



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Eficiencia de la Fotocatálisis con Plata (Ag) para la Inactivación de Coliformes Totales Presente en Agua de Pozo del AA.HH Márquez Ubicado en la Provincia Callao-2018”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Soto López, Luis Miguel

ASESOR:

Dr. Cabrera Carranza, Carlos

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2018-I

PÁGINA DEL JURADO

**Dr. Cabrera Carranza Carlos
(VOCAL)**

**Dr. Benites Alfaro Elmer
(PRESIDENTE)**

**Mg. Peralta Medina Juan Alberto
(SECRETARIO)**

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres, quienes han sido parte fundamental para desarrollar esta investigación, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas, impulsándome a culminar esta etapa académica y son los principales intérpretes de este objetivo de vida alcanzado.

AGRADECIMIENTOS

A todos los docentes, asesores y profesionales que brindaron apoyo y esfuerzo para poder lograr culminar esta investigación, por esto agradezco a:

Dr. Cabrera Carranza Carlos, los Docentes Ordoñez Juan Julio y Peralta Medina Juan Alberto quienes me guiaron y aconsejaron para mejorar cada parte de esta investigación.

Mi familia; mi madre Juana Modesta López Bautista, mi padre Víctor Soto Fernández quienes me apoyaron en todo momento a lo largo de mi vida.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, LUIS MIGUEL SOTO LOPEZ, con DNI N° 77026657, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Ambiental, Escuela de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, de julio del 2018

Luis Miguel Soto López
DNI N° 77026657

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“Eficiencia de la Fotocatálisis con Plata (Ag) para la inactivación de Coliformes Totales presentes en Agua de Pozo del AA.HH Márquez ubicado en la Provincia Callao-2018”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de la aprobación para obtener pasar el curso.

El Autor

Índice

RESUMEN	1
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 TRABAJOS PREVIOS	4
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	10
1.3.1. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA.....	10
1.3.3. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS TOMADOS DE LA MUESTRA DEL AGUA DE POZO.....	11
1.3.3.1 PARÁMETROS FÍSICOS	11
1.3.2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS	12
1.3.2.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	13
1.3.3. MÉTODOS DE DESINFECCIÓN.....	13
1.3.4. SEMICONDUCTORES FOTOCATALÍTICOS	17
1.3.5. APLICACIONES DE LOS MATERIALES FOTOCALÍTICOS.....	18
1.3.5.1 FOTORREACTORES.....	19
1.3.5.2 COLECTOR O REACTOR SOLAR.....	19
1.3.6. DE ACUERDO AL ESTADO DEL CATALIZADOR.....	19
1.3.7. MATERIALES PARA EL AUMENTO DE LA TRABAJABILIDAD Y EFICIENCIA DEL CATALIZADOR.....	20
1.3.7.1 BURBUJAS O MICROESFERAS DE VIDRIO	20
1.3.7.2 FOTODOPADO	20
1.3.8. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE FOTOCATÁLISIS	20
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.4.1 PROBLEMA GENERAL	21
1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	22
1.5 JUSTIFICACIÓN	22

1.6. HIPÓTESIS	23
1.6.1 Hipótesis General.....	23
1.6.2 Hipótesis Específico	23
1.7 OBJETIVOS	23
1.7.1 Objetivo general.....	23
1.7.2 Objetivos específicos	23
II. MÉTODO	24
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	24
2.1.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1.1.1 PREPARACIÓN DE LOS CATALIZADORES CON Y SIN PLATA (Ag)	25
ELABORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA CON PLATA (Ag).....	29
2.1.1.2 FABRICACIÓN DEL CONCENTRADOR DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.....	31
2.1.1.3 ANÁLISIS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA.....	32
2.1.1.4 INACTIVACION DE COLIFORMES TOTALES POR MEDIO DE FOTOCATÁLISIS.....	35
2.1.1.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PREPARACIÓN DE LOS CATALIZADORES Y DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.....	36
2.2 VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	38
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	40
2.3.1. MUESTREO.....	40
2.4.1 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	42
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	42
2.6 ASPECTO ÉTICO:	42
III. RESULTADOS	44
3.1 ELABORACIÓN LA COMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA	44
3.2 ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE AGUA	47

Turbidímetro Portátil EZDO TUB-430	48
3.3 PRUEBA PRELIMINAR DE LA INACTIVACIÓN DE COLIFORME TOTALES	50
3.4 PRUEBA DEFINITIVA DE LA INACTIVACIÓN DE COLIFORMES TOTALES	52
3.4.1 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN MICROBIOLÓGICA Y PH.....	55
3.5 Prueba de Normalidad.....	61
3.5.1 Normalidad para la eficiencia Fotocatalítica para eliminación de los Coliformes Totales del tratamiento Fotocatálisis con y sin plata.	61
VI DISCUSIONES	63
V. CONCLUSIONES.....	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:.....	68
ANEXOS	71
ANEXO N° 1: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO.....	71
ANEXO N° 2: FICHAS TÉCNICA DE DATOS DE EXPERIMENTACIÓN.....	74
ANEXO N° 3: FOTOGRAFÍAS	77
ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA Y CONSTANCIA DEL LABORATORIO	81

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Resultados del tratamiento por fotólisis y fotocatalisis	7
<i>Figura 2.</i> Espectro electromagnético con diferentes longitudes de onda existentes.....	14
<i>Figura 3.</i> Espectro electromagnético de la luz visible y la radiación ultravioleta.....	15
<i>Figura 4.</i> Esquema del proceso Fotocatalítico en una partícula semiconductor.....	17
<i>Figura 5 .</i> Catalizadores con y sin plata (Ag) para eliminar la mayor cantidad de Coliformes Totales presente en el Agua de pozo, con tres repeticiones en tiempos diferente.	24
<i>Figura 6.</i> Homogenización de los semiconductores (ZnO-TiO ₂).....	25
<i>Figura 7.</i> Homogenización de los semiconductores (ZnO-TiO ₂) con el Cemento portland y Cuarzo.....	26
<i>Figura 8.</i> Compactación de la mezcla homogénea en moldes cilíndricos	27
<i>Figura 9.</i> Molde rectangular de metal.....	29

<i>Figura 10.</i> Semiconductores (ZnO-TiO ₂) rociados con plata (Ag)	30
<i>Figura 11.</i> Calcinación de la mezcla homogénea de (TiO ₂ – ZnO, rociados con plata (Ag)	30
<i>Figura 12.</i> Concentrador de la radiación ultravioleta	32
<i>Figura 13.</i> Materiales y equipos para la preparación del medio de cultivo de los Coliformes Totales	34
<i>Figura 14.</i> Operación del proceso de la Fotocatálisis.....	35
<i>Figura 15.</i> Diagrama de flujo de la elaboración de la composición Fotocatalítica sin Plata (Ag).....	36
<i>Figura 16.</i> Diagrama de flujo de la elaboración de la composición Fotocatalítica con plata (Ag).....	37
<i>Figura 17.</i> Diagrama de flujo de la desinfección del agua.....	37
<i>Figura 18.</i> Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) solidificado de forma cilíndrica.....	45
<i>Figura 19.</i> Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) solidificado de forma rectangular ...	46
<i>Figura 20.</i> Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) solidificado de forma rectangular. ..	47
<i>Figura 21.</i> Análisis microbiológico preliminar de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica sin plata (Ag)	51
<i>Figura 22.</i> Análisis microbiológico preliminar de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica con plata (Ag).....	52
<i>Figura 23.</i> Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) en 60 minutos	53
<i>Figura 24.</i> Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) en 120 minutos.....	53
<i>Figura 25.</i> Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica con plata (Ag) en 60 minutos.....	54
<i>Figura 26.</i> Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica con plata (Ag) en 120 minutos.....	55
<i>Figura 27.</i> Preparación del Nitrato de plata a concentración de 0.1M.....	78
<i>Figura 28.</i> Aplicación del Nitrato de plata a 0.1 M en los semiconductores (ZnO-TiO ₂)....	79
<i>Figura 29.</i> Muestras tratadas con las composiciones Fotocatalíticas con palta y sin plata	79
<i>Figura 30.</i> Análisis microbiológicos de la prueba preliminar de la Fotocatálisis	79
<i>Figura 31.</i> Medio de cultivo de prueba definitiva de la Fotocatálisis.....	80
<i>Figura 32.</i> Incubación de los cultivos microbiológicos.....	80
<i>Figura 33.</i> Conteo de las unidades formadoras de colonia	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Resultados del ensayo en efluente de lavandería domestica</i>	9
Tabla 2: <i>Resultados del ensayo en efluente de lavandería industrial</i>	9
Tabla 3. <i>Toma de Muestra</i>	40
Tabla 4. <i>Técnica e Instrumento</i>	41
Tabla 5. <i>Prueba de Cantidades de materiales para la elaboración de la composición Fotocatalítica</i>	44
Tabla 6. <i>Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica sin plata (Ag)</i>	44
Tabla 7. <i>Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica sin plata (Ag) de la nueva relación propuesta en la presente investigación.</i>	45
Tabla 8. <i>Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica con plata (Ag) de la nueva relación propuesta en la presente investigación.</i>	46
Tabla 9. <i>Caracterización de la Muestra.</i>	47
Tabla 10. <i>Prueba preliminar de la Inactivación de Coliformes Totales por las composiciones Fotocatalíticas con y sin Plata (Ag)</i>	50
Tabla 11. <i>Prueba definitiva de la Inactivación de Coliformes Totales por las composiciones Fotocatalíticas sin plata (Ag)</i>	52
Tabla 12. <i>Prueba definitiva de la Inactivación de Coliformes Totales por las composiciones Fotocatalíticas con plata (Ag).</i>	53
Tabla 13. <i>Promedio de las variaciones microbiológicas y del pH por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag)</i>	58
Tabla 14: <i>Prueba de normalidad del tratamiento fotocatalisis con y sin plata</i>	61

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39
<i>Cuadro 2. Variación Microbiológica por las composiciones Fotocatalíticas sin plata.</i>	55
<i>Cuadro 3. Variación del pH por las composiciones Fotocatalíticas sin plata.</i>	56
<i>Cuadro 4. Variación Microbiológica por las composiciones Fotocatalíticas con plata</i>	57
<i>Cuadro 5. Variación del pH por las composiciones Fotocatalíticas con Plata</i>	58
<i>Cuadro 6. Variación Microbiológica por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata</i>	59
<i>Cuadro 7. Variación del pH por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata</i>	60

<i>Cuadro 8.</i> Normalidad de la eficiencia Fotocatalítica con plata	62
<i>Cuadro 9 .</i> MATRIZ DE CONSISTENCIA. "EFICIENCIA DE LA FOTOCATÁLISIS CON PLATA PARA LA INACTIVACIÓN DE LOS COLIFORMES TOTALES PRESENTE EN AGUA DE POZO DEL AA.HH MÁRQUEZ UBICADO EN LA PROVINCIA CALLAO-2018"	81

RESUMEN

La Fotocatálisis Heterogénea es aplicada como método de desinfección en agua, debido a que tiene la capacidad de mejorar la calidad microbiológica, eliminando o inactivando bacterias Coliformes de cualquier origen. Se consideró esta metodología de desinfección en el presente trabajo de investigación, determinando si la eficiencia es mayor aplicando la Fotocatálisis con plata sobre una agua procedente de un pozo.

Para desarrollar esta metodología de desinfección, primero se preparó los catalizadores con plata y sin plata, elaborando composiciones Fotocatalíticas a base de la mezcla del cemento, cuarzo, dos semiconductores (TiO_2 y ZnO) y el dopaje con plata. Se recolectó una muestra de agua de pozo de 30 litros, ubicado en AA.HH Márquez en la provincia de Callao, se llevó al laboratorio para medir los parámetros físico-químico y microbiológico.

Se escogió como variable principal el indicador microbiológico Coliformes Totales, y la medición de este parámetro en el agua de pozo, resultó que inicialmente tenía 146 UFC/100ml.

Para medir la eficiencia de la Fotocatálisis con plata, se puso a prueba un catalizador con plata y otro sin plata, se programó dos tiempos de tratamiento (60 y 120 min) para cada catalizador, bajo exposición a la radiación Ultravioleta-A con una longitud de onda (360-400nm) en un concentrador del espectro electromagnético.

Los resultados obtenidos después del tratamiento fueron alentadores se pudo observar que aplicando el catalizador sin plata el promedio de la eficiencia de eliminación o inactivación de los Coliformes Totales en 60 minutos fue de 45.4 % y el 120 minutos de 59.6 %, y para el catalizador con plata el promedio de la eficiencia de eliminación o inactivación de los Coliformes Totales en 60 minutos fue de 72.6 % y el 120 minutos de 93.2 %, concluyendo así que la mayor inactivación de los Coliformes Totales se da en 120 minutos y además la eficiencia es mayor cuando se utiliza el catalizador con plata para la Desinfección.

Palabras claves: Fotocatálisis Heterogénea, Coliformes Totales, Eficiencia, Semiconductores, Radiación ultravioleta.

SUMMARY

Heterogeneous Photocatalysis is applied as a disinfection method in water, because it has the capacity to improve the microbiological quality, eliminating or inactivating Coliform bacteria of any origin.

This disinfection methodology was considered in the present research work, determining if the efficiency is greater by applying the photocatalysis with silver on a water coming from a well.

To develop this disinfection methodology, the silver and silver-free catalysts were first prepared, preparing photocatalytic compositions based on the mixture of cement, quartz, two semiconductors (TiO₂ and ZnO) and doping with silver. A well water sample of 30 liters was collected, located in AA.HH Márquez in the province of Callao, it was taken to the laboratory to measure the physical-chemical and microbiological parameters.

The microbiological indicator Coliformes Totales was chosen as the main variable, and the measurement of this parameter in the well water, resulted that initially it had 146 CFU / 100ml.

To measure the efficiency of Photocatalysis with silver, a catalyst with silver and another without silver was tested, two treatment times (60 and 120 min) were programmed for each catalyst, under exposure to Ultraviolet-A radiation with a length wave (360-400nm) in a concentrator of the electromagnetic spectrum.

The results obtained after the treatment were encouraging. It can be observed that applying the catalyst without silver, the average elimination efficiency or inactivation of the Total Coliforms in 60 minutes was 45.4% and 120 minutes of 59.6%, and for the catalyst with silver the average efficiency of elimination or inactivation of the Total Coliforms in 60 minutes was 72.6% and 120 minutes of 93.2%, thus concluding that the highest inactivation of the Total Coliforms occurs in 120 minutes and also the efficiency is higher when the catalyst is used with silver for disinfection.

Keywords: Heterogeneous Photocatalysis, Total Coliforms, Efficiency, Semiconductors, Ultraviolet radiation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad en distintos lugares del Perú no cuentan con un servicio de agua y desagüe, la cual repercute a utilizar y consumir agua de distintas procedencias, tales como el agua que traen los camiones cisternas o de acuíferos subterráneos, siendo este último un problema mayor en ciudades de provincia y parte de la región Sierra.

Según (Calsin, 2016, P.7), en su investigación, realizó un estudio de la calidad física, química y bacteriológica de agua subterráneas de consumo humano en Trapiche III de la ciudad de Juliaca, Puno, dando a conocer que en la ciudad el 31% de abastecimiento de agua de consumo humano es procedente de los pozos sin un tratamiento alguno; debido a la escases de agua y a la sobrepoblación existente, los pobladores de bajo recurso optan por ingerir estas aguas que demostraron no ser aptas para el consumo humano debido a la gran cantidad de contaminantes físicos, químicos y bacteriológicos. Las manifestaciones de algunos pobladores es que se animan consumir y utilizar el agua de pozo después de haberlo clorado.

En la comunidad de Chacas se realizaron estudios por una ONG en convenio con la Universidad Nacional de Juliaca y se reportó que en 14 pozos evaluados la calidad del agua no era apta para consumo humano ya que contenía alta cantidad de Coliformes esto fue publicado por (RPP noticias, 2014), al igual que en la ciudad Pacasmayo en la región de la Libertar, el resultado del análisis bacteriológicos del agua de consumo humano no era apta debido a la gran cantidad que contenía de Coliformes Fecales.

En otros regiones del país también se hicieron estudios acerca de la calidad bacteriológica del agua, en la revista de (Salud pública, 2016), publicó que Cajamarca, Huancavelica y Huánuco durante el 2012 -2013 se evaluó la presencia de Coliformes Totales y E.coli de un muestreo probabilístico, estratificado en 706 viviendas dando como resultado que la mayoría de muestra de agua tenía mala calidad bacteriológica con evidencia de Coliformes Totales y Las tres cuartas partes de los hogares de Cajamarca, la tercera parte de

Huancavelica y casi la quinta parte de Huánuco tuvieron *E. coli* en el agua de consumo humano.

Según (Poma, 2016) en su investigación detecto la presencia de Coliformes Totales en agua de Pozo de un Asentamiento ubicado en la Provincia del Callao, los pobladores cerca a este pozo lo utilizan como principal fuente de agua para realizar sus actividades diarias.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Higera [et al.]. (2010); En el artículo "Evaluación de tres métodos para la inactivación de Coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego, tuvo como objetivo medir la eficiencia de tres métodos (Lagunaje, Desinfección química y Fotocatálisis con óxido de titanio) para la inactivación de Coliformes Totales y *E.coli* en agua residual doméstica empleada para riego agrícola, siendo este último método (fotocatálisis con TiO_2) el más eficiente con el 100% de inactivación de Coliformes Totales y *E.coli*, en 30 minutos por irradiación UV con energía mayor que la brecha de energía prohibida del semiconductor ($E_g \sim 3.4 \text{ eV}$) a escala de reactor.

Para el tratamiento Fotocatalítico con TiO_2 , se elaboraron películas de TiO_2 en láminas de vidrio, con una superficie de SiO_2 modificado $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$, además se sometió a sedimentarlo a 50°C y 450°C , también se valoró la adhesión del TiO_2 al sustrato por medio de difracción de rayos X, observándose así que al calcinarla por 1 hora a 450°C se mejoró la homogeneidad, adhesión al sustrato y menor desprendimiento del TiO_2 . Respecto a las prueba de riego, estas se realizaron por 30 días a escala de laboratorio en plantas de *Lactuca sativa variedad* Batavia regadas con agua procedente de los tres tratamientos antes mencionados, demostrando que no presentaba contaminación de Coliformes Totales y *E.coli* en las plantas que fueron regadas con agua procedente del tratamiento Fotocatalítico con TiO_2 , por lo contrario las planta que fueron regadas con agua de procedencia del tratamiento de Lagunaje y desinfección presentaron un incremento de dos poblaciones la cual generaba contaminación sobre la especie.

Según López, G; (2013); en su investigación "Aplicación de fotocátalisis heterogénea para la eliminación de *Escherichia coli* en agua de pozo para

consumo humano, en la comunidad Patricia Puertas del área natural protegida Colima, Municipio de Suchitoto, Departamento de Cuscatlán”, tuvo como objetivo desarrollar un método para desinfectar agua de pozo por medio de Fotocatálisis heterogénea con Dióxido de Titanio (TiO_2), antes de la prueba del tratamiento se tomaron muestras de agua de pozo, para caracterizar parámetros Físicos, Químicos y microbiológicos, los resultados iniciales de muestra sin tratar del indicador microbiológico fueron de 53 UFC/100 ml de Coliformes Totales y 48 UFC/100 de Coliformes Fecales, luego se procedió el tratado del agua con (TiO_2) en suspensión, para ello se utilizaron botellas de PET de 3 litros de capacidad, estas botellas fueron llenados con el agua de pozo ya caracterizada y posteriormente se le adiciono el (TiO_2) en concentraciones de 0.5 g/L, 1 g/L, 1.5 g/L y 2 g/L, luego se colocaron en un concentrador solar a exposición del sol en diferentes tiempo (30,60,90 y120 minutos) y se hicieron las pruebas de dichos parámetros por cada tiempo, hasta llegar a los 120 minutos. En el resultado de la Fotocatálisis Heterogénea, se determinó, que el tiempo y la concentración óptimos para eliminar el total de Coliformes Fecales, Coliformes Totales y el *Escherichia coli*, son 120 minutos y 2 g/L de (TiO_2).Después de medir el tiempo y la concentración optima, se determinó la capacidad de eliminación de *Escherichia coli*, haciendo el análisis microbiológico posterior por durante 8 días, la cual tuvo un resultado de presencia negativa de *Escherichia coli*.

