos correspondientes de densidad poblacional de cada sector y comparados con el nivel promedio de arsénico obtenido como se lo aprecia en la tabla 5 (GAD Daule, 2015).

**Tabla 5**

*Promedio de muestras receptadas*

Punto	Promedio de densidad poblacional	Promedio de arsénico
1	112,42	16,67
2	123,75	16,67
3	147,50	20
4	146,25	20
5	106,25	16,67
6	124,33	17,5
7	105,20	15
8	138,28	20
9	152,83	20
10	142,88	16,67
11	147	20

## Densidad poblacional baja – Factores que intervienen

A lo largo de los años, las personas de todos los rincones del planeta se han visto obligadas directa o indirectamente a migrar de una región a otra dentro de su mismo territorio patrio o a su vez cruzando fronteras que van más allá de sus territorios. La densidad poblacional se la emplea para obtener la cantidad de individuos que habitan por unidad de superficie; es decir, se trata del promedio de personas de una región o de un país que existe en relación con una cierta unidad superficial.

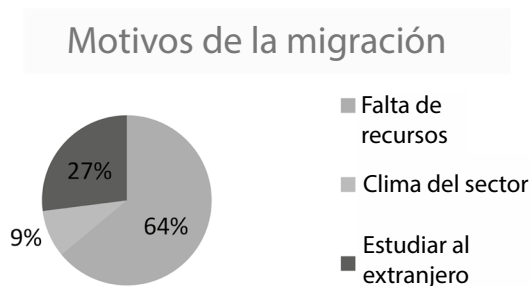
Resulta incomprensible observar a países como Rusia y EE. UU., que se encuentren por debajo de países como San Marino, Barbados; estos como una de las naciones más densamente pobladas, la razón es muy sencilla, si bien EE. UU. cuenta con una mayor superficie territorial en comparación a Barbados, que cuenta con una menor capacidad superficial; la razón es que al poseer un amplio espacio territorial sus habitantes se encuentran localizados bastante lejos en comparación a países como Barbados o San Marino, en donde sus poblados se encuentran cercanos y en su defecto bien aglomerados en sectores reducidos. Es necesario recalcar que no podemos asemejar a un país (ciudad) densamente poblado con las naciones de mayor población (Klasen y Nestmann, 2006).

La migración es uno de los factores determinantes cuando se estima si un lugar se encuentra con alta o con baja densidad poblacional, debido a que se relaciona a mayor migración su densidad poblacional se verá reducida, contrario a que a menor migración su densidad poblacional será se mantendrá o por su defecto aumentará, debido a otros factores que no están sujetos en este estudio, como lo son la tasa de natalidad y mortalidad. A su vez se representa los porcentajes de las causas por los cuales se produce una migración poblacional; dando como resultado la figura 1.



**Figura 1**

*Puntos de recolección de datos*



Como se observa en la tabla 6 se encuentran los resultados arrojados de las encuestas realizadas en la parroquia Mucho Lote 2, en donde se observa los motivos por los cuales se produjo la migración de personas que dejaron el sector, siendo uno de los factores que inciden para que exista una baja densidad poblacional en un determinado sector.

**Tabla 6**

*Factores que provocan densidad de población baja*

Motivos de una baja densidad poblacional (migración)	Número de personas
Falta de recursos	7
Clima del sector	1
Estudiar al extranjero	3
Total	11

## **Problemática ambiental**

Durante el recorrido que se realizó el día 29 de noviembre del 2018, para la toma de muestras por los diferentes puntos establecidos, se pudo observar cómo una empresa que se encuentra situada estratégicamente en las cercanías del río, descargaba sus desechos líquidos directo al afluente sin el control y el tratamiento necesario a la cual debe estar sujetos ese tipo de desechos. Así como también se pudo



palpar que muchas de las personas que habitan cerca al río desechan gran parte de sólidos. Con todos estos atenuantes se pudo evidenciar que el río Daule es contaminado de forma constante; más aún con los resultados obtenidos de las muestras que se extrajeron, en la cual varía mucho el nivel de arsénico y respaldan la teoría de que evidentemente el río se encuentra contaminado.

Cabe recalcar que la contaminación por arsénico es una problemática mundial; si bien su impacto ambiental no se lo puede apreciar con tal magnitud que haga tomar conciencia en comparación con otros tipos más fuertes que existen. Sin embargo, la polución que generan las personas que se ubican en los alrededores del río, así como el mal manejo de sus desechos de algunas de las industrias localizadas estratégicamente cercanas al afluente, están provocando que su contaminación vaya en aumento sin imaginar el daño que este genera a la biodiversidad.

