



**“UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**Valoración y optimización de la dosificación de cloro en la  
planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO**

**INVESTIGADOR:**

Bachiller: Cabrera Fustamante, Alexis Aurelio

**ASESOR:**

M.Sc. Tineo Huancas, Rodolfo Pastor  
ORCID:0-0003-1812-6149

**LAMBAYEQUE, PERÚ 2023**



# **“UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**Valoración y optimización de la dosificación de cloro en la  
planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota**

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO**

### **INVESTIGADOR**

---

Bachiller: Cabrera Fustamante, Alexis Aurelio

### **ASESOR**

---

M.Sc. Tineo Huancas, Rodolfo Pastor



# **“UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**Valoración y optimización de la dosificación de cloro en la  
planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota**

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

**Dr. Carlos Reinerio Arce Cruzado  
PRESIDENTE**

---

**Dr. Iván Pedro Coronado Zuloeta  
SECRETARIO**

---

**M.Sc. Manuel Antonio Diaz Paredes  
VOCAL**

---

**M.Sc. Rodolfo Pastor Tineo Huancas  
ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis queridos padres (Roberto Cabrera y Carmela Fustamante) que gracias a su amor infinito apoyo emocional y económico contribuyeron a que este trabajo sea un logro más en mi formación académica.

A mis hermanos Carlos y Diana, gracias por siempre alentarme moralmente y consejos en bienestar de mi formación profesional, a mi querida sobrina Alice que por su amor y cariño me empujaron a concluir esta meta

Así mismo a mi gran y entrañable amigo boody, gracias por siempre acompañarme.

*Alexis Aurelio Cabrera Fustamante*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a Dios, por darme salud y guiar mis pasos a lo largo de mi vida y por darme fuerza en los momentos más difíciles

A mi familia, en especial a mis padres Roberto Antonio Cabrera Burgos y María Carmela Fustamante Carranza, por el apoyo económico, emocional y estar desde el inicio de mi vida encaminando mis pasos, gracias mil, de igual manera a mis hermanos, sobrina, tíos que contribuyeron a mi formación profesional

A mis tíos Lucho Salazar y Rosa Fustamante que con su incondicional ayuda en las distintas etapas de mi vida contribuyeron a mi formación profesional, gracias por los consejos y su amor infinito.

A mi asesor de tesis Mtr. Rodolfo Pastor Tineo Huancas, docente de la escuela profesional de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, por el asesoramiento brindado y estar presto a resolver las inquietudes que se presentaron.

Al Ing. Jorge Luis Mendoza Sánchez responsable de laboratorio de análisis de agua perteneciente al área de saneamiento básico- Chota, por su apoyo intelectual en el procedimiento y estudio de los análisis realizados

Al Ing. Carlos Arce Cruzado por su apoyo en la redacción y disposición en la aclaración de las dudas que se presentaron al momento de la elaboración de esta tesis.

A mi amiga incondicional Ana Cely Delgado Benavides por su apoyo moral y asesoramiento en la redacción de este trabajo.

***Alexis Aurelio Cabrera Fustamant***

## Índice

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN.....	10
ABSTRACT .....	12
INTRODUCCION .....	14
I. MARCO TEORICO.....	17
1.1 Antecedentes .....	17
1.2 Base Teórica.....	17
1.2.1 Agua .....	17
1.2.2 Calidad de agua de consumo humano.....	19
1.2.3 Potabilización del agua.....	19
1.2.3.1 Agua potable.....	19
1.2.3.2 Selección de fuentes de abastecimiento de agua .....	19
1.2.4 Tratamiento Químico .....	21
1.2.5 Parámetros de calidad de agua apta para consumo humano.....	22
1.2.5.1 Agua potable.....	22
1.2.5.2 Agua apta para el consumo humano .....	22
1.2.6 Dosis de cloro.....	25
1.2.7 Coliformes .....	26
1.2.8 Eficiencia de la cloración .....	26
1.2.9 Reglamento de calidad de agua para consumo humano, D.S. N° 031- 2010-SA .....	26
1.2.10. Reacción del cloro en el agua .....	27
1.2.11. Determinación de Cloruros.....	33

1.2.12.	<i>Formación de trihalometanos (THMs)</i> .....	33
1.3	Planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota .....	33
1.3.1	<i>Ubicación</i> .....	33
1.3.2	<i>Fuentes de abasteciendo de agua cruda a la PTAP</i> .....	34
1.3.3	<i>Etapas del proceso de potabilización en la PTAP-Chota</i> .....	34
II.	MATERIALES Y METODOS .....	39
2.1	Tipo de Investigación .....	39
2.2	Variables.....	39
2.3	Tipo de Diseño .....	39
2.4	Población y muestra .....	40
2.4.1	<i>Población.</i> .....	40
2.4.2	<i>Muestra</i> .....	40
2.5	Materiales y reactivos.....	40
2.5.1	Reactivos .....	40
2.5.1.1	<i>Medios y reactivos para análisis microbiológicos</i> .....	40
2.5.1.2	<i>Reactivos para análisis físico-químico</i> .....	40
2.5.2	Equipos e Instrumentos .....	40
2.6	Metodología .....	41
A.	Recopilación de la información.....	41
B.	Metodología de recopilación de datos en campo.....	41
C.	Análisis de las muestras.....	42
D.	Pasos para la presentación de informe final .....	43
2.7	Procedimiento.....	43
2.7.1	<i>Muestreo de parámetros inorgánicos.</i> .....	46
2.7.2	<i>Muestreo de parámetros microbiológicos</i> .....	46

2.7.3 <i>Análisis estadístico</i> .....	47
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	48
3.1 Valoración de los parámetros de control obligatorio en las muestras recogidas de la PTAP- Chota y red de distribución de agua potable de la ciudad de Chota.....	48
3.2. Análisis de resultados.....	50
3.2.1 Promedio de la concentración de coliformes fecales para análisis de la eficiencia del proceso de cloración época de lluvia y estiaje .....	52
3.2.2 Valores de turbidez en las temporadas de lluvia y estiaje.....	53
3.2.3 Niveles de la concentración de cloro libre residual después del tratamiento en relación con los LMP DS N°031-2010 SA .....	54
3.2.4 Prueba de student en la eficiencia de cloración.....	56
CONCLUSIONES .....	59
RECOMENDACIONES .....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	65



## Índice de Tablas

Tabla 1.Características físicas del agua .....	18
Tabla 2.Parámetros de calidad parasitológicos y microbiológicos .....	23
Tabla 3.Parámetros de calidad organoléptica del agua .....	24
Tabla 4. Estados y compuestos químicos de desinfección .....	25
Tabla 5. Métodos más utilizados para la valoración de cloro libre residual .....	32
Tabla 6.Puntos de muestreo .....	42
Tabla 7.Frecuencia de Muestreo .....	45
Tabla 8.Resultados en época de lluvia de los parámetros de control obligatorio (PCO).....	48
Tabla 9.Resultados en época de estiaje para parámetros de control obligatorio (PCO) .....	49
Tabla 10.Concentración de coliformes fecales en época de lluvia y estiaje. ....	50
Tabla 11.Concentración promedio de coliformes fecales en época de lluvia y estiaje .....	52
Tabla 12. Valoración y comparación de cloro libre en épocas de lluvia y estiaje con los puntos de monitoreo en la DESA – Chota. ....	54
Tabla 13.Prueba student en la eficiencia del suministro de cloro en época de lluvia.....	57
Tabla 14.Prueba student en la eficiencia de suministro de cloro en época de estiaje.....	57

## Índice de Figuras

Figura 1.Destrucción de cloro por compuestos reductor	28
Figura 2. Formación de compuestos orgánicos y cloraminas	29
Figura 3.Desintegración de las cloraminas y compuestos clorados	30
Figura 4.formación de cloro libre	31
Figura 5. Ubicación Satelital de la PTAP-Chota.	34
Figura 6.Entrada de agua cruda a la PTAP-Chota	35
Figura 7.Floculación y coagulación	35
Figura 8.Etapa de decantación PTAP-Chota	36
Figura 9. Etapa de Filtración	36
Figura 10.Diagrama de bloques del proceso de potabilización del agua en la PTAP-Chota	38
Figura 11.Toma de muestra de agua en la PTAP-Chota	65
Figura 12.Toma de muestra en la gerencia sub Regional-Chota	65
Figura 13. Toma de muestra en Mercado Mayorista	66
Figura 14.Toma de muestra en grifo Burga	66
Figura 15.Entrega de muestras con su respectiva cadena de custodia	67
Figura 16.Análisis de coliformes fecales en laboratorio de la DESA-Chota	67
Figura 17.Análisis de coliformes totales en laboratorio de la DESA_Chota	68
Figura 18.Auto clave para cultivo de muestras en análisis de coliformes totales y fecales	68
Figura 19.Análisis de coliformes fecales en laboratorio de la DESA-Chota	69
Figura 20.Análisis de coliformes totales en laboratorio de la DESA-Chota	69
Figura 21. Caja colorimetría para a medición de cloro residual	70
Figura 22.Instrumentos de medición para Ph y Turbidez	70
Figura 23.Análisis físico químico y Microbiológico de agua	71

## **RESUMEN**

La eliminación de bacterias patógenas en el servicio de agua para consumo humano es indispensable y muy importante, debido a que estos coliformes son muy dañinos para la salud, ocasionando problemas gastrointestinales.

La ciudad de Chota cuenta con una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), que es abastecida con un caudal de 80 L/s provenientes del túnel conchano, suro y la zarza, esta agua presenta concentraciones elevadas de coliformes totales y termotolerantes, debido a esto es necesario que pase por proceso de potabilización para que sea distribuida a la población mediante red de abastecimiento.

Para ello se ha planteado valorizar y optimizar la distribución de cloro en el agua, hallando su eficiencia en la eliminación de coliformes fecales. Se realizaron muestreos en la zona de recepción de agua cruda de la PTAP y en la red de distribución de agua potable de las zonas más alejadas en las épocas de lluvia y estiaje, consecuentemente se realizó análisis en la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA-Chota).

Los resultados de las muestras obtenidas para este estudio indican que el agua que abastece a la PTAP muestra concentraciones de coliformes fecales que son de 148.75 NMP/ml en época de lluvia y de 95 NMP/ml en época de estiaje, mientras que las muestras tomadas después del tratamiento y en zonas alejadas a la PTAP indican valores de 16.25 UFC/ml en época de lluvia y 2.5 UFC/ml en época de estiaje.

También como objetivos específicos se planteó valorizar parámetros físico-químicos como la temperatura, cloro libre residual, turbidez, conductividad y Ph, así como valoraciones microbiológicas como coliformes totales y fecales.

Finalmente, la eficiencia de cloración en temporada de lluvia es 89.07% y en temporada de estiaje es de 97.36%, concluyendo que el agua es apta para consumo humano en las zonas cercanas a PTAP, pero no apta en las zonas más alejadas de la ciudad de Chota ya que la eficiencia de cloración no es del 100%

**Palabras Claves:** Valoración, eliminación, eficiencia, agua potable, coliformes, cloro libre residual.

## **ABSTRACT**

The elimination of pathogenic bacteria from water fit for human consumption is essential and very important because these coliforms are very harmful to health, causing gastrointestinal problems.

The city of Chota has a drinking water treatment plant (PTAP), which is supplied with a flow of 80 L/s from the Conchano, Suro and La Zarza tunnels. This water has high concentrations of total and thermotolerant coliforms, so it must undergo a purification process before it can be distributed to the population through the supply network.