Según Kurup, D; (2017); en su la investigación de “Photocatalytic Composition for Water Purification”, desarrolla la invención de compuestos Fotocatalíticos fraguables, la cual hace presente métodos para preparar estas composiciones y posteriormente usarlos para desinfectar agua, las composiciones están compuestas por dióxido de titanio (TiO_2) y óxido de zinc (ZnO), burbuja de vidrio y cemento aglutinantes, además también describe metodologías simples para dopar estas composiciones como compuestos metálicos como el Nitrato de Plata (AgNO_3), para extender la actividad Fotocatalítica, después de la fabricación de estos compuestos se hizo pruebas en aguas contaminadas con bacterias de tipo Enterobacterias y Aerobic, con el objetivo de medir la eficiencia del compuesto con y sin dopaje. Se colocó sobre un reactor muestra de agua de 100 ml, que anteriormente fueron analizadas y que inicialmente tenían 200 UFC/100 ml de

Enterobacteriaceae y 4000 UFC/100 ml de Bacterias Aerobic, luego se le adiciono las composiciones Fotocatalíticas con y sin dopaje de (Ag), además se colocó una muestra control sin ningún tipo de catalizador en reactor solar, estas muestras fueron expuesta en las siguientes condiciones, luz del sol, luz visible y en ausencia de luz, los resultados obtenidos fueron los siguientes: expuestas a la luz del sol, la eliminación total de Enterobacteriaceae según la muestra con (Ag-TiO₂-ZnO), (TiO₂-ZnO) y (control) fueron en tiempo de (1,4 y 8 horas) respectivamente; expuestas a la luz visible y en ausencia de luz, la eliminación total de bacterias solo se logró con la composición (Ag-TiO₂-ZnO), en (4 y 8 horas) respectivamente. Para la eliminación total de las bacterias Aerobic expuestas a la luz del sol y luz visible solo se logró con la composición (Ag-TiO₂-ZnO), en (1 y 6 horas) respectivamente, en ausencia de luz, la eliminación total de bacterias Aerobic no se pudo lograr, sin embargo hubo una reducción muy considerable en 2 horas con el compuesto (Ag-TiO₂-ZnO).

Según Pantoja, [et al.].(2015); en su investigación EFICIENCIAS COMPARATIVAS DE INACTIVACION DE BACTERIAS COLIFORMES EN EFLUENTES MUNICIPALES POR FOTOLISIS (UV) Y POR FOTOCATALISIS (UV-C/TiO₂/SiO₂). CASO: DEPURADORA DE AGUAS DE SALAMANCA, ESPAÑA, tuvo como objetivo la inactivación de las Bacterias *Escherichia.coli* y Coliformes Totales presentes en los efluentes municipales mediante Fotolisis (UV-C) y Fotocatálisis Heterogénea (UV-C/TiO₂/SiO₂). La muestra a tratar fue de 50 litros, recirculado en un caudal de 1000 L/h en un Fotorreactor (UV-C) con tomas de muestra en diferentes tiempos, durante 150 minutos de reacción. En el figura 1, se determinan UFC/100 ml que inicialmente tenía la muestra y los resultados después del tratamiento.

Tabla 2. Recuento de bacterias *Escherichia coli* y Coliformes Totales en experimentos en EMTB de la PTAR de Salamanca, España, para fotólisis (UV-C) y para fotocátalisis (UV-C/TiO₂/SiO₂).

Tiempo (min)	Fotólisis ^a				Fotocátalisis ^b			
	Experimento 1		Experimento 2		Experimento 1		Experimento 2	
	<i>E. coli</i>	CT ^c	<i>E. coli</i>	CT ^c	<i>E. coli</i>	CT ^c	<i>E. coli</i>	CT ^c
	(UFC/100 mL)							
0	15500	52000	14500	60000	23500	70000	13500	42000
1	7000	32000	10000	43500	20000	54500	5000	38500
3	3000	16500	6000	23000	6000	25000	4000	19000
5	500	2000	2500	5500	4000	7500	2500	3500
7	300	1400	1200	2050	2600	5700	1000	2500
10	0	500	450	1000	500	3000	500	1350
15	0	0	200	250	50	300	200	350
20	0	0	0	0	0	0	50	100
35	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0

Condiciones: Volumen (50 L), caudal (1000 L/h) y temperatura constante (15 °C)
Experimento 1: Experimentos iniciales de *E. coli* y CT^c para fotólisis y fotocátalisis
Experimento 2: Repetición de experimentos de *E. coli* y CT^c para fotólisis y fotocátalisis
Fotólisis^a: Con lámpara UV-C
Fotocátalisis^b: Con lámpara UV-C y fotocatalizador UBE (TiO₂/SiO₂)
CT^c: Coliformes totales.

Figura 1. Resultados del tratamiento por fotólisis y fotocátalisis

Se puede observar en la figura 1, los resultados de los análisis microbiológicos, donde la eliminación de la *E. coli* y CT por Fotólisis fue en 20 minutos y por Fotocátalisis en 35 minutos.

Según VILLA, K; GORDILLO, F; ZARATE, F. (2010); en el artículo publicado por la revista (The Biologist), EFICIENCIA FOTOCATALÍTICA DE PELÍCULAS MULTICAPAS TiO₂Ag/TiO₂ CRECIDAS POR MEDIO DE LA TÉCNICA SOL-GEL, tuvo como objetivos dopar el semiconductor TiO₂, con una composición metálica de AgNO₃ en una concentración de 15 % en un sustrato de vidrio portaobjetos y por medio de la técnica sol-gel usando una temperatura de sinterización de 600 °C. Las pruebas se midieron en la decoloración del azul de metilo y en la desinfección de Coliformes Totales y Termotolerantes y tuvo como resultado final una eficiencia de 66%,99% y 99% respectivamente.

Según SORIA, M; POWELL, A; APELLA, M. (2006); en la investigación AGUAS TRATADAS POR FOTÓLISIS Y FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA PARA INACTIVACIÓN BACTERIANA, tuvo como objetivos eliminar Bacterias en una muestra de agua de procedencia subterránea, con los métodos SODIS y FHS en determinados tiempo (4,6,8 horas) de exposición a la radiación solar, midiendo la intensidad, el método fue muy eficiente para días de verano y primavera ya que

en 4 horas pudo eliminar el total de las Bacterias de Coliformes, sin embargo para los días nublados y de invierno la eliminación de Bacterias fue bastante notable pero no llegó a la eliminación total.

Según POMA, K; (2016); en su investigación "Eficiencia del sistema de luz ultravioleta Fotocatalizada con Dióxido de Titanio como un prototipo para la eliminación de Coliformes Totales en las agua de pozo del Asentamiento Humano Márquez, Callao 2016", tuvo como objetivo determinar la eficiencia de Luz ultravioleta en Fotocatálisis Heterogénea con TiO_2 en un Fotorreactor con capacidad para aportar tres volúmenes diferentes ($V_1= 3000$ ml, $V_2= 5000$ ml, $V_3= 7000$ ml), de agua en determinados tiempo (5, 10,15 min). Los resultados en cuanto a la eficiencia fue de 100% de inactivación de Coliformes totales con el menor tiempo y el menor caudal tratado.

Según Garcés, L; Mejía, A; Peñuela, G; (2004), en la investigación "Fotodegradación con TiO_2 del colorante Rojo Amaranto en aguas", tuvo como objetivo analizar la degradación y mineralización del colorante rojo Amaranto por medio de Fotocatálisis Heterogénea del TiO_2 junto al Peróxido de Hidrogeno en un colector solar cilíndrico parabólico compuesto.

Las soluciones con colorante rojo amaranto fueron sintéticas preparadas en laboratorio en concentraciones de 100 mg/L con agua potable, los resultados de máximo porcentaje de degradación fue de 93.48 % para una concentración de TiO_2 de 150 mg/L y 2 ml /L de Peróxido de Hidrogeno.

Según Figueroa (2004), en su investigación "Degradación Fotocatalítica de detergentes en efluentes domésticos", tuvo como objetivo degradar Dodecilsulfonato de sodio (LAS), que es uno de los principales agentes tensoactivos de los detergente comerciales, por medio de Fotocatálisis en un sistema de $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2/\text{UV}$, sobre un reactor de lecho fluidizado.

La caracterización del semiconductor a emplear fue Mediante difracción de rayos X que confirmo la presencia del TiO_2 variedad de anatasa. Los ensayos fueron realizados en efluente de lavandería doméstica e industrial por tiempo de 4 y 8 horas, los resultados se mostraran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1: *Resultados del ensayo en efluente de lavandería doméstica*

Tiempo de lectura	Absorbancia a 652 nm	% de degradación	pH
0 horas	0.6479	0	5.8
4 horas	0.4535	31	n.d.
8 horas	0.3724	43	5.2

Fuente: Degradación Fotocatalítica de detergentes en efluentes domésticos

Tabla 2: *Resultados del ensayo en efluente de lavandería industrial*

Tiempo de lectura	Absorbancia a 652 nm	% de degradación	pH
0 horas	0.0931	0	5.4
4 horas	0.0815	12.4	n.d.
8 horas	0.0503	46.0	4.9

Fuente: Degradación Fotocatalítica de detergentes en efluentes domésticos

Según Calderón, G; (2014); en su investigación "Diseño y construcción del prototipo en línea de un sistema de tratamiento de agua residual a base de luz ultravioleta", se caracterizaron los Coliformes Totales en aguas residuales proveniente del proceso de hidratación de tallos florales de una plantación florícola, con el objetivo de aplicar un sistema de tratamiento de agua residual a base de luz ultravioleta y determinar su eficiencia por presencia o ausencia de Coliformes Totales, debido a que son considerados indicadores de la calidad de agua.

Para determinar la eficiencia de la luz ultravioleta, se utilizaron los variables caudal y tiempo. Se aplicaron ensayos en 5 caudales diferentes (Q1=3,61 ml/s, Q2= 4,17 ml/s, Q3= 16,03 ml/s, Q4= 57,87 ml/s, Q5= 102,56 ml/s), aplicando luz ultravioleta durante 5 minutos de exposición, tomando tres muestras por corrida.

Los resultados en cuanto a la eficiencia fue de 100% de inactivación de Coliformes Totales con el menor caudal tratado.

Según Casierra, H; Casalins, J; Vargas, X; Caselles, A; (2016), en la investigación "Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento

acoplado con fines de reúso”, tuvo como objetivo la desinfección de Coliformes Totales y Fecales, a través de la combinación de un sistema biológico con tecnologías de oxidación avanzada (TAO), para este proceso de tratamiento se aplicó Fotocatálisis solar utilizando peróxido de hidrógeno (UV solar/H₂O₂) en dosis de 3, 30 y 300 mg/l de H₂O₂ con un sistema de humedales de flujo subsuperficial (*Cyperus ligularis*) horizontal.

La eficiencia de este tratamiento obtuvo un grado de desinfección de 99.999% de Coliformes Totales y Fecales en un tiempo de 5 horas aplicando (UV solar/H₂O₂) con 3 días en el sistema de humedales de flujo subsuperficial (*Cyperus ligularis*) horizontal.

Según Guerra, L; (2001), en su investigación “Desinfección del agua con luz ultravioleta y energía solar fotovoltaica” tuvo como objetivo la desinfección del agua aplicando radiación ultravioleta de una lámpara, utilizando una fuente de energía proveniente de un panel solar fotovoltaico.

Se tomó como indicador de la desinfección la *Escherichia.coli*, reportándose que para una eficiencia de desinfección del 99.9 % se necesitó una radiación de 9,0 mWsec/cm² en 45 minutos.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

Según McJundin, (como se citó en López, 2013), Durante el recorrido del agua pueden contaminarse con patógenos de diferentes orígenes y características, para evaluar la calidad microbiológica con respecto a las enfermedades que se pueda transmitir, se realiza un análisis microbiológico en laboratorio que lograra contabilizar la cantidad de microorganismos patógenos presentes en el agua

Según OMS/OPS (como se citó en López, 2013). Para la transmisión de enfermedades dependerá de varios factores tales como, la cantidad de microorganismos descargados y presentes en el agua que se necesita ingerir, la supervivencia de los patógenos fuera del huésped, la resistencia a los procesos de tratamiento de agua.

El control de la calidad microbiológica del agua, se dificulta por la complejidad para ser analizada, la gran variedad y concentración de especies. En la necesidad

de hacer una evaluación rápida y sencilla, se busca indicadores de contaminación fecal aprobados por los estándares internacionales y nacionales (Marlen, 2014).

1.3.2. EFICIENCIA

Según la Real Academia Española (RAE), (como se citó en López, 2016, p. 13), es la capacidad de realizar un efecto determinado y cumplir objetivos en función a lo que está destinado, tomando en cuenta los insumos utilizados, mano de obra, tiempo de elaboración y ejecución o la selección los recursos más efectivos que se necesitaron para llegar al resultado esperado.

1.3.3. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS TOMADOS DE LA MUESTRA DEL AGUA DE POZO

1.3.3.1 PARÁMETROS FÍSICOS

TEMPERATURA

Según APHA (como se citó en Calsin ,2016), es una variable física que influye en la calidad del agua, cuando el cambio de temperatura repercute en el comportamiento de otros indicadores como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica, proliferación de plantas acuáticas, hongos y otras variables fisicoquímicas, biológicas.

SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD)

Según Rawson y Hooper (como se citó en López, 2013, P.7), es un parámetro para determinar la calidad del agua, que está relacionado con el grado de mineralización del agua, ya que son sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso, entre estos minerales se encuentra el carbonato, bicarbonato, clorato, sulfato, fosfato, nitrato, calcio, magnesio, sodio e iones orgánicos y su evaluación es el peso total de los constituyentes minerales presentes en el agua, por unidad de volumen.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

Capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, debido a la presencia de sustancias disueltas y el grado de mineralización, la medición de este parámetro es determinado por un electrodo conductimétrico y su unidad de medición es en microSiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Su valor es directamente proporcional a la concentración de los sólidos disueltos (Aznar, 2000, p. 8).

TURBIDEZ

La turbidez es producida por partículas de materia suspendidas en el agua sin disolver, que pueden absorber el calor, causando el aumento de la temperatura y una reducción de la transmitancia del haz de luz al atravesar la muestra de agua (La guía Metas, 2010, p. 2).

1.3.2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

pH O ÍNDICE DE HIDROGENO

El pH determina la intensidad del carácter ácido, neutro y alcalina, cuando expresión numérica del pH indica por debajo de 7 significa que la sustancia es ácida, valores de pH por encima de 7 indican que es alcalina y neutro si la concentración del ion hidrógeno es igual a la concentración de ion de hidroxilo. El pH es un parámetro de la calidad del agua debido a que tiene una relación con otros aspectos e indicadores y de gran importancia en todas las fases del tratamiento del agua para suministro, así mismo la variable temperatura repercute en la concentración del ion hidrógeno y el ion hidroxilos. (APHA, como se citó en Calsin, 2016)

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO)

Es un parámetro que mide la cantidad de materia a ser oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO/l). Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica (Cárdenas, como se citó en López, 2013, P.8).

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Es un parámetro que mide la cantidad de materia a ser oxidada por medios químicos que contiene una muestra líquida, se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO/l). ocurre una interferencia en este método, por la presencia de sustancias inorgánicas a ser oxidadas, ya que este pretende medir la cantidad de materia orgánica. (Cárdenas, como se citó en López, 2013, P.9).

OXÍGENO DISUELTO (OD)

La unidad de medición es expresada en mg/L y se determina por electrodo de membrana o por yodometría, este parámetro mide la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto que presenta el agua y es vital para la existencia de la mayoría de organismos. La relación con la temperatura es inversamente proporcional, ya que las aguas con bajas temperaturas tienen una mayor capacidad de oxígeno disuelto que las aguas cálidas (Aznar, 2000, p. 4).

1.3.2.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.

COLIFORMES TOTALES

Pertenece a la familia Enterobacteriaceae, son bacilos Gram negativos, aerobias y anaerobios facultativos, no esporulados de forma alargada fermentadores de lactosa a 35 °C con producción de gas y ácido láctico, desarrollan una colonia roja con brillo metálico en 24 a 48 h de incubación, pueden presentar actividad de la enzima β -galactosidasa e incluye a todos los coliformes de cualquier origen, este microorganismo es recomendado en guías y estándares como indicadores de la calidad del agua potable, ya que para el análisis microbiológico es fácil de aislar y crecer en el laboratorio, además este indicador presente en aguas tratadas funciona para identificar que hubo fallas en el tratamiento o que ocurrió una contaminación en alguna de las etapas del tratamiento.(Marlen, 2014).

1.3.3. MÉTODOS DE DESINFECCIÓN

RADIACIÓN

Según Montoya (como se citó en Poma, 2016, p. 13), la radiación son ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio a una velocidad constante, existe varios tipos de radiaciones con diferentes porciones de espectro electromagnético, entre ellas incluyen las ondas de radio microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación de luz ultravioleta, rayos X, radiaciones Gamma, radiaciones Y, rayos catódicos, electrones de alta velocidad. Estas radiaciones se pueden clasificar como ionizantes y no ionizantes, el uso de estas radiaciones en la desinfección y control del crecimiento de los microorganismos, dependerá de la radiación utilizada, por lo general se usan las radiaciones de onda corta no ionizante como la radiación de luz ultravioleta o luz visible proveniente del sol, en la figura 2 se muestra los espectros electromagnéticos existentes.

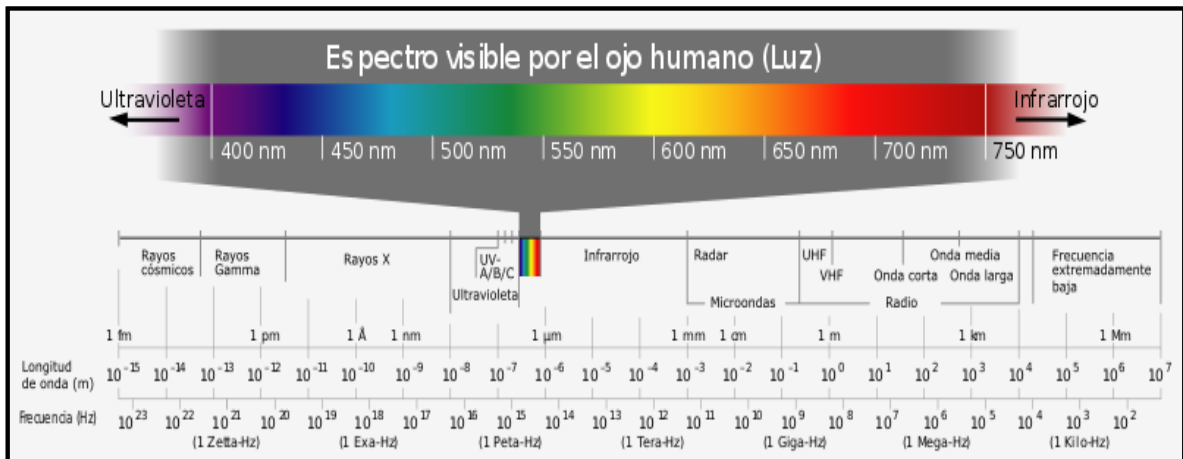


Figura 2. Espectro electromagnético con diferentes longitudes de onda existentes

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Según (OMS, 2003, p.12), La radiación ultravioleta tiene una longitud menor que la luz visible que varía entre los 400 y 100 nm. La fuente más habitual proviene de la luz solar que llega a la superficie terrestre y artificialmente se divide en tres rangos:

Radiación UVA: Esta radiación es la más próxima al espectro visible, con una longitud de onda larga que cubre el rango de 315-400 nm. No significativamente filtrado por la atmósfera, aproximadamente el 90% de la radiación UVA alcanza a la superficie de la Tierra (OMS, 2003, p.12).

Radiación UVB: Es la región intermedia del espectro ultravioleta cubre el rango de 280-315 nm. Aproximadamente el 10% de la radiación UVB llega a la superficie de la Tierra (OMS, 2003, p.12).

Radiación UVC: Tiene una longitud de onda corta comprendida entre 100-280 nm, siendo la más energética y dañina, pero no llega a la superficie terrestre, ya que son absorbidas en su totalidad por la capa de ozono (OMS, 2003, p.12).

Según EPA (como se citó en Poma, 2016, P. 15), la longitud de onda óptima para la eliminación o inactivación de los microorganismos comprende un rango de 250-270 nm, por tanto es considerado como radiación UV-C, en la figura 3 se muestra el espectro visible y ultravioleta en todas sus medidas.

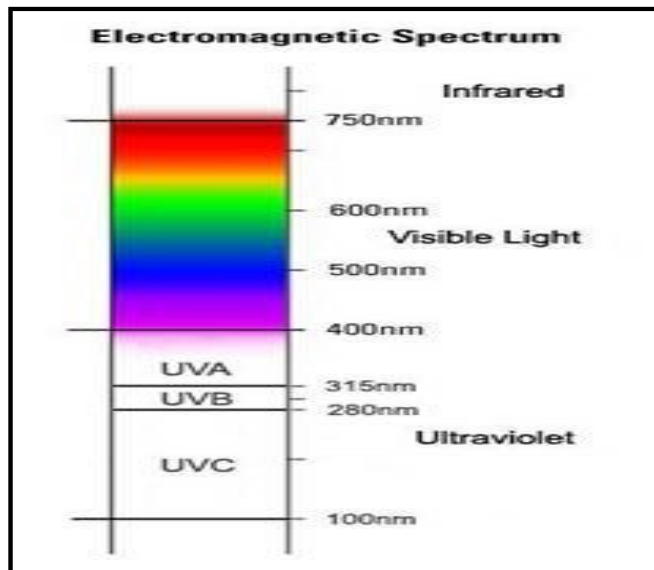


Figura 3. Espectro electromagnético de la luz visible y la radiación ultravioleta

TÉCNICA SODIS

Es un método que utiliza la radiación solar como método de desinfección, mata los microorganismos patógenos que puede contener una muestra de agua, este puede inactivar altas concentraciones de patógenos en 6 horas.