## **Transcendencia del arsénico**

Es importante realizar este estudio, para detectar el nivel de arsénico al que están expuestas las personas que, de una u otra manera, se sustentan con el agua del río Daule. Enfocándonos en el estudio realizado mediante las pruebas a las que serán sujetas estas muestras, si se logra demostrar que existe una elevada presencia de este elemento en el río Daule, se procederá a estudiar la trascendencia que produce la misma dentro de su densidad poblacional. Se debe enfatizar que el arsénico es un elemento natural que se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre; sin embargo, podría existir un elevado nivel de contaminación dentro del río, por este elemento, por descuido de las autoridades competentes, y a su vez causados por el mal manejo de los desechos, los cuales aún siguen siendo arrojados al río, siendo este sujeto de influencia en su densidad poblacional. Jaime Nebot, alcalde de la ciudad de Guayaquil, resaltó en una entrevista realizada por *El Telégrafo* (2015), que el líquido distribuido en la ciudad proviene del río Daule, esto evidencia la importancia que contiene el estudio de este proyecto y la información que se logre obtener mediante los resultados de sus pruebas.



## Materiales y métodos

### Recolección de muestras

Para poder llevar a cabo esta investigación se realizó un cronograma de actividades; luego de la aprobación del esquema, se procedió a tomar muestras del río, para ser exactos fueron once puntos estratégicos, de los cuales se repitió durante toda la tarde cuatro veces el mismo recorrido, para así poder tener las 44 muestras, las cuales luego serían sujetas de pruebas fisicoquímicas.

Figura 2

*Puntos de recolección de datos 1-8*



Figura 3

*Puntos de recolección de datos 9-11*



Tanto en la figura 2 como en la figura 3 se observan los once puntos a lo largo de la extensión del río Daule en donde se procedió a recolectar las muestras de agua para su estudio pertinente; así como las encuestas que se llevaron a cabo en los sectores aledaños a las tomas de muestras, las cuales servirán para determinar si existe o no una correlación entre la densidad poblacional y el nivel de arsénico en el río Daule.

## **Procedimiento de las pruebas fisicoquímicas**

De esta forma, se plantearon los objetivos específicos:

1. Identificar si el nivel de arsénico del agua del río Daule es la misma en su extensión.
2. Comparar datos tomados del nivel de arsénico en los diferentes puntos del río Daule.

Para cumplir con estos objetivos se adquirió un kit de arsénico para realizar las respectivas evaluaciones, los pasos que se van a llevar a cabo serán los siguientes:

- Comprar el kit de arsénico.
- Entrenamiento para el desarrollo de pruebas.
- Tomar las muestras pertinentes y depositarlas en los tubos de ensayo correspondientes.
- Insertar la tira de ensayo de tal forma que la almohadilla cubra la abertura pequeña, cerrar la pestaña y presionar para asegurarla.
- Llenar el frasco de reacción con muestra hasta la línea de carga (50 ml).
- Agregar un sobre de reactivo en polvo 1 a la muestra, mezclar haciendo girar la muestra.

- Agregar un sobre de reactivo en polvo 2 a la muestra, mezclar y esperar durante tres minutos.
- Agregar un sobre de reactivo en polvo 3 a la muestra, mezclar y esperar durante dos minutos.
- Agregar una cucharada de reactivo 4 a la muestra y mezclarla.
- Agregar un sobre de reactivo en polvo 5 a la muestra y mezclarla.
- Tapar de inmediato el frasco de reacción y mezclar la solución.
- Esperar entre 30 y 35 minutos a que se produzca la reacción.
- Extraer la tira de ensayo y comparar inmediatamente el color obtenido con el gráfico que se observa en el frasco de tiras de ensayo.

Luego se procederá a realizar la comparación de los datos obtenidos para su posterior estudio. Además de realizar la correlación entre estos valores y los lugares poblacionales existentes en los alrededores de los puntos tomados.

## Equipo utilizado – Medición de arsénico

Durante el recorrido, que tuvo como finalidad recopilar las 44 muestras de agua del río, para posterior realizar las pruebas fisicoquímicas, se utilizó un kit de arsénico, el cual contiene cinco reactivos en polvo que serán mezcladas con las muestras recopiladas en los tubos de ensayo, el tiempo máximo permisible para obtener el resultado es de cuarenta minutos, el cual se verá reflejado en las tiras reactivas de arsénico, y las unidades obtenidas serán ppb (partes por mil millones), y esto es equivalente a  $\mu\text{g/L}$ , una molécula de un billón de moléculas.