To this end, the aim was to evaluate and optimize the distribution of chlorine in the water, finding its efficiency in the elimination of fecal coliforms. Samples were taken at the entrance of the PTAP and in the drinking water distribution network of the most remote areas during the rainy and dry seasons, and consequently, analyses were carried out at the Environmental Health Executive Directorate (DESA-Chota).

The results of the samples obtained for this study indicate that the water supplying the PTAP shows fecal coliform concentrations of 148.75 NMP/ml in the rainy season and 95 NMP/ml in the dry season, while the samples taken after treatment and in areas far from the PTAP show values of 16.25 CFU/ml in the rainy season and 2.5 CFU/ml in the dry season.

The specific objectives were also to evaluate physicochemical parameters such as temperature, residual free chlorine, turbidity, conductivity and pH, as well as microbiological evaluations such as total and fecal coliflores.

Finally, the chlorination efficiency in the rainy season is 89.07% and in the dry season it is 97.36%, concluding that the water is suitable for human consumption in the areas near the PTAP, but not suitable in the areas farther away from the city of Chota since the chlorination efficiency is not 100%.

**Key words:** Titration, removal, efficiency, drinking water, coliforms, free residual chlorine.

## INTRODUCCION

El Perú cuenta con bastos recursos naturales y una gran biodiversidad que a lo largo de su historia se ha ido explotando para su industrialización, para ello siempre se ha utilizado el líquido elemento como parte fundamental para los procesos, esto conlleva la utilización de grandes cantidades de agua dándole un uso indebido al recurso hídrico por parte de empresas industriales, el cambio climático, el aumento de la población y sistemas de riego poco sofisticado en la agricultura han aumentado la escasez de agua obstaculizando el desarrollo sostenible de una población, a esto se le suma el hecho de que la distribución del agua a nivel nacional es deficiente.

El servicio de agua potable es un derecho para todos los ciudadanos, reconocido por la constitución política del Perú en su artículo 7-A, indica que “La nación nos brinda el derecho universal y progresivo de acceso al agua potable”, sin embargo, su escaso acceso a la población y mala calidad de agua que se ofrece a los usuarios representa un grave riesgo para la salud pública, en especial de los adultos mayores y niños desnutridos.

La ciudad de Chota, en la región Cajamarca cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual mediante tratamiento se potabiliza, siendo así que en la etapa de desinfección es tratada con hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  para la desinfección de todo tipo de microorganismos patógenos, logrando su inocuidad, asimismo este producto si no es controlado y dosificado de manera adecuada puede causar enfermedades a largo plazo, ya que el cloro al hacer contacto con materia orgánica presente en el agua, reacciona dando paso a la formación de Sub productos de cloración (SPD) .

Los primeros estudios de Rook y Bellar (1974) sobre la descripción del agua y su relación con el cloro dando como sub productos a los, compuestos sospechosos de producir cáncer, resolvieron que la toxicidad de estos compuestos, tanto de toxicología experimental como epidemiológicos, mostraron la urgencia de desarrollar Trihalometanos (THMs) sistemas de cloración muy eficientes para la disminución de compuestos organoclorados del agua bebible y así establecer límites máximos permisibles.

Organismos como (OMS, USEPA, UE) han dado iniciativas de estándares de calidad de agua potable que regula la presencia de THMs, estableciendo límites máximos permisibles. En esta última década se han intensificado estudios sobre técnicas alternativas de desinfección como el ozono, dióxido de cloro, radiación ultravioleta, entre otros, por lo anteriormente expuesto, es que la investigación trata de describir el proceso de cloración de agua en la PTAP de la ciudad de Chota y su posible mejoramiento para aumentar su eficiencia, tratando sobre todo de adecuarse a la normativa vigente en cuanto a potabilización de agua.

Por lo expuesto anteriormente este estudio tuvo como planteamiento del problema analizar ¿Cuál es la valoración y optimización de la dosificación de cloro en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la ciudad de Chota? Para resolver dicha interrogante el objetivo general fue, valorar y analizar la eficiencia de la técnica de dosificación de cloro en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la ciudad de Chota, y como objetivos específicos: Valorar, físico-química, microbiológica y metodológicamente las concentraciones de parámetros de calidad obligatorios del agua procedentes de la PTAP de la ciudad de Chota, así como analizar el procedimiento de la técnica de cloración en la PTAP-Chota.



Evaluar el parámetro de cloro residual libre en la PTAP de Chota; Concepción y planteamiento de un plan de mejoramiento para el sistema de cloración, apreciación de la propuesta a través de juicio de expertos.

La optimización que se daría con el mejoramiento del sistema de cloración, vendría a ser un aporte muy resaltante para mejorar la calidad de agua suministrada, por consiguiente, mejorar la condición de vida de la población Chotana, disminuyendo enfermedades gastrointestinales, así como prevenir otras enfermedades a consecuencia de una deficiente técnica de cloración.

## **I. MARCO TEORICO**

### **1.1 Antecedentes**

Oblitas y Torres (2016), identificaron la existencia de coliformes fecales y totales en agua de las áreas de las juntas administradoras del servicio de saneamiento (JASS) y aguas que abastecían a las plantas de tratamiento de agua potable. (p.73)

Torres (2016) indico que las captaciones de agua que abastecen a la comunidad del Sector Pueblo Nuevo, no cumplían las normas establecidas para que sea un agua apta para consumo humano ya que en dicha agua se encontraron bacterias patógenas como coliformes totales y fecales (p.49).

Marchand (2020) resalto que es indispensable el abastecimiento de agua de calidad para el consumo humano, por lo que hizo un estudio en 224 puntos obtenidas de sistema de distribución de hogares y pozos de lima central, concluyendo que, del total de muestras, 81 no cumplían con las normas actuales del MINAM. (p.46).

### **1.2 Base Teórica**

#### ***1.2.1 Agua***

El líquido elemento es un compuesto con propiedades especiales y únicas que son muy importantes para la vida, es abundante y fundamental en el desarrollo físico, químico y biológico que rigen en las actividades de la población mundial.

Este líquido tiene una fórmula que comprende dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno ( $H_2O$ ), es una característica general, se encuentra en un 71% en mares, lagos, ríos, nevados y glaciares los cuales forman parte de la hidrosfera (Concha, 2010).

El cuerpo humano está constituido principalmente por agua, es fundamental en los procesos químicos que tienen lugar en la naturaleza. Este factor comprende propiedades

bioquímicas y físicas siendo un compuesto bipolar. Una de las propiedades es que se considera un solvente universal, por lo que puede disolver muchos compuestos, entre ellos sólidos y gases, formando iones complejos solubles e insolubles, estas partículas se dispersan en diferentes tamaños y pesos.

Desde el punto de vista médico, el agua elimina sustancias toxicas que se dan en los procesos bioquímicos del cuerpo humano, esta toxina se expulsa a través de la orinar y sudor. Sin embargo, al consumir agua contaminada las personas podrían contraer enfermedades gastrointestinales. (Organismo Panamericano de la Salud[OPS], 2004)

**Tabla 1.**

*Características físicas del agua*

<b>Cualidades</b>	<b>Unidad</b>
Punto de ebullición (1 atm)	100 °C
Punto de congelación	0°C
Densidad	1 g/ml en estado líquido a 4 °C y 0,917 g/ml en estado sólido
Peso molecular	18.016
Calor de fusión	79.7 Cal/g
Calor de vaporización (100 C°)	539.5 Cal/g
Regulador de °T	según el calor específico de 1 cal/gr.°C
Estado critico	217,5 atm
Estado crítico	374 °C

Nota: “La química del agua” (Concha ,2010).

### ***1.2.2 Calidad de agua de consumo humano.***

La calidad del líquido elemento tiene que ser apta para uso doméstico, esto quiere decir, que esté libre de toxinas y compuestos dañinos para el humano, debido a su importancia para la salud pública, para garantizar un agua de calidad es necesario una atención de suma importancia en el tratamiento de potabilización, esto es de ínfima importancia en países sub desarrollados ya que no le prestan atención a la calidad de agua que dan a sus pobladores, esto supone una emergencia a este tipo de problemas, la calidad y abastecimiento son indispensables para prevenir las enfermedades. La garantía de un servicio de agua potable debería ser seguro y confiable, pero en muchos de los casos esto no sucede ya que el agua suministrada a la población es de baja calidad y no cumple los parámetros obligatorios, aun distribuyéndose a través de redes de conexión. (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

### ***1.2.3 Potabilización del agua***

#### **1.2.3.1 Agua potable**

Según OPAZO (1991) el agua por lo general no se suele encontrar pura en la naturaleza, siempre va acompañada de solventes en distintos estados, que van desde gases hasta solidos disueltos. Por estas razones es indispensable tratar el agua en distintas operaciones unitarias con la finalidad de garantizar las propiedades organolépticas que la norma para consumo humano lo establece.

#### **1.2.3.2 Selección de fuentes de abastecimiento de agua**

##### **A) Fuentes**

Según la OPS/CEPIS (2004) los puntos a tener en cuenta para elección de fuentes primarias de consumo humano son los siguientes:

- La calidad de agua de la fuente, determinado mediante análisis de sus parámetros obligatorios de calidad.
- La acción de los componentes teniendo en cuenta el medio donde reacciona.
- La disposición eficiente y recursos gastados para volverla agua potable.
- La evaluación de los parámetros máximos establecidos por la norma de calidad de agua para consumo humano.

Con relación al uso eficiente de la calidad del agua es prioridad el entendimiento esencial de las operaciones donde intervienen sustancias químicas en el agua, con el propósito de resolver y planificar un eficiente tratamiento.

### **B) Indicadores para seleccionar la fuente**

Tres indicadores son indispensables para determinar que una fuente de agua es apta:

- Consumo total de agua en una población determinada.
- La cantidad máxima de abastecimiento de la fuente elegida.
- Garantías sanitarias y que la fuente escogida tenga un mínimo de calidad para poder ser tratada.

### **C) Sistemas de captación**

La captación en los sistemas depende esencialmente de la naturaleza de la fuente elegida, mayormente se eligen fuentes superficiales y subterráneas. En la primera fuente de líquido elemento se extrae en forma gravitacional, aprovechando los distintos pisos del terreno, estos se dan por succión de bombas o inyección de presión, así como obtención en lagos, de fuentes subterráneas se tiene que utilizar bombas o captando el líquido emergente, también se puede captar utilizando molinos de viento o bombas simples de desplazamiento y como último recurso, la perforación de pozos, lo ideal sería por gravedad

si así el terreno lo permite así pues para cada caso un método idóneo (Opazo, 1991).

#### ***1.2.4 Tratamiento Químico***

Según Opazo (1991), la medición de sustancias químicas para la dosificación, en gran parte se efectúa para amenorar los niveles de turbidez, esta es producida por sólidos en suspensión que pueden alterar el Ph y así poder sedimentar, para la disminución de la turbidez mayormente se agregan sustancias coagulantes como sulfato de aluminio, sulfato de sodio y sulfato ferro que son las más utilizadas.

##### **A) Coagulación**

Esta operación comprende fases mecánicas y químicas donde el agente se torna más eficiente según la concentración de sólidos en suspensión, consta de tres fases:

- Echado del componente químico.
- Composición de difusión, fase en el que los sulfatos se disuelven velozmente y de manera turbulenta en el agua a tratar.
- Floculación, operación de agitación de la solución por un tiempo normalmente largo, en donde las partículas salen de suspensión para sedimentar, estas se juntan formando un “floculo” hidratado de magnitud relativamente grande para que precipite bajo la acción de su propio peso. Por otro lado, los flóculos menos livianos que no sedimentaron no se pueden eliminar en esta operación, por consiguiente, es necesario utilizar la operación de filtración como un proceso complementario. (Opazo, 1991).