SODIS, (Desinfección solar del agua), utilizar este método es sencillo y accesible ya que solo se requiere recipientes transparentes a la luz solar, un ejemplo de ello son las botellas PET. (Fundación SODIS, como se citó en López, 2013)

RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es un medio seguro y rentable para purificar agua infectada con agentes patógenos microbiológicos, ya que en ella se encuentra la radiación ultravioleta del sol que tiene una longitud de onda de 315-400 nm, siendo este el principal actor del proceso de la desinfección, el proceso de desinfección empieza cuando los rayos UV golpean el ácido desoxirribonucleico (ADN), en consecuencia inactiva a las bacterias al evitar que su ADN se replique, sin embargo existe desventajas en factores como el tiempo lento de desinfección, radiación no uniforme por características de turbiedad, sólidos suspendidos y otros que puede tener la muestra de agua a desinfectar (Kurup, 2017, p.1).

PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA (POA)

El proceso de oxidación avanzada (POA) es una tecnología alternativa para el tratamiento de agua y gases que contengan contaminantes difícilmente biodegradables y pueden conducir a la mineralización completa de los compuestos orgánicos y organometálicos. En tratamientos de aguas, pueden eliminar bacterias mediante formación de radicales hidroxilo (-OH) que atacan a la bicapa lipídica que conforma la pared externa de la célula, generando reacciones de peroxidación lipídica letales para el microorganismo. Los (POA) abarcan procesos como ozono/luz UV, H₂O₂/luz UV, ultrasonido, fotocátalisis heterogénea y homogénea, y los tratamientos electroquímicos y tienen ventajas como el no cambiar de fase al contaminante, se consigue la mineralización completa, no se forma subproducto de reacción o se forma a baja concentración. (Sarria, Parra y Rincón, como se citó en López, 2013, p.12).

FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA

En la figura 4 se puede observar que la fotocátalisis heterogénea es la aceleración de una fotorreacción mediante la irradiación de óxidos semiconductores en medio acuoso o gaseoso. Ocurre cuando un fotón de energía entra en contacto con la energía de banda prohibida de un semiconductor, se produce un salto de electrones a la banda de conducción, generando un hueco en la banda de valencia, algunos de estos electrones y agujeros pueden recombinarse, pero por lo general se combinan con oxígeno y agua para crear Superóxidos (O⁻), radicales hidroxilo (-OH) y peróxido de hidrógeno (H₂O₂). Estas especies reactivas son responsables de la fotodestrucción de bacterias, la reducción de metales pesados y la oxidación (y degradación de compuestos orgánicos en especies inocuas. Las especies de oxígeno altamente reactivas destruyen los patógenos al dañar las membranas celulares, los lípidos, las proteínas y las mitocondrias. También interrumpen su ADN, alteran su estructura y evitan que se repliquen (García, 2011, p.4).

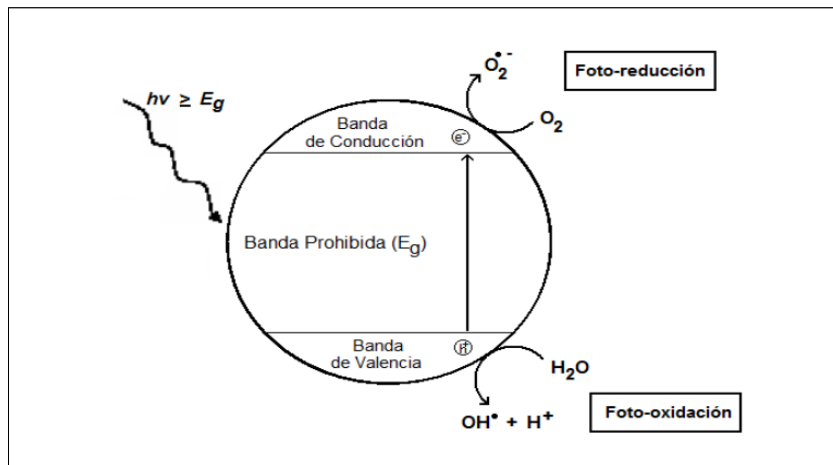


Figura 4. Esquema del proceso Fotocatalítico en una partícula semiconductor

1.3.4. SEMICONDUCTORES FOTOCATALÍTICOS

Los semiconductores que se pueden utilizar en el proceso Fotocatalítico son del tipo calcogenuros (óxidos y sulfuros) tales como ZrO_2 , WO_3 , SrO_2 , TiO_2 , CdS , ZnO , ZnS y otros. Los semiconductores más recomendados y eficientes para el proceso Fotocatalítico son el Dióxido de Titanio (TiO_2) y el Óxido de zinc (ZnO), debido a su buena respuesta a la luz UV y su alta capacidad de degradar una amplia variedad de compuestos (García, 2011, p.6).

ÓXIDOS SEMICONDUCTORES: DIÓXIDO DE TITANIO Y ÓXIDO DE ZINC

Dióxido de Titanio (TiO_2)

Semiconductor efectivo por su capacidad de degradar una amplia variedad de compuestos tanto en fase líquida como en sólida, con un ancho de banda de 3.2 y 3.0 eV su composición de cristalina Anatasa y Rutilo es la más utilizada debido a su alta capacidad Fotocatalítica. Sus ventajas de este semiconductor es su bajo costo, es químicamente inerte, fotoestable y no es tóxico (García, 2011, p.6).

Óxido de Zinc (ZnO)

Semiconductor efectivo en la degradación de contaminantes orgánicos con un ancho de banda prohibida de energía de 3.3 eV, se encuentra dentro de la familia II-VI, tiene buenas propiedades eléctricas, sus ventajas cabe mencionar que no es tóxico, de bajo costo, buena estabilidad térmica y química, además en algunos

casos se ha reportado ser más efectivo que el dióxido de titanio (García, 2011, p.7).

1.3.4.1. LONGITUD DE ONDA ÓPTIMA PARA LA ACTIVACIÓN DEL SEMICONDUCTOR

La longitud de onda óptima, para la generación de pares de electrón-hueco del dióxido de Titanio (TiO₂), será inferiores a 400 nm. La migración de pares de electrón-hueco se realizara en menor tiempo, cuanto menor sea la longitud de onda y evitara en menor posibilidad la recombinación de los mismos (Garcés, 2004, P.87).

Según (Kurup, 2015), la longitud óptima para la generación de pares de electrón-hueco para un semiconductor, se halla mediante la siguiente ecuación de Planck:

$$E = \frac{hc}{\lambda}; \text{ donde } c = 299.792.458 \text{ m/s (velocidad de la luz)}$$

$h = 6.626069 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ (constante de planck); $E =$ el ancho de banda del semiconductor; $\lambda =$ longitud de onda

Remplazando el valor del ancho de banda del (TiO₂= 3.2 eV y ZnO = 3.3 eV) en la ecuación de Planck:

$$\text{Longitud de onda del TiO}_2; \lambda = \frac{6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{3.2 \text{ eV}} \times 299.792.458 \text{ m/s} = 387.6 \text{ nm.}$$

$$\text{Longitud de onda del ZnO}; \lambda = \frac{6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{3.3 \text{ eV}} \times 299.792.458 \text{ m/s} = 375.8 \text{ nm.}$$

1.3.5. APLICACIONES DE LOS MATERIALES FOTOCALÍTICOS

Los semiconductores se usan dentro de un fotorreactor de diferentes formas, uno empleándose en suspensión y otro en una superficie fija, ambos procesos tienen ventajas y desventajas. Por lo general el semiconductor es usado en suspensión

debido a la gran superficie para la reacción y casi no hay limitaciones para la transferencia de masa (García, 2011, p.8).

Asimismo se dificulta recuperar las partículas del catalizador después de la filtración por el método en suspensión, además durante el proceso de filtración la lechada también impide la transmisión de UV, especialmente cuando se usa el catalizador dióxido de titanio y el óxido de zinc, ya que generalmente se usan en los protectores solares para bloquear la radiación UV del sol. Otro inconveniente de este método es que los revestimientos del dióxido de titanio a menudo se eliminan después del uso repetido (Kurup, 2017, p.1)

El catalizador cuando es empleado en una superficie fija, se ausenta de la recuperación de las partículas, pudiéndose usar de manera continua durante más tiempo, sin embargo la eficiencia podría ser inferior a la de los procesos en suspensión (García, 2011, p.8).

1.3.5.1 FOTORREACTORES

Está diseñado para la captación de la sustancia contaminada, con entradas y salidas, además tiene la principal función de llevar a cabo en su interior, una interacción entre el material catalizador y la sustancia a degradar en presencia de luz UV, proporcionando un determinado tiempo para la eliminación de contaminantes. (García, 2011, pp.8 y 9).

Los catalizadores se pueden poner en contacto con agua contaminada en recipientes que son transparentes a los rayos UV y luz visible (como el PET botellas), y expuesto a la luz solar o artificial, hasta que el agua contaminada se purifique (Kurup, 2017, p.4)

1.3.5.2 COLECTOR O REACTOR SOLAR

La clasificación de los sistemas de aprovechamiento de la radiación solar depende del grado de concentración alcanzada, se puede definir como la relación entre el área de superficie de captación y área del reactor (Garces, 2004, p.90).

1.3.6. DE ACUERDO AL ESTADO DEL CATALIZADOR

Los semiconductores empleados en superficies fijas pueden emplearse repetidas veces sin procesos secundarios de recuperación de partículas del catalizador. Los

catalizadores pueden adherirse a diferentes soportes o superficies como: acero inoxidable, cuarzo, fibra de vidrio, vidrio, teflón y zeolita (García, 2011 p.10).

Según (Kurup, 2017, pp.1, 3 y 4) La mezcla granular Fotocatalítica puede estar en forma de un polvo o en la forma de una solución acuosa que contiene un agente dispersante, compatible adherirse en soportes como el cemento, hormigón y mortero. El aglutinante de cementación hidráulico fraguable comprende comúnmente todos los tipos de cementos Portland, cementos hidráulicos combinados, cementos hidráulicos basados en el rendimiento, cementos especiales y combinaciones de los mismos, opcionalmente se mezcla con otros agregados tales como arena y grava.

1.3.7. MATERIALES PARA EL AUMENTO DE LA TRABAJABILIDAD Y EFICIENCIA DEL CATALIZADOR

1.3.7.1 BURBUJAS O MICROESFERAS DE VIDRIO

Son huecas que típicamente están hechas de silicato de sodio, aluminosilicatos o materiales de borosilicato, tienen propiedad de transparencia a los rayos UV y luz visible, tienen tamaños que van desde 100 nanómetros hasta 5 milímetros de diámetro, su densidad varían de 0.1 a 0.7 g / cc y pueden ser usadas en la composición Fotocatalítica fraguable. La inclusión de burbujas de vidrio en la composición Fotocatalítica también aumenta el flujo de la composición Fotocatalítica seca y también aumenta la trabajabilidad de la mezcla a medida que se agrega agua a la composición Fotocatalítica para preparar compuestos sólidos (Kurup, 2017, p.3)

1.3.7.2 FOTODOPADO

Los semiconductores usados en la composición Fotocatalíticas también pueden incluir metales tales como, Cu, Ag, Pt, Pd, Mn, Wo, Ni, Sn, Fe, Va y similares, o sus óxidos como dopantes para mejorar y extender su actividad Fotocatalítica desde el ultravioleta al espectro de luz visible. (Kurup, 2017, P.3).

1.3.8. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE FOTOCATÁLISIS

Según (Blanco y Malato, como se citó en López, 2013). Existen varios parámetros que influyen cualitativa y cuantitativamente en el proceso de óxido-reducción Fotocatalítico. A continuación se presentan los más importantes:

- 1. Intensidad de radiación:** A medida que aumenta la intensidad de radiación, aumenta la velocidad de reacción.
- 2. Temperatura y pH:** La variación de la temperatura no afecta significativamente la velocidad de las reacciones Fotocatalíticas y para mayor eficiencia de la fotocatalisis es medio acido ($3 \leq \text{pH} \leq 5$).
- 3. Cinética del oxidante:** la adición de peróxido de hidrogeno potencializa el proceso Fotocatalítico y en presencia de peróxido de hidrogeno acelera la mineralización con respecto al oxígeno.
- 4. Los agentes oxidantes:** cuanto más eficaz sea el agente oxidante para capturar huecos, mayor será la velocidad del proceso.
- 5. Tipo de reactor:** los parámetros derivados del diseño y del tipo de reactor también juegan un papel importante en el resultado final de la reacción.
- 6. Naturaleza y concentración del contaminante:** la cantidad de partículas del semiconductor se irá reduciendo a medida que los contaminantes se descomponen.
- 7. Efecto del oxígeno:** para evitar la recombinación de los electrones y los huecos generados en la Fotocatálisis, es necesario que el oxígeno molecular actúe como receptor de los electrones para generar los radicales superoxido, asimismo los huecos producirán radicales hidroxilo en la interfase del semiconductor con el agua. La presencia de oxígeno es por tanto esencial para que se produzca una oxidación efectiva. En demostraciones experimentales se ha comprobado que la ausencia del oxígeno disuelto en el agua y no existe ninguna otra especie oxidante, el proceso Fotocatalítico se detiene totalmente.
- 8. Calidad del agua a tratar:** La presencia de turbidez, materia orgánica e inorgánica, sólidos en suspensión en el agua a tratar, puede interferir en la eficiencia de la oxidación Fotocatalítica, ya sea por la interferencia en interacción de la luz y el semiconductor o la presencia de otros factores a degradar por el catalizador.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuánto es el tiempo de exposición a la radiación (UV-A), que tendrá el catalizador sin plata (Ag) para la mayor inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo?
- ¿Cuánto es el tiempo de exposición a la radiación (UV-A), que tendrá el catalizador con plata (Ag) para la inactivación total de Coliformes Totales en agua de pozo?

1.5 JUSTIFICACIÓN

Debido a que en distintos sectores y regiones del Perú, el agua que se consume no es apta, ya que contienen patógenos microbiológicos, contaminantes tanto químicos como físicos, sería muy beneficioso contar con técnicas de purificación de aguas siendo seguras, asequibles, sostenibles y de fácil implementación. En la actualidad existen varias técnicas para la purificación tanto por medios químicos, físicos y biológicos como la cloración, ozonación, osmosis inversa, aireación, radiación ultravioleta (UV-C) (que funcionan con longitudes de onda en el rango de 100-280 nm) haciendo uso de la electricidad y en otros procesos la separación física son lentas y dejan el agua con mal olor y sabor, para este proyecto la técnica para la purificación de agua en el ámbito bacteriológico se desarrollara por medio de procesos de oxidación avanzada (POA) utilizando catalizadores como el Dióxido de Titanio y Óxido de Zinc. En la últimos años el (POA) con Dióxido de Titanio ha tenido problemas tanto en la aplicación como en los costos que se requiere para construir una superficie catalítica, estos problemas se pueden observar en cuanto técnicas de suspensión de TiO_2 en agua, después del proceso de desinfección se dificulta al momento de separar los restos de catalizador del agua purificada, además también interfiere en el proceso de desinfección por la lechada que se forma e impide la transmisión de UV, haciendo que la reacción Fotocatalítica sea ineficiente ya que el TiO_2 es un compuesto que se usa en los bloqueadores de radiación UV del sol, otro problemas es el costos y en algunos métodos para Fotocatálisis heterogénea como el sol-gel, así mismo tiende ser demasiado dificultoso para su preparación que necesitaría de un instructor, entonces Existe una necesidad apremiante de tecnologías ecológicas, sostenibles, fáciles de usar, económicas y efectivas para la desinfección del agua, sobre todo en zonas de bajo recursos y de baja

accesibilidad tecnológica, por ello este proyecto busca comprobar una nueva forma de aplicar los procesos de oxidación avanzada (POA) por medio de catalizadores que no requiere de elevados costos, además de no ser dificultoso para su elaboración y aplicación también es sostenible con el ambiente.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1 Hipótesis General

Hi: La eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) es mayor para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.

Ho: La eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) no es mayor para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.

1.6.2 Hipótesis Específico

- El tiempo de exposición a la radiación (UV-A) que tendrá el catalizador sin plata (Ag) será 120 minutos para la mayor inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.
- El tiempo de exposición a la radiación (UV-A) que tendrá el catalizador con plata (Ag) será menor a 120 minutos para la inactivación total de Coliformes Totales en agua de pozo.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo general

- Determinar la eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.

1.7.2 Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de exposición a la radiación UV-A que tendrá el catalizador sin plata (Ag) para la mayor inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.
- Determinar el tiempo de exposición a la radiación UV-A que tendrá el catalizador con plata (Ag) para la inactivación total de Coliformes Totales en agua de pozo.

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es considerada experimental observacional descriptivo, ya que permite examinar una o más variables que fueron manipulados, para obtener información (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 129).

Así mismo el nivel de la investigación es explicativo, ya que busca explicar el nivel de una variables con respecto a otras en un momento dado (HERNANDEZ, 2010, p.151).

2.1.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Inicialmente la investigación está diseñada para eliminar la mayor cantidad de Coliformes Totales presentes en el Agua de pozo, con dos tipos de catalizadores con y sin plata (Ag), en dos tiempo de (60 y 120 minutos) y con tres repeticiones en cada tiempo, bajo la presencia de la radiación UV-A cuya longitud de onda esta entre 360-400 nm; entonces el total de catalizadores a preparar será 12, de las cuales 6 serán sin plata y las otras 6 serán con plata tal como se muestra en la figura 5:

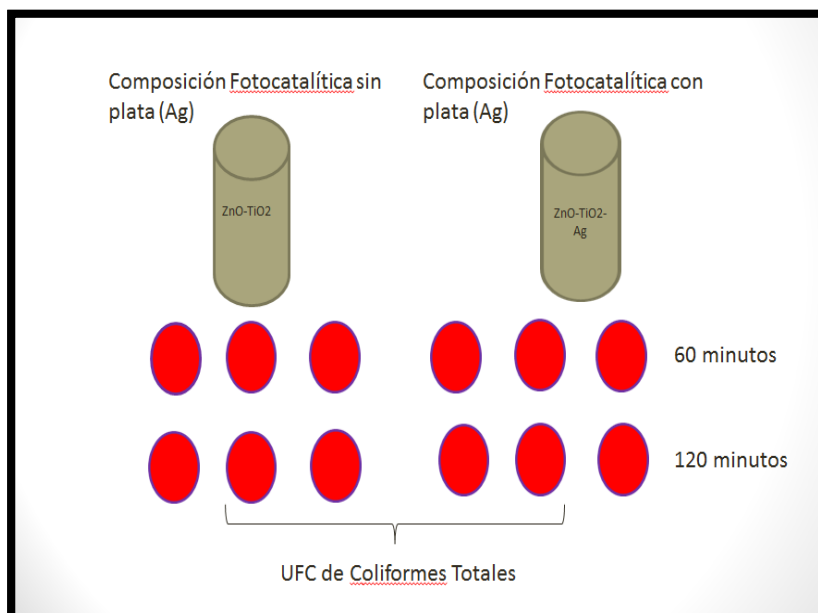


Figura 5 . Catalizadores con y sin plata (Ag) para eliminar Coliformes Totales presente en el Agua de pozo, con tres repeticiones en tiempos diferente.

El propósito de preparar dos tipos de catalizadores es observar la eficiencia de la

plata (Ag). El presente trabajo de investigación es desarrollado de la siguiente manera:

2.1.1.1 PREPARACIÓN DE LOS CATALIZADORES CON Y SIN PLATA (Ag)

Para la preparación de los catalizadores con y sin plata se elaboraron composiciones fotocatalíticas que consisten en la mezcla de un conjunto de materiales (ZnO, TiO₂, Cuarzo, Cemento), tomado como referencia de la investigación PHOTOCATALYTIC COMPOSITION FOR PURIFICATION realizado por (Kurup, 2017).

ELABORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA SIN PLATA (Ag)

Para la elaboración de la composición fotocatalítica sin plata (Ag), se utilizaron dos semiconductores (ZnO y TiO₂) en relación de 1:4; Cuarzo (óxido de silicio) y Cemento portland en relación de 25:100 respectivamente, a continuación se presentará en tres etapas donde se mezclarán estas materias primas antes mencionada para obtener la composición fotocatalítica.

Etapa 1: se mezcló los semiconductores (ZnO y TiO₂) en relación de 1:4 respectivamente y se agitó de forma mecánica para que la mezcla sea homogénea (Figura 6).



Figura 6. Homogenización de los semiconductores (ZnO-TiO₂)

Etapa 2: De la mezcla homogénea obtenida de la anterior etapa se le adiciono el Cemento portland y Cuarzo de acuerdo a la relación antes mencionada (25:100) hasta formar una composición Fotocatalítica homogénea fraguable, pero antes de adicionar esta porción de cemento, se someterá a la relación entre la masa de agua y la masa del aglutinante. La relación agua-cemento que se utilizará depende de la aplicación particular y las propiedades deseadas del hormigón endurecido; generalmente se mantiene entre 0,40 y 0,50 para la construcción de ingeniería, para esta primera prueba de elaboración se asignó 0.30 (Figura 7).



Figura 7. Homogenización de los semiconductores (ZnO-TiO_2) con el Cemento portland y Cuarzo

Etapa 3: En esta etapa La composición Fotocatalítica homogénea fraguable obtenida se coloca y se compacta en moldes de forma cilíndrica. La mezcla está permitida para fraguar y endurecerse con el tiempo. Este tiempo puede variar de 7 a 28 días o incluso más, dependiendo del aglutinante de cementación hidráulica utilizado. Después de fraguar y endurecer, se forma una composición Fotocatalítica sólido (Figura 8).