**Figura 4**  
*Kit de arsénico*



## Resultados y discusión

Mediante la prueba SPSS se realizó la prueba Kolmogorov-Smirnov, tabla 7, con los datos obtenidos respecto al promedio de la densidad poblacional y el promedio del contaminante que está sujeto a este proyecto, el arsénico. Esta prueba nos sirve como apoyo para determinar qué tipo de coeficiente de correlación se utilizará para obtener el objetivo específico. Para demostrar el objetivo general: “Comprobar la relación entre la densidad poblacional del cantón Guayaquil y el nivel de arsénico en las riberas del río Daule” se formula la siguiente hipótesis.

$H_0$ : No existe relación entre el arsénico y la densidad poblacional.

$H_g$ : Existe una correlación entre el nivel de arsénico y la densidad poblacional.

**Tabla 7**  
*Resumen de contrastes de hipótesis*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de arsénico es normal con la media 18,107 y la desviación estándar 1,90.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,008	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de densidad poblacional es normal con la media 131,517 y la desviación estándar 17,75.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,200	Conservar la hipótesis nula.

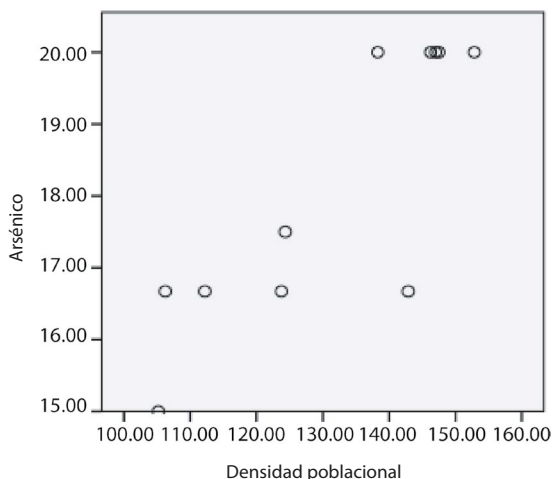
Basándose en la significancia bilateral que arroja como resultado 0,001; se acepta la hipótesis de la investigación  $H_g$ , es decir, existe una rela-

ción significativa entre la densidad poblacional y el arsénico, como lo representa la tabla 8, debido a que su coeficiente de relación es menor al nivel de significancia 0,05. Por tal motivo podemos deducir que a medida que la densidad de la población va en aumento se incrementa el nivel de contaminación por arsénico en su extensión. Por otro lado, si su densidad poblacional disminuye, debido a factores como la migración, su nivel de contaminación puede mantenerse o también puede causar una pequeña disminución porcentual.

**Tabla 8**  
**Correlaciones**

			Habitantes	Arséni- co
Rho de Spearman	Densidad poblacional	Coefficiente de correlación	1	0,851
		Sig. (bilateral)		0,001
		N	11	11
Arsénico	Arsénico	Coefficiente de correlación	0,851	1
		Sig. (bilateral)	0,001	
		N	11	11

**Figura 5**  
*Relación entre el arsénico y la densidad poblacional*



En la figura 5 se puede observar la relación que existe entre el arsénico y la densidad poblacional, tomándola como variable independiente por cada sector y como variable dependiente al nivel del contaminante presente. Se aprecia que en los sectores con mayor contaminación por arsénico son los puntos en donde su densidad poblacional es mayor, así como se observa que el punto con menor contaminación es el sector en donde su densidad poblacional es baja.

Para identificar si el nivel de arsénico del agua del río Daule es la misma en su extensión, se plantearon las siguientes hipótesis.

$H_0$ : El nivel de arsénico es el mismo en toda su extensión.

$H_1$ : El nivel de arsénico es diferente en toda su extensión.

Para lo cual se analiza la posibilidad de realizar el análisis de varianza; para realizar esta prueba es necesario que los datos sean datos aleatorios y normales, ver la tabla 9.

**Tabla 9**

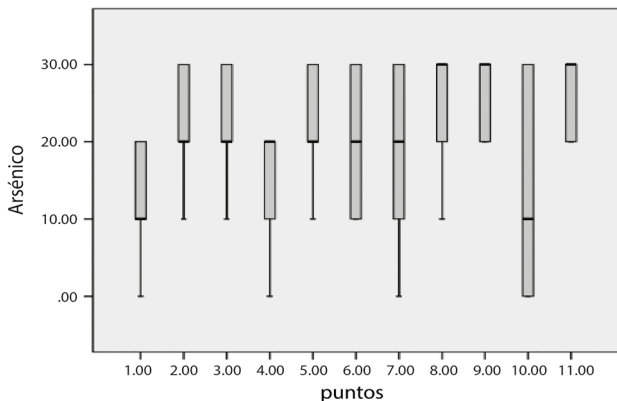
*Resumen de contrastes de hipótesis*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La secuencia de valores definidos por arsénico $\leq 20$ y $> 20$ es aleatorio.	Prueba de ejecución de una muestra	1	Conservar la hipótesis nula.
La distribución de arsénico es normal con media 18,41 y desviación estándar 9,631.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	0,000	Rechazar la hipótesis nula.