## **B) Desinfección**

Los productos más utilizados y comerciales son los halógenos, entre ellos el más vendido es el cloro. La cloración comprende la desinfección que hasta la actualidad es el más utilizado y eficiente, es barata con relación a las demás y tiene efectos de cloro residual que se pueden calcular por sistemas muy simples. Por otro lado, una de las desventajas es la corrosión que mayormente produce sabores desagradables. El cloro se utiliza generalmente como sales de cloro, entre las más utilizadas e importantes son el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio.

Se encuentran en diferentes concentraciones entre 12 y 70 %, el desinfectante se encuentra en estado sólido y gas, estos reaccionan similarmente en el agua, siendo la eficiencia bactericida casi igual, la casi poca diferencia se centra en la disminución del Ph, ya que el gas cloro disminuye el Ph y las sales lo suben levemente. (Opazo, 1991)

### ***1.2.5 Parámetros de calidad de agua apta para consumo humano***

#### **1.2.5.1 Agua potable**

Se le denomina agua potable, al líquido elemento que ha pasado por operaciones unitarias con el fin de que sea apta para la población, (OPS/CEPIS, 2004).

Se establece que un agua es bebible si cumple con todos los parámetros máximos permisibles descritos en la norma (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (INTITEC), 1987).

#### **1.2.5.2 Agua apta para el consumo humano**

Es todo líquido elemento inocuo para la salud y que satisface los parámetros de calidad ya establecidos en el (MINSA, 2011) la norma establece límites máximos permisibles que debe cumplir un agua para poder consumida por la población.

**- Límites máximos permisibles de agua potable**

La norma D.S °N 031-2010-SA establece los límites máximos permisibles que debe cumplir un agua apta para consumo humano, se muestra en las tablas 2 y 3

**Tabla 2.**

*Parámetros de calidad parasitológicos y microbiológicos*

Cualidades	Medición	Límite máximo P.
Coliformes totales	UFC/100 ml a 35°C	0 (*)
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml a 44.5°C	0 (*)
Coliformes termotolerantes	UFC/100 ml a 44.5°C	0 (*)
Heterotróficas	UFC/100 ml a 35°C	500
Larvas, quistes y huevos de protozoarios patógenos	N° org/L	0
Virus	UFC/ml	0
Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, Nematodos en todos sus estados evolutivos.	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias,

(\*) NMP= número más probable por tubos múltiples =  $< 1.8/100$  ml.

Nota: MINSA (2011)



**Tabla 3.***Parámetros de calidad organoléptica del agua*

Cualidades	Medición	Límite máximo. P
Olor	---	Apta
Sabor	---	Apta
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Ph	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Cloruros	ppm cl	250
Sulfatos	ppm SO <sub>4</sub>	250
Dureza total	ppm CaCO <sub>3</sub>	500
Amoniaco	ppm N	1.5
Fe	ppm Fe	0.3
Mn	ppm Mn	0.4
Al	ppm Al	0.2
Cu	ppm Cu	2.0
Zn	ppm Zn	3.0
Sodio	ppm Na	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelometría de turbiedad

PPM = Partes Por Millón

Nota: MINSA (2011)

### 1.2.6 Dosis de cloro.

El cloro es uno de los más utilizados para la desinfección de agua. En la tabla N°4 presentamos los tipos de formas en las que encontramos al cloro.

**Tabla 4.**

*Estados y compuestos químicos de desinfección*

Forma	Estado	Aplicación	% cloro activo
Cl en estado gas	Gas	Gas-líquido	100
NaClO marchante	Líquido	disolución	5-15
NaClO electrolisis	Líquido	disolución	0.5-1.0
Ca (ClO) <sub>2</sub> - HTH	Sólido	disolución	65-70

HTH = hipoclorito de calcio granulado

Nota: MINSA (2011)

El “Cl” que se agrega al agua en diferentes estados forman ácido hipocloroso e hipoclorito.

La fórmula que se describe a continuación sirve para hallar el peso del hipoclorito de calcio que se necesita para un determinado volumen de agua.

$$P = \frac{C * V}{10 * (\% \text{cloro})}$$

P=cantidad de hipoclorito (gr)

C=concentración añadida (mg/l)

1-5 ppm en tanque de solución madre de cloración

V=Volumen de agua a desinfectar (Litros)

%=Porcentaje de cloro (HTH 65% - 70%).

10=Factor de conversión para expresar el resultado en gramos del producto

### **1.2.7 Coliformes**

Según Marchand (2002) la palabra coliformes son bacterias que comprenden coliformes totales y fecales entre ellos tenemos, *Escherichia*, *Klebsiella* *Enterobacter*, *Serratia*, y *Citrobacter*, de las cuales sobresalen el sub grupo que se les denomina coliformes fecales que en su mayoría causan malestares estomacales ocasionadas principalmente por *Escherichia coli* y *serratia* (p. 10).

Las coliformes totales son bacterias de la familia enterobacteriaceae que en su mayoría fermentan la lactosa con temperaturas de 37°C, arrojando como sub productos ácido y CO<sub>2</sub>, estas bacterias soportan temperaturas de 50 °C, son de origen fecal, siendo la *Escherichia* la más abundante en un 90 a 99% con relación a las demás (Gómez, citado por Carrillo y Lozano, 2008)

### **1.2.8 Eficiencia de la cloración**

Según Martínez (2016) la eficiencia es calculada con la formula siguiente

$$E = \frac{(S_0 - S_F)}{S_0}$$

Dónde:

E: la eficiencia de desinfección de todo el sistema [%]

Sf: concentración de coliformes en el Efluente en mg/L (UFC)

So: Concentración de coliformes en el Influyente en mg/L (NMP)

### **1.2.9 Reglamento de calidad de agua para consumo humano, D.S. N° 031- 2010-SA**

- Artículo 1°. la norma garantiza la inocuidad, prevención y la seguridad de los elementos de riesgo sanitario, previniendo y protegiendo la salud de los ciudadanos (MINSA, 2010, p. 9).

- Artículo 3°. con relación a la aplicación del reglamento este artículo, establece que todo ciudadano natural o jurídico en el territorio peruano que realice actividades de fiscalización, monitoreo y administración de distribución del agua apta para ser consumida, tiene la obligación de cumplir las normas establecidas por la autoridad encargada de fiscalizar las concentraciones obligatorias de calidad del agua (MINSA, 2010, p. 9).
- Artículo 19°. Este artículo especifica la garantía y desarrollo de las normativas, disposiciones y requisitos sanitarios, asimismo utiliza metodologías que son necesarias para asegurar la calidad del agua” (MINSA, 2010, p. 18).
- Artículo 60°este artículo describe que el agua de la red de distribución debe estar libre de patógenos, virus y todo microorganismo que afecten la salud de las personas” (MINSA, 2010, p. 28).

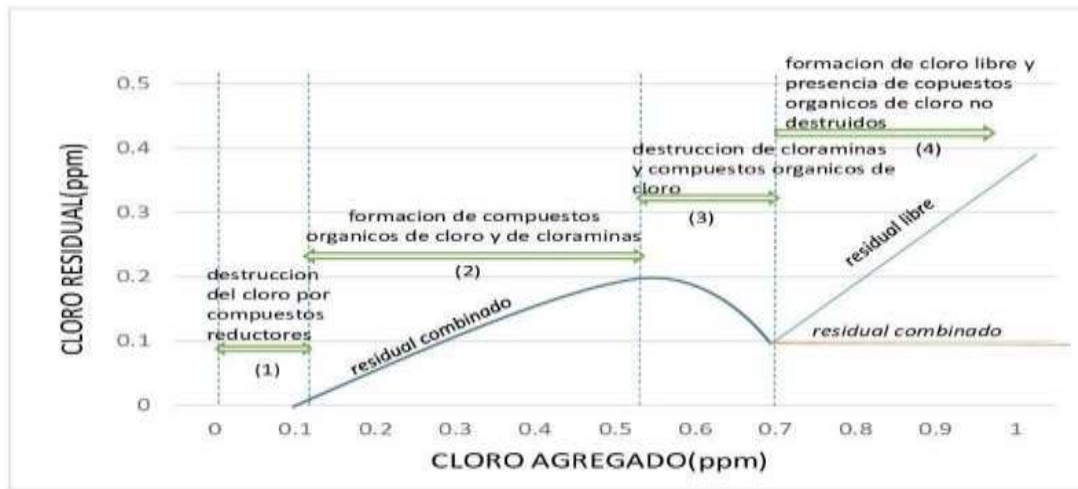
#### ***1.2.10. Reacción del cloro en el agua***

La sociedad española que se encarga del abastecimiento y distribución del líquido elemento (1984), establece que el «break point» es la dosificación de Cloro mínimo para eliminar el amoníaco y parcialmente destruye las cloraminas que se formarán, estos son los compuestos que desprenden olores fuertes, el «break point» (punto de rompimiento), también da el sabor característico al agua.

La figura 1 muestra la curva de demanda de cloro cuando este reacciona con el agua a tratar y que contiene una determinada cantidad de compuestos inorgánicos y reductores como amoníaco, así mismo se encuentran componentes orgánicos que reaccionan con el cloro.

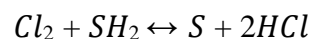
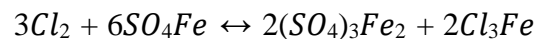
**Figura 1.**

*Destrucción de cloro por compuestos reductor*



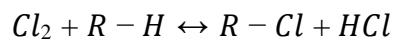
*Nota:* Asociación española de abastecimiento de agua y saneamiento (2011)

La zona 1 muestra la reducción de cloro que es atribuido por la oxidación de compuestos inorgánicos. Naturalmente, el desinfectante (cloro) que se añade al agua reacciona inmediatamente con los compuestos inorgánicos, debido a los químicos que fueron reducidos (hierro magnesio azufre y los nitrilos)



En la zona 2 ocurre la formación de compuestos clorados:

1. Formación de compuestos orgánicos de cloro

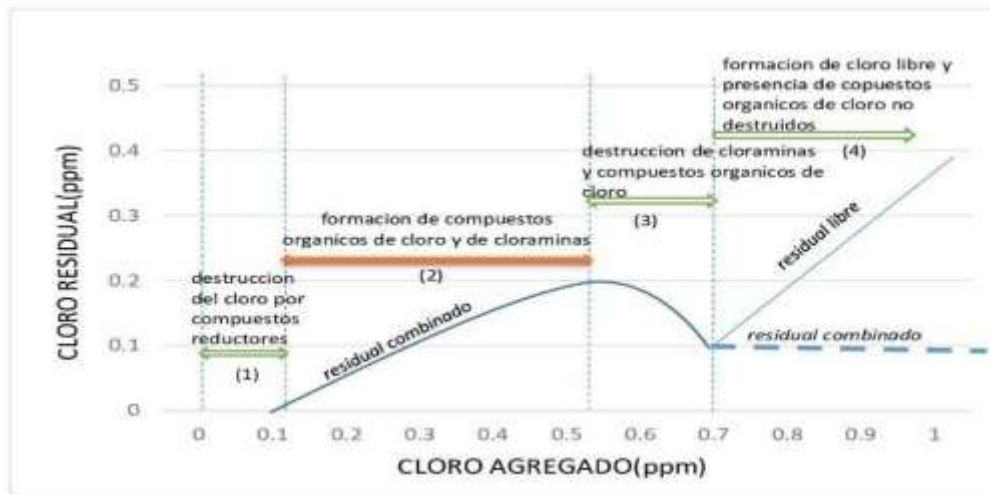


Reacción química en la que el cloro capta oxígeno para convertirse en cloruro

Este mecanismo de reacción forma compuestos sin algún valor de desinfección que mayormente dan el sabor y olor característico al agua.