Figura 8. Compactación de la mezcla homogénea en moldes cilíndricos

Durante la preparación de los compuestos Fotocatalíticos sin plata en el laboratorio se varió la cantidad de materiales a utilizar, ya que se pudo observar la dificultad para homogenizar la mezcla y la falta de consistencia en material fraguado.

En la primeras pruebas elegimos al azar, las cantidades de los materiales (ZnO-TiO₂-cuarzo-cemento) a utilizar bajo la proporción ya mencionada (1:4:25:100) respectivamente, pero se observó que la mezcla no estaba homogenizada por la falta de agua, así que la relación Agua-Cemento cambio a 0.36 o el 36% del peso de cemento que representa la cantidad de agua a utilizar.

Después de homogenizar la mezcla, se determinó el tamaño y la forma del compuesto Fotocatalítico, para ello se elaboró un molde cilíndrico de (PVC) de 20 cm de largo, pudiéndose determinar el volumen que abarcaría la composición Fotocatalítica, ya que se pudo medir también el radio del molde

Aplicando la fórmula para hallar el volumen de un cilindro se pudo obtener el volumen de la composición.

Volumen del cilindro

$$V = \pi r^2 h$$

Volumen de la composición fotocatalítica sin plata (Ag)

$$V = \pi \times 1.2^2 \times 20$$

$$V = 90.4 \text{ cm}^3$$

En la **(Tabla 5)** del numeral **(3.1)**, se presenta las primeras pruebas para elaborar la composición Fotocatalítica, donde se muestran las cantidades de materiales que se utilizaron.

Después de observar y precisar las cantidades de materiales que se deben de utilizar para un determinado volumen de mezcla, se determinó las cantidades de materiales que necesita un compuesto Fotocatalítico sin plata de volumen $V=90.4 \text{ cm}^3$ descritas en la **(Tabla 6)** del numeral **(3.1)**

Después de 7 días del secado de las composiciones Fotocatalíticas sin plata (Ag), se pudo observar en la **(Figura 18)** del numeral **(3.1)**, La poca resistencia y desmoronamiento del sólido, por tanto se descartara la relación (1:4:25:100) de los materiales que se proporcionó en la investigación de (Kurup, 2017).

Debido a que se descartó la relación antes mencionada, se indago una nueva relación de los materiales, bajo método de elaboración de un mortero.

Para esta nueva relación se tomó la misma relación entre los semiconductores (1:4) – (ZnO-TiO₂) de la investigación de (Kurup, 2017), pero se cambió la relación en los materiales de la elaboración de un mortero (Tres partes de agregados por una de cemento) que equivaliera a (95:32) y la relación de agua-cemento también vario a 0.50.

Después de homogenizar la mezcla, se colocó y se compacto en un molde rectangular de metal (Figura 9), diseñado con las siguientes medidas: 10 mm de espesor, 18 cm de largo, 4 cm de ancho, 6 cm de altura y una tapa que abarque en el molde para recibir 2 toneladas de presión de manera vertical

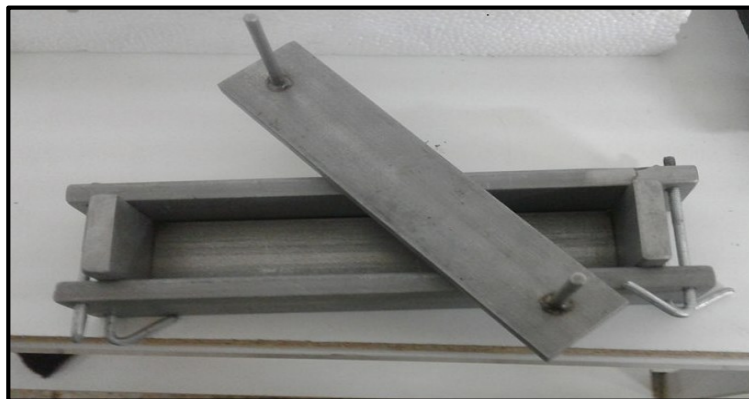


Figura 9. Molde rectangular de metal

En la **(Tabla 7)** del numeral **(3.1)** se muestra las cantidades de los materiales (ZnO-TiO₂-Cuarzo-cemento) que se eligieron según la nueva relación (1:4:95:32) y la relación de agua-cemento de 0.50 para elaborar la composición Fotocatalítica.

ELABORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA CON PLATA (Ag)

Para la elaboración de la composición Fotocatalítica con plata (Ag), se utilizó la nueva relación (1:4:95:32) de los materiales (ZnO-TiO₂-Cuarzo-Cemento) respectivamente y la relación de agua-cemento de 0.50.

Para adicionar la plata (Ag) se le agrego con una solución de sal metálica, como AgNO₃ a 0.1 M de concentración, a continuación se presentara en 4 etapas la mezcla de estas materias primas antes mencionada para obtener la composición Fotocatalítica fraguable.

Etapa 1: Se mezcló los semiconductores (ZnO y TiO₂) en relación de 1:4 respectivamente y se agito manualmente para que la mezcla sea homogénea.

Etapa 2: En esta etapa se aplicó el método para la adición de plata (Ag), que involucra, rociar, cepillar o revestir por cualquier otro medio la superficie de la mezcla homogénea de (TiO₂ – ZnO) obtenida en la anterior etapa con una solución de sal metálica, como AgNO₃ a una concentración de 0.1 M, y exponerlo al sol durante 1 hora, esto implica que a medida que la plata (Ag) se fotoreduce en la superficie de la mezcla homogénea de los semiconductores se va escureciendo (Figura 10).



Figura 10. Semiconductores (ZnO-TiO_2) rociados con plata (Ag)

Etapa 3: la mezcla homogénea de ($\text{TiO}_2 - \text{ZnO}$ con dosis de Ag), pasado una hora expuesto al sol, se calcina en el horno mufla a temperatura de 300°C durante un período de 3 horas, para formar el peso ligero ($\text{Ag-TiO}_2\text{-ZnO}$) para aplicaciones sólidas (Figura 11).



Figura 11. Calcinación de la mezcla homogénea de ($\text{TiO}_2 - \text{ZnO}$, rociados con plata (Ag)

Etapa 4: En esta etapa la mezcla homogénea de ($\text{TiO}_2 - \text{ZnO}$ con dosis de Ag) después de ser calcinada a 300°C , se le adiciona el cuarzo y cemento en relación de (95:32) respectivamente, pero antes de adicionar el cemento se somete a la relación agua-cemento antes mencionadas y se compacto en moldes

de forma rectangular. La mezcla está permitida para fraguar y endurecerse. El tiempo puede variar de 7 a 28 días o incluso más, dependiendo del aglutinante de cementación hidráulica utilizado. Después de fraguar y endurecer, se forma una composición Fotocatalítica sólido con plata (Ag).

En la **(Tabla 8)** del numeral **(3.1)** se muestra las cantidades de los materiales para elaborar la composición Fotocatalítica con plata (Ag).

2.1.1.2 FABRICACIÓN DEL CONCENTRADOR DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Para la fabricación del concentrador del espectro visible se tomó como referencia el modelo del concentrador solar del trabajo “APLICACIÓN DE FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA PARA LA ELIMINACIÓN DE *Escherichia.coli* EN AGUA DE POZO PARA CONSUMO HUMANO, EN LA COMUNIDAD PATRICIA PUERTAS DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA COLIMA, MUNICIPIO DE SUCHITOTO, DEPARTAMENTO DE CUSCATLÁN”. Realizada por (López, 2013), los pasos a seguir fueron las siguientes:

1. Forrar el interior de una caja de cartón de medidas 100cm x 40cm con papel Aluminio, con el propósito de aumentar reflejancia del espectro visible.
2. Se cortaran dos maderas con las siguientes medidas: 10 mm de espesor, 5cm de ancho, 110 cm de largo, con el propósito de darle soportes a los fluorescente UV-A de cuya longitud de onda es de 360-400 nm y se colocaron dentro de la caja.
3. Para darle mayor reflejancia del espectro visible, se cubrió con papel aluminio el exterior de la caja como se muestra en la figura 12.



Figura 12 .Concentrador de la radiación ultravioleta

2.1.1.3 ANÁLISIS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA

Después de recolectar la muestra de agua del pozo, se llevó al laboratorio para medir los siguientes parámetros:

Temperatura

La medición de este parámetro se realizó con un multiparametro digital portátil de modelo pH 7011 / cod 7021 y 7200, marca EZDO-Gondo electronic de rango de 0-90°C.

pH O Índice de Hidrogeno

La medición de este parámetro se realizó con un con un pHmetro y multiparametro digital portátil de modelo pH 7011 / cod 7021 y 7200, marca EZDO-Gondo electronic de rango de hasta tres puntos (4.01, 7.01 y 10.01).

Conductividad Eléctrica

La medición de este parámetro se realizó con un multiparametro digital portátil de modelo pH 7011 / cod 7021 y 7200, marca EZDO-Gondo electronic de rango de 0 ~ 2000 μS / res. μS / 0.01 mS, 2.00~20.00 mS.

Turbidez

La medición de este parámetro se realizó con un Turbidímetro digital portátil EZDO TUB-430 que cumple la norma DIN 27027 / ISO7027 Tip con rango de medición de 0-1100 UNT c/ reconocimiento automático.

Oxígeno disuelto (OD)

La medición de este parámetro se realizó con el método Yodométrico modificación azida, según (instituto de hidrología y estudios ambientales, 2004)

El procedimiento de este método consiste en:

1. Llenar completamente la botella Winkler con la muestra
2. Agregar 1mL de solución con sulfato de manganeso ($MnSO_4$) a la botella Winkler con la muestra.
3. Agregar 1mL de reactivo álcali-yoduro-azida a la botella Winkler con la muestra.
4. Después que el precipitado se haya decantado hasta aproximadamente la mitad del volumen, se le agregara 1 mL del catalizador ácido sulfúrico (H_2SO_4) y se mezclara varias veces por inversión de la botella.
5. Medir 100 mL de solución en una probeta y se trasvasara a un Erlenmeyer de 250 ml.
6. Llenar la bureta con Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) 0.025 N hasta cero.
7. Titular con solución 0.025N de $Na_2S_2O_3$ agregando gota a gota y agitando el Erlenmeyer hasta obtener un color amarillo pajizo pálido.
8. Agregar 6ml de indicador almidón en donde vira a color azul y continuar la titulación hasta que desaparezca el color azul y obtener una solución incolora.
9. Anotar el volumen gastado de la solución 0.025N de $Na_2S_2O_3$
10. Calcular el OD con la siguiente formula:

$$mg\ de\ \frac{OD}{L} = \frac{Volumen\ de\ Na_2S_2O_3\ X\ Normalidad\ del\ Na_2S_2O_3\ X\ 8000\ X\ Volumen\ de\ la\ botella}{mL\ de\ muestra\ Valorada\ X\ (Volumen\ de\ la\ botella-2)}$$

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Para determinar los Coliformes Totales presente en la muestra de agua, el análisis microbiológico será por el método de la membrana filtrante, el procedimiento de este método consiste en:

1. La preparación del medio de cultivo, usando 51 g Agar medio ENDO-LES en 1L de agua destilada, y 20 ml de alcohol Etílico, y luego son calentados a 95 °C en baño maría y homogenizados, tomando un color rojizo.

2. Dejar enfriar nos minutos para luego trasvasarlo a la placa Petri esterilizada.
3. Se les deja solidificar por 3 horas aproximadamente.
4. La filtración consiste en colocar equipo de filtrado sobre el matraz Kitasato, y esto a su vez va conectado a una bomba de vacío
5. Tomar la membrana de 0.45 um de porosidad con una pinza previamente esterilizada y flameada por un mechero, para colocarlo en el equipo de filtrado.
6. Verter 100ml de la muestra en el vaso de filtración.
7. Retirar el vaso de filtración y con una pinza retirar la membrana para colocarlo sobre la placa Petri donde se preparó el medio de cultivo Agar medio ENDO-LES.
8. Envolver la placa Petri con papel craft y colocamos a incubar según los requerimientos.
9. Pasando 24 horas de la incubación, se procederá a hacer el conteo de las colonias formadas en la membrana.

En la figura 13 se muestra los materiales y equipos que se utilizaron para el análisis microbiológico de las muestras de agua.



Figura 13. Materiales y equipos para la preparación del medio de cultivo de los Coliformes Totales

El resultado de la de estos parámetros de la muestra se encuentra en la **(tabla 9)** del numeral **(3.2)**

2.1.1.4 INACTIVACION DE COLIFORMES TOTALES POR MEDIO DE FOTOCATÁLISIS

1. Después de haber medido los parámetros físico-químicos y hacer los análisis microbiológicos de la muestra de agua, se llenaron en 6 botellas de plástico PET de capacidad de 500 ml previamente esterilizados.
2. Se depositó dentro de las 3 primeras botellas la composición Fotocatalítica sin plata (Ag), para las 3 botellas restantes se le depositó la composición Fotocatalítica con plata (Ag) las primeras muestra se le considera control ya que se verá la eficiencia entre los diferentes composiciones Fotocatalizadores.
3. Después de haber depositado las composiciones Fotocatalíticas con plata y sin plata en las botellas con muestra de agua, se colocaron en el concentrador de la radiación ultravioleta con una diferencia de 20 minutos, de esta manera nos dará el tiempo suficiente de tomar la muestra para medir los parámetros físico –químicos y posteriormente hacer los análisis microbiológicos.
4. Se ejecutara el proceso anterior en diferentes tiempos (60 y 120 minuto) y se tomara 100 ml de muestra de cada botella para medir los parámetros físico –químicos in situ y los análisis microbiológicos (Figura 14).



Figura 14. Operación del proceso de la Fotocatálisis

2.1.1.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PREPARACIÓN DE LOS CATALIZADORES Y DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA

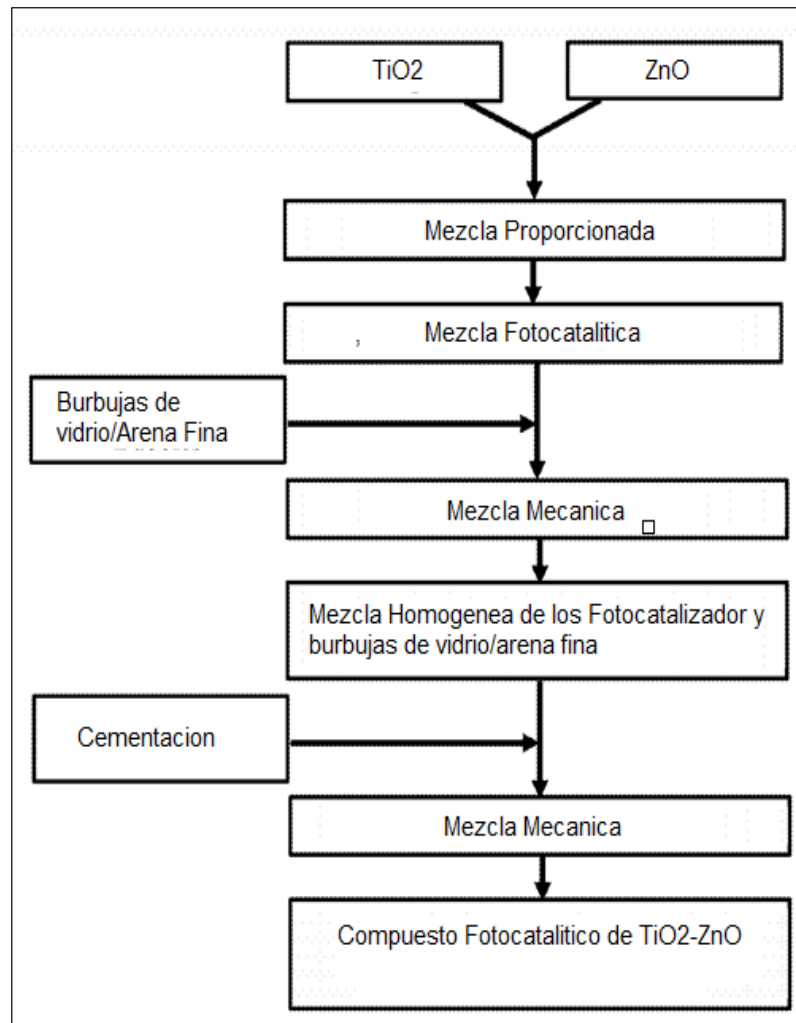


Figura 15. Diagrama de flujo de la elaboración de la composición Fotocatalítica sin Plata (Ag).

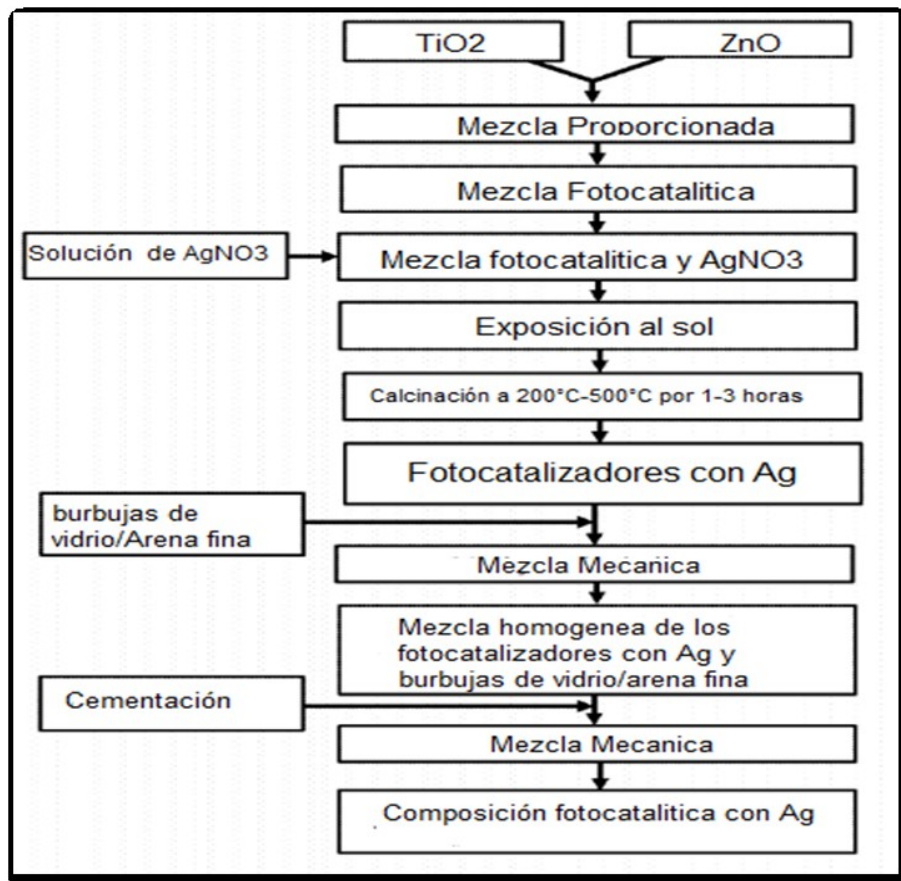


Figura 16. Diagrama de flujo de la elaboración de la composición Fotocatalítica con plata (Ag)

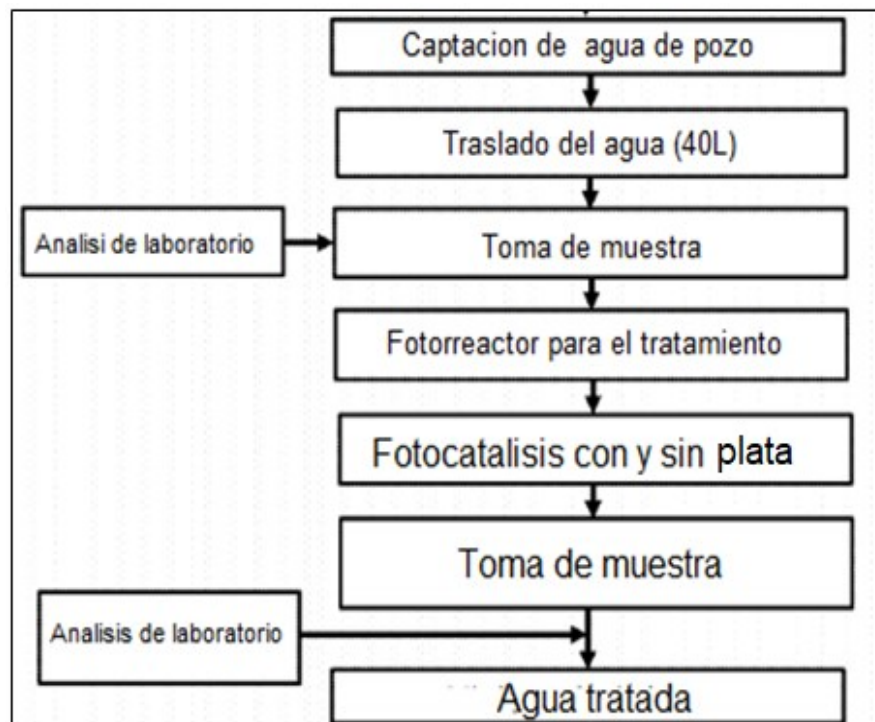


Figura 17. Diagrama de flujo de la desinfección del agua de pozo.