En la tabla 9 se comprueba que los datos son aleatorios, pero no son normales, por lo tanto, el análisis de varianza no se puede efectuar en esta prueba. Para la comprobación de esta hipótesis es necesario realizar una prueba no paramétrica.

**Figura 6**

*Diagrama de cajas*



En la figura 6 se observan los datos en los once puntos que tuvieron como objeto este estudio, aparentemente existen diferencias con respecto al primer punto con relación al último punto, sin embargo, es necesario realizar una prueba de hipótesis basadas en los grupos de los cuales se plantea la siguiente hipótesis, se utiliza esta siguiente hipótesis debido a que los datos no son normales.

$H_0$ : La mediana en los grupos son iguales.

$H_1$ : Existen medianas que son diferentes.

Mediante la siguiente tabla 10, se observa retener la hipótesis nula; es decir, la mediana del arsénico es el mismo a través de la categoría de los puntos, por lo que se concluye que el nivel de arsénico es el mismo en toda la extensión del río Daule.





**Tabla 10**

*Resumen de contrastes de hipótesis*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Las medianas de arsénico son las mismas en todas las categorías de puntos.	Prueba media de muestras independientes	0,799	Conservar la hipótesis nula.
La distribución de arsénico es la misma en todas las categorías de puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,465	Conservar la hipótesis nula.

Con respecto al segundo objetivo específico, el de comparar los datos tomados del nivel de arsénico en los diferentes puntos del río Daule con los valores establecidos como niveles permisibles. Se procedió con la prueba de hipótesis para muestras pequeñas (prueba T), debido a que el número de elementos que conforman esta prueba es menor a 30. Como se logra apreciar en la tabla 11, se plantearon las siguientes hipótesis:

$H_0$ : El nivel de arsénico es igual a los niveles establecidos como permisibles, para este caso igual a 10 ppb.

$H_2$ : El nivel de arsénico es diferente a los niveles establecidos como niveles permisibles, diferente a 10 ppb.

Se observa que el valor de significancia bilateral es menor a 0,05 se procede a rechazar  $H_0$  y se acepta la hipótesis de la investigación, es decir, que el nivel de arsénico es diferente de 10 el cual es el valor establecido como nivel permisible, el total de promedio del arsénico arroja como resultado 18,33 ppb el cual es mayor a 10 ppb.

**Tabla 11**

*Prueba de muestra única*

Valor de prueba = 10					
95 % de intervalo de confianza de la diferencia					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Inferior	Superior
14,133	10	0,000	8,10727	6,8291	9,3855



## Conclusiones

Por medio de los resultados obtenidos se puede concluir que el nivel de la densidad poblacional afecta en gran medida al índice de contaminación por arsénico, a medida que la población se va incrementando los índices de contaminación van a aumentar; sin embargo, se recomienda realizar más estudios a medida que trascurren los años, para observar su comportamiento, ya que este es un estudio preliminar y de aporte investigativo para investigaciones futuras. De tal manera se observa que los niveles de arsénico son muy variables en todos los once puntos en los que se centró su estudio, así como su variación de sus niveles a medida que trascurrían las pruebas. Esto se debe a que en ciertos sectores se ubicaban industrias que arrojaban sus desechos al río. En estos lugares su nivel de arsénico era elevado en comparación con los sectores en donde se ubican pequeñas y medianas residencias. Se recomienda realizar un control de los desechos de estas industrias ubicadas en las riberas del río Daule para así evitar que su contaminación se extienda.

## Recomendaciones

Para prevenir efectos ocasionados por la contaminación de arsénico en el río Daule dentro de su densidad poblacional, se debe identificar qué tan contaminado se encuentra el mismo, para luego aplicar las siguientes recomendaciones. Afrontar el problema con responsabilidad, e identificar las consecuencias que produce la contaminación del río Daule, en las personas que se sitúan a su alrededor, valiéndonos de las pruebas obtenidas con anterioridad. Capacitar y orientar a la población de los riesgos que esto puede producir en su salud, con el pasar de los años, para que puedan tomar medidas que le ayuden a contrarrestar los problemas que esto les genere. Demostrar mediante la metodología empleada en este proyecto que no es del todo cierto que el gran modelo éxito de la ciudad de Guayaquil se encuentre presente en este sector.