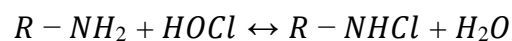
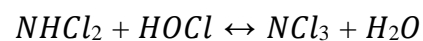
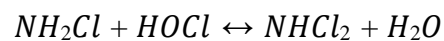
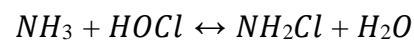
**Figura 2.**

*Formación de compuestos orgánicos y cloraminas*



*Nota: Asociación española de abastecimiento de agua y saneamiento (2011)*

Esta zona de la gráfica nos muestra la formación de cloraminas, esto se produce cuando el cloro reacciona con amoníaco y compuestos orgánicos de nitrógeno:



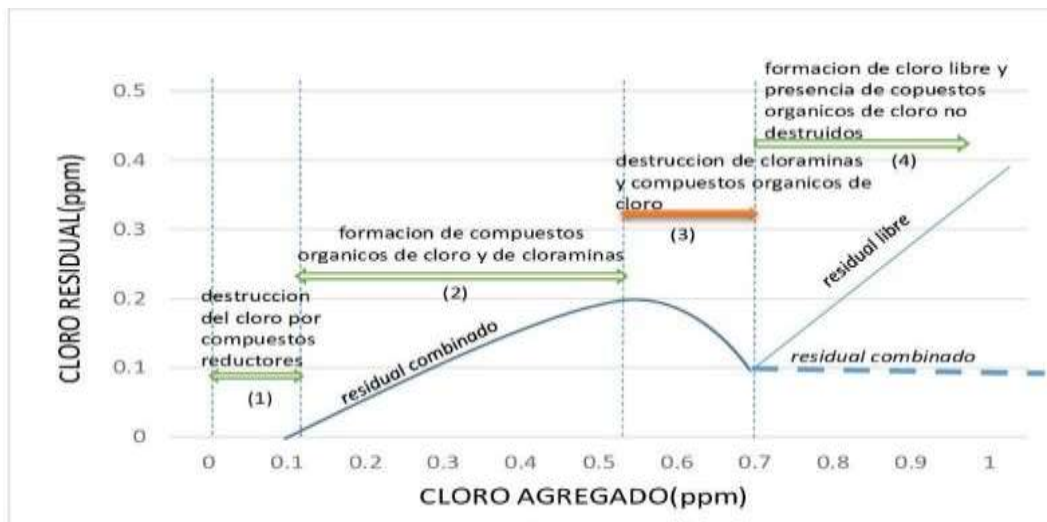
Los compuestos que se forman como cloraminas poseen un valor de desinfección.

En este paso el desinfectante (cloro) se denomina cloro residual combinado (CRC).

Las cloraminas tienen capacidad de hidrolizarse por reacciones inversas a las que las producen, componiendo así una parte de ácido hipocloroso que se libera gradualmente.

**Figura 3.**

*Desintegración de las cloraminas y compuestos clorados*

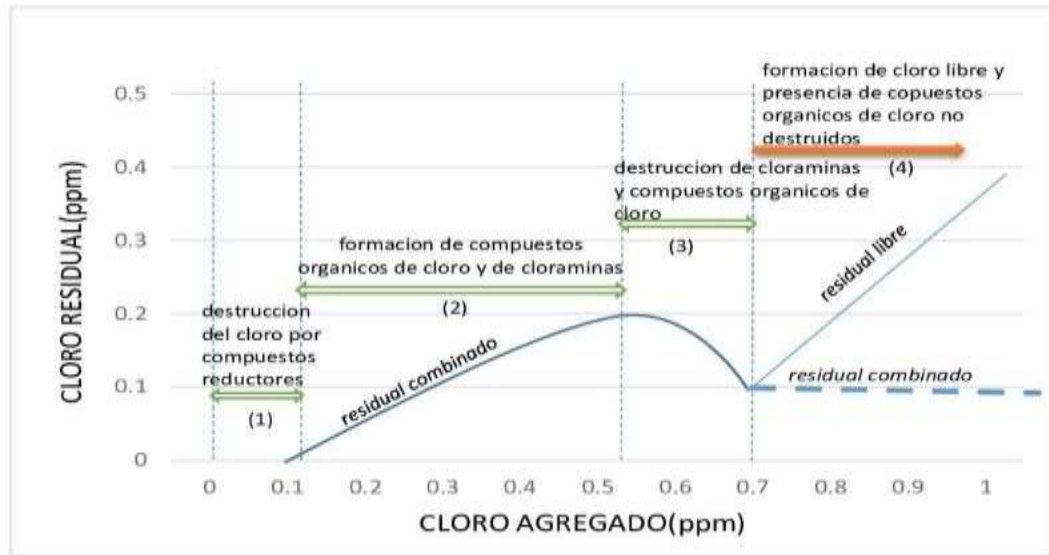


*Nota: Asociación española de abastecimiento de agua y saneamiento (2011)*

Nota. Cuando el desinfectante (cloro) es más abundante que el amoníaco, generalmente ocurre una oxidación completa, esto implica que no se formará cloraminas sino formación de compuestos nitrogenados y cloruros en esta zona (3) de la curva, dando lugar a la oxidación total de los componentes orgánicos de cloro y de las cloraminas que anteriormente hayan aparecido, dando productos nitrogenados, óxido nitroso ( $N_2O$ ), agua y la desaparición o disminución del cloro (libre o combinado) formando cloruros, por lo que no se percibe en el agua como cloro residual combinado (CRC) y éste se reduce hasta un mínimo, esto se plasma en la curva.

**Figura 4.**

*Formación de cloro libre*



*Nota: Asociación española de abastecimiento de agua y saneamiento (2011)*

Nota. El uso de cloro es indispensable para poder llegar al rompimiento, en la zona (4) se evidencia que el cloro residual aumenta iniciando la transformación de cloro residual libre (CRL) lo que indica que se han terminado las reacciones oxidativas de los compuestos orgánicos y el cloro remanente, y al ya no haber compuestos orgánicos con las que pueda reaccionar este cloro queda libre.



**Tabla 5.**

*Métodos más utilizados para la valoración de cloro libre residual*

<b>Método</b>	<b>Determina</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Interferencia</b>
<b>DPD</b>	Cloro total Cloro libre Cloro combinado	dietil-p-fenilene- diamine (DPD)	Por titulación Por colorimetría	Oxido de manganeso (puede comportarse) Ph entre 6.2 y 6.5
<b>OT (ácida)</b>	Cloro total	Ortotolidina (ácido)	Por colorimetría	Color y turbiedad (mayor a 0.3 ppm Fe, mayor a 0.01 ppm Mn, mayor a 0.1 ppm nitritos)
<b>OT (flash test)</b>	Cloro libre Cloro total	Ortotolidina (ácido)	Por colorimetría (cloro libre a 1 °C en 5 seg)	Color y turbiedad (mayor a 0.3 ppm Fe, mayor a 0.01 ppm Mn, mayor a 0.1 ppm nitritos)
<b>OTA</b>	Cloro libre Cloro combinado Cloro total	Ortotolidina (ácido) Solución de arsenito de sodio	Por colorimetría Por fotometría	Color (Puede compensarse)
<b>Anaranjado de Metilo</b>	Cloro libre Cloro combinado Cloro total	Soluciones de anaranjado de metilo	Por colorimetría	Bromuros (mayor a 100 ppm) Bromuros Mn+++ 0.3 ppm Fe+++ (mayor a 10 ppm) Nitritos (mayor a 10 ppm)

Nota: técnicas de evaluación y control de cloro residual

### ***1.2.11. Determinación de Cloruros***

Uno de los métodos para la determinación de cloruros es el colorimétrico de DPD (N, N-dietilo-p- fenilenediamina), esta es una sal indicadora de cloro, consiste en muestrear agua clorada en algún punto de la red de distribución, esta muestra se coloca en una caja comparadora de color y se mide la cantidad de cloro residual, utilizando la colorimetría como método de comparación. (Madera, 2013)

### ***1.2.12. Formación de trihalometanos (THMs)***

En el proceso de desinfección con cloro, uno de los sub productos es la formación de THMs conocidos como trihalometanos (cloroformo, bromoformo, etc.) estos compuestos se forman entre la materia orgánica presente en el agua y el cloro ya sea en forma de hipoclorito de calcio o sodio (Panyapinyopol et al.,2005).

Las variaciones de temperatura, Ph y concentraciones elevadas de materia orgánica hacen que el nivel de formación de estos compuestos sea mayor y más rápida (Romero, 2005).

## **1.3 Planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota**

### ***1.3.1 Ubicación***

La ubicación de la PTAP-Chota se encuentra localizada en la comunidad de Santa Rosa a 10 minutos de la ciudad de Chota, cuenta con un área aproximada de 1.5 hectáreas.

**Figura 5.**

*Ubicación Satelital de la PTAP-Chota.*



*Nota: Recuperado de google maps (junio-2022).*

### ***1.3.2 Fuentes de abasteciendo de agua cruda a la PTAP***

La PTAP es alimentada por bombeo de tres fuentes de agua (Túnel Conchano, Suro y Zarza), el caudal total de estas captaciones suma 80 a 100 L/seg, como caudales diarios en temporada de verano y un máximo de 120 L/seg en temporada de lluvias, el agua captada recibe la denominación de agua cruda, toda vez que no ha recibido ningún tratamiento físico ni químico.

### ***1.3.3 Etapas del proceso de potabilización en la PTAP-Chota***

Este proceso tiene a cargo a un ingeniero de planta y tres técnicos que se rotan en turnos de 8 horas, así como también la planta cuenta con equipos para analizar los parámetros de operación que se hace de forma diaria a cargo del ingeniero de planta.

La potabilización del agua en la PTAP-Chota consta de las siguientes operaciones:

**A). Ingreso de agua cruda:** El abastecimiento de agua cruda comprende un promedio de 80 a 100 litros/segundo como caudal regular al día.

**Figura 6.**

*Entrada de agua cruda a la PTAP-Chota*



*Nota: Elaboración propia*

**B). Floculación y coagulación:** El objetivo principal en esta etapa es formar los flóculos para que mediante su propio peso precipiten, para esta etapa el técnico encargado añade sulfato de aluminio reduciendo así la turbidez.

**Figura 7.**

*Floculación y coagulación*



*Nota: Elaboración propia*

**C). Decantación.** En esta etapa los flóculos que se formaron en la etapa anterior precipitan o como lo conocemos por decantación de partículas.

**Figura 8.**

*Etapas de decantación PTAP-Chota*



**D. Filtración:** En esta etapa las partículas que no decantaron serán filtradas a través de filtros que se componen de capas de grava y arena cuarzosa. La PTAP cuenta con ocho filtros que trabajan en forma paralela y por separado.

**Figura 9.**

*Etapas de Filtración*



*Nota: elaboración propia*

**E. Desinfección:** Es una de las últimas etapas por la cual pasa el agua, en esta etapa el cloro se añade por goteo en una cámara de contacto de cloro, en esta etapa se eliminan los patógenos que puedan ser dañinos para el humano.