2.2 VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

Variable independiente:

- Eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag)

Variable dependiente:

- Inactivación de Coliformes Totales

CUADRO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Independiente Eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag)	Según RAE (como se citó en López, 2016, p. 13), la eficiencia es la capacidad de realizar un efecto determinado o cumplir adecuadamente una función. La fotocatálisis es la aceleración de una fotorreacción mediante la irradiación a los óxidos semiconductores en medio acuoso o gaseoso. (Kurup, 2017)	Se tomaran dos volúmenes de 500 mL de agua de pozo en botellas PET y se agregaran las composiciones Fotocatalíticas con plata y sin plata en cada botella y se evaluara el tiempo de exposición a la radiación UV-A que necesitan las muestras para lograr la mayor o total inactivación de Coliformes Totales	Tiempo de exposición a la radiación UV-A del catalizador y sin plata (Ag). Tiempo de exposición a la radiación UV-A del catalizador con plata (Ag).	- Tiempo de (60,120) medidos en minutos. - Tiempo de (60,120) medidos en minutos.	Razón
Dependiente Inactivación de Coliformes Totales	Es el decaimiento o eliminación de microorganismos que incluye a todos los Coliformes de cualquier origen. (Marlen, 2014)	La inactivación de Coliformes Totales se determinara mediante análisis microbiológico.	Cantidad de Coliformes Totales que tiene la muestra de agua antes de ser filtrada por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag) Cantidad de Coliformes Totales que tiene la muestra de agua después de ser filtrada por las composiciones Fotocatalíticas con y sin dosis de (Ag)	- UFC de Coliformes Totales por cada 100 ml de la muestra de agua - UFC de Coliformes Totales por cada 100 ml de la muestra de agua	Razón

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: La población estará constituida por la cantidad de agua de pozo del AA.HH Márquez ubicado en la provincia callao, departamento de lima

Muestra: se tomara una muestra de 30 litros, ya que se realizara varias repeticiones de filtrado.

Unidad muestra: se tomara 500 ml de la muestra para cada filtrado

2.3.1. MUESTREO

La muestra a tomar será instruida por el "protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos" de la Autoridad Nacional del Agua- DGCRH (ANA Y MINAGRI, 2010).

En el siguiente cuadro se mostrara los datos que se tomaron después de la toma de muestra.

RECOLECCIÓN Y MANEJO DE MUESTRAS DE AGUA

La muestra a recolectar será de tipo simple o puntual, por ser agua de suministro para los pobladores del AA.HH Márquez, esta muestra también es considerada como la representación de la composición del cuerpo de agua original. El método de muestreo será manual, ya que implica un mínimo de equipos a utilizar.

El control y registro de la muestra se realizaran mediante ficha técnica de recolección de datos, donde se registraran: la ubicación del punto de muestreo, la metodología del muestreo e identificación de la muestra (Tabla 3).

Tabla 3. Toma de Muestra

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	
LOCALIDAD	Asentamiento Humano Márquez
DISTRITO	-
PROVINCIA	Callao
DEPARTAMENTO	Callao
COORDENADAS UTM (WGS84)	X= 267580.24, Y= 8678705.85, Z=18
METODOLOGÍA DE MUESTREO	

TIPO DE MUESTRA	Puntual
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	(Agua subterránea) Pozo
MÉTODO DE MUESTRA	Manual
ENVASE DE MUESTREO	(Polyethylene Terephthalate) PET
CANTIDAD DE MUESTRA	30 Litros
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	MST-0
FECHA Y HORA DE LA TOMA DE MUESTRA	16 de mayo del 2018 10:00 am
NOMBRE DEL RESPONSABLE	Soto López Luis Miguel

Fuente: elaboración propia

Después de recolectar la muestra se llevaran inmediatamente al laboratorio para analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos, los resultados estarán adjuntados en fichas técnica de recolección de datos que se encuentra en la **(tabla 9)** del numeral **(3.2)**.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica que se empleara para la recolección de datos en esta investigación será observacional directa experimental, ya que se obtendrá información mediante la percepción intencionada y selectiva es decir se podrá manipular las variables, a continuación en la tabla 4 se mostrara los instrumentos que se utilizaran para la recolección de datos.

Tabla 4. Técnica e Instrumento

Técnicas	Instrumento de Recolección de Datos
	Ficha Técnica 1. <i>Toma de Muestra.</i>

Observación Directa	Ficha Técnica 2. <i>Medida de los parámetros físico químico y microbiológicos.</i>
	Ficha Técnica 3. <i>cantidades de materias primas para la preparación de las composiciones Fotocatalíticas sin plata (Ag)</i>
	Ficha Técnica 4. <i>Cantidades de Materias primas para la preparación de las composiciones Fotocatalíticas con plata (Ag)</i>
	Ficha Técnica 5. <i>Inactivación de Coliformes Totales según el tiempo de exposición a la radiación UV-A de la composición Fotocatalítica (ZnO-TiO₂) en tres repeticiones por cada tiempo.</i>
	Ficha Técnica 6. <i>Inactivación de Coliformes Totales según el tiempo de exposición a la radiación UV-A de la composición Fotocatalítica (ZnO-TiO₂-Ag) en tres repeticiones por cada tiempo,</i>

Fuente: elaboración propia

El procedimiento para adjuntar los datos de la toma de muestra, la preparación de los catalizadores, los análisis físico-químicos y microbiológicos, se harán mediante fichas técnicas de recolección de dato. (**ANEXO 2**)

2.4.1 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Para la validación del instrumento a utilizar en la presente investigación, será evaluado por tres profesionales colegiados expertos en investigación. (**ANEXO 1**)

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos e información que se generó durante el proceso experimental será procesada y analizada con los siguientes programas: Microsoft office (word, Excel, power point) y SSPS de análisis estadístico.

2.6 ASPECTO ÉTICO:

Se tomara información de fuentes confiables que garantice y proporcione las expectativas de un trabajo de investigación, así mismo se respetara el derecho de propiedad intelectual, citándolos por cada información tomada.

Se respetara la política ambiental, en cuanto la instrucción de un formato de toma muestra sin modificar el proceso que me llevaran a la obtención de datos que se requiere en esta investigación, así mismo se respetara la privacidad de identidad del individuo (administrador del pozo).

III. RESULTADOS

3.1 ELABORACIÓN LA COMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA

Tabla 5. Prueba de Cantidades de materiales para la elaboración de la composición Fotocatalítica

PRUEBAS	PESOS DE LOS MATERIALES DE LA COMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA SIN PLATA					VOLUMEN DEL MOLDE	NÚMERO DE MOLDES
	ZnO	TiO ₂	Cuarzo	Cemento	Agua		
Primera	5 gr	20 gr	125 gr	500 gr	180 ml	361.6 cm ³	4
Segunda	2.5 gr	10 gr	62.5 gr	250 gr	90 ml	180.8 cm ³	2
TOTAL	7.5 gr	30 gr	187.5 gr	750 gr	270 ml	542.4 cm ³	6

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se puede observar que para la primera prueba, las cantidades de (ZnO-TiO₂-Cuarzo-cemento) son de (5gr-20g-125gr-500gr) y están la relación de (1:4:25:100) respectivamente y la relación Agua-Cemento es 0.36 o el 36% del peso del cemento.

Para la segunda prueba las cantidades de los materiales a utilizar fueron de manera precisa, ya que en la primera prueba se pudo observar que con las cantidades de materiales que se utilizaron para mezcla, se pueden llenar 4 moldes de (PVC) con volumen de $V=90.4 \text{ cm}^3$ cada una, eso equivale a 361.6 cm^3 , por lo tanto si el total de composiciones Fotocatalíticas a preparar son 6, restarían 2 composiciones a preparar que equivale a la mitad de las cantidades de materiales utilizadas en la primera prueba.

Tabla 6. Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica sin plata (Ag)

Materia prima	Unidad de medida
ZnO	1.25 gr
TiO ₂	5 gr
Cuarzo	31.25 gr

Agua	45 ml
Cemento portland	125 gr

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se muestran las cantidades de (ZnO-TiO₂-cuarzo-cemento-agua), que se determinaron para un compuesto Fotocatalítico sin plata de volumen $V=90.4 \text{ cm}^3$



Figura 18. Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) solidificado de forma cilíndrica

En la figura 18 se puede observar en la imagen el desmoronamiento y la baja resistencia de la composición Fotocatalítica de las primeras pruebas, después de 14 días de secado.

Tabla 7. Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica sin plata (Ag) de la nueva relación propuesta en la presente investigación.

Materia prima	Unidad de medida
ZnO	1.25 gr
TiO ₂	5 gr

Cuarzo	118.75 gr
Agua	20 ml
Cemento portland	40 gr

Fuente: elaboración propia

En la tabla 7 las cantidades de (ZnO-TiO₂-cuarzo-cemento) están proporcionadas por la nueva relación (1:4:95:32) respectivamente y la relación de agua-cemento es 0.50 para elaborar una composición Fotocatalítica sin plata (Ag).



Figura 19. Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) solidificado de forma rectangular

Tabla 8. Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica con plata (Ag) de la nueva relación propuesta en la presente investigación.

Materia prima	Unidad de medida
ZnO	1.25 gr
TiO ₂	5g
AgNO ₃	Concentración de 0.1 Molar

Calcinación en mufla	300° C en 3 horas
Cuarzo	118.75 gr
Agua	20 ml
Cemento portland	40 gr

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8 las cantidades de (ZnO-TiO₂-cuarzo-cemento) están proporcionadas por la nueva relación (1:4:95:32) respectivamente y la relación de agua-cemento es 0.50, el dopaje con plata en los catalizadores (ZnO y TiO₂) tiene una concentración de 0.1 Molar y fue calcinado a 300° C por 3 horas para elaborar una composición Fotocatalítica con plata (Ag) (Figura 20).



Figura 20. Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) solidificado de forma rectangular.

3.2 ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE AGUA

Tabla 9. Caracterización de la Muestra.

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	Unidades de medidas
------------	--------------------	---------------------

Temperatura	Multiparametro portatil EZDO - GONDO Electronic	19.8 °C
pH	Multiparametro portatil EZDO - GONDO Electronic	8.8
Conductividad eléctrica (CE)	Multiparametro portatil EZDO - GONDO Electronic	632 µS
Turbidez	Turbidímetro Portátil EZDO TUB-430	19.7 UNT
Oxígeno disuelto (OD)	Yodométrico modificación azida,	6mg OD/L
Coliformes totales	Membrana Filtrante	146 UFC/100ml

Fuente: elaboración propia.

Calculo del OD de la muestra:

El volumen de Na₂S₂O₃: 3mL

Normalidad Na₂S₂O₃: 0.025 N

Volumen de la botella: 300mL

Mililitros de la muestra valorada: 100mL

Volumen de la botella: 300mL

$$mg \text{ de } \frac{OD}{L} = \frac{\text{Volumen de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Normalidad del Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 8000 \times \text{Volumen de la botella}}{mL \text{ de muestra Valorada} \times (\text{Volumen de la botella} - 2)}$$

$$mg \text{ de } \frac{OD}{L} = \frac{3mL \times 0.025 N \times 8000 \times 300mL}{100mL \times (300mL - 2)}$$

$$mg \text{ de } \frac{OD}{L} = 6 mg OD/L$$

Se tomaron estos parámetros inicialmente a la muestra ya que son factores que influyen directamente en el proceso de fotocatalisis, a excepción de la variabilidad temperatura.

En cuanto al pH podemos observar que está en medio básico, este afecta al proceso de la fotocátalisis ya que en medio ácido ($3 \leq \text{pH} \leq 5$) su eficiencia es mejor.

La conductividad eléctrica de la muestra cómo se puede observar es baja y se puede inferir que tiene baja concentración de sólidos disueltos dado a que está relacionada directamente proporcional, por lo tanto la interferencia en la eficiencia de la oxidación Fotocatalítica será relativamente baja.

La turbidez es otro parámetro interferente en el proceso de la fotocátalisis, ya que en medidas elevadas puede bloquear la radiación de la luz y disminuir la velocidad de la reacción, en este caso la turbidez es bajo, por lo tanto no habrá una interferencia en el proceso.

El oxígeno disuelto es fundamental en la muestra a tratar ya que actuara como un receptor de electrones y evitara la recombinación de los electrones con los huecos que son generados en la interface del semiconductor para producir radicales hidroxilos quienes son los encargados de desinfectar el agua.

El oxígeno disuelto de la muestra cómo se puede observar es relativamente elevada y se puede inferir que tiene baja concentración de DQO y DBO dado a que está relacionado inversamente proporcional, por lo tanto la interferencia de materia orgánica en la eficiencia de la oxidación Fotocatalítica será relativamente baja.

Los Coliformes Totales es la variable principal para esta investigación, la presencia de este parámetro nos indicara la eficiencia que tendrá las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag).

En la figura 21 se muestra el análisis microbiológicos de una muestra de agua desinfectada en la figura 22 se muestra el análisis microbiológicos de la muestra de agua de pozo inicial.

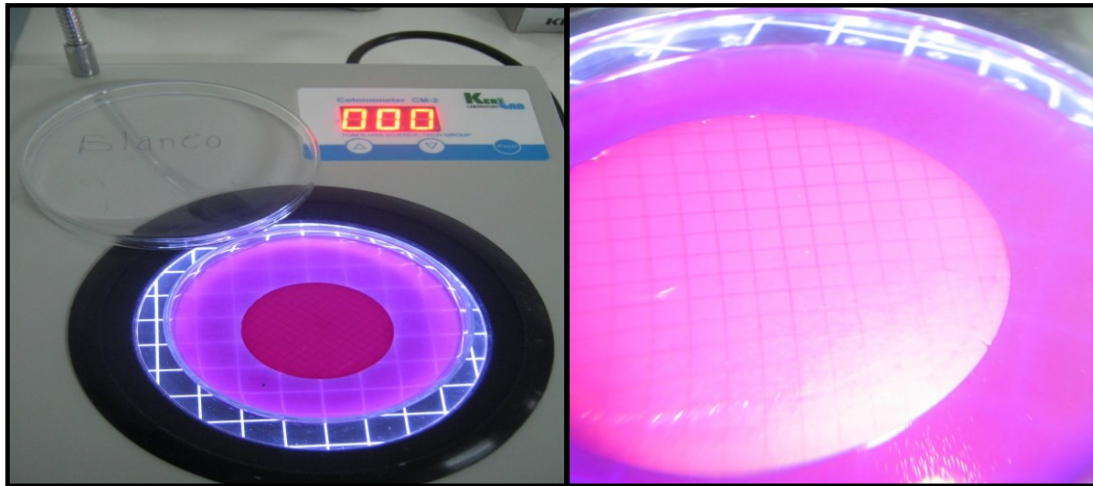


Figura 21. Análisis microbiológico en una muestra de agua blanca (agua desinfectada)

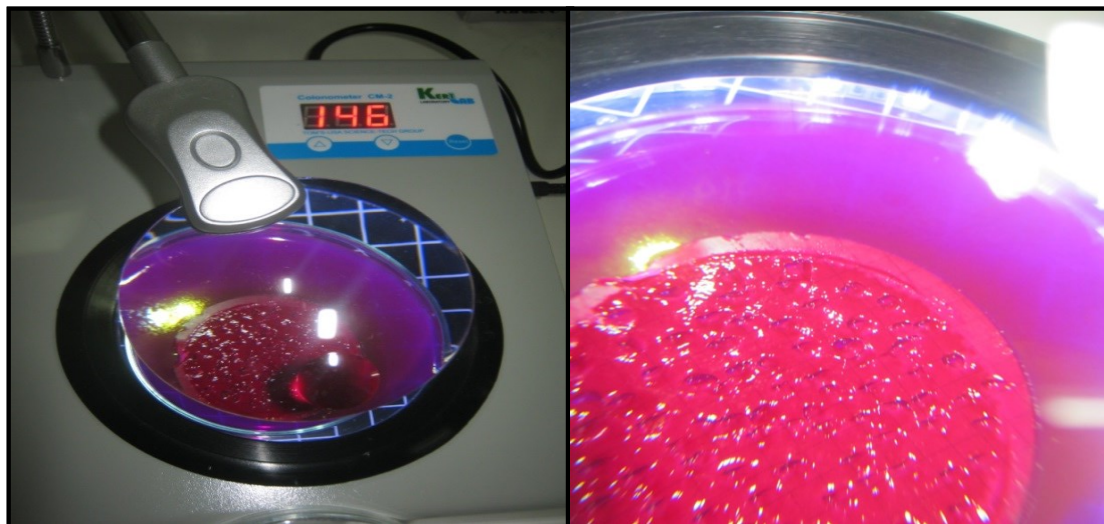


Figura 22. Análisis microbiológico en la muestra inicial del agua de pozo

3.3 PRUEBA PRELIMINAR DE LA INACTIVACIÓN DE COLIFORME TOTALES

Tabla 10. Prueba preliminar de la Inactivación de Coliformes Totales por las composiciones Fotocatalíticas con y sin Plata (Ag).

Código de Muestras	Volumen en (mL)	Tiempo en (min)	UFC de Coliformes Totales Final	Eficiencia %
CFSA	250 mL	60	82	43.8
CFCA	250 mL	60	40	72.6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10, los códigos de muestra CFSA y CFCA se refiere a las composiciones Fotocatalíticas sin Plata y con Plata respectivamente y se observa que en 60 minutos de exposición a la radiación (UV-A), sobre una muestra de

agua de pozo de 250 ml, los Coliformes Totales se redujeron a diferencia de la muestra inicial, además se puede observar también que la muestra con el catalizador con plata reduce con más eficiencia los Coliformes Totales, por lo tanto estos resultados de la prueba preliminar comprobaron de manera sustancial que los catalizadores si funcionan en la inactivación de Coliformes Totales, la cual dio lugar a seguir con la investigación para comprobar si en un tiempo prolongado las Composiciones Fotocatalíticas pueden eliminar más Coliformes Totales (Figuras 23 y 24) .

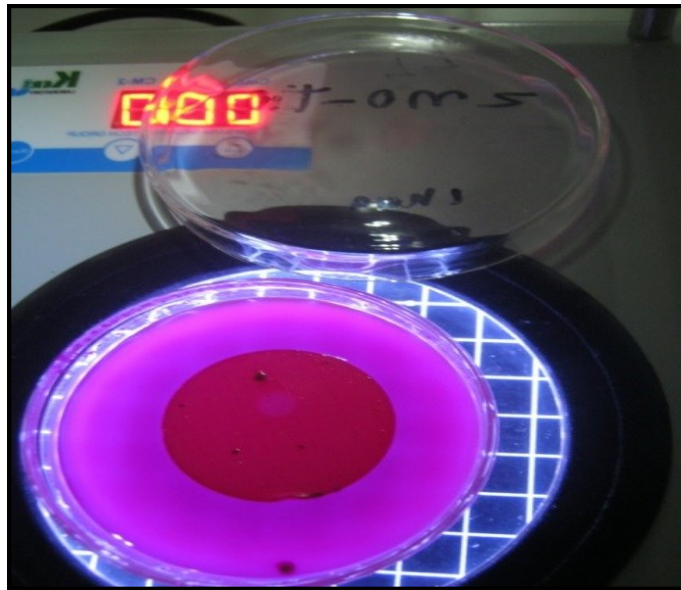


Figura 21. Análisis microbiológico preliminar de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica sin plata (Ag)



Figura 22. Análisis microbiológico preliminar de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica con plata (Ag)

3.4 PRUEBA DEFINITIVA DE LA INACTIVACIÓN DE COLIFORMES TOTALES

Tabla 11. Prueba definitiva de la Inactivación de Coliformes Totales por las composiciones Fotocatalíticas sin plata (Ag).

Composición Fotocatalítica (ZnO-TiO ₂)					
Código de Muestras	Volumen en (mL)	Tiempo en (min)	UFC de Coliformes Totales Final	pH	Eficiencia %
CFSA-1	500	60	81	9.8	44.5
CFSA-2	500	60	78	9	46.6
CFSA-3	500	60	80	10	45.2
PRO-CFSA-1	500	60	80	9.6	45.4
CFSA-4	500	120	61	9.6	58.2
CFSA-5	500	120	57	9	61.0
CFSA-6	500	120	59	9.5	59.6
PRO-CFSA-2	500	120	59	9.4	59.6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, podemos observar que las composiciones Fotocatalíticas sin plata en tiempos 60 y 120 minutos de exposición a la radiación (UV-A), sobre una muestra de agua de pozo de 500 ml, los Coliformes Totales se redujeron a diferencia de la muestra inicial, además en las tres repeticiones de cada tiempo se observa poca variabilidad de los resultados en cuanto a la reducción de los Coliformes Totales, sin embargo se sigue demostrando la reducción de los Coliformes Totales cuando se prolonga el tiempo de exposición a la radiación (UV-A) a 120 minutos (Figuras 25 y 26).