## Referencias bibliográficas

- Becker, S. y Ferrara, A. (2019). Consequences of forced migration: A survey of recent findings. *Labour Economics*, 59, 1-16. <https://doi.org/gfz6ww>
- Bhowmick, S., Pramanik, S., Singh, P., Mondal, P., Chatterjee, D. y Nriagu, J. (2018). Arsenic groundwater of West Bengal, India: A review of human health risks and assessment of intervention options. *Science of The Total Environment*, 612, 148-169. <https://doi.org/gk7nh4>
- Cagnin, R., Quaresma, V., Chaillou, G., Franco, T. y Bastos, A. (2017). Arsenic enrichment sediment on the eastern continental shelf of Brazil. *Science of The Total Environment*, 607-608, 304-316. <https://doi.org/jncc>
- Cheng, Y., Chang, Y., Cheng, H., Shen, K., Sung, J. y Guo, H. (2018). Associations between arsenic drinking water and occurrence of end-stage renal disease with modifications by comorbidities: A nationwide population-based study Taiwan. *Science of The Total Environment*, 626, 581-591. <https://doi.org/gjhffk>
- Chi, S., Hu, J., Zheng, J. y Dong, F. (2017). Study on the effects of arsenic pollution on the communities of macro-invertebrate Xieshui River. *Acta Ecológica Sinica*, 37(1), 1-9. <https://doi.org/jncd>
- De la Croix, D. y Gobbi, P. (2017). Population density, fertility, and demographic convergence developing countries. *Journal of Development Economics, Elsevier*, 127(C), 13-24. <https://cutt.ly/jZTakM5/>
- Devi, P., Thakur, A., Lai, R., Saini, S., Jain, R. y Kumar, P. (2018). Progress in the Materials for Optical detection of Arsenic in Water. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110. <https://doi.org/gmkcnm>
- Fowler, B., Selene, C., Chou, J., Robert, J., Dexter, L., Sullivan, W. y Chen, C. (2015). Arsenic. *Handbook on the Toxicology of Metals* (Fourth Edition), II, 581-624).
- Gobierno Autónomo Descentralizado – Ilustre Municipalidad del cantón Daule. (2015). *Plan de desarrollo territorial del cantón Daule 2015-2025*. <https://cutt.ly/BZTs3hG/>
- Grove, M. (2016). Population density, mobility, and cultural transmission. *Journal of Archaeological Science*, 74, 75-84. <https://doi.org/gf5xph>
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill Interamericana.
- Klasen, S. y Nestmann, T. (2006). Population density and technological change. *CESifo Working Paper*, 1209, Center for Economic Studies and ifo Institute (CESifo) <https://cutt.ly/0ZTsDiN/>



- Martínez-Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo*, 13.ª ed., (p. 872). Ecae Ediciones. <https://cutt.ly/kZuKLjS/>
- Mellor, J. (2014). High rural population density Africa – What are the growth requirements and who participates? *Food Policy*, 48, 66-75. <https://doi.org/f6ft2j>
- Pal, P. (2015). Chapter 1: Introduction to the Arsenic Contamination Problem. Rahman, M., Sohel, N., Yunus, F., Alam, N., Nahar, Q., Streatfield, P. y Yunus, M. (2019). Arsenic exposure and young adult's mortality risk: A 13-year follow-up study Matlab, Bangladesh. *Environment International*, 123, 358-367. <https://doi.org/jncf>
- Redacción. (17 de noviembre de 2015). Nebot insiste en que el agua de la ciudad llega del río Daule. *El Telégrafo*. <https://cutt.ly/hZTdyDA/>
- Singh, C., Kumar, A. y Bindal, S. (2018). Arsenic contamination Rapti River Basin, Terai region of India. *Journal of Geochemical Exploration*, 192, 120-131. <https://doi.org/gdzthk>
- Singh, R., Singh, S., Parihar, P., Singh, V. P. y Prasad, S. M. (2015). Arsenic contamination, consequences and remediation techniques: a review. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 112, 247-70. <https://doi.org/f6tkrt/>
- Song, J., Tong, X., Wang, L., Zhao, C., Prishchepov, A. (2019). Monitoring finer-scale population density urban functional zones: A remote sensing data fusion approach. *Landscape and Urban Planning*, 190, 103580. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.05.011/>