**F. Almacenamiento:** La planta cuenta con dos reservorios donde se almacena el agua que sale de la PTAP, las capacidades de estas son de 1100 m<sup>3</sup> y 950 m<sup>3</sup> ubicadas a 30 y 150 metros de la última etapa de potabilización.

**Figura 10.**

*Diagrama de bloques del proceso de potabilización del agua en la PTAP-Chota*



Nota: elaboración propia

## **II. MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 Tipo de Investigación**

Planteamos una investigación de naturaleza básica conocida como investigación pura. Según Hernández (2014) este tipo de investigación se basa en indagación pura con la finalidad de generar nuevas teorías o variar las ya existentes, esta investigación busca generar corrientes teóricas al estudiar y analizar el tratamiento en la PTAP de la ciudad de Chota, para así generar propuestas que ayuden a mejorar la calidad del mismo.

### **2.2 Variables**

- **Variable Independiente:**

La técnica de suministro de cloro.

- **Variables Dependientes:**

Eficiencia del sistema de cloración en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota.

### **2.3 Tipo de Diseño**

La presente investigación es de carácter descriptiva correlacional, según Hernández (2014) este tipo de investigación identifica las características de la población estudiada, nos centraremos en la observación de los fenómenos que suceden sin alterar su curso o naturaleza con la finalidad de conocer la relación o asociación no causal existente entre dos o más variables.



## **2.4 Población y muestra**

### **2.4.1 Población.**

La población es el agua potable que se reparte a lo largo de la red de distribución de agua en la ciudad de Chota, la PTAP cuenta con dos reservorios de 1100 y 950 m<sup>3</sup> y un caudal de ingreso de 80 L/Seg; la ciudad de Chota cuenta con 47.279 habitantes según el último censo realizado por el INEI en el 2017.

### **2.4.2 Muestra**

Corresponden a 16 muestras distribuidas en época de lluvia y estiaje. Las muestras aproximadamente fueron de 250 mL en cada punto de muestreo, las cuáles fueron recepcionadas en envases esterilizados de 300 mL en cada punto de muestreo. Las muestras se analizaron en el laboratorio de salud ambiental- Disa-Chota.

## **2.5 Materiales y reactivos**

### **2.5.1 Reactivos**

#### **2.5.1.1 Medios y reactivos para análisis microbiológicos**

- Agar base – endo LES
- M-Endo Broth
- Rosolic Acido

#### **2.5.1.2 Reactivos para análisis físico-químico**

- Tabletas de R-Chemical DPD

### **2.5.2 Equipos e Instrumentos**

- Medidor de Ph HANNA
- Medidor de turbidez HANNA
- Termómetro gradual de 0 °C - 100°C

- Balanza analítica
- Probeta 50 ml y 100 ml
- Pipeta 1 ml, 10 ml
- Recipiente de vidrio 500 ml
- Bureta 50 ml
- Matraz Erlenmeyer 500 ml
- Fíola 1000 ml

## **2.6 Metodología**

Esta investigación es Descriptiva – Propositiva; cuyo tratamiento se da en cuatro etapas descritas a continuación.

### **A. Recopilación de la información**

Esta etapa comprende la recolección de datos del área de estudio en las oficinas y en campo, la información recogida en las oficinas de la Desa-Chota y PTAP-Chota comprenden estudios de investigación, tesis, data de análisis microbiológica y físico-química del agua en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Chota.

### **B. Metodología de recopilación de datos en campo**

La recopilación de los datos en el área de campo comprende el recojo de muestras fijados en la siguiente tabla .

**Tabla 6.**

*Puntos de muestreo*

<b>°N</b>	<b>Muestra</b>	<b>Punto de muestreo</b>	<b>coordenadas</b>
<b>1</b>	P <sub>1</sub>	Al ingreso de la PTAP, agua procedente del túnel cochano, Suro y Zarza	761322mE- 9274470mN
<b>2</b>	P <sub>2</sub>	Gerencia Sub-Regional	761322mE-9274470mN
<b>3</b>	P <sub>3</sub>	Mercado Mayorista	759697mE-4274086mN
<b>4</b>	P <sub>4</sub>	Grifo Burga	59917mE-9273239mN

Nota: Elaboración propia

La recopilación de los datos y las técnicas para la misma están basadas en la norma y protocolo para la toma de muestras establecidas por la Desa-Chota, bajo la normatividad de la calidad del agua D.S. N° 031 – 2010- SALUD, esta establece los siguientes aspectos:

- Selección de los puntos donde se tomaron las muestras (Coordenadas)
- Seleccionar los parámetros de control obligatorio ya sea orgánico e inorgánico.
- Preparación de los equipos y materiales para la toma de muestras
- Hoja de cadena de custodia
- Mediciones en campo.
- Selección de las muestras que pasarán por análisis microbiológicos
- Instrucciones para el envío de las muestras al laboratorio: rotulado y embarque.

### **C. Análisis de las muestras**

Las muestras serán procesadas en el laboratorio de control y monitoreo de agua potable de DESA-Chota empleando procedimientos ya establecidos en la normativa y

monitoreo del agua. La metodología utilizada es de APHA (American Public Health Association – Asociación de Salud Pública Americana) y los de la EPA (Environmental Protection Agency – Agencia de Protección Ambiental).

#### **D. Pasos para la presentación de informe final**

El informe final contendrá los resultados de los análisis de las muestras tomadas tanto al inicio como después de la potabilización del agua en forma cualitativa como cuantitativa, para luego realizar la comparación y discusiones de los resultados, concluyendo con las recomendaciones de propuestas que satisfagan el problema de este presente trabajo.

#### **2.7 Procedimiento**

Las muestras fueron tomadas al inicio del proceso de potabilización y en tres puntos de la ciudad de Chota puntualizados en la tabla 06: muestra tomada a la entrada de la PTAP-Chota y 3 puntos de control en la red de distribución de agua potable, el recojo de las muestras están comprendidas en las épocas de estiaje y lluvia, estas muestras se tomaron con las siguientes condiciones:

- El caudal de agua es 82 de L/seg a lo largo del año.
- Sistema de cloración por goteo
- El hipoclorito de calcio granulado al 68% es el reactivo utilizado para la etapa de desinfección.
- La dosis de la solución suministrada es de 4.46 Kg en un tanque de 1000 litros de capacidad, cálculos realizados usando la siguiente relación:

$$Kg = \frac{Q * \% P/P * T * 1.3}{\% * 10^4}$$

Q= Caudal promedio de ingreso L/seg

% p/p= porcentaje en peso de cloro

T= tiempo en seg

1.3=coeficiente de variación de consumo

%=Pureza del hipoclorito de calcio

$$Kg = \frac{82 * 0.33 * 86400 * 1.3}{68 * 10^4} = 4.46$$

La cantidad de desinfectante utilizado seria de 2.08 L/min para 82 L/s caudal de agua que ingresa; determinado mediante la siguiente formula.

$$V = \frac{1000000}{480} = 2083 \text{ ml/min} = 34.7 \text{ ml/s}$$

Esta cantidad se utiliza tanto para época de lluvia y estiaje

Los resultados de las muestras deben indicar cambios significativos en la calidad de agua; uno de los puntos de muestreo es la zona de mezclado de las diferentes fuentes de agua que abastecen a la PTAP, estas muestras están regidas bajo las normas de preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de muestras de agua para consumo (DIGESA, 2015).

Las muestras tomadas se dieron en las épocas de lluvia (Marzo-Junio) y estiaje (Julio-October) tanto en el punto de ingreso a al PTAP ya descrito anteriormente y en los tres puntos después del proceso de desinfección que son puntos alejados a la PTAP siendo el mercado mayorista, en la Subgerencia Regional y el Grifo Burga.

Cabe resaltar que la DESA\_Chota tiene sus propios puntos de muestreo que son más cercanas a la PTAP, la codificación de muestras se ve en la siguiente tabla.

**Tabla 7.**

*Frecuencia de Muestreo*

<b>Época</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra (Agua cruda y agua tratada)</b>		<b>Codificación de muestra</b>
LLUVIA	31/03/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>
	28/04/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>3</sub>
	20/05/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>4</sub>
	30/06/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>
<b>Época</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra (Agua cruda y agua tratada)</b>		
ESTIAJE	27/07/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>3</sub>
	31/08/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>4</sub>
	28/09/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>
	28/10/2022	fisicoquímico	microbiológico	P <sub>1</sub> -P <sub>3</sub>
<b>PUNTO DE CONTROL DE CLORO POR LA DESA</b>				
<b>Fecha</b>		<b>Muestreo</b>		
31/03/2022-15/10/2022		Punto de control		Cloro libre residual
		1		
31/03/2022-15/10/2022		Punto de control		Cloro libre residual
		2		
31/03/2022-15/10/2022		Punto de control		Cloro libre residual
		3		

Nota: elaboración propia

### ***2.7.1 Muestreo de parámetros inorgánicos.***

#### **Primera Fase**

El cloro libre residual se analizó de las muestras tomadas tanto al inicio del proceso de potabilización en la PTAP, como en tres puntos establecidos y descritos en la tabla 06, para ello se ha tenido en cuenta aspectos contemplados en R.D. N° 160 - 2015 DIGESA – SA:

- Los frascos fueron de vidrio y esterilizados
- Guantes °N 41
- Las muestras se colocaron en cooler
- Guardapolvo y cubre bocas

### ***2.7.2 Muestreo de parámetros microbiológicos.***

Las muestras tomadas fueron recolectadas antes del proceso de potabilización en la PTAP, como en tres puntos establecidos y descritos en la tabla 06, se consideró las normas establecidas en la R.D. N° 160 - 2015 DIGESA – SA:

- Los envases fueron de vidrio y esterilizados
- Guantes °N 41
- Las muestras se colocan el cooler
- Guardapolvo y cubre bocas. ver anexo

#### **Segunda Fase.**

Las muestras se llevaron al laboratorio de la (DESA-Chota) rotulados, para determinar los parámetros de control obligatorio (PCO) se utilizó materiales e instrumento como turbidímetro marca HANNA, Peachimetro marca HANNA, para medir

el cloro residual se utilizó caja colorimétrica de DPD, así como estufa, placas Petri, probetas, entre otros para análisis microbiológico, Según la (DESA), señala que las muestras para análisis de coliformes obtenidas del efluente se deben medir (NMP) y en el influente (UFC) a razón de que la concentraciones de bacterias patógenas son mínimas.

### ***2.7.3 Análisis estadístico***

Mediante los valores de la estadística descriptiva (media, frecuencia, varianza y promedio), se llegó a determinar la eficiencia utilizando fórmulas que describen las concentraciones tanto del efluente como del influente, se utilizó el programa office Excel, y Google maps, con relación a la comprobación de la hipótesis, se determinó mediante el cálculo de la eficiencia de cloración y prueba t student, la eficiencia se calculó mediante la siguiente formula según Martínez (2016).

$$E = \frac{(S_o - S_f)}{S_o}$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]

Sf: Concentración en el Efluente

So: Concentración en el Influyente



### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1 Valoración de los parámetros de control obligatorio en las muestras recogidas de la PTAP-Chota y red de distribución de agua potable de la ciudad de Chota.