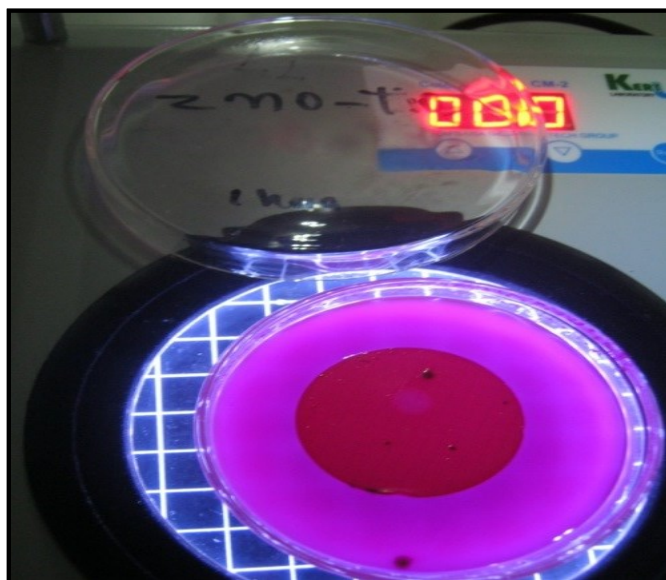


Figura 23. Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) en 60 minutos

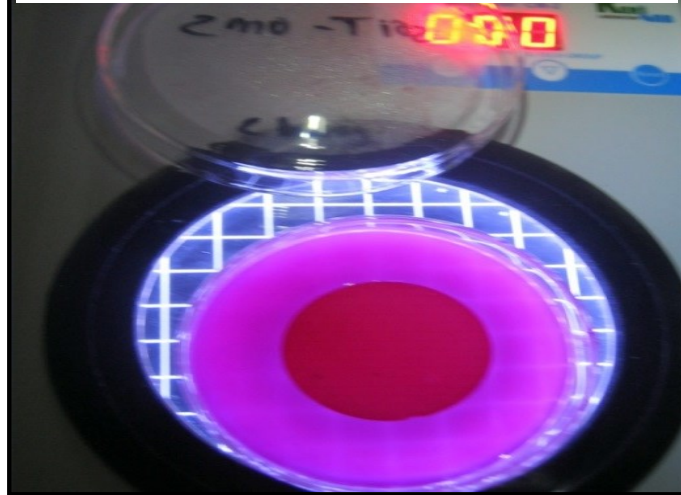


Figura 24. Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica sin plata (Ag) en 120 minutos

Tabla 12. *Prueba definitiva de la Inactivación de Coliformes Totales por las composiciones Fotocatalíticas con plata (Ag).*

Composición Fotocatalítica (ZnO-TiO ₂ -Ag)					
Código de Muestras	Volumen en (mL)	Tiempo en (min)	UFC de Coliformes Totales Final	pH	Eficiencia %
CFCA-1	500	60	40	9.8	72.6
CFCA-2	500	60	39	9	73.3
CFCA-3	500	60	41	10	71.9
PRO-CFCA-1	500	60	40	9.6	72.6
CFCA-4	500	120	10	9.6	93.2
CFCA-5	500	120	11	9	92.5
CFCA-6	500	120	9	9.5	93.8
PRO-CFCA-2	500	120	10	9.4	93.2

A diferencia de la Tabla 11 se puede observar en la tabla 12, que las composiciones Fotocatalíticas con Plata en tiempos 60 y 120 minutos de exposición a la radiación (UV-A), sobre una muestra de agua de pozo de 500 ml, los Coliformes Totales se eliminaron más, de igual manera en las tres repeticiones

de cada tiempo se observa poca variabilidad de los resultados en cuanto la reducción de los Coliformes Totales, sin embargo se sigue demostrando la reducción de los Coliformes Totales cuando se prolonga el tiempo de exposición a la radiación (UV-A) a 120 minutos (Figuras 27 y 28).

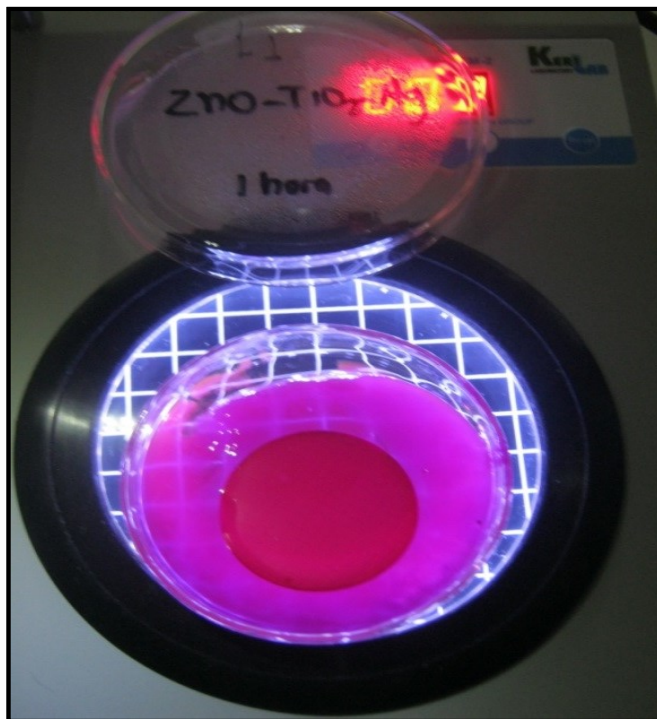
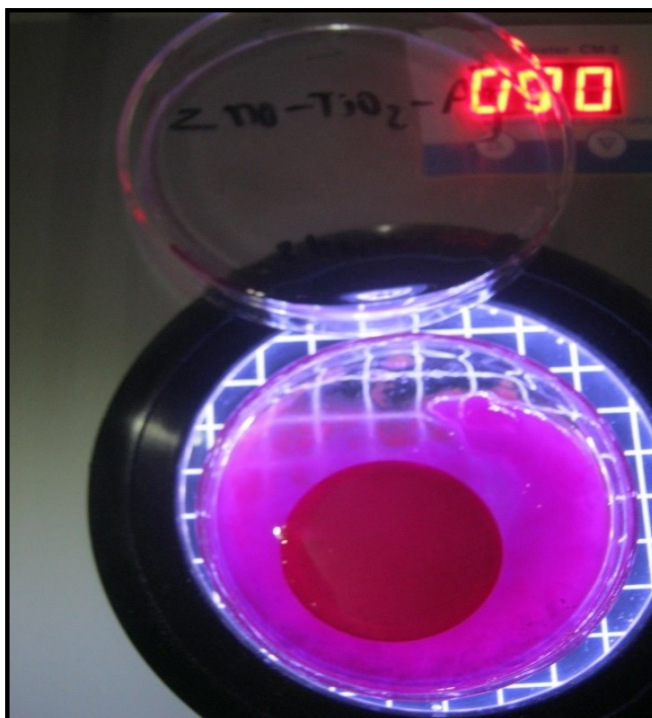


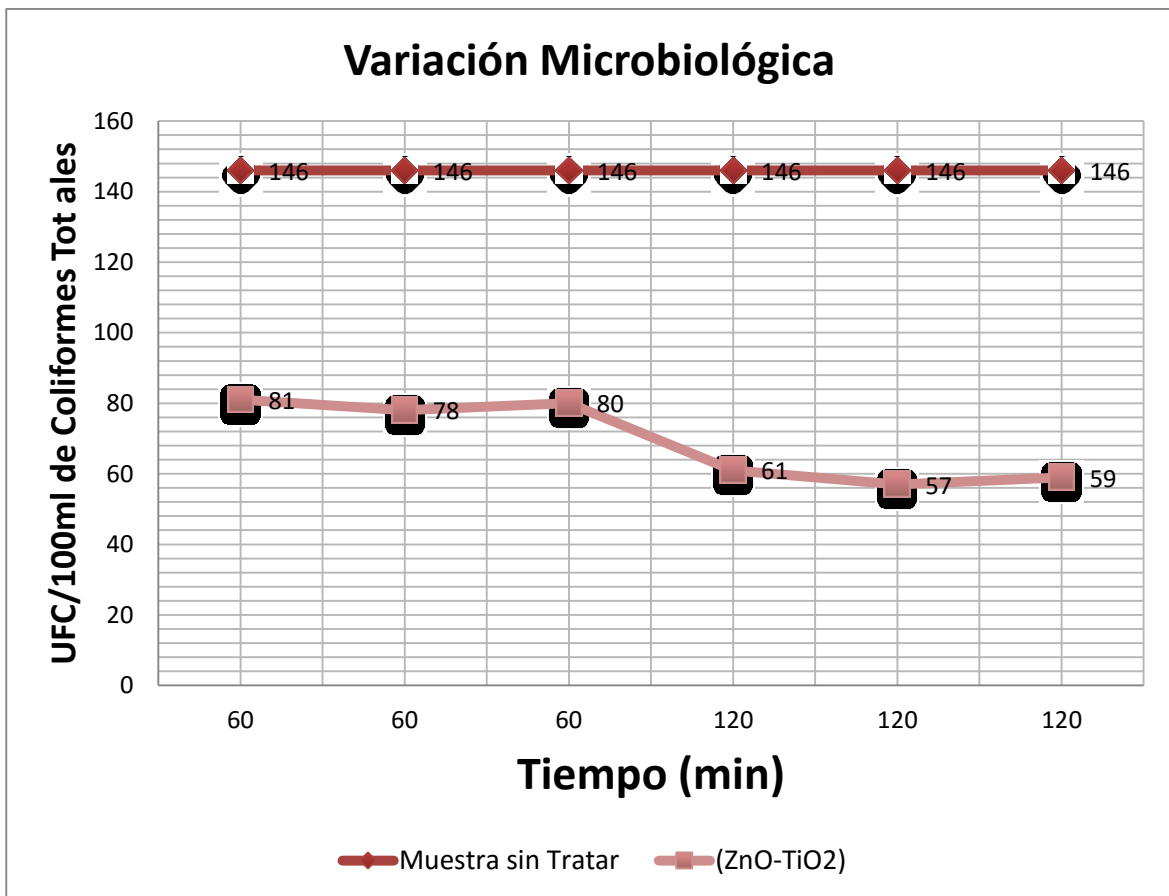
Figura 25. Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica con plata (Ag) en 60 minutos



En la tabla 11 y los códigos de CFSA (Promedio composición sin plata) y PRO-CFCA (Promedio de la composición Fotocatalítica con plata) y PRO-CFCA (Promedio de la composición Fotocatalítica con plata) 12 se muestras muestra PRO- de la Fotocatalítica

Figura 26. Análisis microbiológico definitivo de la muestra tratada con la Composición Fotocatalítica con plata (Ag) en 120 minutos

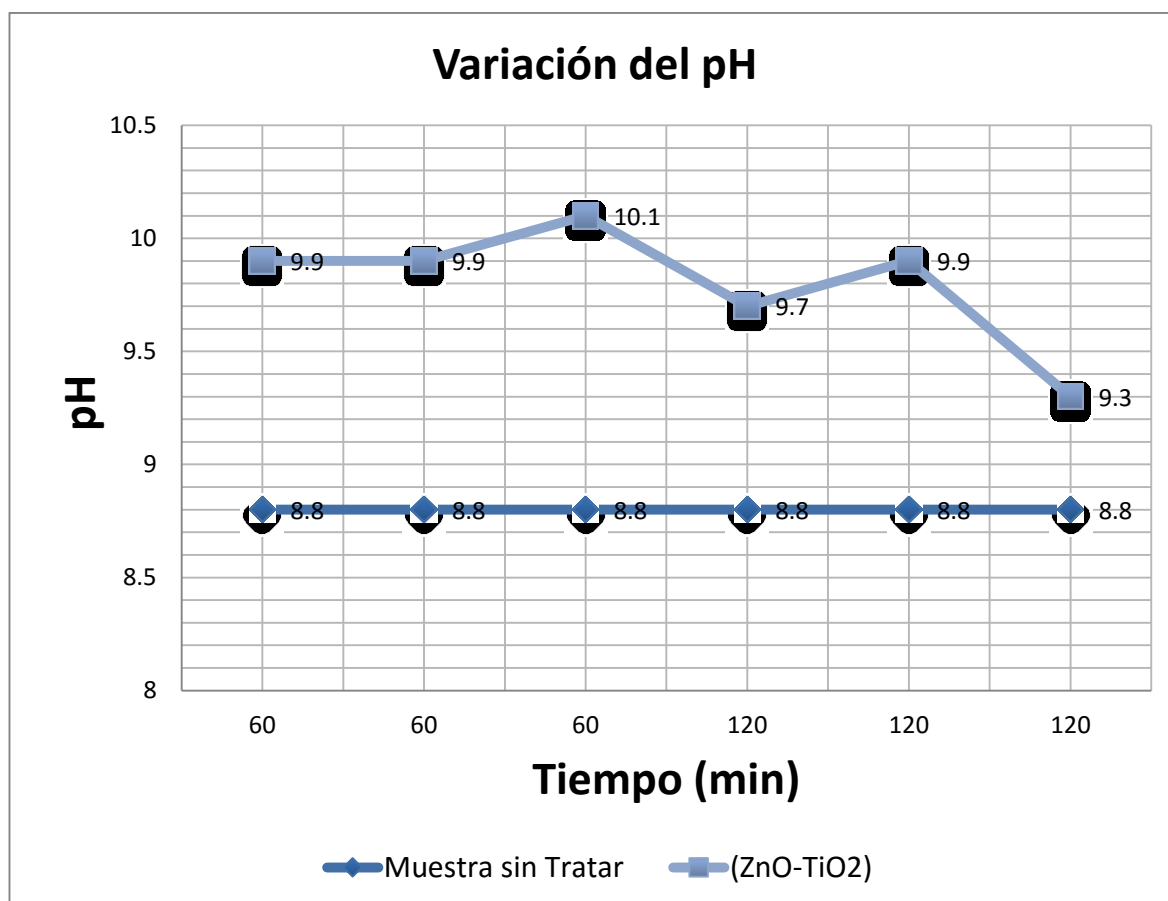
3.4.1 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN MICROBIOLÓGICA Y PH



Cuadro 2. Variación Microbiológica por las composiciones Fotocatalíticas sin plata.

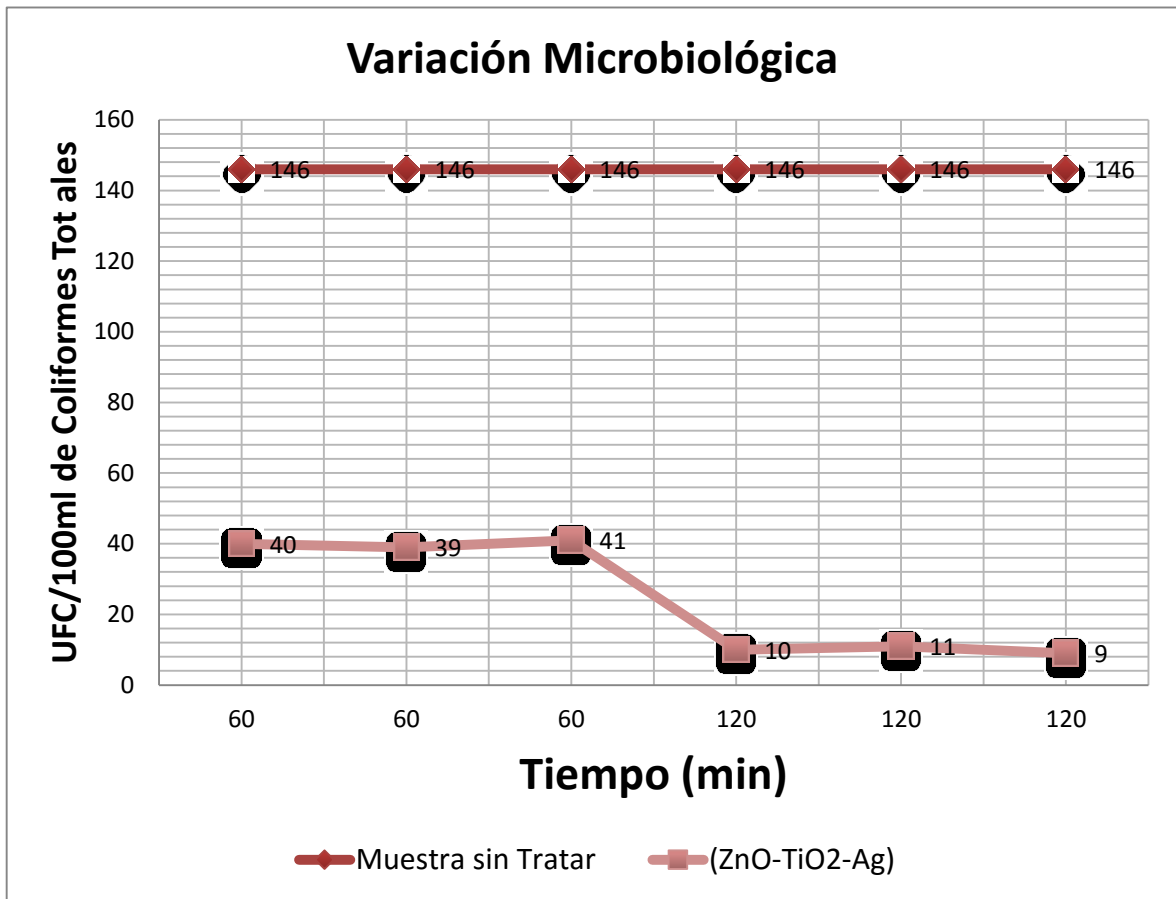
En cuadro 2 se observan que en los primeros 60 minutos, la reducción en promedio de Coliformes Totales es mayor que de 60 a 120 minutos, esto se debe a que la cantidad de partículas de dióxido de titanio y Óxido de Zinc se irá

reduciendo a medida que los Coliformes Totales se estén eliminando, otro factor es la recombinación de los electrones y los huecos generados en la fotocatalisis.



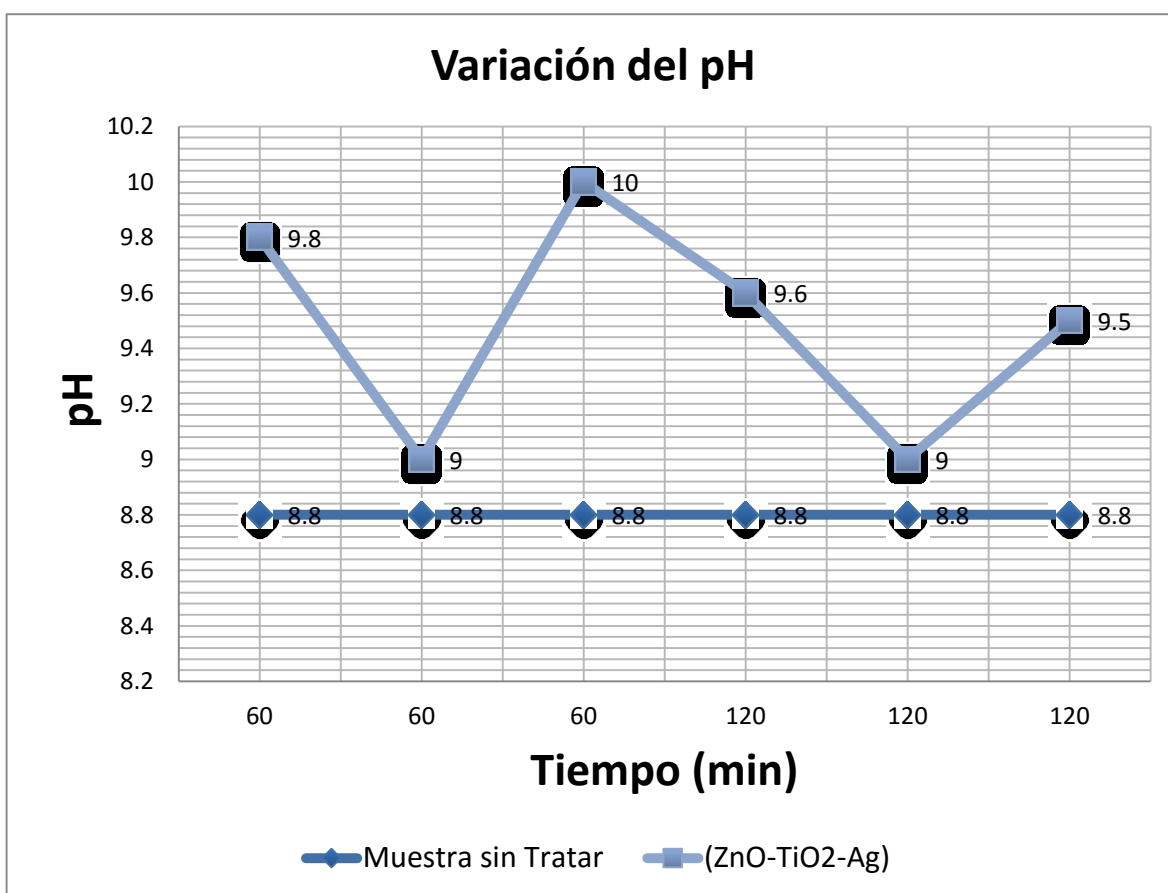
Cuadro 3. Variación del pH por las composiciones Fotocatalíticas sin plata.

En el cuadro 3 se observan que el pH aumenta a diferencia de la muestra inicial, con poca variabilidad de resultados en las tres repeticiones de cada tiempo, esto puede ser causado por la presencia del cemento por ser de un pH básico, la cual interfiere en la eficiencia de la Fotocatálisis, ya que para la mayor eficiencia el medio debe ser ácido ($3 \leq \text{pH} \leq 5$).



Cuadro 4. Variación Microbiológica por las composiciones Fotocatalíticas con plata

En el cuadro 4 se observan que en los primeros 60 minutos, la reducción en promedio de Coliformes Totales es mayor que de 60 a 120 minutos, esto se debe a que la cantidad de partículas de Dióxido de Titanio, Óxido de Zinc y plata se irá reduciendo a medida que los Coliformes Totales se estén eliminando, otro factor es la recombinación de los electrones y los huecos generados en la Fotocatálisis debido a que la plata por el desgaste deja de extender su actividad Fotocatalítica.