Los resultados obtenidos de las muestras tomadas desde el mes de marzo hasta el mes de octubre del agua procedente de la red de distribución y agua de abastecimiento a la PTAP-Chota fueron los siguientes:

**Tabla 8.**

*Resultados en época de lluvia de los parámetros de control obligatorio (PCO)*

	Fecha	CLR (mg/L)	Temperatura (°C)	Ph	Conductividad (µmho/cm)	Turbidez (UNT)	C.total (UFC/100 ml a 35°C)	C. fecal (UFC/100 ml a 44,5°C)
P <sub>1</sub>	31/03/2022	0	17.4	7.8	158	6	210	100
P <sub>2</sub>	31/03/2022	0.2	16.9	7.7	150	0.32	80	20
P <sub>1</sub>	28/04/2022	0	17.5	7.7	180	7.5	220	180
P <sub>3</sub>	28/04/2022	0.3	17.1	7.2	155	0.5	95	10
P <sub>1</sub>	20/05/2022	0	17.5	7.7	175	5.8	220	165
P <sub>4</sub>	20/05/2022	0.4	17.2	7.5	150	2	100	20
P <sub>1</sub>	30/06/2022	0	17.5	7.7	160	5.5	220	150
P <sub>2</sub>	30/06/2022	0.4	17.4	7.7	160	2.1	112	15

#### **Interpretación:**

Existen concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales en el agua que entra a la PTAP, llamado EFLUENTE que es medido en número más probable (NMP), presenta valores superiores a los 220 NMP/100ml a 35°C en coliformes totales, la conductividad y Ph son estables y varía en lo mínimo a lo largo de la temporada de lluvias, la turbidez es superior a 5 UNT, valor que está por encima del límite máximo permisible que establece la norma DS N° 031-2010 SA de calidad de agua para consumo humano, debido a estos valores se debe tener un tratamiento adecuado y eficiente, así lo señalan Molina y Jiménez (2017) “los efluentes para consumo humano deberían pasar por

tratamiento, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y la concentración de coliformes fecales, el tratamiento debe ser más eficiente si estas aguas presentan concentraciones elevadas de bacterias” (p. 47).

Así mismo el (MINSA) a través de su DS N° 031-2010-SA del Reglamento de Agua para Consumo Humano indica que el agua potable debe ser libre de coliformes fecales, a esto se añade el D.S 004-2017 (MINAM) que establece al recurso hídrico apto para consumo humano si la concentración de coliformes fecales es nula.

Una vez tratada el agua, se muestreo recogiendo del IFLUENTE, estas muestras indicaron concentraciones de coliformes totales, siendo los valores obtenidos inferiores a 10 UFC/100 mL a 35°C en los puntos más alejados y de 0 UFC/100 mL a 35°C en puntos más próximos a la PTAP.

Los resultados obtenidos indican que la turbidez supera los 5 UNT a consecuencia de la carga orgánica en la época de lluvia, sin embargo, una vez esta agua pasa por el tratamiento de potabilización los niveles de turbidez disminuyen.

(Montoya et al 2011) coinciden que los fenómenos ambientales tienen mucha relación con las variaciones en la calidad de agua y por consiguiente existen variaciones en el proceso de potabilización del agua (p. 137).

### **Tabla 9.**

*Resultados en época de estiaje para parámetros de control obligatorio (PCO)*

	<b>Fecha</b>	<b>CLR (mg/L)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Ph</b>	<b>Conductividad (µmho/cm)</b>	<b>Turbidez (UNT)</b>	<b>C.total (UFC/100 ml a 35°C)</b>	<b>C. fecal (UFC/100 ml a 44,5°C)</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	27/07/2022	0	17.6	7.7	180	5.1	220	100
<b>P<sub>3</sub></b>	27/07/2022	0.3	17.2	7.2	155	1.8	80	10
<b>P<sub>1</sub></b>	31/08/2022	0	17.7	7.7	185	4.8	200	50
<b>P<sub>4</sub></b>	31/08/2022	0.5	17.2	7.3	155	2	0	0

<b>P<sub>1</sub></b>	28/09/2022	0	17.8	7.5	180	4	190	110
<b>P<sub>2</sub></b>	28/09/2022	0.5	17.5	7.5	150	1.8	0	0
<b>P<sub>1</sub></b>	28/10/2022	0	17.8	7.7	180	3.9	220	120
<b>P<sub>3</sub></b>	28/10/2022	0.6	17.5	7.6	165	2	0	0

### Interpretación:

Existen presencia de coliformes totales y coliformes fecales en el agua que entra a la PTAP, la conductividad y Ph son estables y no varían mucho a lo largo de la temporada de estiaje, la turbidez es inferior a 5 UNT en la gran mayoría de meses, por lo tanto, es aceptable según la norma de calidad de agua para consumo humano, por consiguiente, se debe tener un tratamiento eficiente para garantizar el bienestar y seguridad de la población.

### 3.2. Análisis de resultados

**Tabla 10.**

*Concentración de coliformes fecales en época de lluvia y estiaje.*

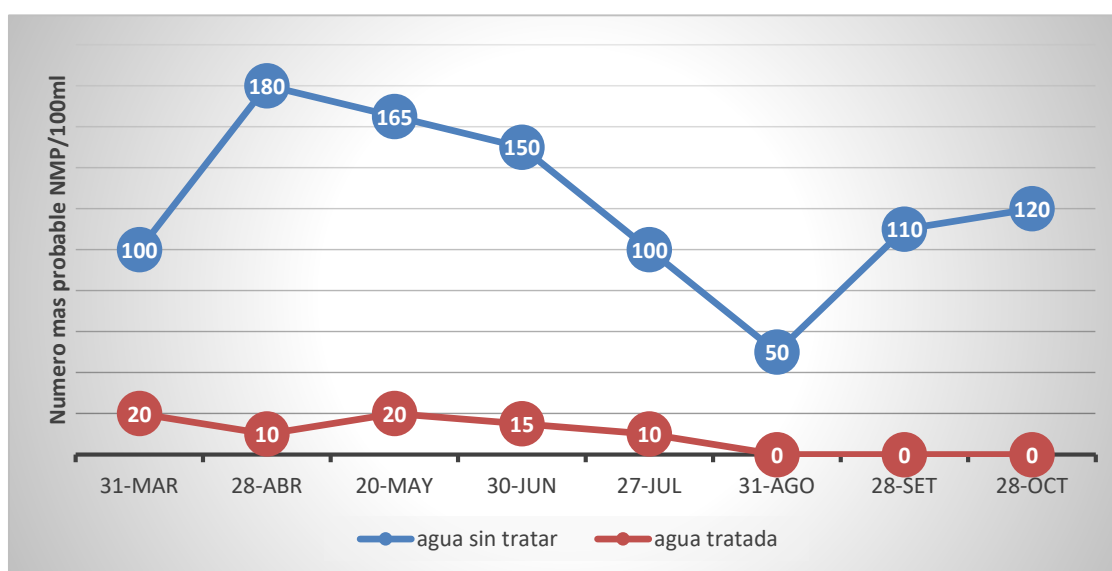
<b>EPOCA</b>	<b>LLUVIA</b>					<b>ESTIAJE</b>			
<b>AÑO 2022</b>	<b>31/03</b>	<b>28/04</b>	<b>20/05</b>	<b>30/06</b>	<b>27/07</b>	<b>31/08</b>	<b>28/09</b>	<b>28/10</b>	
Agua no tratada (coliformes fecales, NMP /100 mL a 44.5°C)	100	180	165	150	100	50	110	120	
Agua tratada en los puntos más alejados de la PTAP (coliformes fecales, UFC/100 mL a 44.5°C)	20	10	20	15	10	0	0	0	

### Interpretación:

Los resultados demuestran una variación entre las épocas de lluvia y estiaje, la concentración de coliformes fecales en época de lluvia llegan a valores de 180 NMP /100 mL a 44.5°C en el mes de abril, esto coincide con las precipitaciones más fuertes que se presenta en la ciudad de Chota, mientras que valores en época de sequía llegan a 50 NMP/100 ml a 44.5 °C.

### Ilustración 1.

*Concentración de coliformes fecales en época de lluvia y estiaje*



### Interpretación

Por otro lado, el agua tratada y analizada presenta valores de hasta 20 NMP /100 mL a 44.5°C en el mes de mayo, luego estos valores disminuyen conforme las precipitaciones empiezan a ceder hasta llegar a tiempos de estiaje.

Sin embargo, estos valores sobrepasan el límite máximo permisible establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano, por lo que el agua analizada necesita de un eficiente tratamiento para que logre eliminar las bacterias patógenas y sea

apta para consumo de la población, como coincide (Baldeón, 2013) “la presencia de coliformes en las aguas superficiales es indicativo para conocer la procedencia del contaminante” (p. 11-12)

### 3.2.1 Promedio de la concentración de coliformes fecales para análisis de la eficiencia del proceso de cloración época de lluvia y estiaje

**Tabla 11.**

*Concentración promedio de coliformes fecales en época de lluvia y estiaje*

	Época de lluvia	Época de estiaje
Agua no tratada (NMP/100mL)	148.75	95
Agua potable (UFC/100mL)	16.25	2.5

$$E = \frac{(S_0 - S_F)}{S_0}$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]

Sf: Concentración en el Efluente en mg/L (UFC)

So: Concentración en el Influyente en mg/L (NMP)

$$E = \left( \frac{148.75 - 16.25}{148.75} \right) * 100 = 89.07\%$$

La eficiencia del proceso de cloración en época de lluvia es del 89.07% no cumpliendo con la eliminación total de coliformes fecales ya que según la norma DS 031-2010 SA del MINSA la eliminación debe ser del 100%.

$$E = \left( \frac{95 - 2.5}{95} \right) * 100 = 97.36\%$$

La eficiencia del proceso de cloración en época de estiaje es del 97.36% no

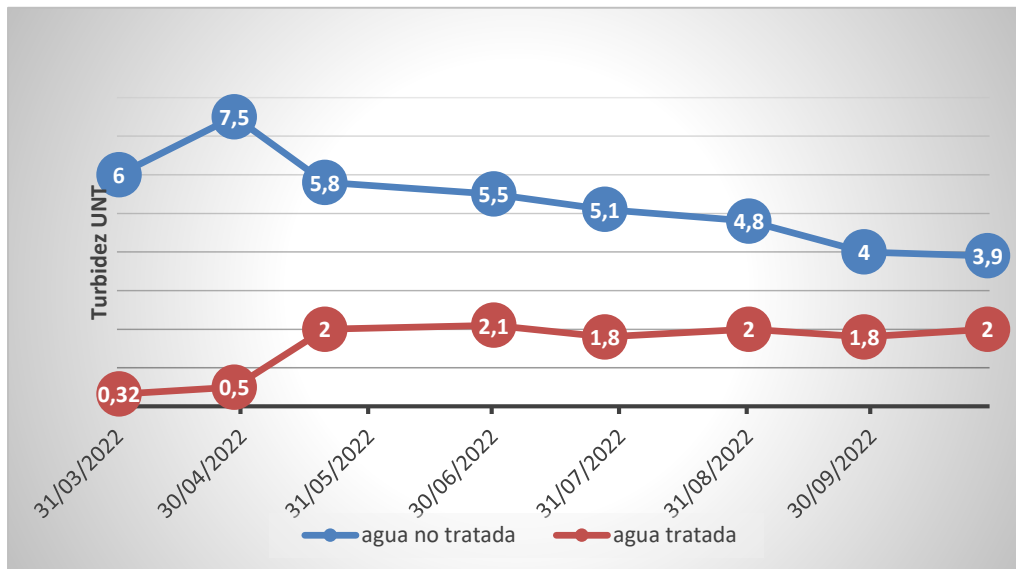
cumpliendo con la eliminación total de coliformes fecales ya que según la norma DS 031-2010 SA del MINSA la eliminación debe ser del 100%

La comparación entre épocas climáticas determina que en la época de estiaje la eficiencia aumenta hasta un 97.36% cuyos valores admiten hasta 10 UFC/100mL en coliformes fecales de las zonas más alejadas a la PTAP, según el D.S N° 031-2010 MINAM indica o establece que el agua para consumo humano debe estar libre bacteria patógenas por lo que la eficiencia de desinfección en toda la ciudad de Chota no es del 100% más aún si la vivienda está alejada de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota.

### 3.2.2 Valores de turbidez en las temporadas de lluvia y estiaje

#### Ilustración 2.

*Variación de la concentración de turbidez antes y después del tratamiento*



#### Interpretación:

La concentración de turbidez se mide en Unidades Nefelométricas (UNT), en las muestras tomadas en época de lluvia sobrepasan las 5 UNT que es el límite máximo

permisible establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010 SA y estándares de calidad ambiental Decreto Supremo N°004-2017 MINAM, en los meses de marzo, abril y mayo las concentraciones superan los 6 UNT, mientras que en época de estiaje los valores no superan los 3 UNT, estando dentro de los límites establecidos.

Los resultados en agua tratada determino la eficiencia del proceso en la etapa de coagulación de la PTAP- Chota, ya que los valores no superan los 2.1 UNT estando dentro de los valores establecidos.

### **3.2.3 Niveles de la concentración de cloro libre residual después del tratamiento en relación con los LMP DS N°031-2010 SA**

**Tabla 12.**

*Valoración y comparación de cloro libre en épocas de lluvia y estiaje con los puntos de monitoreo en la DESA – Chota.*

<b>Codificación de muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>Cloro libre residual en Agua sin tratar (mg/L)</b>	<b>Cloro libre residual en Agua tratada (mg/L)</b>	<b>Cloro libre residual en los puntos de control de cloro según la DESA (mg/L)</b>	<b>Código de muestra de análisis (DESA)</b>
P1-P2	31/03/2022	0	0.2	0.5	(Cod.575)
P1-P3	28/04/2022	0	0.3	0.6	(cod.838)
P1-P4	20/05/2022	0	0.4	0.6	(cod.1106)
P1-P2	30/06/2022	0	0.4	0.8	(cod.1375)
P1-P3	27/07/2022	0	0.3	0.6	(cód. 1376)
P1-P4	31/08/2022	0	0.5	1	(cod.1921)
P1-P2	28/09/2022	0	0.5	0.6	(cod.2182)
P1-P3	28/10/2022	0	0.6	0.6	(cod.2448)

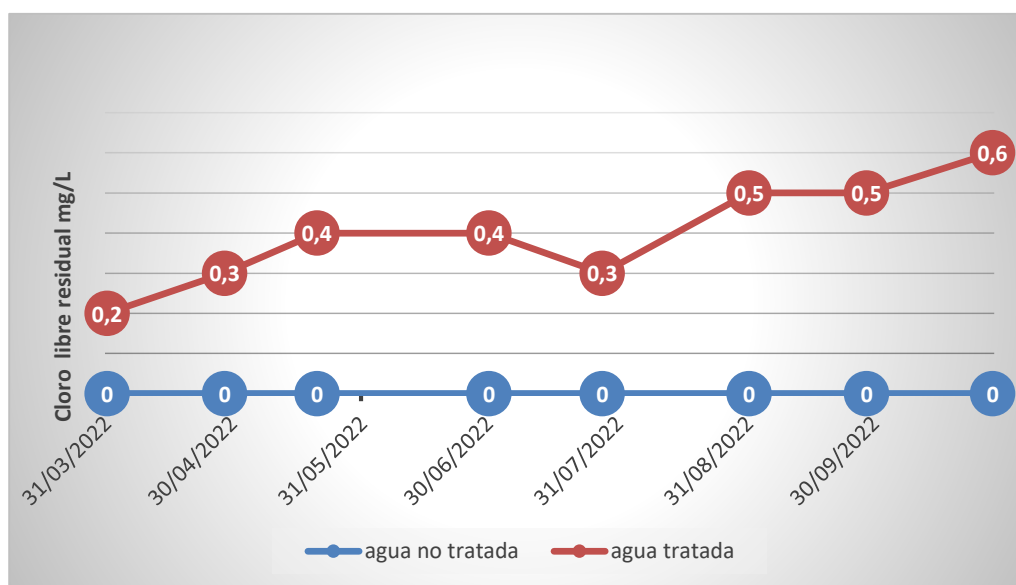
### Interpretación:

Los resultados demuestran que la concentración de cloro libre residual en el mes de marzo, donde las precipitaciones son fuertes son inferiores a 0.3 mg/L, siendo en época de lluvia las concentraciones inferiores a 0.5 mg/L en todos los meses de esta época, estos resultados están por debajo del límite máximo permisible según el D.S N° 031-2010 SA, la concentración de cloro libre residual debe encontrarse entre 0,5-1 mg/L. mientras que los meses de estiaje los valores son superiores a 0.5mg/L.

Cabe resaltar que las muestras tomadas para esta tesis fueron tomadas en los puntos más alejados con relación a la PTAP-Chota, mientras que los puntos de control de cloro libre residual determinados por la DESA son en lugares comerciales y cercanos al centro de la ciudad de Chota arrojando valores superiores a 0.5 mg/L incluso valores por encima del 1 mg/L en puntos muy cercanos a la PTAP.

### Ilustración 3

*Valoración de la concentración de cloro libre residual de distribución de agua potable*





**Interpretación:**

La concentración orgánica en el líquido elemento se ve distorsionada a consecuencia de la turbidez, según (Montoya 2011) el aumento de la turbidez en el agua sin tratar es decir antes que pase por algún proceso físico o químico varía en la prefloración y pos cloración de estos fenómenos ambientales, esto hace que la demanda de cloro aumente, por lo que es indispensable monitorear los sub productos de la desinfección, mayor aun si tales eventos ocurren. (p. 46).

Conclusiones parecidas llega la Agencia de Salud Pública de Barcelona (2016) mencionando que la deficiente dosificación de desinfectante acarrea enfermedades, ya que las concentraciones de coliformes no son nulas, ocasionando problemas gastrointestinales, así mismo el exceso de cloro en el agua provoca aumento de sub productos como los trihalometanos (THM), son uno de los sub productos de la cloración, estos se forman por reacción del cloro con material orgánico presente en el agua, la bioacumulación de dichos subproductos aumentan la probabilidad de contraer cáncer y mal formaciones en fetos por lo cual la OMS llama a controlar y monitorear la concentraciones de estos compuestos.

**3.2.4 Prueba de student en la eficiencia de cloración**

Hi=la técnica de suministro de cloro no es eficiente en la eliminación de coliformes fecales en agua tratada de la ciudad de Chota.

Ho= la técnica de suministro de cloro es eficiente en la eliminación de coliformes fecales en agua tratada de la ciudad de Chota.

**Tabla 13.***Prueba student en la eficiencia del suministro de cloro en época de lluvia*

<b>Indicadores estadísticos</b>	<b>Agua potable</b>
<b>Promedio</b>	16.25
<b>Varianza</b>	22.9167
<b>Observaciones</b>	4
<b>Grado de libertad</b>	3
<b>Valor t</b>	5.8794
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0.00578
<b>Valor crítico de t</b>	3.182

---

Nota: valor de significancia = 0.05

**Interpretación:**

El valor  $p = 0.00578$  por lo que  $p < 0.05$  con relación al valor de significancia, esto indica que se acepta la hipótesis planteada (investigación) la cual establece que la dosificación de cloro es ineficiente en la eliminación total de coliformes fecales en la época de lluvia por lo que una mejora en la técnica de suministro de cloro es lo ideal.

**Tabla 14.***Prueba student en la eficiencia de suministro de cloro en época de estiaje*

<b>Indicadores estadísticos</b>	<b>Agua potable</b>
<b>Promedio</b>	2.5
<b>Varianza</b>	25
<b>Observaciones</b>	4
<b>Grado de libertad</b>	3
<b>Valor t</b>	0.8660
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0.229
<b>Valor crítico de t</b>	3.182

---

Nota: valor de significancia = 0.05

**Interpretación:**

El valor  $p = 0.229$  por lo que  $p > 0.05$  con relación al valor de significancia, esto indica que la hipótesis planteada no es aceptada (investigación) la cual establece que la dosificación de cloro no es óptima en la eliminación total de coliformes fecales y se acepta la hipótesis nula que establece que la técnica de suministro de cloro es óptima en la eliminación de coliformes fecales de las aguas procedentes de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota en época de estiaje.

## CONCLUSIONES

Se monitoreo el agua al ingreso y agua saliente de la PTAP-Chota, en zonas alejadas de la ciudad para valorar las concentraciones de los parámetros obligatorios como coliformes totales, fecales, turbidez y cloro libre residual, para así determinar la eficiencia y optimización en la dosificación de desinfectante.

- Los resultados de la valoración físico-química de los parámetros de control obligatorio indican que el Ph está entre 7.5 y 7.7 siendo valores normales, con relación a la turbidez los valores del agua de abastecimiento a la PTAP tiene concentraciones superiores a 5 UNT a lo largo de la época de lluvia, siendo el pico más alto 7.5 UNT en el mes abril, en la época de estiaje que inicia en el mes julio las concentraciones nefelométricas son inferiores a 5 UNT, según los límites máximos permisibles (LMP) D.S N° 031-2010 SA los valores de turbidez debe ser inferior a 5 UNT por lo que es necesario una eficiente etapa de coagulación y floculación, una vez tratada el agua en la PTAP- de la ciudad de Chota los valores de turbidez se mantuvieron inferiores a 4 UNT a largo de la red de distribución. La conductividad arroja valores entre 150 y 180  $\mu\text{mho/cm}$ , estos valores son aceptables según los estándares de calidad ambiental (ECA) del D.S N° 04-2017 MINAM y límites máximos permisibles (LMP) D.S N° 031-2010 SA, sin embargo, la valoración del cloro libre residual en los puntos de muestreo, arrojan valores inferiores a 0.5 mg/l, no cumpliendo con los límites establecidos en el decreto antes mencionado.
- Los resultados de la valoración microbiológica, de ocho muestras tomadas en la red de distribución de los puntos de la Gerencia sub Regional (P<sub>2</sub>) y grifo Burga (P<sub>4</sub>) arrojaron concentraciones de 20 UFC/100 ml a 44.5 °C en coliformes fecales en los meses de marzo y mayo, así como concentraciones superiores a 15 y 20 UFC/100 ml a 44.5 °C en

coliformes fecales en los meses de junio y julio, la eficiencia de desinfección para la eliminación de coliformes fecales en época de lluvia es de 89.07% y en época de estiaje es 97.36%, por lo que las concentraciones de coliformes fecales en época de lluvia es mayor que en época de estiaje, en consecuencia la eficiencia de la dosificación de cloro que se realiza en la PTAP-Chota no es del 100%.

- En cuanto a la metodología que usamos podemos decir que es muy buena, practica y eficiente ya que nos permitió dar una respuesta clara y concisa al problema planteado en esta investigación.