Cuadro 5. Variación del pH por las composiciones Fotocatalíticas con Plata

En el cuadro 5 se observan que el pH aumenta a diferencia de la muestra inicial, con poca variabilidad de resultados en las tres repeticiones de cada tiempo, esto puede ser causado por la presencia del cemento por ser de un pH básico, la cual interfiere en la eficiencia de la Fotocatálisis, ya que para la mayor eficiencia el medio debe ser ácido ($3 \leq \text{pH} \leq 5$).

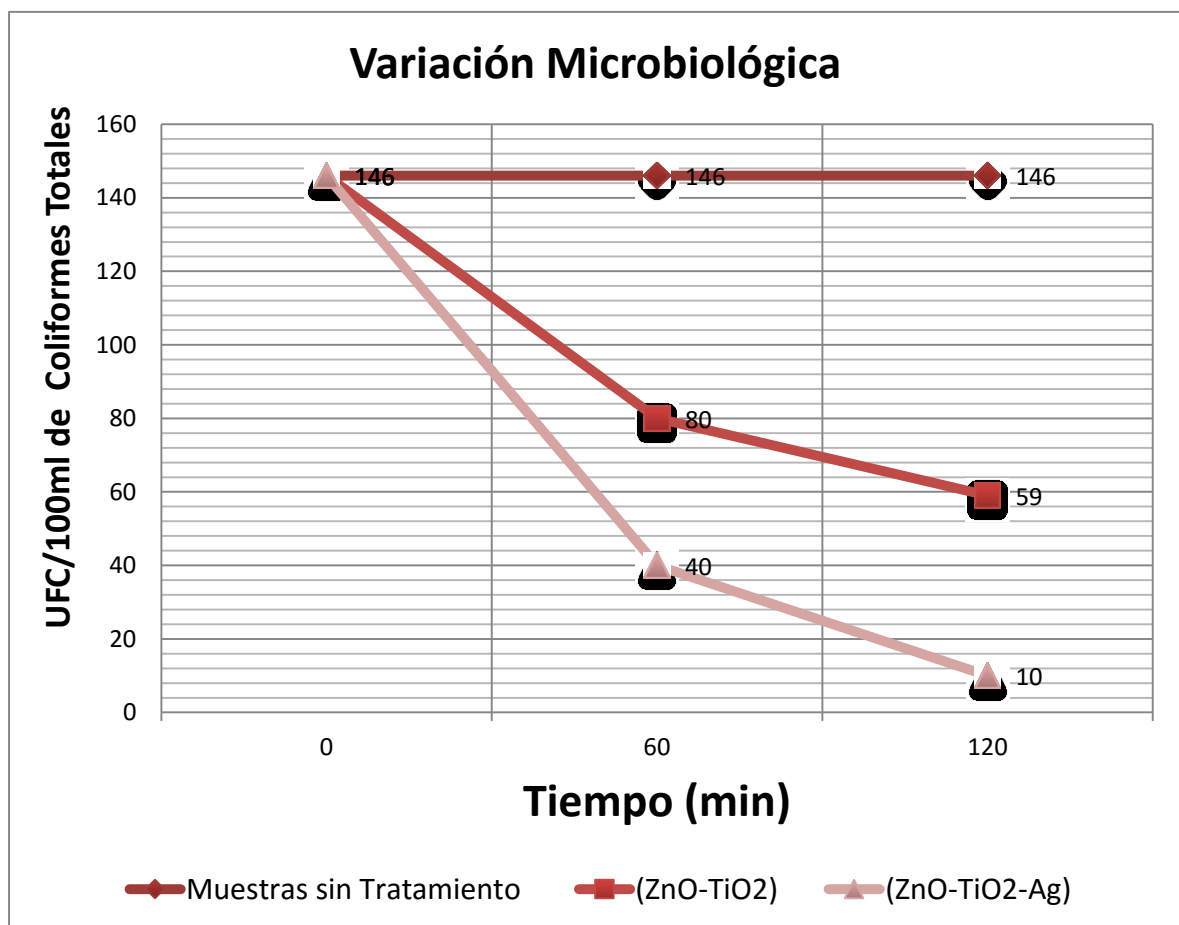
Tabla 13. Promedio de las variaciones microbiológicas y del pH por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag)

Código de Muestras	Volumen en (mL)	Tiempo en (min)	UFC de Coliformes Totales	pH	Eficiencia %
--------------------	-----------------	-----------------	---------------------------	----	--------------

MST-0	500	0	146	8.8	-
PRO-CFSA-1	500	60	80	10	45.4
PRO-CFSA-2	500	120	59	9.6	59.6
PRO-CFCA-1	500	60	40	9.6	72.6
PRO-CFCA-2	500	120	10	9.4	93.2

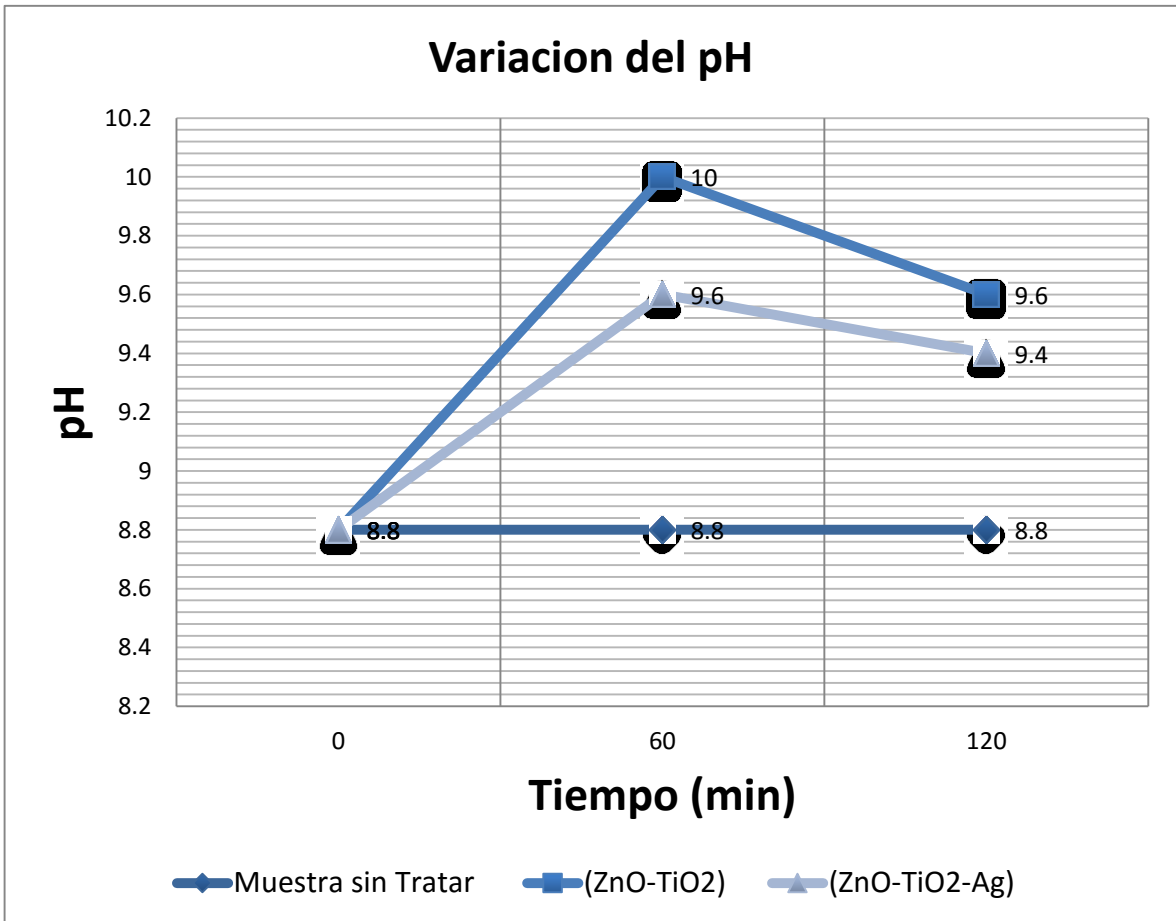
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 se muestra los promedios de cada análisis microbiológico después del tratamiento con las composiciones Fotocatalíticas con plata y sin plata resueltas en las tablas (11 y 12).



Cuadro 6. Variación Microbiológica por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata

En el cuadro 6 se observa que en 60 y 120 minutos la composición fotocatalítica con plata logra reducir más Coliformes Totales, debido a que el dopaje con plata extiende su actividad Fotocatalítica y este a su vez mejora la capacidad de producir más radicales Hidroxilos que son fundamentales para la inactivación de los coliformes Totales.



Cuadro 7. Variación del pH por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata

En el cuadro 7 se observa que en 60 y 120 minutos el pH aumenta por la composición Fotocatalítica con plata y sin plata, pero el pH aumentado por la composición Fotocatalítica con plata es menor, debido a la presencia de plata que logra amortiguar el pH básico del cemento.

3.5 Prueba de Normalidad

a) Hipótesis de normalidad

Hipótesis nula H_0 . Los datos corresponden a una distribución normal

Hipótesis alterna H_1 . Los datos no corresponden a una distribución normal

b) Prueba de Shapiro-Wilk

Se aplica la prueba de Shapiro-Wilk cuando la muestra es menor a 50 datos.

3.5.1 Normalidad para la eficiencia Fotocatalítica para eliminación de los Coliformes Totales del tratamiento Fotocatálisis con y sin plata.

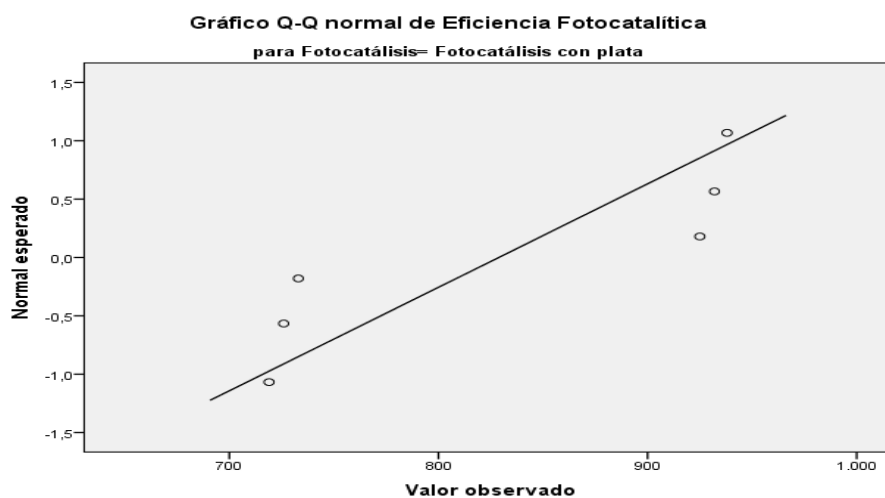
Tabla 14: Prueba de normalidad del tratamiento fotocatalisis con y sin plata

Pruebas de normalidad							
	Fotocatálisis con y sin plata	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia Fotocatalítica	Fotocatálisis sin plata	,275	6	,176	,800	6	,058
	Fotocatálisis con plata	,303	6	,090	,730	6	,013

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: elaboración propia

Utilizando el método factorial, en la tabla 14 la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se observa que los datos no se distribuyen normalmente para la variable Fotocatálisis con plata debido a que tiene un nivel de significancia por debajo del 0.05 y por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.



Cuadro 8. Normalidad de la eficiencia Fotocatalítica con plata

En el cuadro 8 se puede observar que todos los puntos están lejos de la línea recta, por lo tanto significa que a mayor alejamiento de los puntos, corroboran la distribución de dichos valores que no corresponde a una distribución normal, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.

VI DISCUSIONES

- Según López, G; (2013); en su investigación "Aplicación de Fotocatálisis heterogénea para la eliminación de *Escherichia.coli* en agua de pozo para consumo humano", se determinó, que el tiempo de exposición a la radiación solar y la concentración óptimos para eliminar el total de Coliformes Fecales, Coliformes Totales y el *Escherichia.coli*, son 120 minutos y 2 g/L de (TiO₂) en suspensión.

Las cantidades iniciales de UFC/100ml de Coliformes Totales de la investigación de López, G; (2013) y para esta investigación fueron de 53 y 146 respectivamente, la diferencia de UFC es un factor por el cual no se logró la eficiencia del 100% para esta investigación.

Según POMA, K; (2016); en su investigación "Eficiencia del sistema de luz ultravioleta Fotocatalizada con Dióxido de Titanio como un prototipo para la eliminación de Coliformes Totales en las agua de pozo" uso también el semiconductor (TiO₂) en suspensión e inicialmente analizaron 15 NMP de Coliformes Totales en muestra del agua de pozo, obteniendo resultados de 100 % de inactivación de Coliformes Totales con el menor tiempo y el menor caudal tratado (V= 3000 ml y T=5min), en exposición a la radiación ultra violeta- A.

Sin embargo consideramos que para llegar a dicha eficiencia en esta investigación aplicando el semiconductor en superficie fija, se necesitaría más tiempo de exposición a la radiación UV o emplear más cantidad de semiconductor (TiO₂-ZnO) y plata (Ag) en el proceso del dopaje, ya que la eficiencia es mayor cuando el semiconductor se encuentra en suspensión, debido a que ofrece una gran superficie para la reacción.

- Según Kurup, D; (2017); en su la investigación de "Photocatalytic Composition for Water Purification", se elaboraron catalizadores con plata y sin plata, con el objetivo de medir la eficiencia, empleados en 100 ml de agua que inicialmente tenían 200 UFC/100 ml de Enterobacteriaceae, los

resultados fueron del 100 % de eficiencia en desinfección con el catalizador con plata, en 1 hora de exposición a la radiación solar.

Sin embargo consideramos que la cantidad de agua tratada en esta investigación es un factor por el cual no se llegó al 100 % de eficiencia en desinfección, ya que se trató 500 ml de agua de pozo con 146 UFC/100 ml de coliformes totales inicialmente.

Otro factor son las microburbujas de vidrio 3M que se utilizó en la elaboración del catalizador en superficie fija en la investigación de Kurup, este material aumenta la trabajabilidad de la mezcla y tiene la propiedad de transparencia a los rayos UV y Luz visible.

- Según Pantoja, [et al.].(2015); en su investigación Eficiencias comparativas de Inactivación de bacterias Coliformes en efluentes municipales por fotólisis (uv) y por Fotocatálisis (UV-C/TiO₂/SiO₂). Caso: depuradora de aguas de salamanca, España;). La muestra a tratar fue de 50 litros con 15500 y 14500 UFC/ 100ml de *E.coli*; 52000 y 60000 UFC/100ml de CT inicialmente para el tratamiento por Fotólisis y para el tratamiento por Fotocatálisis fue de 23500 y 13500 UFC/ 100ml de *E.coli*, 70000 y 42000 UFC/ 100ml de CT inicialmente, recirculado en un caudal de 1000 L/h en un fotorreactor (UV-C), los resultados a diferencia de los resultados de esta investigación llegaron alcanzar el 100% de la eliminación de la *E.coli* y CT por Fotólisis en 20 minutos y por Fotocatálisis en 35 minutos. Sin embargo consideramos que este sistema de tratamiento es bastante eficiente debido a la radiación UV-C que actúa como un desinfectante, además de tener una longitud de onda de ($\lambda = 254 \text{ nm}$), que aumenta la cantidad de los pares de electrón-hueco del semiconductor durante el proceso de Fotocatálisis.

Al igual que en la investigación de Calderón, G; (2004); se diseñó prototipo en línea de un sistema de tratamiento de agua residual a base de luz ultravioleta, para la desinfectar Coliformes Totales en aguas residuales proveniente del proceso de hidratación de tallos florales; Los resultados en cuanto a la eficiencia fue de 100% de inactivación de Coliformes Totales

con el menor caudal ($Q= 3.61 \text{ ml/s}$) tratado, aplicando luz ultravioleta durante 5 minutos de exposición.

La inactivación rápida de los Coliformes totales a diferencia de la investigación de Pantoja, [et al.].(2015); se debe a la baja concentración de Coliformes Totales y la poca cantidad de agua tratada, además la procedencia del agua influye en otros parámetros de la muestra a tratar, ya que actúan como un factor que interviene en proceso de la Fotocatálisis, estos factores están relacionados con el pH, turbidez, oxígeno disuelto, materia orgánica e inorgánica.

- Según Casierra, H; Casalins, J; Vargas, X; Caselles, A; (2016), en la investigación "Desinfección de agua residual doméstica, tuvo como objetivo la desinfección de Coliformes Totales y Fecales, a través de la Fotocatálisis solar utilizando Peróxido de hidrógeno (UV solar/ H_2O_2) con un sistema de humedales de flujo subsuperficial (*Cyperus ligularis*) horizontal. Para lograr una eficiencia del 99.9 % de la eliminación de los Coliformes Totales, el agua a tratar tuvo un tiempo de 5 horas aplicando (UV solar/ H_2O_2) con 3 días en el sistema de humedales de flujo subsuperficial (*Cyperus ligularis*) horizontal.

Este sistema de tratamiento tardó más tiempo en desinfectar el agua, ya que la procedencia del agua es residual doméstica, por lo tanto hay mayor cantidad de Coliformes Totales, además al igual que las otras investigaciones la procedencia del agua influye en otros parámetros de la muestra a tratar.

El sistema de tratamiento solo usa el peróxido de hidrógeno como oxidante del agua en procesos de la fotólisis, por lo tanto se le puede considerar como un tratamiento totalmente biológico de desinfección.

V. CONCLUSIONES

- El tiempo de exposición a la radiación UV-A, que tuvieron las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag), para la mayor inactivación de Coliformes Totales fue de 120 minutos.
- No se logró la inactivación Total de los Coliformes Totales con las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag), en los diferentes tiempo de 60 y 120 minutos expuestos a la radiación UV-A.
- En los primeros 60 minutos, la eliminación en promedio de Coliformes Totales es mayor que de 60 a 120 minutos para ambas composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag) expuestos a la radiación UV-A.
- La eficiencia de la Fotocatálisis con plata, para la inactivación de los Coliformes Totales, fue de 72.6 % y 93.2% en tiempos diferente de 60 y 120 minutos respectivamente.
- La eficiencia de la Fotocatálisis sin plata, para la inactivación de los Coliformes Totales, fue de 45.4% y 59.6 % en tiempos diferente de 60 y 120 minutos respectivamente
- La eficiencia de la Fotocatálisis con plata, para la inactivación de Coliformes Totales, fue mayor en tiempos diferentes de 60 y 120 minutos de exposición a la radiación UV-A.