## RECOMENDACIONES

- La dosificación de cloro que recibe el agua en la PTAP de la ciudad de Chota no es 100% eficiente ya que en las zonas alejadas de la ciudad se encontró bacterias patógenas en la red de distribución de agua, por lo que se recomienda construir cámaras de contacto de cloro en las zonas donde las concentraciones de cloro libre residual son inferiores a 0.5 mg/l.
- También se recomienda tener en cuenta las temporadas de lluvia y estiaje para futuras investigaciones, ya que según los resultados en la época de estiaje la eficiencia de cloración es superior con relación a la época de lluvia, por lo que la dosificación de cloro varía según la época.
- Generar una conciencia de limpieza de los pozos y tanques elevados en las viviendas, ya que el agua se almacena por días y hace que las concentraciones de cloro libre residual disminuyan drásticamente elevando así la proliferación de bacterias dañinas para la salud.

## **BIBLIOGRAFÍA**

American Water Works Asociation. (2022). Tratamiento de agua: Manual de suministro de agua comunitaria. Editorial Mc Graw hill professional

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (1992). Programa regional HPE/OPS/ CEPIS de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano. Manual III: Teoría. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Concha,L. (2010).La Química del agua .Recuperado de  
[http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/la\\_quimica\\_del\\_agua](http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/la_quimica_del_agua).

Instituto de Investigación Tecnológica Industrias y de Normas Técnicas, (ITINTEC,1987). Norma técnica nacional. 214.003. Agua potable. Requisitos.

Madera, N. (2013). Opciones tecnologías para desinfección de sistemas de agua potable. Huancavelica, Perú.

Marchand, E. O. (2020). Microorganismos indicadores de calidad de agua de consumo humano en Lima metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.  
<https://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData>

Melgarejo, Y. (2018). Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado del centro poblado Nuevo Moro, distrito de Moro, Ancash [Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Recuperado de:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23753>.

Mendoza, H. (2013). Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de moyobamba-2012. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de San Marcos]. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/1088>.

- Mendoza, J. y Fabián, L. (2016). Análisis de la calidad del agua potable y estrategia de intervención para su mejor uso en el distrito de Huaura. [Tesis pregrado, Universidad Nacional José Faustino Carrión]. recuperado de: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/129>.
- Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Dirección General de Salud Ambiental.
- Myllykangas T., Nissinen T., Mäki-Paakkanen J., Hirvonen A., Vartiainen T. (2003) “Bromide affecting drinking water mutagenicity”. *Chemosphere*, 53 (7), 745-756.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. (3 ed.).
- OPAZO, G. M. (1991). Tecnología apropiada para agua potable. Asociación medio ambiente y desarrollo en América Latina (ENDA AMERICA LATINA), Colombia.
- Organismo Panamericano de la salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. (1).
- Oblitas, Y. G., & Torres, L. M. (2016). Identificación de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* aisladas del agua potable del distrito de Cajamarca. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/454/FYB-022>
- Panyapinyopol B., Marhaba T., Kanokkantapong V., Pavasant P. (2005). Characterization of precursors to trihalomethanes formation in Bangkok source water. *Journal of Hazardous Materials*, 120 (1), 229-236.
- Rivera, A., y García, N. (2017). Caracterización del agua de la quebrada Naranjal para la gestión del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad Unión de



- Mamonaquihua-Cuñumbuqui. [Tesis Pregrado, Universidad Peruana Unión] Recuperado de:  
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/965>
- Romero J. (2005). “Calidad de Agua”. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2, 269- 299.
- Rossel, L. (2019). Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliforme total y coliforme termo tolerante) en el tratamiento de agua. Recuperado  
de:[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572020000100068#:~:text=El%20tratamiento%20con%20radiaci%C3%B3n%20UV,de%20los%20par%C3%A1metros%20para%20coliformes.](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572020000100068#:~:text=El%20tratamiento%20con%20radiaci%C3%B3n%20UV,de%20los%20par%C3%A1metros%20para%20coliformes.)
- Salazar, R. (2018). Eficiencia de los sistemas de cloración convencional y goteo adaptado en el tratamiento de agua potable. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14786>
- Spyros, G. (2000). “The occurrence of trihalomethanes in the drinking water in Greece”. Department of Environmental Studies, University of the Aegean, Karadoni 17, Mytilene 81100.

## ANEXOS

**Figura 11.**

*Toma de muestra de agua en la PTAP-Chota*



**Figura 12.**

*Toma de muestra en la gerencia sub Regional-Chota*



**Figura 13.**

*Toma de muestra en Mercado Mayorista*



**Figura 14.**

*Toma de muestra en grifo Burga*



**Figura 15.**

*Entrega de muestras con su respectiva cadena de custodia*



**Figura 16.**

*Análisis de coliformes fecales en laboratorio de la DESA-Chota*



**Figura 17.**

*Análisis de coliformes totales en laboratorio de la DESA\_Chota*



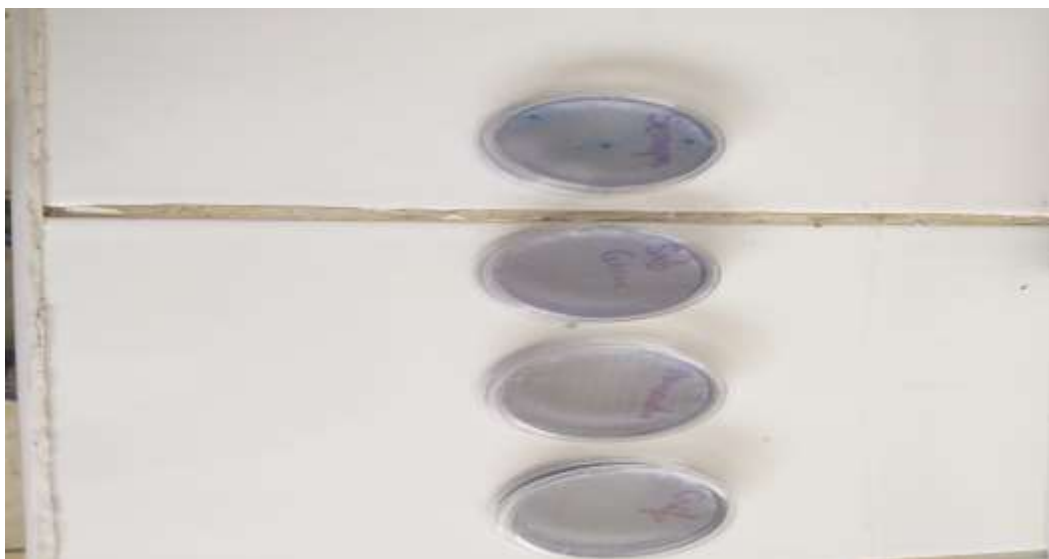
**Figura 18.**

*Auto clave para cultivo de muestras en análisis de coliformes totales y fecales*



**Figura 19.**

*Análisis de coliformes fecales en laboratorio de la DESA-Chota*



**Figura 20.**

*Análisis de coliformes totales en laboratorio de la DESA-Chota*





**Figura 21.**

*Caja colorimetría para a medición de coro residual*



**Figura 22.**

*Instrumentos de medición para Ph y Turbidez*



**Figura 23.**

*Análisis físico químico y microbiológico de agua*







### ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2023

Siendo la 11:30 am del día miércoles 21 de junio del 2023, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: **"Valoración y optimización de la Dosificación de cloro en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota."**, designados por Res. N°178-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 23 de mayo del 2022 y aprobada con Res. N°115-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 05 de mayo del 2023, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- Dr. Carlos Reinerio Arce Cruzado – Presidente
- Dr. Ivan Pedro Coronado Zuloeta – Secretario
- M.Sc. Manuel Antonio Diaz Paredes – Vocal.

La tesis fue asesorada por el M.Sc. Rodolfo Pastor Tineo Huancas, nombrado por Res. N°061-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 16 de febrero del 2022. El acto de sustentación es autorizado con Res. N°129-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 05 de junio del 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller: **ALEXIS AURELIO CABRERA FUSTAMANTE**; y tuvo una duración de 45 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 12 (Diecinueve) en la escala vigesimal, mención MUY BUENO.

Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de INGENIERO QUIMICO de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:15 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas

  
.....  
Presidente  
Dr. CARLOS REINERIO ARCE CRUZADO

  
.....  
Secretario  
Dr. IVAN PEDRO CORONADO ZULOETA

  
.....  
Vocal  
M.Sc. MANUEL ANTONIO DIAZ PAREDES

  
.....  
Asesor  
M.SC. RODOLFO PASTOR TINEO HUANCAS

### **CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD**

Yo M.Sc. Rodolfo Pastor Tineo Huancas, usuario revisor de la Tesis titulada:  
"Valoración y optimización de la dosificación de cloro en la Planta de tratamiento  
de agua potable de la ciudad de Chota"

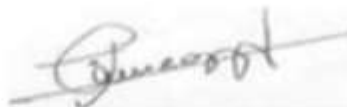
Cuyo autor (es) son:

1.- Bach. Alexis Aurelio Cabrera Fustamante; identificado con documento de  
identidad :71718215; declaro que la evaluación realizada por el Programa  
informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 17%, verificables en el  
Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias  
detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y  
que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el  
uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva  
del proceso.

Lambayeque, 06 de junio del 2023



.....  
Firma (Asesor)  
Nombres y Apellidos: Rodolfo Pastor Tineo Huancas  
DNI: 16688711

Se Adjunta:  
*Resumen de Reporte automatizado de similitudes*  
*Recibo digital*

## tesis Alexis Cabrera UNPRG

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>17%</b>	<b>18%</b>	<b>5%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unach.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unjfsc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unprg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.upsc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion	<b>&lt;1%</b>

	Trabajo del estudiante	<1%
10	<a href="https://repositorio.udea.edu.pe">repositorio.udea.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="https://bibliotecas.unsa.edu.pe">bibliotecas.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
12	<a href="http://www.cepis.org.pe">www.cepis.org.pe</a> Fuente de Internet	<1%
13	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
14	Submitted to Universidad Nacional Agraria de la Selva Trabajo del estudiante	<1%
15	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1%
16	<a href="https://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
17	Oswald F. Dan, D. Mathieu Maurice Ahouansou, Luc O. Sintondji. "Evaluation of the Microbiological Quality of Drinking Water and Health Risks in the Commune of S&ocirc;rc;-Ava, in Southern Benin (Evaluation De La Qualit� Microbiologique Des Eaux De Boisson Et Risques Sanitaires Dans La Commune De S&ocirc;rc;-Ava, Au Sud-B�nin)", Journal of Water Resource and Protection, 2022 Publicaci�n	<1%





18	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
19	<a href="http://esd-forumgranada.com">esd-forumgranada.com</a> Fuente de Internet	<1%
20	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
21	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1%
22	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
23	<a href="http://www.carve.com.uy">www.carve.com.uy</a> Fuente de Internet	<1%
24	<a href="http://www.siapa.gob.mx">www.siapa.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1%
25	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
26	<a href="http://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1%
27	<a href="http://repositorio.unas.edu.pe">repositorio.unas.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
28	<a href="http://www.regionlambayeque.gob.pe">www.regionlambayeque.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%



---

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "García", with a long horizontal stroke extending to the right.



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Alexis Cabrera  
Título del ejercicio: Tesis  
Título de la entrega: tesis Alexis Cabrera UNPRG  
Nombre del archivo: tesis\_alexis\_cabrera\_fustamante\_UNPRG.docx  
Tamaño del archivo: 1.98M  
Total páginas: 70  
Total de palabras: 11,031  
Total de caracteres: 57,790  
Fecha de entrega: 20-ene.-2023 09:14p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1996378021