VI. RECOMENDACIONES

- Caracterizar otros parámetros de la muestra de agua relacionados con los metales pasados, compuestos orgánicos e inorgánicos, olor y color antes y después del tratamiento por Fotocatálisis, para determinar en qué medida es posible remover otros contaminantes y en qué medida influyen en el proceso de la Fotocatálisis, para eliminar los indicadores microbiológicos de la calidad del agua.
- Preparar composiciones Fotocatalíticas con diferentes tipos y cantidades de semiconductores (catalizador), además de exponerlo a la radiación UV-A en tiempos diferentes y aplicar diferente dosis de plata, para mejorar la eficiencia del proceso de la fotocatalisis y determinar la remoción de otros contaminantes presentes en el agua.
- Preparar las composiciones Fotocatalíticas con otros metales tales como, Cu, Ag, Pt, Pd, Mn, Wo, Ni, Sn, Fe, Va y similares, o sus óxidos como dopantes para mejorar y extender su actividad Fotocatalítica.
- Utilizar la energía y radiación UV-solar, para medir la eficiencia en el proceso de la Fotocatálisis con plata y aprovechar energía de fuentes renovable.
- Elaborar un diseño de sistema de tratamiento, donde se pueda tratar mayor caudal de agua, con estructura continua y proyectada a usar energía renovable como la radiación solar y la gravedad.
- Utilizar el tratamiento por fotocatalisis, después del tratamiento primario y secundario de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) o como proceso de desinfección.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

1. CALSIN, Katherine. Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno. Tesis (Licenciado en Biología) Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016 Disponible en http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4187/Calsin_Ramirez_Katherine_Vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. GARCÉS, Luis; MEJÍA, Edwin; SANTAMARÍA, Jorge, La fotocátalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Revista Lasallista de Investigación [en línea]. Junio 2004, n° 1. [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/695/69511013.pdf>
ISSN 1794-4449
3. GARCÍA, Esaú. Películas delgadas de TiO₂ +ZnO y sus propiedades Fotocatalíticas. Tesis (Maestro en ingeniería de manufactura) México: Instituto Politécnico Nacional, 2011. Disponible en <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9842/213.pdf?sequence=1>
4. HERNÁNDEZ R., Fernández, C. y Baptista, P. Metodología de la investigación. 5a. ed. México: McGraw Hill, 2010. 656 p.
5. HERNANDEZ, Aurelio. Aspectos Técnico económicos de los vertidos de aguas residuales y su depuración. Tesis (Doctoral). España: Universidad Politécnica de Madrid, 1973. p 38.
6. Juliaca: declaran no apta para el consumo humano agua de pozos [en línea]. RPP noticias.PE. 07 de julio del 2016. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2018]. Disponible en: <http://rpp.pe/peru/puno/agua-de-pozos-de-juliaca-no-seria-apta-para-el-consumo-humano-noticia-977546>
7. LOPEZ, Gilberto. Aplicación de Fotocatálisis Heterogénea para la eliminación de Escherichia Coli en Agua de Pozo para consumo Humano, en la Comunidad Patricia Puertas del área natural protegida Colima, Municipio de Suchitoto, Departamento de Cuscatlán. Tesis (Licenciatura

- en Biología). Ciudad Universitaria: Universidad del Salvador, 2013. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/10022/1/19200952.pdf>
8. MARLEN, Robert. Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. Revista CENIC. Ciencias Biológicas [en línea] 2014, n° 45 [Fecha de consulta: 20 de Abril de 2018] Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf> ISSN 0253-5688
 9. OEA. Marta I. Litter. Noviembre de 2006. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Priscila_Ana_Powell/publication/271527299_Water_treated_by_photolysis_and_heterogeneous_photocatalysis_for_bacterial_inactivation/links/54cba70d0cf29ca810f2fc9b/Water-treated-by-photolysis-and-heterogeneous-photocatalysis-for-bacterial-inactivation.pdf#page=9
 10. OMS, 2003. Artificial tanning sunbeds risks and guidance, 2013. Disponible en <http://www.who.int/uv/publications/en/sunbeds.pdf>.
 11. Pacasmayo: afirman que población consume agua contaminada [en línea]. RPP noticias. PE. 25 de julio del 2014. [Fecha de consulta: 20 de Abril de 2018]. Disponible en: <http://rpp.pe/peru/actualidad/pacasmayo-afirman-que-poblacion-consume-agua-contaminada-noticia-711011>
 12. PANTOJA, J.C., PROAL, J.B., GARCÍA, M., CHÁIREZ, I., OSORIO, G.I., Eficiencias comparativas de inactivación de bacterias coliformes en efluentes municipales por fotólisis (UV) y por Fotocatálisis (UV/TiO₂/SiO₂). Caso: depuradora de aguas de Salamanca, España. Revista Mexicana de Ingeniería Química [en línea]. 2015, n° 14 [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/620/62037106011.pdf> ISSN 1665-2738
 13. POMA Cercado, Kenyo. Eficiencia del sistema de luz ultravioleta fotocatalizada con Dióxido de Titanio como un prototipo para la eliminación de Coliformes Totales en las Aguas de Pozo del A.A.H.H Márquez, Callao. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo del Perú, Facultad de Ingeniería, 2016. 80 pp.
 14. ROJAS, Naydú et al. Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y Escherichia coli presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. Revista Universitas Scientiarum. [en línea]. 2010,

- n°.2. [Fecha de consulta: 25 de Abril de 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v15n2/v15n2a05.pdf> ISSN 0122-7483
15. TARQUI, Carolina et al. Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. Revista Salud pública [en línea]. 2016, n.º 6. [Fecha de consulta: 25 de Abril de 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v18n6/0124-0064-rsap-18-06-00904.pdf> ISSN: 2539-3596
16. VILLA, Katherine; GORDILLO, Fernando; ZARATE, Fabián. Eficiencia Fotocatalítica de películas multicapas TiO₂Ag/TiO₂ crecidas por medio de la técnica sol. Revista The Biologist. [en línea]. Enero-Junio 2010, n.º.1. [Fecha de consulta: 25 de Abril de 2018]. Disponible en [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet EficienciaFotocataliticaDePelículasMulticapasTioAg-3989806.pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet%20EficienciaFotocataliticaDePelículasMulticapasTioAg-3989806.pdf) ISSN 1816-0719.

ANEXOS

ANEXO N° 1: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Canoreo Bizar, Juan Julio

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de universidad Cesar Vallejo

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.4. Autor(A) de Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima, 02/05 del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Carlos Romasco Cabrera Carranza
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: _____
 1.4. Autor(A) de Instrumento: _____

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 02 Julio del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

D. CARLOS ROMASCO CABRERA CARRANZA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: G. Amora Gomez Jose Isaac
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
 1.4. Autor(A) de Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									✓				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									✓				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									✓				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									✓				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									✓				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									✓				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									✗				
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									✗				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									✗				

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

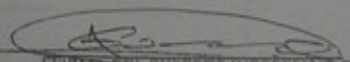
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %

Lima, 02/05 del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

ANEXO N° 2: FICHAS TÉCNICA DE DATOS DE EXPERIMENTACIÓN

Ficha técnica 1. Toma de Muestra

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	
LOCALIDAD	
DISTRITO	
PROVINCIA	
DEPARTAMENTO	
COORDENADAS UTM (WGS84)	
METODOLOGÍA DE MUESTREO	
TIPO DE MUESTRA	
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	
MÉTODO DE MUESTRA	
ENVASE DE MUESTREO	
CANTIDAD DE MUESTRA	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	

NUMERO DE MUESTRA	
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	
FECHA Y HORA DE LA TOMA DE MUESTRA	
TIPO DE ANÁLISIS	
NOMBRE DEL RESPONSABLE	

Fuente: Elaboración propia.

Ficha técnica 2. Medida los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la muestra

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	Unidades de medidas
Temperatura		
pH		
Conductividad eléctrica (CE)		
Turbidez		
Oxígeno disuelto (OD)		
Coliformes Totales		

Fuente: Elaboración propia.

PREPARACIÓN DE LAS COMPOSICIONES FOTOCATALÍTICAS CON Y SIN PLATA (Ag)

Ficha técnica 3. Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica sin plata (Ag)

Materia prima	Unidad de medida
ZnO	
TiO ₂	
Cuarzo	
Agua	
Cemento portland	

Fuente: Elaboración propia

Ficha técnica 3. Cantidades de materias primas para la preparación de la composición Fotocatalítica con plata (Ag)

Materia prima	Unidad de medida
ZnO	
TiO ₂	
AgNO ₃	
Calcinación en mufla	
Cuarzo	
Agua	
Cemento portland	

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE EXPOSICIÓN A LA LUZ VISIBLE QUE TENDRÁN LAS COMPOSICIONES FOTOCATALITICAS CON Y SIN PLATA (Ag) PARA LA INACTIVACION DE COLIFORMES TOTALES

Ficha Técnica 5. Inactivación de Coliformes Totales según el tiempo de exposición a la radiación UV-A de la composición Fotocatalítica (ZnO-TiO₂) en tres repeticiones por cada tiempo.

Composición Fotocatalítica (ZnO-TiO ₂)
--

Código de Muestras	Volumen en (ml)	Tiempo en (min)	UFC de Coliformes Totales Final	pH	Eficiencia %
CFSA-1					
CFSA-2					
CFSA-3					
CFSA-4					
CFSA-5					
CFSA-6					

Fuente: Elaboración propia

Ficha Técnica 6. Inactivación de Coliformes Totales según el tiempo de exposición a la radiación UV-A de la composición Fotocatalítica (ZnO-TiO₂-Ag) en tres repeticiones por cada tiempo.

Composición Fotocatalítica (ZnO-TiO ₂ -Ag)					
Codigo de Muestras	Volumen en (ml)	Tiempo en (min)	UFC de Coliformes Totales Final	pH	Eficiencia %
CFSA-1					
CFSA-2					
CFSA-3					
CFSA-4					
CFSA-5					
CFSA-6					

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 3: FOTOGRAFÍAS



Figura 27. Preparación del Nitrato de plata a concentración de 0.1M



Figura 28. Aplicación del Nitrato de plata a 0.1 M en los semiconductores (ZnO-TiO₂)

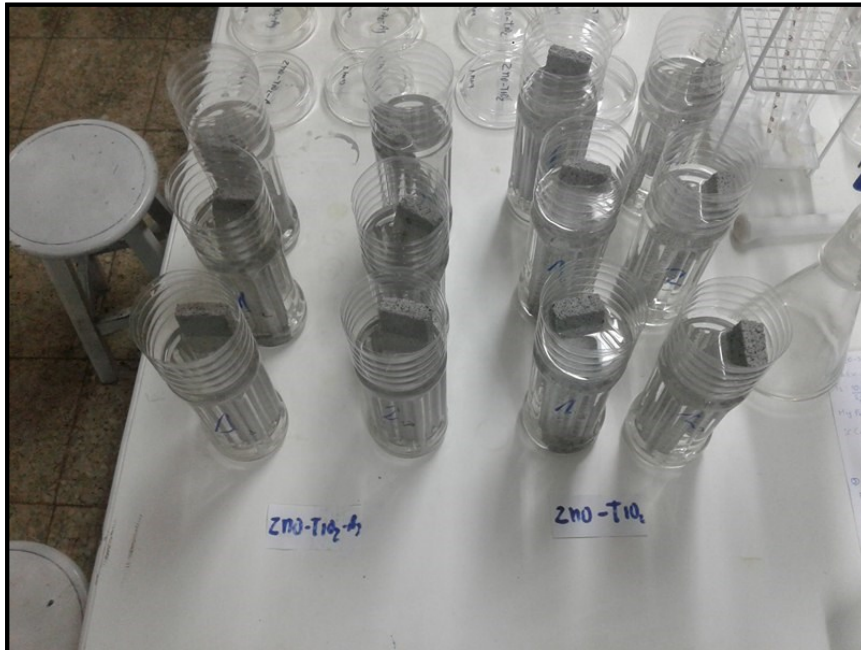


Figura 29. Muestras tratadas con las composiciones Fotocatalíticas con plata y sin plata

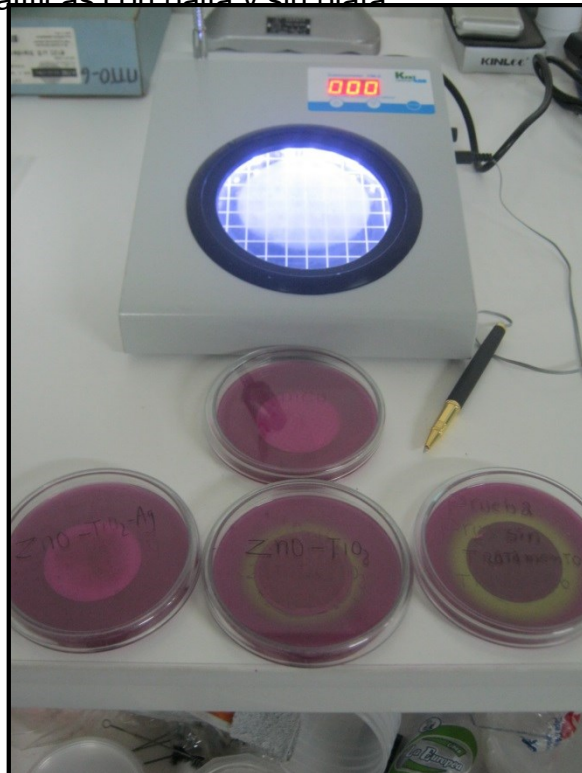


Figura 30. Análisis microbiológicos de la prueba preliminar de la Fotocatálisis

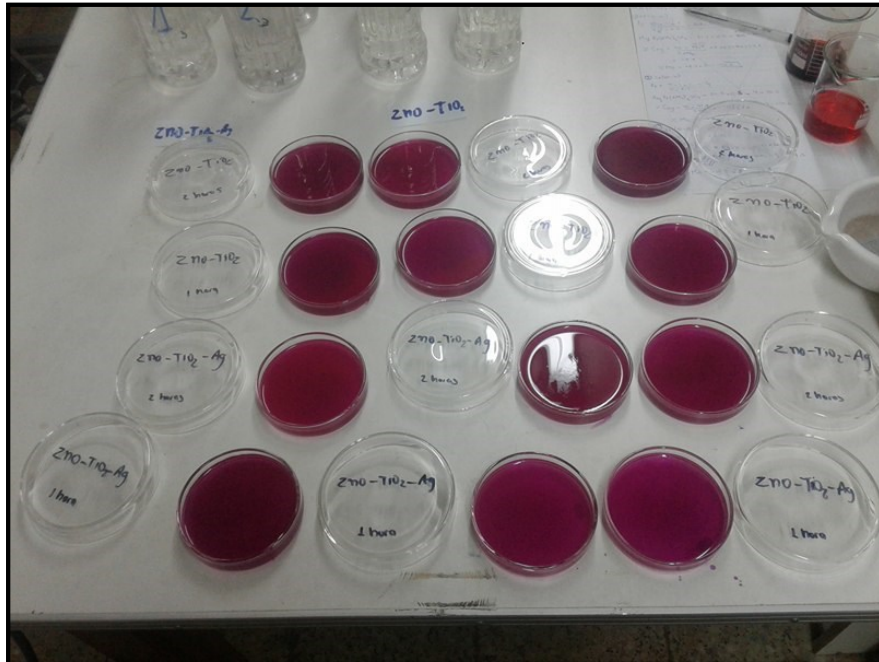


Figura 31. Medio de cultivo de prueba definitiva de la Fotocatálisis



Figura 32. Incubación de los cultivos microbiológicos



Figura 33. Conteo de las unidades formadoras de colonia

ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA Y CONSTANCIA DEL LABORATORIO

Cuadro 9 .MATRIZ DE CONSISTENCIA. "EFICIENCIA DE LA FOTOCATÁLISIS CON PLATA PARA LA INACTIVACIÓN DE LOS COLIFORMES TOTALES PRESENTE EN AGUA DE POZO DEL AA.HH MÁRQUEZ UBICADO EN LA PROVINCIA CALLAO-2018"

Problema	Objetivos	Hipotesis	Variables	Definición	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente	Conceptual	operacional	Dimencion	Indicador	Unidad de medida
¿Cuál es la eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo?	Determinar la eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.	Hi: La eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) es mayor para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.	Eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag)	Según RAE (como se citó en López, 2016, p. 13), la eficiencia es la capacidad de realizar un efecto determinado o cumplir adecuadamente una función. La fotocatálisis es la aceleración de una fotorreacción mediante la irradiación a los óxidos semiconductores en medio acuoso o gaseoso. (Kurup, 2017)	Se tomaran dos volúmenes de 500 mL de agua de pozo en botellas PET y se agregaran las composiciones Fotocatalíticas con plata y sin plata en cada botella y se evaluara el tiempo de exposición a la radiación UV-A que necesitan las muestras para lograr la mayor o total inactivación de Coliformes Totales	Tiempo de exposición a la radiación UV-A del catalizador sin plata (Ag).	60	Minutos
		Ho: La eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) no es mayor para la inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.				Tiempo de exposición a la radiación UV-A del catalizador con plata (Ag).	120	Minutos
							60	Minutos
							120	Minutos
Problema específico	Objetivo específico	Hipotesis Especifico.	Dependiente	Conceptual	Operacional	Dimencion	Indicador	Unidad de medida
¿Cuánto es el tiempo de exposición a la radiación (UV-A), que tendrá el catalizador sin plata (Ag) para la mayor inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo?	Determinar el tiempo de exposición a la radiación UV-A que tendrá el catalizador sin plata (Ag) para la mayor inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.	Hi: El tiempo de exposición a la radiación (UV-A) que tendrá el catalizador sin plata (Ag) será 120 minutos para la mayor inactivación de Coliformes Totales en agua de pozo.	Inactivación de Coliformes Totales	Es el decaimiento o eliminación de microorganismos que incluye a todos los Coliformes de cualquier origen. (Marlen, 2014)	La inactivación de Coliformes Totales se determinara mediante análisis microbiológico	Cantidad de Coliformes Totales que tiene la muestra de agua antes de ser tratada por las composiciones Fotocatalíticas con y sin plata (Ag)	Coliformes Totales	UFC/100 ml
		Hi: El tiempo de exposición a la radiación (UV-A) que tendrá el catalizador con plata (Ag) será menor a 120 minutos para la inactivación total de Coliformes Totales en agua de pozo.				Cantidad de Coliformes Totales que tiene la muestra de agua después de ser tratada por las composiciones Fotocatalíticas con y sin dosis de (Ag)		



**LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA
DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC
R.U.C. 20552341679**

PROYECTOS DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS, TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS,
INDUSTRIALES Y AGUAS ACIDAS DE MINA, MONITOREOS AMBIENTALES EN SUELO, AIRE Y AGUA,
ESTUDIOS AMBIENTALES, SISMICA, IMPLEMENTACION Y CAPACITACION DE METODOS
ANALITICOS EN LABORATORIO QUIMICO, FABRICACION DE EQUIPOS DE CONTROL DE GASES,
MATERIAL PARTICULADO, MURLAS, PLANCHAS DE DIGESTION, CAMPANAS EXTRACTORAS,
VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS – IMPORTADOR – EXPORTADOR.



Constancia

Por medio de la presente dejamos la constancia que el alumno, Soto López Luis con DNI: 73325195 de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo con código 6700262910 a realizado su desarrollo de investigación con el apoyo académico de profesionales colegiados con experiencias de 15 años en problemas ambientales que laboran en prestigiosas empresas y entidades públicas quienes participaron como guías en el desarrollo de métodos estandarizados nacionales como internacionales y uso de equipos en el laboratorio particular de la empresa LC ICA DEL PERU SAC, los que fueron realizados de manera personal por el interesado dando constancia de su originalidad, veracidad de su trabajo como lo ameritan sus antecedentes que se tomaron en su trabajo que realizaron.

Expidiendo la presente constancia para fines que crea convenientes.

San Martín de Porres, 01 de julio del 2018

Chris Lisset Luis Chiroque
Ing. Químico. Reg. CIP. 153976

Rosy Susana Pinedo Ochoa
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 164142

Luis Fernando Mendoza Apolaya
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 213529

Gerente

LC ICA DEL PERU S.A.C.


Luis Fernando Mendoza Apolaya

GERENTE

Dirección: Asoc. Residencial Villa Los Olivos Calle 1 Mz B Lte. 31
San Martín de Porres - Lima.
Teléfono: 523-6273, Celular: 995418217
Email: fica_mena77@hotmail.com

Feedback Studio - Mozilla Firefox
 https://ev.tumttn.com/app/carta/es/?s=1&o=982955030&lang=es&u=1051031624

feedback studio Luis Soto Lopez Eficiencia de la Fotocatálisis con plata (Ag) para inactivación de Coliformes Totales Presentes en agua de Pozo del AA.HH Márquez ubicado en la provincia Callao /100 14 de 33



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFICIENCIA DE LA FOTOCATÁLISIS CON PLATA (Ag) PARA LA INACTIVACIÓN DE COLIFORMES TOTALES PRESENTE EN AGUA DE POZO DEL AA.HH MÁRQUEZ UBICADO EN LA PROVINCIA CALLAO-2018”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:
Soto López, Luis Miguel

ASESOR:
Dr. Cabrera Carranza Carlos

Resumen de coincidencias

16 %

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1	Entregado a Universida...	3 %
2	repositorio.ucv.edu.pe	2 %
3	ri.uces.edu.sv	2 %
4	repositorio.utp.edu.co	1 %
5	Entregado a Universida...	1 %
6	www.bu.univ-rennes2.fr	1 %
7	repositorio.unap.edu.pe	1 %
8	itica.aiu.edu	<1 %
9	Entregado a CONACYT	<1 %
10	google.redalyc.org	<1 %
11	Entregado a Pontificia ...	<1 %

Página: 1 de 93 Número de palabras: 14750 Text-only Report High Resolution Activado



ACTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Código : F08-PP-PR-02.02

Versión : 09

Fecha : 23-03-2018

Página : 1 de 1

Yo Seño Lopez Luis Miguel identificado con DNI N° 77026657
Egresado de la Escuela Profesional de Ing. Ambiental de la
Universidad César Vallejo, autorizo No autorizo la divulgación y comunicación pública
de mi trabajo de investigación titulado

Exposición de la factibilidad con data para la instalación
de las Olisemas Totales presentada en Agua de Pozo del Ac. Nic. Paredes
ubicada en la provincia de Callao - 2018.

.....; en el Repositorio Institucional de la UCV
(<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre
Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....

FIRMA

DNI: 77026657

FECH 19 DE JULIO DEL 2018.

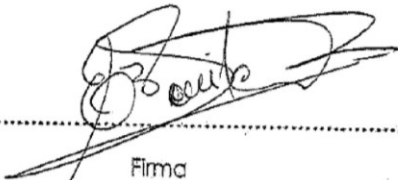
Yo, Elmer Benitez Alfaro
 docente de la Facultad Ingeniería
 Escuela Profesional Ing. Ambiental de la Universidad César Vallejo
 (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

" Eficiencia de la Fotocatálisis con Plata (Ag) para la Inactivación de coliformes Totales presente en agua de pozo del AA.HH. Marquez ubicado en la Provincia Callao - 2018 "

del (de la) estudiante Soto Lopez, Luis Miguel
 constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.9% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.




El/la suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha..... 09 Julio 2018



 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente
 DNI: 07567259

 *PERÚ* Dirección de Investigación	Elaboró	Revisó	 Responsable del SOC	 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN	Vicerrectorado de Investigación
--	---------	--------	--	---	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SOTO LOPEZ LUIS MIGUEL

INFORME ~~TITULADO~~:

EFICIENCIA DE LA COMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA CON PLATA (Ag)
PARA LA INACTIVACIÓN DE COLIFORMES TOTALES PRESENTES EN
AGUA DE POZO DEL AA.HH MÁRQUEZ UBICADO EN LA PROVINCIA
CALLAO-2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO (A) AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 18 de julio de 2018

NOTA O MENCIÓN: 16

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro