



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Nanotecnología con Ozono para la reducción de Cianobacterias en las  
aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Milagros Tatiana Pardo Rodríguez

**ASESOR:**

Dr. Ing. Elmer Gonzales, Benites Alfaro

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LIMA – PERÚ**

**2017-II**

Jurado

Firma del:

---

Dr. Jave Nakayo Jorge  
Presidente

---

Mgtr. Ing. Haydee Suarez  
Secretaria

---

Dr. Ing. Elmer Benites Alfaro  
Vocal

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a Dios, a mis padres Mónica y James por estar presentes, apoyarme, guiarme en este camino, a mis hermanos Manuel y Tamara por alentarme a seguir adelante. Al ing. Leonardo Ricardo Joya Rodríguez por su cariño y apoyo incondicional, depositando en mí su confianza de poder ser cada día mejor.

El autor.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a la Universidad César Vallejo, que durante estos años me dio la oportunidad de estudiar y aprender la carrera de Ing. Ambiental en esta gloriosa casa de estudio, que me brindó todo el apoyo necesario para realizarme como profesional.

Agradecer a los docentes por sus consejos, enseñanzas, experiencias y ánimos de seguir adelante investigando. En especial a mi asesor Ing. Elmer Benites quién me brindó conocimientos, orientó y motivó a seguir adelante con la investigación.

A todas las personas que me motivaron y apoyaron directa e indirectamente a la realización de esta tesis.

A todos ellos, Gracias!

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo, Milagros Tatiana Pardo Rodríguez identificada con DNI N° 46321354, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta 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 Cesar Vallejo.

Lima, 07 Diciembre del 2017.

---

**Milagros Tatiana Pardo Rodríguez**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros de jurado presento ante ustedes la tesis titulada “Nanotecnología con Ozono para la Reducción de Cianobacterias en las Aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima, 2017.”, con la finalidad de reducir las cianobacterias que contaminan las aguas de los Humedales de Villa usando la Nanotecnología con Ozono para la conservación de la Reserva Natural, en cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental .

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La autora:

---

Milagros Tatiana Pardo Rodríguez

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARACION DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 TRABAJOS PREVIOS:.....	3
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	6
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	42
1.4.1. PROBLEMA GENERAL.....	42
1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	42
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	42
1.6 HIPÓTESIS.....	43
1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	43
1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	43
1.7 OBJETIVOS.....	44
1.7.1 OBJETIVO GENERAL.....	44
1.7.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	44
II. MÉTODO.....	45
2.1 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	46
Paso 10: determinar la medición de la nanoburbuja.....	57
2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	60
2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	62
2.3.1 POBLACIÓN.....	62
2.3.2 MUESTRA.....	62
2.3.3 MUESTREO.....	64
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	64
2.4.2. INSTRUMENTOS.....	65
2.4.3. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	66

2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	67
2.6. ASPECTOS ETICOS .....	67
III. RESULTADOS.....	68
4. DISCUSIÓN.....	108
5. CONCLUSIONES: .....	110
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
8. ANEXOS.....	118
Anexo N° 01 .....	129
Anexo N° 02 .....	129
Anexo N°03 .....	130
Anexo N°04 .....	131
Anexo N°05 .....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema De Humedal.....	6
Figura 2. Los Humedales De Villa, Chorrillos .....	19
Figura 3.- Estructuras De Las Microcistinas Y Nodularinas.....	34
Figura 4.- Estructura De La Cilindropermopsina .....	35
Figura 5.- Estructura Del Componente Tóxico De Los Lipopolisacáridos .....	36
Figura 6.- Cianobacterias Identificadas .....	48
Figura 7. Imagen Satelital De La Ubicación Del Punto De Muestreo.....	63
Figura 8. pH Inicial Y Final Después Del Tratamiento .....	101
Figura 9. C.E. Inicial Y Final Después Del Tratamiento.....	102
Figura 10. Potencial Redox Inicial Y Final Después Del Tratamiento .....	102
Figura 11. T°C Inicial Y Final Después Del Tratamiento .....	103
Figura 12. Dqo Inicial Y Final Después Del Tratamiento .....	105
Figura 13. Oxígeno Disuelto Inicial Y Final Después Del Tratamiento .....	105
Figura 14. Demanda Bioquímica De Oxígeno Inicial Y Final Después Del Tratamiento .....	106
Figura 15. Población De Cianobacterias Inicial Y Final Después Del Tratamiento .....	107
Figura 16. Toma De Muestras 4 En La Laguna La Pampa .....	118
Figura 17. Vista De Cianobacterias Desde El Microscopio Antes Del Tratamiento .....	118
Figura 18. Vista De Cianobacterias Desde El Microscopio Después Del Tratamiento .....	119
Figura 19. Multiparámetro Modelo PI-700al.....	119
Figura 20. Equipo Para Medir La Turbidez Modelo Tub-430.....	120
Figura 21. Reactivos Que Se Utiliza Para Medir Dqo.....	120
Figura 22. Termoreactor Para Calentar Las Muestras.....	121
Figura 23. Utilizando El Indicador Ferroina En El Matraz Con La Muestra.....	121
Figura 24. Titulación Con Sulfato Ferroso Amoniacal.....	122
Figura 25. Muestras En El Winkler Para Determinar El Oxígeno Disuelto .....	122
Figura 26. Muestras Con Alcalí De Yoduro Y Ácido Sulfúrico.....	123
Figura 27. Uso Del Almidón En La Prueba De Od.....	123
Figura 28. Uso Del Tiosulfato Para La Muestra.....	124
Figura 29. Winkler Para Prueba De Dbo5 .....	124
Figura 30. Caja Para Mantener La Muestra Durante 5 Días A 20°C De Temperatura.....	125
Figura 31. Equipo De Nanotecnología Con Ozono Para El Tratamiento De Los Humedales De Villa.....	125
Figura 32. Llenado Del Recipiente Con La Muestra De Los Humedales De Villa.....	126
Figura 33. Aireación De La Muestra Antes Del Tratamiento.....	126
Figura 34. Generación De Burbujas En El Agua.....	127
Figura 35. Toma De La Primera Muestra Del Post Tratamiento.....	127

Figura 36. Toma De Muestras En Los 3 Tiempos Para Su Posterior Análisis. .... 128

Figura 37. Equipo En Funcionamiento De La Nanotecnología Con Ozono Para Tratamiento De Las Aguas De  
Los Humedales De Villa. .... 128

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación Entre Suelos De Los Humedales .....	9
Tabla 2.- Funciones, Valores Sociales E Indicadores Relevantes, Efectos Relacionados De Los Humedales....	11
Tabla 3.- Lista De Humedales Peruanos Ramsar .....	17
Tabla 4.- Lista De Aves Migratorias En El Humedal De Villa, Chorrillos.....	20
Tabla 5.- Lista De Especies Que Visitan Los Humedales De Villa. ....	23
Tabla 6.- Lista De Peces En Los Humedales De Villa .....	23
Tabla 7. Lista De Flora De Los Humedales De Villa.....	24
Tabla 8.- Clasificación De Las Cianobacterias. ....	28
Tabla 9.- Representación Fotomicrografías Y Esquemática De Los Organismos Que Pertenecen A Grupos Funcionales Basados En Morfología.....	29
Tabla 10.- Factores De Desarrollo De Cianobacterias. ....	30
Tabla 11.- Técnicas Para Detectar Cianobacterias.....	31
Tabla 12.- Guía De La Organización Mundial De La Salud Para Cianobacterias En Fuentes De Abastecimiento De Agua. ....	32
Tabla 13.- Reactivos Y Solventes Para Pruebas En El Laboratorio.....	49
Tabla 14. Tabla Relación Dilución Dqo Y Dbo. ....	53
Tabla 15- Tabla De Caracterización De Los Parámetros De La Nanoburbuja. ....	59
Tabla 16.- Estación De Muestreo En Las Lagunas De Los Humedales De Villa.....	63
Tabla 17. Resultados De Los Parámetros Físicos Iniciales, Antes Del Tratamiento.....	69
Tabla 18. Resultado De Cianobacterias Antes Y Después Del Tratamiento .....	71
Tabla 19.- Promedio De La Población De Muestras Antes Y Después Del Tratamiento.....	73
Tabla 20. Resultados De Los Parámetros Físicos Después Del Tratamiento	
Tabla 21.- Valores Promedio De Temperatura Por Tiempo De Tratamiento .....	75
Tabla 22.- Valores Promedio De Ph Por Tiempo De Tratamiento .....	76
Tabla 23.- Valores Promedio De Conductividad Eléctrica Por Tiempo De Tratamiento.....	77
Tabla 24.- Valores Promedio De Potencial Redox Antes Y Después Por Tiempo De Tratamiento .....	78
Tabla 25. Resultados De La Demanda Química De Oxígeno Antes Y Después Del Tratamiento .....	79
Tabla 26.- Valores Promedio De Dqo Antes Y Después Por Tiempo De Tratamiento .....	80
Tabla 27. Resultados Del Oxígeno Disuelto Antes Y Después Del Tratamiento .....	80
Tabla 28.- Valores Promedio De Od Antes Y Después Por Tiempo De Tratamiento .....	82
Tabla 29.- Resultado De La Demanda Bioquímica De Oxígeno Dbo5.....	82
Tabla 30.- Valores Promedio De Dbo5 Antes Y Después Por Tiempo De Tratamiento .....	83
Tabla 31.- Relación Entre Reducción De Cianobacterias Y El Ph .....	84
Tabla 32.- Correlaciones Entre Cianobacterias Y Ph.....	85
Tabla 33. Relación Entre Reducción De Cianobacterias Y Temperatura °C .....	85

Tabla 34.- Correlaciones Entre Cianobacterias Y Temperatura .....	86
Tabla 35. Relación Entre La Reducción De Cianobacterias Y La C.E .....	87
Tabla 36.- Correlaciones Entre Cianobacterias Y Ce .....	88
Tabla 37. Relación Entre La Reducción De Cianobacterias Y Potencial Redox .....	88
Tabla 38.- Correlaciones Entre Cianobacterias Y Potencial Redox .....	89
Tabla 39. Relación Entre La Reducción De Cianobacterias Con El Dqo .....	90
Tabla 40.- Correlaciones Entre Cianobacterias Y Dqo .....	91
Tabla 41. Relación Entre La Reducción De Cianobacterias Y Oxígeno Disuelto.....	91
Tabla 42.- Correlaciones Entre Cianobacterias Y Od .....	92
Tabla 43.- Relación Entre La Reducción De Cianobacterias Y El Dbo5 Después Del Tratamiento .....	93
Tabla 44.- Correlaciones Entre Cianobacterias Y Dbo5 .....	94
Tabla 45. Prueba De Normalidad De Variables Propiedades Físicas De Las Muestras De Las Aguas	
Tabla 46.- Resultados De Normalidad Spss 24 Propiedades Físicas .....	95
Tabla 47. Prueba De Normalidad De Variables Propiedades Químicas	
Tabla 48.- Resultados De Normalidad Spss 24 Propiedades Químicas.....	97
Tabla 49. Prueba De Normalidad De Variables Población De Cianobacterias	
Tabla 50.- Resultados De Normalidad Spss 24 Población De Cianobacterias.....	98
Tabla 51.- Propiedades Físicas Antes Y Después Del Tratamiento .....	100
Tabla 52.- Resultados De Prueba T-Student Spss 24 Propiedades Físicas .....	100
Tabla 53. Propiedades Químicas Antes Y Después Del Tratamiento.....	103
Tabla 54.- Resultados De Prueba T-Student Spss 24 Propiedades Químicas .....	104
Tabla 55.- Población De Cianobacterias Antes Y Después Del Tratamiento .....	106
Tabla 56.- Resultados De Prueba T-Student Spss 24 Población .....	106

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Parámetro De Temperatura Antes Del Tratamiento .....	69
Gráfico 2.- Parámetro De Ph Antes Del Tratamiento .....	70
Gráfico 3.- Parámetro De Conductividad Eléctrica Antes Del Tratamiento .....	70
Gráfico 4.- Parámetro De Potencial Redox Antes Del Tratamiento.....	71
Gráfico 5.- Población Inicial De Cianobacterias Vs Población Promedio Por Muestra .....	72
Gráfico 6.- Población De Cianobacterias Antes Y Después Del Tratamiento.....	73
Gráfico 7.- Parámetro De Temperatura Después Del Tratamiento .....	75
Gráfico 8.- Parámetro De Ph Después Del Tratamiento .....	76
Gráfico 9.- Parámetro De Ce Después Del Tratamiento .....	77
Gráfico 10.- Parámetro De Potencial Redox Después Del Tratamiento .....	78
Gráfico 11.- Parámetro De Dqo Después Del Tratamiento .....	79
Gráfico 12.- Parámetro De Od Después Del Tratamiento .....	81
Gráfico 13.- Parámetro De Dbo5 Después Del Tratamiento .....	83
Gráfico 14.- Relación Reducción De Cianobacterias Con El Ph Después Del Tratamiento .....	84
Gráfico 15.- Relación De Cianobacterias Con La Temperatura Después Del Tratamiento .....	86
Gráfico 16.- Relación Reducción De Cianobacterias Con El Ce Después Del Tratamiento .....	87
Gráfico 17.- Relación Reducción De Cianobacterias Con El Potencial Redox Después Del Tratamiento .....	89
Gráfico 18.- Relación Reducción De Cianobacterias Con El Dqo Después Del Tratamiento.....	90
Gráfico 19.- Relación Reducción De Cianobacterias Con El Od Después Del Tratamiento .....	92
Gráfico 20.- Relación Reducción De Cianobacterias Con El Dbo5 Después Del Tratamiento .....	93
Gráfico 21.- Q-Q Normal De Población Inicial .....	99
Gráfico 22.- Q-Q Normal De Población Final .....	99

## RESUMEN

Los Humedales de Villa en el distrito de Chorrillos es una gran zona cubierta de agua, vegetación, vida silvestre y refugios de diversas aves migratorias. Los humedales se encuentran en un estado de riesgo debido a la contaminación por el crecimiento urbano, arrojado de residuos sólidos e impactos de las carreteras. El objetivo del presente estudio es reducir la cantidad de cianobacterias existentes en las aguas de los humedales a partir del uso de la nanotecnología con ozono y así recuperar el humedal. Las etapas que tuvo el presente trabajo de investigación fue toma de muestras de las aguas del humedal para determinar el tipo y cantidad de cianobacterias, parámetros fisicoquímicos como el, pH, conductividad eléctrica, potencial redox, Oxígeno Disuelto, DQO y DBO<sub>5</sub>, antes y después del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono. Los resultados obtenidos antes del tratamiento indicaron que los niveles de oxígeno disuelto y DQO están por debajo de los estándares de calidad ambiental que indica >5 (valor mínimo) en OD y 5ppm en DQO establecidos por el Ministerio del Ambiente para lagunas y lagos de cuerpos lénticos. Siguiendo con la investigación utilizamos la Nanotecnología con Ozono en 3 tiempos de 5, 10 y 15 min, se obtuvo 3 muestras de acuerdo a los tiempos y los resultados fueron satisfactorios ya que existe un aumento de Oxígeno Disuelto y reducción de las cianobacterias de 4000, 3500 y 2000 Org/L respectivamente; esto permite la recuperación del humedal y la preservación del ecosistema.

**PALABRAS CLAVES:** cianobacterias, contaminación de humedales, humedales, nanotecnología, ozono.

## ABSTRACT

Villa Wetlands in the district of Chorrillos is a large area covered with water, vegetation, wildlife and shelters of various migratory birds. Wetlands are in a state of risk due to pollution from urban growth, dumping of solid waste and road impacts. The objective of this study is to reduce the amount of cyanobacteria present in the waters of wetlands from the use of nanotechnology with ozone and thus recover the wetland. The stages of the present investigation were sampling the waters of the wetland to determine the type and quantity of cyanobacteria, physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, redox potential, dissolved oxygen, COD and BOD<sub>5</sub>, before and after of the treatment with Nanotechnology with Ozone. The results obtained before the treatment indicated that the levels of dissolved oxygen and COD are below the environmental quality standards that indicate > 5 (minimum value) in OD and 5ppm in COD established by the Ministry of the Environment for lagoons and lakes of bodies lentic. Continuing with the research we used Nanotechnology with Ozone in 3 times of 5, 10 and 15 min, 3 samples were obtained according to the times and the results were satisfactory since there is an increase of Dissolved Oxygen and reduction of 4000 cyanobacteria, 3500 and 2000 Org / L according to the times; this allows the recovery of the wetland and the preservation of the ecosystem

**KEY WORDS:** cyanobacteria, contamination of wetlands, wetlands, nanotechnology, ozone.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los humedales son ecosistemas estratégicos de mucha importancia para la conservación de la biodiversidad, ya que en su mayoría está cubierto de agua, vegetación y vida silvestre.

Los Humedales de Villa, Chorrillos, es un área protegida en la región de Lima Metropolitana y está reconocida por la Convención Ramsar como uno de los humedales de importancia internacional; a pesar de lo mencionado es un área que día a día se está degradando por la acción del hombre.

En la actualidad los Humedales de Villa está contaminado con diferentes tipos de bacterias, en sus alrededores encontramos residuos sólidos que son arrojados por los pobladores de los asentamientos humanos aledaños, aguas residuales sin tratamiento y por la filtración de los pozos sépticos de éstas viviendas.

En las aguas de los Humedales de Villa encontramos las cianobacterias que son microorganismos fotosintéticos de naturaleza procariota que se esparcen en grandes ambientes acuáticos (CARTERHOLZ 2001, UNESCO2009). Algunos de los tipos de cianobacterias son capaces de formar algas en lagos, embalses y humedales eutrofizados; ésta problemática ha conllevado a que se elaboren tecnologías para su reducción y eliminación en los ambientes acuáticos (CHORUS & BARTRAN 1999).

La tecnología usada en la presente investigación fue la Nanotecnología con Ozono con la finalidad de reducir las cianobacterias en los Humedales de Villa, esto permitió el aumento del oxígeno disuelto en el agua, aparición de vida acuática, crecimiento de vegetación, aves y vida silvestre.

## 1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Los Humedales de Villa en el distrito de Chorrillos es una reserva natural donde encontramos vegetación, refugio de diversas aves migratorias, en 1977 fue declarado Parque Zonal Metropolitano y pasó a ser parte del Sistema de Áreas Recreacionales de Lima Metropolitana. (GUILÉN, 2002).

Hace unos años se podría encontrar 206 especies de aves, 5 especies de anfibios y reptiles, 13 especies de peces. Entre 15 000 y 20 000 mil aves migratorias llegaban a los humedales durante noviembre y diciembre. Los humedales contaban con 2,500 hectáreas de expansión, en la actualidad sólo existe 263 hectáreas; esto debido al crecimiento urbanístico de nuestra ciudad, la existencia de industrias y el paso de carreteras han ido perjudicando y contaminando a los humedales. (GAMBOA, 2016).

Los Humedales de Villa cuentan con cinco lagunas que son la Laguna Principal, La Pampa, Génesis, Anap y Sur; entre estas lagunas la que está totalmente contaminada es La Pampa, se encuentra entre las Avenidas Defensores del Morro y 12 de octubre, y a la ribera del Asentamiento Humano Las Delicias de Villa, en esta laguna podemos encontrar gran cantidad de residuos sólidos, arrojado de aguas residuales, animales muertos, desmonte, etc. Todos estos contaminantes provocan que la laguna sea susceptible a la eutrofización; los efectos de la eutrofización son: disminución en la transparencia de sus aguas, ausencia total de oxígeno (lo que provoca mortandad de peces) y aparición de plantas foráneas (algas acuáticas).

Debido al contexto descrito en el párrafo anterior el principal problema de la investigación es la eutrofización que conlleva a la aparición de cepas de toxinas de cianobacterias que causan pérdidas del ecosistema.

## 1.2 TRABAJOS PREVIOS:

**MORIKAWA M. (2016) Perú.** Realizó un importante aporte en la investigación científica con su proyecto “Tratamiento y Transferencia Tecnológica para la recuperación del agua y conservación del medio ambiente en el humedal El Cascajo, en el distrito de Chancay, provincia de Huaral, con principios de biotecnología y nanotecnología”. El humedal El Cascajo es una reserva natural de 50 hectáreas, era un refugio de diferentes tipos de aves, con el paso de los años la contaminación por parte de industrias y urbana hizo que el humedal esté totalmente contaminado, desprendía un olor putrefacto, estaba cubierto por algas acuáticas llamadas Lechugas Acuáticas a la que debieron ser retiradas a su totalidad. El científico peruano Morikawa utilizó la nanotecnología, que es un tratamiento con micronaburbeo que consiste en burbujas 10 mil veces más pequeñas a las de las bebidas y que pueden permanecer entre 4 y 8 horas en el agua, en este tiempo atrapan e inmovilizan las bacterias y virus que terminan por destruirlas y evaporarlas, adicionalmente insertó los biofiltros. Los resultados se obtuvieron a partir de 15 días después de aplicar la tecnología, cabe resaltar que en la actualidad el humedal El Cascajo es una reserva recuperada, sus aguas son cristalinas e inmediatamente atrajo a cientos de aves.

**MORIKAWA M. (2017), Perú.** Con los antecedentes del humedal El Cascajo, el científico Morikawa apuesta por la recuperación de uno de los lagos más grandes de América Latina y de nuestro país que es el lago Titicaca, ubicada en la zona compartida entre Perú, departamento de Puno y Bolivia con una superficie de 8 940km<sup>2</sup> aproximadamente y una profundidad de 280m. En el lago se puede encontrar 60 variedades de aves, 14 especies de peces, 18 especies de anfibios, pero el grave problema que tiene en la actualidad es la contaminación por el arrojado de aguas residuales de la laguna de oxidación de El Espinar, esto provoca que existan en sus aguas demasiado plancton y bacterias lo que hace que tenga un color verdoso y genere eutrofización. El objetivo que tiene el científico Morikawa es recuperar el lago en 15 días a través de la Nanotecnología, consiste en introducir al

lago unas mangueras y filtros que generen un micronanoburbujeo para devolver el oxígeno a las aguas, atrapando y eliminando las bacterias que se encuentran, el segundo paso consistirá en aplicar una solución orgánica para clarificar el agua y no alterar la hidrofauna, los resultados que se obtendrán en este proyecto será la recuperación del lago.

**HUNG I. (2007), Estados Unidos.** Define que una tecnología con burbujas finas y burbujas ultrafinas han sido capaces en la eliminación de diferentes bacterias dado un tiempo de tratamiento en aguas contaminadas. Los tiempos del tratamiento pueden varias en horas según el tipo de contaminante que se encuentre. Las propiedades de las burbujas es que no pueden subir a la superficie. La conclusión que tuvieron en esta investigación es que demostraron que las burbujas ultrafinas con la inyección de ozono para el tratamiento del agua si eran efectivas con el ozono gaseoso porque se disuelve lentamente y es más estable en el agua.

**ASTUDILLO F. (2007), Chile.** Realizó una investigación sobre una nueva forma de esterilizar usando nano burbujas de ozono para la descontaminación del agua, la ingeniera define que la nanotecnología es una técnica que controla y manipula la materia a niveles de escala atómica. Debido que es ozono es una forma de oxígeno reactiva e inestable, es 51 veces más efectivo que el cloro. Deduce que el ozono puede llegar a eliminar el 99,9% de las bacterias, pero en combinación de este gas con nano burbujas destruye el 99,999 % de la bacteria por ejemplo de E. Coli en un determinado volumen de agua de acuerdo a la investigación.

**ALVAREZ S. (2003), Lima.** Realizó un estudio en los Humedales de Villa concluyendo que las aguas tornaban de un color verde – azul, dicha coloración procedía de la excesiva concentración de microorganismos del género Euglena clorophonica, que se caracteriza por la presencia de cromatóforos en el interior de su cuerpo y aparecen cuando la temperatura alcanza los 30°C. Se concluyó que la

causa de esta excesiva concentración era debido a los niveles de eutrofización en el agua.

**SARMIENTO (2005).** Realizó el primer estudio de la protozoofauna de la llamada Laguna de Villa quienes reportaron 40 géneros y 52 especies de protozoarios, encontrando 9 especies de sarcodinos, 12 de mastigóforos y 3 especies (*Chilodontopsis giberrun*, *Trichotaxis rubentis* y *Trichotaxis villaensis*).

**VALENZUELA (2006).** Realizó un estudio sobre los bioindicadores de la contaminación en Los Humedales de Villa, reportaron dos especies de protozoarios que identificaron como *Euglena* gráciles y *Peridinium* sp. Posterior a este estudio Sarmiento y Morales (1998), publicaron una lista de protozoarios de los Humedales de Villa, que fue el resultado de las observaciones en el transcurso de varios años, registraron 97 especies hasta ese año, también observaron la desaparición de algunas aves que se habían descrito en los años '60 asociándola con los cambios climáticos que sufrieron el ecosistema.

**AYUNI L. (2012).** Realizó una investigación sobre la Fitorremediación para la reducción de la Eutrofización en la Laguna del Área Natural protegida Pantanos de Villa, Chorrillos. Donde concluyó que el uso de la fitorremediación es un tratamiento óptimo para la descontaminación de aguas que están contaminadas con efluentes domésticos e industriales, el estudio económico determinó que el empleo de este tipo de tecnologías alternativas para la descontaminación es de bajo costo y por tanto accesible a la población. En sus resultados obtenidos de la toma de muestras del humedal define que las altas concentraciones de  $DBO_5$  y OD se deben a las actividades realizadas en épocas del año que lleva a la generación de más contaminantes y nutrientes que conlleva a la eutrofización en algunas zonas de los Humedales de Villa.

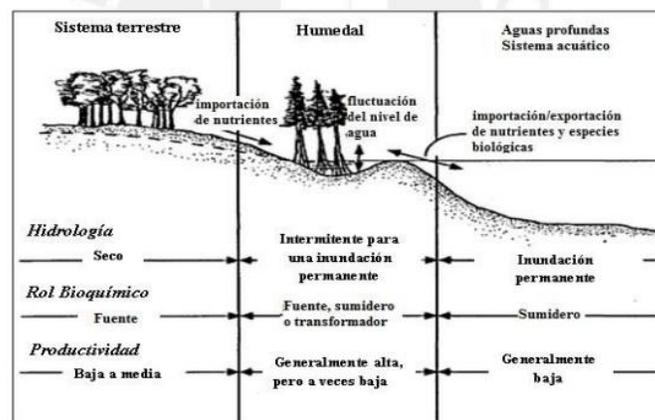
**LANZAROT P. (2007).** Realizó su proyecto de investigación sobre las Cianobacterias Tóxicas y Mortandades en Masa de Fauna Salvaje en las Marismas de Doñana. Concluyó que las floraciones de cianobacterias son estacionales y abarca promedio de tiempos. La mortandad que existió en julio del 2004 en Las Marismas de Doñana fue por la ingestión de cianobacterias tóxicas como *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flossaquae* *Pseudoanabaena catenata* en animales que se encontró en el ventrículo, hígado de las aves muertas.

### 1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

#### 1.3.1. HUMEDALES

Según el Ministerio del Ambiente los humedales son reservas interiores, marinas y costeras que se encuentran inundados de manera intermitente o permanente. Esta situación provoca la saturación del suelo, donde falta el oxígeno y volviéndose un ecosistema híbrido, donde el agua cumple con un rol indispensable para la estructura y funciones ecológica del territorio. Todas estas características hacen que los humedales sean uno de los entornos más productivos del mundo, donde se encuentra una diversidad biológica, especies vegetales y animales. (MINAM, 2016).

**Figura 1. Sistema de Humedal**



**Fuente: GOSSELINK, 1993.**

Los Humedales son clasificados según la diferencia en su morfología e hidrogeomorfología. Según Ramsar clasifica a los humedales en tres categorías: humedales marinos y costeros, humedales artificiales y humedales continentales. Un humedal puede pertenecer a dos o más categorías. (JIMÉNEZ et al., 2010).

**Los humedales marinos y costeros** son de aguas marinas someras permanentes (se refiere a los humedales que tienen menos de 6m de profundidad en marea baja); islotes rocosos, costas marinas rocosas; los humedales intermareales arbolados están incluidos los pantanos, bosques y manglares inundados de agua dulce; también están incluidos las lagunas costeras salobres, esto se da porque tienen conexión con el mar relativamente angosta y lagunas costeras de agua dulce. (JIMÉNEZ et al., 2010).

**Los humedales artificiales** se refieren a estanques artificiales, estanques de acuicultura; áreas agrícolas inundadas, tierras de regadío, áreas de explotación de sal, salineras, etc. reservorios, diques, piletas de oxidación. (JIMÉNEZ et al., 2010).

**Los humedales continentales** se refieren a lagos salobres o alcalinos, salinos, zonas estacionales, manantiales de agua dulce (oasis). (JIMÉNEZ et al., 2010).

Los humedales de poca profundidad tienen características similares a los sistemas acuáticos de aguas con bastante profundidad, tal como las algas, sustrato anóxico, vertebrados e invertebrados. Algunos humedales se mantienen por el agua subterránea y las precipitaciones (MITSCH y GOSSELINK 1993).

## **LA LIMNOLOGÍA**

Es una rama de la ecología que estudia los recursos hídricos continentales, los clasifica según el movimiento de las aguas. Los clasifican los cuerpos de agua lóticos y lénticos. (PARRA Y VALDOVINOS, 2006). La palabra lótico proviene del latín latic que significa lavado; que se refiere a un rápido cambio de líquido, movimiento dinámico y horizontal de las aguas. Estas aguas pueden ser naturales o artificiales, como arroyos, ríos, manantiales, zanjones y canales de riego. Los

humedales de aguas lénticos poseen un movimiento lento, básicamente del terreno donde se encuentra. (SÁNCHEZ, 2008; PARRA Y VADOVINOS, 2006).

La hidrología es uno de los factores importantes para determinar el tipo de humedal como los flujos y niveles de agua que fluctúan en los humedales costeros.

Es fundamental la descripción de los suelos para identificar y delimitar los humedales. Los suelos de los humedales son cuerpos superficiales de material terroso soportan la vegetación y contienen materia viva. Las características de los suelos que se encuentran en los humedales es que pueden ser cubiertos por aguas poco profundas. Hace unos años se decía que los humedales no poseían suelos, posteriormente se dijo que los humedales tenían poco o nada de suelo como las playas, manglares, etc. En la actualidad sólo se considera las playas como tierras misceláneas. (COMMITTEE ON CHARACTERIZATION OF WETLANDS, 1995).

Según la FAO que es la Referencia de base Mundial para Suelos, se refiere que los humedales poseen **suelos que están saturados o inundados la cantidad necesaria durante la temporada de cultivo para el desarrollo de condiciones anaeróbicas en la superficie**. Los suelos de los humedales son definidos como histosoles (formados en material orgánico), se dividen en dos tipos: suelos orgánicos y minerales. En la siguiente tabla presentan las características:

**Tabla 1. Comparación entre suelos de los humedales**

<b>Características</b>	<b>Suelo Mineral</b>	<b>Suelo Orgánico</b>
Contenido orgánico	De 20 a 35%	Más de 35%
Carbono orgánico	De 12 a 20%	Más de 20%
pH	Usualmente neutro	Ácido
Densidad	Alta	Baja
Porosidad	Baja (45-55%)	Alta (80%)
Conductividad hidráulica	Alta (excepto las arcillas)	Baja y alta
Capacidad de retención de agua	Bajo	Alto

**Fuente: MITSCH Y GOSSELINK, 1993**

Los humedales poseen suelos con condiciones anaeróbicas debido a la saturación de los poros que se hallan entre las partículas del suelo por agua, disminuyendo la circulación del oxígeno. A pesar de esto, la actividad biológica en el suelo que requiere oxígeno se da después de la saturación. La mayoría de suelos que se encuentran saturados por agua son suelos anaeróbicos (el oxígeno libre desaparece y disminuye la oxidación – reducción). (COMMITTEE ON CHARACTERIZATION OF WETLANDS, 1995).

Como mencionamos anteriormente los suelos de los humedales están saturados por agua que bloquea la entrada del oxígeno, éste se agota con facilidad por las poblaciones microbianas. Las plantas que pueden crecer en suelos anaeróbicos deben de tener características y adaptaciones como la absorción de nutrientes y agua, pero no de toxinas producidas por la población microbiana. Este tipo de plantas que crecen en los humedales son macrófitas o acuáticas, llamadas hidrófitas. Las plantas hidrófitas son vasculares y se encuentran en aguas o suelos saturados, son capaces de soportar inundaciones y saturaciones, es decir crecen en sustratos que tienen deficiencia de oxígeno por el alto contenido de agua. (MITSCH Y GOSSELINK, 1993).

## **FUNCION DE LOS HUMEDALES**

Las funciones de los humedales según Ramsar son: retención de nutrientes, regulación de las crecidas, mantenimiento de la cadena trófica, control de la erosión, protección contra las tormentas, estabilización de las orillas y estabilización de las condiciones climáticas (lluvia y la temperatura). (RAMSAR, 2007).

La función de los humedales se define por los diferentes tipos, éstas se agrupan en tres categorías: función hidrológica, función biogeoquímica, mantenimiento de hábitats y cadenas alimenticias.

Uno de las funciones principales que tienen los humedales es la transformación de los nutrientes como el fósforo, nitrógeno y materia orgánica, éstos son indicadores de la eutrofización. El nitrógeno y el fósforo son conducidos hacia los humedales por las escorrentías producto de las lluvias, movimiento de aguas superficiales y aguas subterráneas; el nitrógeno también proviene de la atmósfera y fijado por la actividad microbiana. (MITSCH Y GOSSELINK, 1993).

Los nutrientes nombrados intervienen en la cadena alimenticia, en la producción y descomposición de organismos. Cuando la tasa de producción y descomposición es alta, el ciclo de nutrientes es rápido, pero cuando la producción y la descomposición son baja, el ciclo de nutrientes es lento. (COMMITTEE ON CHARACTERIZATION OF WETLANDS, 1995).

**Tabla 2.- Funciones, valores sociales e indicadores relevantes, efectos relacionados de los humedales.**

	<b>Función</b>	<b>Efectos</b>	<b>Valor para la sociedad</b>	<b>Indicador</b>
Biogeoquímico	Transformación: ciclo de los elementos	Mantenimiento de las reservas de nutrientes en los humedales.	Producción de madera	Árbol de crecimiento
	Retención: eliminación de sustancias disueltas	Reducción del transporte de nutrientes aguas abajo.	Mantenimiento de la calidad del agua	Salida inferior de nutrientes
	Acumulación de sedimentos inorgánicos	Retención de sedimentos y nutrientes	Mantenimiento de la calidad del agua.	Aumento de la profundidad de sedimento
Hidrología	A corto y largo plazo: superficie de almacenamiento de agua.	Reducción de las inundaciones aguas abajo Mantenimiento de los caudales y de la distribución del flujo estacional.	Reducción de daños de las inundaciones Preservación del hábitat de los peces durante períodos secos.	Relieve topográfico en la llanura de inundación.
	Mantenimiento del nivel freático alto	Preservación de la comunidad hidrofítica	Mantenimiento de la biodiversidad.	Presencia de hidrófitas.
Hábitat y cadena alimenticia	Mantenimiento de comunidades vegetales características.	Alimento y cubierta de anidación para los animales.	Las aves acuáticas	Vegetación de los humedales
	Mantenimiento del flujo de energía característico	Apoyo a las poblaciones de vertebrados	Mantenimiento de la biodiversidad	Alta diversidad de los vertebrados

**FUENTE: COMMITTEE ON CHARACTERIZATION OF WETLANDS, 1995**

Los humedales ideales son los que pueden reducir el contenido de fósforo y nitrógeno, que se asocia con la agricultura y aguas residuales, evitando que lleguen a las aguas subterráneas que son utilizadas para el consumo humano. (RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT 2010).

Otra de las características de los humedales es que actúan como filtros biológicos, esto se da por la presencia de las plantas acuáticas que llegan a eliminar sustancias provenientes de residuos domésticos, industriales y pesticidas. Los tejidos de las plantas que flotan *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), *Lemna* (lenteja de agua), *Azolla* (helechos de agua) pueden absorber los metales pesados como el cobre y el hierro. Las plantas que tienen sus raíces en el suelo y crecen rápido son las *Scirpus californicus* (totora) y *Phragmites* (carrizo), tienen también la característica de tratar el agua contaminada. (EIFERT, 2002; DELGADILLO et al., 2010).

En los humedales se encuentra vida silvestre, mayormente son las aves acuáticas, éstas pueden permanecer períodos largos o cortos, según la necesidad (crianza, nidificación o muda del plumaje). La cantidad de vegetación existente en el humedal provee de alimentación a las aves. (BLANCO, 2000)

## **EUTROFIZACION DE LOS HUMEDALES**

El fenómeno de la eutrofización se da por la interacción de los humedales con los ecosistemas terrestres cercanos y la acción humana. (MARGALEF, 1974). La eutrofización se define como el enriquecimiento de aguas con nutrientes a una velocidad q no puede ser eliminado o mineralizado totalmente. Las categorías de la eutrofización son:

- Mesotrófico: son sistemas acuáticos con características de oligotrófico y eutrófico.
- Oligotrófico: son áreas acuáticas con baja producción vegetal y bajo contenido de nutrientes.
- Eutrófico: áreas acuáticas con bastante producción vegetal y alto contenido de nutrientes.

El nitrógeno y el fósforo son elementos primarios para la productividad de los ecosistemas acuáticos, pero cuando se encuentran concentraciones mayores a 0,035 mg P/L y 50 mg NH<sub>3</sub>/L se origina la eutrofización. (REDDY y DE LAUNDE 2008). Cuando hay un exceso de nitrógeno y fosfato se ve afectada la flora y fauna, proliferan las algas unicelulares que provoca la turbiedad del agua, ésta impide el paso de la luz al fondo del humedal, no permite la fotosíntesis y no hay producción de oxígeno libre. La descomposición de organismos hace que se reduzca la cantidad de oxígeno en el agua – sedimento que provoca una mineralización de sustancias orgánicas incompleta, se forma un ambiente anaeróbico en las aguas donde proliferan gases como CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. (SALAS, 1996). Al aumentar la concentración de los gases, impide la vida en los humedales, lo que da como resultado la extinción de la vida acuática. (RAPAL, 2010).

Es necesario estar en constante vigilancia de los parámetros de los humedales como conductividad, pH, sólidos totales disueltos para saber el estado que se encuentra el humedal.

## **MEDICIONES FISICOQUÍMICAS EN LAS AGUAS DE LOS HUMEDALES**

### **Temperatura °C**

La temperatura del agua es de gran importancia para el desarrollo de diversos procesos que se realizan en un medio acuático, cuando existe un aumento de temperatura se modifica la solubilidad de las sustancias, aumenta los sólidos disueltos y disminuye los gases. Cuando existe un aumento anormal de la temperatura (causas que no son climáticas), su origen es debido al vertido de aguas que son usadas en los procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura puede ser medida con el multiparámetro. (GONZÁLEZ, 2012).

### **Turbidez**

La turbidez es una medida de la dispersión de la luz en el agua que tiene como consecuencia por la presencia de materia suspendida coloidal y/o particulados. Si

se encuentra materia suspendida en el agua puede ser indicativo que existe un cambio en su calidad (contaminación por microorganismos), presencia de material inorgánico (arcilla, fango, arena). Un factor importante ambientalmente es la turbidez en las aguas naturales, ya que afecta el ecosistema porque existe la actividad fotosintética que depende en gran medida de la penetración de la luz. (CLAIR, 2013).

### **Conductividad Eléctrica**

Es la capacidad de un cuerpo de agua para transportar corriente eléctrica. La conductividad se encuentra relacionada con pH, gases disueltos, tiempo de disolución, tipo de sales y factores que pueden afectar la solubilidad de un soluto en el cuerpo de agua. (MARÍN, 1995).

### **pH**

Al tomar la medida del pH sabremos el grado de biodegradación por la presencia de nutrientes en el agua. Los cambios de pH en el agua pueden alterar la concentración de algunas sustancias cambiando el nivel de toxicidad. Ejemplo: cuando disminuye pH en el agua puede elevar la cantidad de mercurio soluble en ésta. (MARÍN, 1995).

### **Sólidos Totales Disueltos (STD)**

Se refiere a la materia disuelta o suspendida en el agua. Son tomados como carga iónica los sólidos totales disueltos en el cuerpo de agua. Existe casos que hay relación entre los sólidos disueltos y la conductividad en el cuerpo de agua; es expresado en mg/L, es 0,6 veces el valor de la conductividad, se expresa en uS/cm. (MARÍN, 1995).

### **DQO**

La demanda química de oxígeno es uno de los parámetros que mide la cantidad de oxígeno que no es consumido por las bacterias en el medio acuático, como aguas continentales (lagos, lagunas, ríos, acuíferos), agua pluvial, aguas negras, etc. Se

usa para medir el grado de contaminación que existe, se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ). Con este método también determinamos la cantidad de materia orgánica existente. (CLAIR, 2013)

### **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno es muy importante para vida de peces y todos seres acuáticos; el oxígeno puede ser moderadamente soluble en el agua, esto depende de la solubilidad de la temperatura, turbulencia del agua, salinidad y presión atmosférica. La solubilidad del oxígeno atmosférico en agua dulce puede variar desde 14.6 mg/l a 35°C y a 1atm de presión. La velocidad de oxidación biológica aumenta con la temperatura y la demanda de oxígeno aumenta de inmediato. (CLAIR, 2013)

- **Importancia Ambiental del Oxígeno Disuelto**

Quando se tiene desechos líquidos es el oxígeno disuelto el factor que determina los cambios biológicos que son producidos por organismos aeróbicos o anaeróbicos. Los organismos aeróbicos usan el oxígeno libre para la oxidación de la materia orgánica e inorgánica formando productos finales. Los anaeróbicos llevan a cabo la oxidación a partir de la reducción de sales inorgánicas como los sulfatos y sus productos finales son perjudiciales. La determinación del oxígeno disuelto es la base del análisis del  $\text{DBO}_5$ . (CLAIR, 2013)

### **$\text{DBO}_5$**

La demanda bioquímica de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición cuando están en condiciones aeróbicas. Cuando nombramos *susceptible de descomposición* se hace referencia a que la materia orgánica existente puede servir de alimento a las bacterias y su oxidación genera energía eléctrica. (SAWYER, 2014)

Cuando realizamos la prueba de  $DBO_5$  se determina el poder de contaminación de los residuos domésticos e industriales, en términos de la cantidad de oxígeno que requieran si son enviados a las corrientes naturales de agua en las que existen condiciones aeróbicas. En conclusión la prueba de  $DBO_5$  mide el oxígeno consumido por los organismos vivos (bacterias) cuando se utiliza la materia orgánica de un residuo. (SAWYER, 2014).

- **Método Directo para medición del  $BDO_5$**

El método directo se refiere cuando en las muestras en las que el  $DBO$  en 5 días no excede los 7mg/l no es necesaria la dilución, siempre que sean aireadas para acercar el nivel de oxígeno a la saturación al comienzo de la prueba. Cuando se realiza el procedimiento se debe de ajustar la muestra aproximadamente 20°C y airearla para lograr alcanzar la saturación, aumentando o disminuyendo el contenido de gas disuelto en la muestra. (SAWYER, 2014).

### **1.3.2. LOS HUMEDALES EN EL PERU**

El Perú cuenta aproximadamente 8 millones de hectáreas de humedales (Mapa ANA – MINAM 2010), entre éstos existe 12,200 lagunas y lagos en los Andes (ONERN 1980). Existen 11 Humedales de Importancia Internacional, categorizados por Ramsar: el Lago Titicaca, Los Pantanos de Villa (Chorrillos), La Reserva de Junín, La Reserva Nacional de Paracas, Las Lagunas de Mejía (Arequipa), La Reserva Nacional Pacaya Samiria, Los Manglares de Tumbes, el Complejo de Humedales del Abanico del Río Pastaza, el Humedal Lucre – Huacarpay (Cusco), Laguna del Indio – Dique los españoles (Arequipa). (MINAM, 2016).

**Tabla 3.- Lista de Humedales Peruanos Ramsar**

HUMEDAL	UBICACIÓN	FECHA DE DESIGNACION
PARACAS	ICA	30-MARZO-92
PACAYA – SAMIRIA	LORETO	30-MARZO-92
LAGUNAS DE MEJIA	AREQUIPA	30-MARZO-92
LAGOI TITICACA	PUNI	31.DICIEMBRE-96
LAGO JUNIN	JUNIN	31-DICIEMBRE-96
MANGLARES DE TUMBES	TUMBES	31-DICIEMBRE-96
LOS PANTANOS DE VILLA	LIMA	31-DICIEMBRE-96
COMPLEJO DE HUMEDALES DEL ABANICO DEL RIO PASTAZA	LORETO	05-JUNIO-02
BOFEDALES Y LAGUNA DE SALINAS	AREQUIPA	28-OCTUBRE-03
LAGUNA DEL INDIO – DIQUE DE LOS ESPAÑOLES	AREQUIPA	28-OCTUBRE-03
HUMEDAL LUCRE – HUACARPAY	CUSCO	23-SETIEMBRE-06
LAGUNAS LAS ARREVIATADAS	CAJAMARCA	15-MAYO-07
MANGLARES DE SAN PEDRO DE VICE	PIURA	12-JUNIO-08

**Fuente: RAMSAR, 2012**

### **1.3.3.- LOS HUMEDALES DE VILLA**

Los Humedales de Villa en el distrito de Chorrillos al sur de Lima, es un área natural de características que se encuentran en la Costa del Perú, que está formada por el afloramiento de las aguas subterráneas (esto debido a la irrigación de cultivos cercanos).

Toda el área de los humedales ha sido copada por la expansión urbana e industrial de la ciudad. Sin embargo, en la actualidad los humedales aún albergan algunas poblaciones de fauna silvestre y vegetación. (SERPAR, 2005).

- **ASPECTOS FÍSICOS**

Los humedales o pantanos que se encuentran en la costa son formaciones que se ubican en la parte más baja del valle de la costa peruana, es un producto del afloramiento de las aguas subterráneas que se dirigen hacia el mar e infiltraciones. Sus características físicas son:

**Geología.-** El área que está ocupada por los Humedales de Villa forma parte de la Planicie de Villa, que está formada por la acumulación de sedimentos Cuaternarios que fueron transportados por la actividad eólica y marina y por el ramal Surco del río Rímac. (SERPAR, 2005).

**Suelos.-** Al revisar el mapa de Capacidad de Uso mayor del suelo, los Humedales de Villa corresponde a tierras aptas para producción de pastos, tiende a la salinización y es de calidad agrológica baja. (SERPAR, 2005).

**Hidrología.-** Los Humedales de Villa están incluidos al sistema hidrológico de la cuenca del río Rímac, por medio del acuífero Ate – Surco – Chorrillos, que se encuentra en 9 puquiales, 2 en Lomas de Villa (nor este) y 7 en Villa Baja, (sur este), de los mencionados dependen su origen y conservación. (SERPAR, 2005).

**Fisiografía.-** Los Humedales de Villa están definidos por un relieve plano ligeramente ondulado con depresiones. Por el norte colinda con el cerro Morro Solar, por el este con colinas pequeñas, ambos están formados por rocas sedimentarios que pertenecen al Morro Solar cubiertos de una capa de arena con origen eólico. (SERPAR, 2005).

**Agua.-** El agua que se encuentra en los Humedales de Villa es salobre, aumenta la salinidad cuando es más próximo al litoral. La concentración de sales aproximada registrada es de 1,6400 partes por mil. El pH varía según las estaciones del año, sus valores están entre 7,33 – 7,8; se deduce que es ligeramente básico. (SERPAR, 2005).

**Clima.-** Los Humedales de Villa tienen una temperatura media anual de 18,6 grados centígrados, la humedad relativa registrada es de 85 y 99%. La precipitación es escasa que alcanza a un promedio de 60mm al año. (SERPAR, 2005).

**Figura 2. Los Humedales de Villa, Chorrillos**



**Fuente: SERPAR, 2005**

- **FAUNA DE LOS HUMEDALES DE VILLA**

La fauna está representada por 128 especies de aves entre residentes y migratorias, agrupadas en 39 familias. En los humedales también se observó algunos murciélagos, lagartijas, culebras, roedores y en 1993 se descubrió un anfibio (*Colostethus littoralis*) que se consideraba extinto.

Se reportó 13 especies de peces, éste es un importante recurso en la cadena alimenticia del humedal. (SERPAR, 2005).

**Tabla 4.- Lista de Aves migratorias en el Humedal de Villa, Chorrillos**

<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre Común</b>
Pelecanidae	Pelicano Peruano
Ardeidae (garzas)	
<i>Egretta tricolor</i>	Garza tricolor
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul
<i>Casmerodius albus</i>	Garza blanca pequeña
<i>Butorides striatus</i>	Garza tamanquita
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza bueyera
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huaco
<i>Ixobrychus exilis</i>	Garcita leonada
<i>Plegadis ridgwayi</i>	Yanavico
<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor pico grueso
<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor enano
<i>Podiceps major</i>	Zambullidor mayor
<i>Rollandia rolland</i>	Zambullidor pimpollo
<i>Sula nebouxii</i>	Piquero patas azules
<i>Sula variegata</i>	Piquero común
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino
<i>Falco femoralis</i>	Halcón aplomado
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo
<i>Anas bahamensis</i>	Pato gargantillo

Anas puna	Pato puna
Anas cyanoptera	pato colorado
Oxyura jamaicensis	pato rana
Pardirallus sanguinolentus	Gallineta común
Aramides cajanea	Unchala
Laterrallus jamaicensis	Gallinetita oscura
Neocrex erythropus	Gallinetita pico rojo
Porphyrio martinicus	Polla sultana
Gallinula chioropus	Polla de agua
Fulica ardesiaca	Gallareta andina
Himantopus mexicanus	Perrito o cigüeñuela
Aphriza virgatta	Chorlo de las rompientes
Arenaris interpres	Vuelve piedras
Calidris minutilla	Playerito pico fino
Calibris bairdii	Playero de Baird
Calidris melanotos	Playero pectoral
Calidris puxilla	Playerito semipalmado
Calibris mauri	playerito occidental
Calidris alba	Playero blanco
Micropalama himantopus	Playero pata larga
Limnodromus griseus	becasina migratoria
Phalaropus tricolor	Falaropo de Wilson
Tringa solitaria	Playero solitario
Tringa flavipes	Pata amarilla menor
Tringa melanoleuca	Pata amarilla mayor
Tringa macularia	Playero manchado
Catoptrophonus semipalmatus	Playero alta blanca
Numenius phaeopus	Zarapito trinador
Burhinus superciliaris	Huerequeque
Pluvialis squatarola	Chorlo ártico
charradius semipalmatus	Chorlo semipalmado

Charradius alexandrinus	Chorlo nevado
Charadrius vociferus	Chorlo doble collar
Larus modestus	Gaviota gris
Larus belcheri	Gaviota peruana
Larus dominicanus	Gaviota dominicana
Larus cirrocephalus	Gaviota capucho gris
larus serranus	Gaviota andina
larus ppixcan	Gaviota de franklin
Sterna hirundinacea	Gaviotín sudamericano
Sterna hirundo	gaviotín común
Sterna lorata	Gaviotín peruano
Sterna elegans	Gaviotín elegante
Sterna sandvicensis	Gaviotín pico punta blanca
Larostena inca	Zarcillo
Rynchops niger	Rayador
Columba livia	Paloma doméstica
Zenaida auriculata	Paloma rabiblanca
Zenaida asiática	Cuculí
Columbina cruziana	Tortolita
Aratinga erythrogenys	Cotorra cabeza roja
Forpus coelestis	Perico esmeralda
brotoyeris versicolorus	Pihuicho
Crotophaga sulcirostris	Guardacaballo
Tyto alba	Lechuza de campanario

**Fuente: RAMSAR, 1996.**

**Tabla 5.- Lista de especies que visitan los Humedales de Villa.**

<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre Común</b>
Aanas flavirostris	pato sutro
Oxyura dominica	pato enmascarado
Rallus limícola	Gallineta
Porzana carolina	gallinetita sora
Larus atricilla	gaviota centro americana
Phaetusa simplex	gaviotín pico largo
Metriopieia ceciliae	Cascabelita
Asio flammeus	buho oreja corta
Caprimulgus longirostris	chotacabras barba larga
Rhodopis vesper	picaflor cola horquillada
Neorhynchus peruviana	pico grueso

**Fuente: RAMSAR, 1996.**

**Tabla 6.- Lista de peces en los Humedales de Villa**

<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre común</b>
Carassius Auratus	Pez dorado
Bryconamericus peruanus	Carachita
Lebiasina bimaculata	Guavina
Guavina charcoes	Lisa de agua dulce
Gambusia sp.	Pez mosquito
Poecilia reticulata	Gupy
poecilia sp.	Mollis
Xiphophorus maculatus	Platys
Mugil cephalus	Lisa
Aequidens rivalatus	Mojarra
Cichlasoma nigrofasciatum	Mojarra
Oreochromis niloticus	Tilapia
Tilapia rendalli	Tilapia

**Fuente: RAMSAR, 1996.**

- **FLORA EN LOS HUMEDALES DE VILLA**

En los Humedales de Villa se registraron 67 especies de vegetales, aunque hace unos años sólo se registraba 55 especies en la zona (LEÓN et al., 1995). Esta cantidad es importante si comparamos con otros humedales de la Costa.

La vegetación existente podemos clasificarla en 4 grupos:

1. **Zona Arbustiva.-** esta zona está ubicada en los sectores de arbustos y cañaveral, entre el totoral cerca al espejo mayor del agua. Tiene características de matorral denso. También se encuentra una zona desértica que está cubierta por arbustos. Estas zonas son refugios de algunas especies como el huerequeque, lechuza arenal, gallinazo cabeza negra, entre otras.
2. **Totorales.-** esta especie ocupa los suelos inundados y bordes de los espejos de agua, la especie es la totoa.
3. **Gramadales.-** estas especies sólo crecen en suelos arenosos que contienen agua freática 10 a 150 cm bajo la superficie del sustrato (MALDONADO, 1943).

**Tabla 7. Lista de Flora de Los Humedales de Villa.**

Lista de Flora en los Humedales de Villa		
Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Aizoaceae	Sesuvium portulacastrum	
Alismataceae	Sagitaria montevidensis	
Apiaceae	Apium graveolens	
	Ciclospermum leptophyllum	
	Hydrocotyle bonariensis	
	Hydrocotyle ranunculoides	
Apocynaceae	Nerium oleander	Laurel rosa

Araceae	Pistia stratiotes	Repollito de agua
Arecaceae	Washingtonia robusta	Palmera
Asteraceae	Eclipta prostrata	
	Enhydra sessilifolia	
	Erigeron leptorhizon	
	Habenaria maritima	
	Picrosia longifolia	
	Spilanthes leiocarpa	
Boraginaceae	Heliotropium curassavicum	
Brassicaceae	Rorippa nasturtium - aquaticum	
Casuarinaceae	Casuarina equisetifolia	
Ceratophyllaceae	Ceratophyllum demersum	
Chenopodiaceae	Chenopodium macrospermum	
	Salicornia fruticosa	
Convolvulaceae	Calystegia sepium	
Cyperaceae	Cladium jamaicense	
	Cyperus alternifolius	
	Cyperus laevigatus	
	Eleocharis elegans	
	Eleocharis geniculata	
	Scirpus americanus	Junco
	Torulinium adoratum	
Fabaceae	Vigna luteola	
Haloragaceae	Myriophyllum aquaticum	
Juncaginaceae	Triglochin striatum	
Lamiaceae	Mentha aquatica	
Lemnaceae	Lemna gibba	Lenteja de agua
	Lemna minuta	Lenteja de agua
	Spirodela intermedia	Lenteja de agua
	Wolffia columbiana	Lenteja de agua
Lentibulariaceae	Utricularia gibba	

Lythraceae	Lythrum maritium	
Myrsinaceae	Myrsine manglilla	
Myrtaceae	Eucalyptus sp.	Eucalypto
Najadaceae	Najas guadalupensis	
Onagraceae	Ludwigia octavalvis	
	Ludwigia peploides	
	Ludwigia peruviana	
Poaceae	Brachiaria mutica	
	Cynodon dactylon	
	Distichlis spicata	Gramma salada
	Gynerium sagittatum	Caña brava
	Luziola peruviana	
	Paspalidium geminatum	
	Paspalum vaginatum	
	Phragmites australis	Carrizo
	Polypogon semiverticillatus	
	Sporobolus virginicus	
Polygonaceae	Polygonum hydropiperoides	
Pontederiaceae	Eichhornia azurera	
	Eichhornia crassipes	
Potamogetonaceae	Potamogeton pustillus	
	Potamogeton striatus	
Primulaceae	Samolus valerandi	
Pteridophyta	Azolla filiculoides	

**Fuente: RAMSAR, 1996.**

#### **1.3.4.- CIANOBACTERIAS**

Las cianobacterias fueron llamadas por mucho tiempo cianoficeas (Cyanophyceae) o cianofitas (Cyanophyta, algas azul – verdes). Se define como organismos procariotas, fotosintéticos y autótrofos y está clasificado como bacterias Gram

negativas (STEWART et al., 2004). Según los antecedentes, es probable que las cianobacterias fueron los primeros seres aerobios (gracias a la fotosíntesis) contribuyeron a la formación de oxígeno en el planeta, en conclusión, se puede decir que son responsables del cambio climático. (BERGFELD et al., 2006).

Las cianobacterias se clasifican en cinco grupos morfológicos, se conocen formas unicelulares y filamentosas.

Las altas temperaturas y la falta de oxígeno promueven el desarrollo de las cianobacterias que son potencialmente tóxicas, existe una variedad de especies que da respuestas a los efectos en el medio ambiente y condiciones ambientales. (PAERL, 1988).

Estos organismos son agrupados en grupos funcionales, por medio de sus rasgos, filiación taxonómica (KRUK, 2010). Los grupos se conforman por organismos que tienen rasgos similares en conclusión tienen efectos y respuestas similares en el ambiente, se podrían considerar funcionalmente redundantes y equivalentes. (LITCHMAN & KLAUSMEIER, 2008).

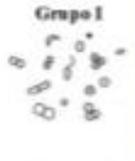
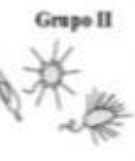
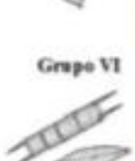
Los grupos funcionales están basados en la morfología que clasifica a los organismos en siete grupos, por ejemplo la relación superficie – volumen, dimensión máxima lineal, presencia o no de aerótopos. En el grupo III y IV incluyen cianobacterias nocivas. Lo vemos en la tabla 8.

**Tabla 8.- Clasificación de las Cianobacterias.**

<b>Clasificación de cianobacterias</b>				
<b>Grupo</b>	<b>Morfología</b>	<b>Orden</b>	<b>Reproducción</b>	<b>Géneros más representativos</b>
I	Unicelulares o cenobios	Chamaesiphonales	Fisión Múltiple	Chamaesiphon, Chroococciopsis, Demorcarpa y Dermocarpella
		Pleurocapsales		Hyella, Myxosarcina, Pleurocapsa Y Xenococcus
II	Unicelulares o cenobios	Chroococcales	Fisión Binaria	Cyanothece, Chroococcus, Gloebacter, Gloethece, Gloeocpasa, Merismopedia, Myrocistis, Synechococcus y Synechocystis
III	Filamentosas que producen heterocistos	Familia: Nostocaceae	Fragmentación tricroma	Anabaena, Aphanizomenon, Cyanodrosporum, Cylandrospormopsis, Nodularia y Nostoc
		Familia: Rivulariaceae		Calothrix, Dichothrix, Gloeotrichia y Rivularia
		Familia: Scytonemataceae		Scytonema y Tolypothrix
IV	Filamentosas sin heterocistos	Orden: Nostocales Familia: Oscillatoriaceae	Fragmentación tricroma	Arthrospira, Lyngbya, Microcoleus, Oscillatoria, Plectonema, Phormidium, Pseudanabaena Y Spirulina
V	Filamentosas ramificadas	Stigonematales	Fragmentación tricroma	Chorogloeopsis, Hapalosiphon, Fischerella, Mastigocoleus, Nostochopsis, Stigonema Y Westiella

**Fuente: Stewart, 2004.**

**Tabla 9.- Representación fotomicrografías y esquemática de los organismos que pertenecen a grupos funcionales basados en morfología. Encontramos en la tabla preferencias ambientales y descripción.**

<p><b>Grupo I</b></p> 		<p>Pequeño tamaño, alta relación S/V. Alta tasa de crecimiento. e.g. <i>Synechocystis aquatilis</i>. Toleran bajos nutrientes, necesidad alta de luz.</p>
<p><b>Grupo II</b></p> 		<p>Pequeño tamaño, flagelados con exoesqueleto silíceo. e.g. <i>Mallomonas pulcherrima</i>. Tolerancia a bajos nutrientes, necesidad alta de luz. Características de estados de buena calidad de agua.</p>
<p><b>Grupo III</b></p> 		<p>Filamentos grandes con aerótopos. Alta S/V. e.g. <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>. Resistentes depredadores, baja luz y nitrógeno. Presencia de especies potencialmente tóxicas.</p>
<p><b>Grupo IV</b></p> 		<p>Tamaño medio, sin rasgos especializados. e.g. <i>Coelastrum microporum</i>. Favorecidas por nutrientes bajos a medios, alta abundancia de zooplancton y alta luz.</p>
<p><b>Grupo V</b></p> 		<p>Flagelados unicelulares de tamaño medio a grande. e.g. <i>Cryptomonas ovata</i>. Toleran condiciones de bajos nutrientes y luz.</p>
<p><b>Grupo VI</b></p> 		<p>Organismos sin flagelo con exoesqueleto silíceo. e.g. <i>Aulacoseira granulata</i>. Toleran bajos tiempos de residencia pero no condiciones de estratificación.</p>
<p><b>Grupo VII</b></p> 		<p>Colonias mucilaginosas grandes, baja S/V. e.g. <i>Microcystis aeruginosa</i>. Preferencia por alto nivel de agua y resistentes a la depredación. Sensibles a bajos nutrientes. Presencia de especies potencialmente nocivas.</p>

Fuente: Kruk y Segura, 2012.

## CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

Las cianobacterias se encuentran en una amplia distribución, se localizan en ambientes húmedos y acuáticos como aguas frías, dulces, saladas, fuentes termales. Su tamaño varía entre 1  $\mu\text{m}$  y varios micrómetros.

Sus células están formadas por una pared celular, centroplasma, protoplasma, cromoplasma (presenta pigmentos fotosintéticos situados en los tilacoides). Se define que su reproducción es asexual y se lleva a cabo en tres formas: fragmentación, bipartición y esporulación. (STEWART, 2004).

## FACTORES QUE INFLUYEN EL DESARROLLO DE LAS CIANOBACTERIAS

La presencia de las cianobacterias es favorecida por factores ambientales como la condición luz – energía, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, temperatura, pH alto, poca precipitación y baja tasa de filtración por el zooplancton. (MSAGATI, 2006).

**Tabla 10-. Factores de desarrollo de Cianobacterias.**

<b>Factores de desarrollo de cianobacterias</b>	
pH: 6-9	Intensidad de luz alta
Temperatura: 20 – 25°C	Baja precipitación pluvial
Estancamiento de agua	0.1 mg/L de nitrógeno inorgánico soluble
Poco viento	0.01 mg/L de fósforo

**Fuente: Msagati, 2006.**

## TÉCNICAS PARA DETERMINAR LAS CIANOBACTERIAS

Las cianobacterias se pueden detectar mediante las siguientes técnicas: bioquímicas (técnica molecular como “reacción en cadena de la polimerasa” y microbiológica (siembra de colonias y microscopia). En la siguiente tabla se define el tiempo de análisis, manera comparativa para cada método, la sensibilidad y el costo.

**Tabla 11.- Técnicas para detectar cianobacterias.**

<b>Técnicas para detectar cianobacterias</b>					
Método	Principio de método	Tiempo de análisis por muestra	Sensibilidad	Costo	Referencia
Microbiológico	Cultivo de Cianobacterias	3-6 semanas	NR	Medio	Hawkes (2000)
	Observación en microscopio óptico	4 horas	5000-10000 células/mL	Bajo	Andersen (1996)
	Observación en microscopio invertido	4 horas	20-500 células/mL	Medio	Andersen (1996)
Bioquímico	Observación en microscopio epifluorescencia	15 minutos	1-10 células/mL	Alto	Andersen (1996)
	Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)	3 horas	NR	Alto	Nubel (1997)
	Hibridación in situ, fluorescencia con amplificación de la señal de tiramina	25 minutos	NR	Muy Alto	Not et al, (2002)

**Fuente: Andersen, 1996.**

Al considerar los criterios de costos (medios y bajos), tiempo de análisis (cortos) y sensibilidad (alta), se concluye que los tres métodos viables son:

- Observación en microscopio invertido
- Hibridación in situ, fluorescencia con amplificación de la señal de tiramina.
- Observación en microscopio óptico.

### **NORMATIVA Y CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA PARA CIANOBACTERIAS**

La organización Mundial de Salud es la institución, en ámbito internacional que menciona criterios para regular la concentración de cianobacterias en fuentes de agua potable (WHO, 1998).

La OMS propone tres niveles de alerta con base en valores límites para la concentración de clorofila-a, se define como un parámetro indirecto de la presencia de las cianobacterias y para la densidad de células de las cianobacterias. Si se

encuentra estos niveles de alerta, en la siguiente tabla se propone algunas acciones:

**Tabla 12.- Guía de la Organización Mundial de la Salud para Cianobacterias en fuentes de abastecimiento de agua.**

<b>Guía de la Organización Mundial de la Salud para cianobacterias</b>		
<b>Nivel de alerta</b>	<b>Densidad de células de cianobacterias o concentración de clorofila-a</b>	<b>Acciones</b>
Vigilancia	200 células cianobacteriales/mL	Reconocer cianobacterias en muestras de agua. Realizar monitoreos continuos semanalmente. Por la poca cantidad de densidad detectada no existe condiciones de Bloom
1	2,000 células cianobacteriales/mL o 1ug/L de clorofila-a	Existe un incremento de cianobacterias es por eso que se tiene que aplicar un tratamiento. Realizar pruebas de toxinas en las fuentes, si predominan las especies tóxicas.
2	100,000 células cianobacteriales/mL o 50ug/L de clorofila-a	Toma de muestras semanalmente. Si continúa la alta cantidad de cianobacterias tóxicas se considera como agua contaminada y no es apto para consumo.

**Fuente: Chorus y Bartram, 1999.**

### **LAS CIANOTOXINAS**

Existen 150 géneros de cianobacterias con unas 2000 especies de las cuales unas 80 son productores de toxinas, conocidas también cianotoxinas. (SKULBERTG, 1993).

Entre un 50 y 75% de las proliferaciones que se producen son tóxicas; una misma especie puede contener cepas productoras y no productoras de toxinas. Las toxinas en algunos casos son metabolitos secundarios en la formación de los fotopigmentos. (ROSET, 2001)

Además se encontró variaciones de toxicidad en cepas aisladas de una misma proliferación, esto demuestra que no sólo existe un factor ambiental sino también contribuye las diferencias genéticas que están relacionadas con las concentraciones de toxinas que se producen. (CARRILLO, 2003).

Las cianotoxinas están divididas en: neurotoxinas, citotoxinas, hepatoxinas, toxina irritantes y hepatotoxinas, esta división es según sus características químicas de los compuestos tóxicos. Las cianobacterias se clasifican en:

- **Péptidos Cíclicos**

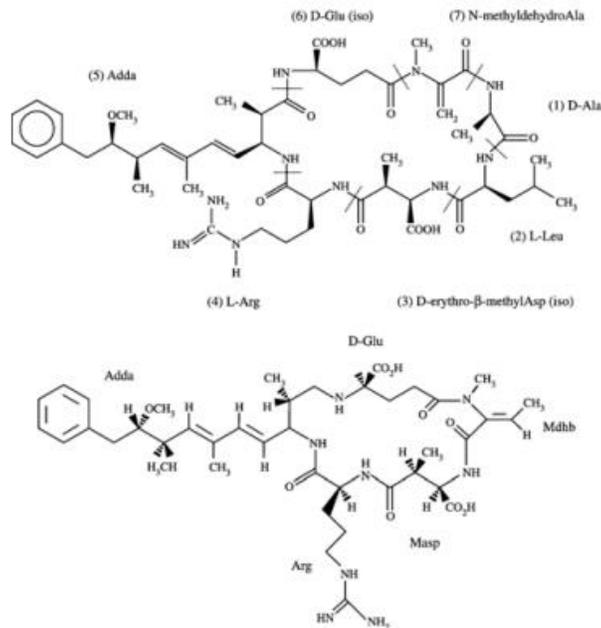
Un heptapéptido cíclico es el primer compuesto encontrado en el agua producido por cianobacterias. Las toxinas con estructura de péptidos cíclicos son las nodularinas y microcistinas, tienen un gran peso molecular de cinco y siete aminoácidos. (SIVONEN Y JONES, 1999).

Los compuestos mencionados fueron aislados de la cianobacteria *Microcystis aeruginosa* y recibieron el nombre de microcistinas. Hasta la actualidad se han registrado 65 variaciones estructurales de microcistinas. (HUYNH-DELERMEC, 2005)

Las nodularinas son toxina con estructura similar y se caracterizaron seis variaciones estructurales.

La microcistina se encuentra en las cianobacterias *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Nostoc*, *Anabaenopsis* y *Hapalosiphon*. Pero las toxinas nodularias se han encontrado en la *Nodularia spumigena*. (SIVONEN Y JONES, 1999). Ver figura 3

**Figura 3.- Estructuras de las microcistinas y nodularinas.**



**Fuente: SIVONEN Y JONES, 1999.**

La toxicidad de las microcistinas y nodularinas se da con su acción inhibitoria sobre las proteínfosfatasa, que tienen enormes consecuencias, porque estas enzimas intervienen en la regulación genética, el desarrollo de procesos fisiológico y metabólico en animales, plantas y bacterias (CODD, 2000).

- **ALCALOIDES**

Los alcaloides con sustancias muy tóxicas formadas por compuestos heterocíclicos nitrogenados, tiene bajo peso molecular, sintetizados por bacterias y plantas. Las cianobacterias pueden producir citotóxicos, neurotóxicos y dermatotóxicos. (SIVONEN Y JONES, 1999).

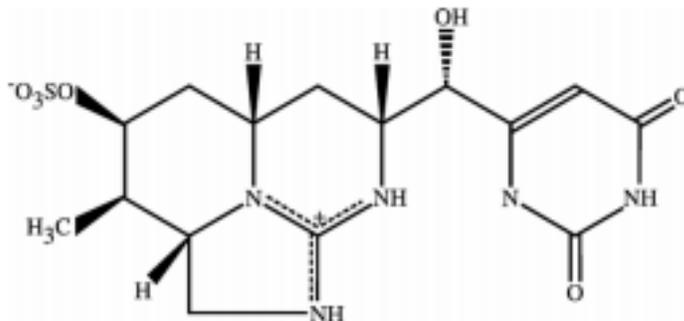
### 1. Alcaloides neurotóxicos

Se dice que se forma con tres familias de alcaloides neurotóxicos: la anatoxina-a, la anatoxina-a(S) (actúa como anticolinesterásico) y saxitoxinas que actúan bloqueando los canales de sodio en la placa nerromuscular. (SIVONEN Y JONES, 1999).

### 2. Alcaloides citotóxicos

La cianotoxina cylindrospermopsina es un alcaloide cíclico que es producida por la cianobacteria *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Umezakia natans*, *Aphanizomenon ovalisporum*, *Anabaena bergii*. Estos tipos de cianotoxinas se encontraron en aguas dulces tropicales y cubtropicales. (SIVONEN Y JONES, 1999). Ver figura 4

**Figura 4.- Estructura de la cilindrospermopsina**



**Fuente: Wiegand y Pflugmacher, 2005**

### 3. Alcaloides dermatotóxicos

Las cianobacterias *Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Schizothrix* producen toxinas dermatotóxicas: las lyngbyatoxinas y aplysiatoxinas. Este tipo de toxinas causan dermatitis severas. (ITO Y NAGAI, 1998).

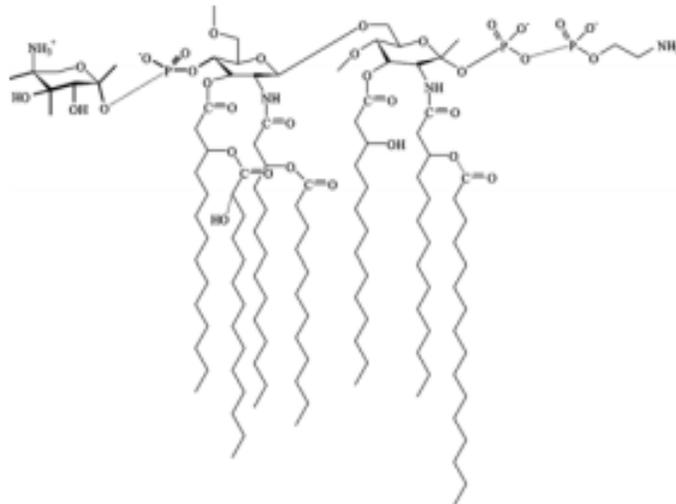
Las lyngbyatoxinas son promotores de tumores y si existe una ingestión pueden provocar severas inflamaciones orales y

gastrointestinales que provocan diarreas y fiebre. (STIELOW Y BALLANTINE, 2003).

- **LIPOPOLISACÁRIDOS**

Los lipopolisacáridos se encuentran en el exterior de las membranas celulares de las bacterias Gram negativas, estas se refieren a las cianobacterias. Los lipopolisacáridos de las cianobacterias tienen una variedad de cadenas largas de ácidos grasos insaturados y carecen de fosfato. (SIVONEN Y JONES, 1999). Al estar ubicados en la pared celular pueden provocar respuestas alérgicas e irritaciones en los tejidos de los animales que están en contacto con este compuesto. Los lipopolisacáridos de las cianobacterias son menos potentes que las bacterias Gram negativa patógena como la Salmonella. (SIVONEN Y JONES, 1999). Ver figura 5

**Figura 5.- Estructura del componente tóxico de los lipopolisacáridos.**



**Fuente: WIEGAN Y PFLUGMACHER, 2005**

## **MORTANDAD POR CIANOTOXINAS**

Las proliferaciones de cianobacterias tienen un gran impacto en la función de los ecosistemas, provocan alteraciones en las relaciones tróficas entre los organismos en la biodiversidad, en la concentración de oxígeno, etc. Los envenenamientos por cianotoxinas en humanos y animales han aumentado en los últimos años. (BRIEND, 2003). El primer reporte que existió por envenenamiento con cianotoxina fue en 1870 en Australia, pero gracias a los métodos analíticos se ha podido controlar esta situación.

En las aguas continentales se encuentran proliferaciones de toxinas hepáticas, específicamente las microcistinas que se producen con mayor frecuencia.

### **1.3.5. LA NANOTECNOLOGIA**

El prefijo *nano* proviene de una palabra griega que indica medida.

La nanotecnología es un campo de estudio reciente en las ciencias aplicadas que controlan y manipulan la materia a una escala por debajo de un micrómetro, esto quiere decir, que se puede comparar a niveles de átomos y moléculas (nanomateriales), mayormente se trabaja a una escala molecular. Esperemos que en el futuro la nanociencia y las nanotecnologías estén incluidas a nuestra vida cotidiana, como por ejemplo en la energía, abastecimiento de agua potable, descontaminación de reservas naturales. (GILLMAN, 2006)

## **CLASIFICACION DE LA TECNOLOGIA**

**TOP DOWN.-** En este tipo de tecnología se trata de minimizar y diseñar el tamaño de estructuras para obtener sistemas funcionales en nano escala, esta tecnología se puede aplicar en la producción de nano electrónica (sistemas electrónicos a nano escala). (GRIMSHAW, 2009)

**BUTTON UP.-** Se refiere a la nanotecnología molecular, ya que se refiere a la construcción de estructuras y objetos a partir de componentes moleculares y atómicos; este tipo de tecnología es la principal de la nanotecnología ya que permite que la materia pueda ser controlable de manera eficaz y precisa. (GRIMSHAW, 2009)

## **SEGÚN EL MEDIO EN EL QUE SE DESARROLLA**

**HUMEDA.-** Se refiere a la nanotecnología que va dirigida al desarrollo de sistemas biológicos en la manipulación de material genético, enzimas, membranas y componentes celulares, y en los sistemas que se trabaje en un medio acuoso. También se utiliza en organismos vivos cuyas funciones, formas son de estructura de escalas manométricas. (THE ROYAL SOCIETY, 2014)

**SECA.-** Es proveniente de la ciencia de superficies y la física. La nanotecnología seca se basa en la fabricación de estructuras de carbón (fullerenes y nanotubos) y materiales inorgánicos. Con este tipo de nanotecnología se puede usar los metales y semiconductores, que tienen electrones que brindan las propiedades físicas que resultan interesantes para aparatos electrónicos, ópticos y magnéticos. La nanotecnología seca se emplea principalmente para el diseño de dispositivos mecánicos diminutos con pequeñas cantidades de átomos. (THE ROYAL SOCIETY, 2014)

## **CARACTERÍSTICAS DE LA NANOTECNOLOGIA**

- Se caracteriza por ser un campo que se puede aplicar en diferentes usos a pequeña escala.
- La nanotecnología promete soluciones innovadoras y eficientes para los problemas ambientales.
- La nanotecnología es una tecnología que se puede ser acceder fácilmente y económica en el caso de tratamiento y recuperación de aguas contaminadas.
- La nanotecnología se puede usar en el campo de la medicina, y hasta la actualidad se ha encontrado un gran avance.

## **APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGIA**

**MEDIO AMBIENTE.** - La nanotecnología en el medio ambiente es de suma importancia se aplica en energías, desarrollo de materiales, tratamiento de aguas residuales, desalinización del agua, recuperación de humedales y lagos, tratamiento de residuos, nano sensores para la detección de sustancias químicas y gases tóxicos. (FUOCO, 2012).

**MEDICINA.** - La nanotecnología en medicina se llama Nano Medicina, dentro de ésta tenemos diferentes ramas que son el desarrollo de nano transportadores de fármacos a lugares que se requiera en el cuerpo humano, puede ser usado en el tratamiento de pacientes con cáncer y otras enfermedades, biosensores moleculares capaz de detectar la glucosa o algún biomarcador de alguna enfermedad, nanobots capaces de detectar y destruir tumores o reparar tejidos óseos, etc. (FUOCO, 2012)

**ENERGIA.** - La nanotecnología en el sector energético se relaciona con la mejora de los sistemas de producción y almacenamiento de energía, especialmente las energías limpias, renovables como la solar, se basa en usos con el Hidrógeno, además tecnologías que ayuden a reducir el consumo de energía renovable con el uso de aislantes térmicos eficientes hechos de nano materiales. (FUOCO, 2012)

**AGRICULTURA.** - La nanotecnología se puede aplicar con la mejora de plaguicidas, fertilizantes, nanosensores en la detección de nivel de agua, mejoramiento de suelos, agroquímicos, etc. (FUOCO, 2012)

### **1.3.6. NANOTECNOLOGÍA CON OZONO**

La nanotecnología con Ozono es usada en el tratamiento de aguas contaminadas. Mediante esta tecnología se elimina compuestos inorgánicos y orgánicos, reduce el color, olor, sabor y turbidez de las aguas. Puede también eliminar compuestos farmacéuticos y sustancias tóxicas. (PERDIGON, 2017).

La nanotecnología con ozono es aplicada en lo siguiente:

- Limpieza industrial: procesamiento de efluentes (NAKASHIMA et al., 2012) y esterilización (IKEURA et al., 2011).
- Cultivo acuático: ostras y peces. (ENGLEHARDT, 1994).
- Salud: problemas cardiovasculares. (VALVERDE, 2016).
- Medicina: diagnóstico mediante cavitación ultrasónica y administración de fármacos a órganos humanos. (TSUGE, 2014).
- Proceso de separación: contactadores de gas líquido y separación de algas. (CHU et al., 2008).

### **VENTAJAS DE LA NANOTECNOLOGÍA CON OZONO**

- Es muy eficaz en eliminación de la turbidez.
- Elimina el color y olor en el tratamiento de aguas
- Desinfecta el agua potable
- Se utiliza para el tratamiento de aguas residuales y naturales
- Para precipitación de óxidos
- En oxidación de orgánicos
- Elimina una gran cantidad de microorganismos presentes en las aguas contaminadas.

### **DESVENTAJAS DE LA NANOTECNOLOGÍA CON OZONO**

- Se debe tener mucho cuidado al usar ozono porque es corrosivo y tóxico.
- Se requiere energía eléctrica.
- La generación de ozono debe de ser generado in situ, ya que es complicado su transporte y almacenamiento.
- En el caso de tratamiento de agua potable, el ozono tiene una vida media de aproximadamente 25 minutos a temperatura ambiente, es por eso que para agua potable se debe de usar cloro.

## **CARACTERÍSTICAS DE LA NANOTECNOLOGÍA CON OZONO**

**CASTAGNINO, (2013, p.636)** enumera las más principales características de la Nanotecnología con Ozono:

- Las nanoburbujas que se generan con la tecnología tienen una flotabilidad más lenta a la de las burbujas convencionales, llegando a los 0.0001 pies por segundo en comparación a las burbujas estándares que flotan a 0.361 pies por segundo.
- Al estar flotando capturan diferentes contaminantes (sólidos) que están suspendidos en la superficie, al ser más lenta su flotabilidad su captura es más efectiva.
- Son de carga negativa, esto se debe a la alta concentración de iones.
- Una de las propiedades más importantes de la Nanotecnología con Ozono es que sus micro nanoburbujas se distinguen a las burbujas convencionales porque se contraen cuando su tamaño inferior a un valor crítico-, la tasa de retracción aumenta a medida que disminuye el tamaño de las micro burbujas, esto es debido al aumento de la presión interna.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1. PROBLEMA GENERAL**

¿La aplicación de la Nanotecnología con Ozono permitirá la reducción de la población de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017?

### **1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿En cuánto se reduce la población de cianobacterias al aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, 2017?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas obtenidas después de aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa?
- ¿Cuáles son las propiedades químicas obtenidas después de aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa?

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Los humedales es uno de los ecosistemas más importantes del planeta ya que tienen importantes beneficios como regular el ciclo hidrológico y químico, son filtradores naturales de agua y se denominan mercados biológicos por la inmensa diversidad que poseen. En la actualidad los humedales se encuentran amenazados por la acción de los seres humanos y la falta de coordinación de las autoridades competentes para la conservación del humedal. La contaminación del humedal afecta directamente a la fauna, vida acuática y a la población que utiliza sus recursos y servicios.

Desde el ámbito ambiental, la presente investigación tuvo como propósito determinar una tecnología que reduzca significativamente la cantidad de cianobacterias presentes en las aguas de la laguna La Pampa de los Humedales de Villa, Chorrillos, que son causados por el arrojado de residuos sólidos, vertimiento de aguas residuales no tratadas del Asentamiento Humano Las Delicias de Villa; estas causas generan eutrofización, aumenta la turbidez, disminuye la concentración de

oxígeno y genera malos olores. Los organismos que se favorecen con este proceso son el fitoplancton (algas verdes) y las cianobacterias que logran un desarrollo considerable. Las cianobacterias son microorganismos que cuando existe eutrofización en los humedales se convierten en cianotoxinas que son perjudicial para la vida acuática, animales y seres humanos.

La investigación se justifica desde el aspecto teórico, porque se comprobó que existen pocos estudios relacionados a cianobacterias en los Humedales de Villa, Chorrillos, esto convierte a la presente investigación en pionera en determinación de cianobacterias. Los resultados obtenidos, así como las conclusiones podrán ser incorporados y sistematizados a la ingeniería ambiental, ciencia de la ecología, etc. Asimismo, la investigación podrá servir de referencia a los futuros investigadores.

Desde el ámbito práctico, la investigación presenta una solución al problema de la contaminación de las aguas de los Humedales de Villa que servirá a los futuros investigadores, gobernantes y autoridades que busquen resolver este problema aplicando la Nanotecnología con Ozono y como resultante sea la recuperación del ecosistema.

## **1.6 HIPÓTESIS**

### **1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Al aplicar la Nanotecnología con Ozono se reduce la población de cianobacterias en los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

### **1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

#### **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1**

La disminución de la población de cianobacterias se reduce significativamente al aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

## **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

Al aplicar la Nanotecnología con Ozono mejoraran las propiedades físicas del agua de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

## **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3**

Al aplicar la Nanotecnología con Ozono habrá un cambio favorable de las propiedades químicas del agua de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

Reducir la población de cianobacterias aplicando la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

### **1.7.2 OBJETIVO ESPECIFICO**

#### **OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

Determinar en cuánto se reduce la población de cianobacterias al aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

#### **OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

Determinar las propiedades físicas después de la aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

#### **OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

Determinar las propiedades químicas después de la aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima – 2017.

## II. MÉTODO

## 2.1 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA (2006) diseño de investigación, naturaleza, del presente estudio es:

El diseño de la investigación experimental, ya que durante el desarrollo se muestran los conceptos teóricos científicos que abarcan la explicación del funcionamiento de la Nanotecnología con Ozono; se aplica a una realidad concreta para la reducción de cianobacterias en los Humedales de Villa, Chorrillos y permitiendo por medio de resultados comprobar lo expuesto en la hipótesis.

Según CARRASCO (2007), las investigaciones que cumplen los requisitos a un estudio experimental presentan la siguiente forma:

<b>G.E: O<sub>1</sub> – X – O<sub>2</sub></b>
---

**G.E:** Es el grupo experimental

**O<sub>1</sub>:** Concentración inicial de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa.

**X:** Tratamiento con Nanotecnología con Ozono

**O<sub>2</sub>:** Concentración final de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa.

Por su naturaleza es un estudio Cuantitativo porque se midieron las variables antes y después del tratamiento, ya que se pretende dar un aporte científico.

La investigación es de campo ya que la toma de muestra se obtiene en los Humedales de Villa en el distrito de Chorrillos, Lima, 2017.

La investigación fue aplicada porque se pone en práctica todos los conocimientos adquiridos. Según QUEZADA (2015), “los estudios que son aplicados buscan solucionar problemas de manera específica, se toma en cuenta aspectos prácticos, específicos y así se confronta con la realidad” (p.26)

## **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

### **Paso 1: recolección de muestras y muestreo**

Se empezó con una visita de reconocimiento de los humedales, las lagunas, las avenidas y carreteras que están próximas, los asentamientos humanos cercanos, horario de visitas al humedal.

En el procedimiento de la toma de muestras se utilizó botellas de polietileno de alta densidad de aproximadamente 10 litros, medimos la profundidad del humedal con una varilla metrada, luego se lleva acabo el enjuague de la botella mínimo 3 veces en el agua a muestrear, lo siguiente se introduce la botella en el agua para obtener nuestra muestra; el tiempo de la toma de muestra fue de 15 min aproximadamente teniendo mucho cuidado para no remover sedimentos. Las botellas fueron rotuladas según cada lugar que fueron tomadas, el día y la hora.

### **Paso 2: identificación de cianobacterias**

El método utilizado para identificar el tipo de cianobacterias es de observación directa, el cual se realizó con ayuda del microscopio de contraste de fase, el microscopio binocular del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORA Y ASESORIA DEL PERU S.A.C. y una guía de identificación; para el procedimiento se usó una pipeta, se tomó 2ml de la muestra, se colocó en una luna de reloj y fue llevada al microscopio.

Para el conteo de cianobacterias se utilizó la cámara Neubauer, con una jeringa se toma 2ml de la muestra y fueron vertidos en la cámara Neubauer, previo a eso se colocó la cubre cámara que permite la distribución homogénea de la muestra y evita la formación de burbujas para la correcta identificación y conteo.

### **Paso 3: recuento de cianobacterias**

Se utilizó la cámara Neubauer que cuenta con cuatro cuadrantes y cada uno de ellos tiene 16 sub cuadrantes. El método consistió en mover la cámara de arriba – abajo izquierda – derecha y viceversa, a la vez se van contando los individuos que quedan entre los 16 sub cuadrantes de la cámara, sólo lo que están dentro de ellos se cuentan.

## Cálculo de la concentración

En el cálculo determinamos la cantidad de organismos por litro vamos a obtener, de la siguiente manera:

$$\text{Organismo/L} = \frac{fd \times c.c}{Vf}$$

$$fd = \frac{Vm}{Vc}$$

Fd= factor de dilución

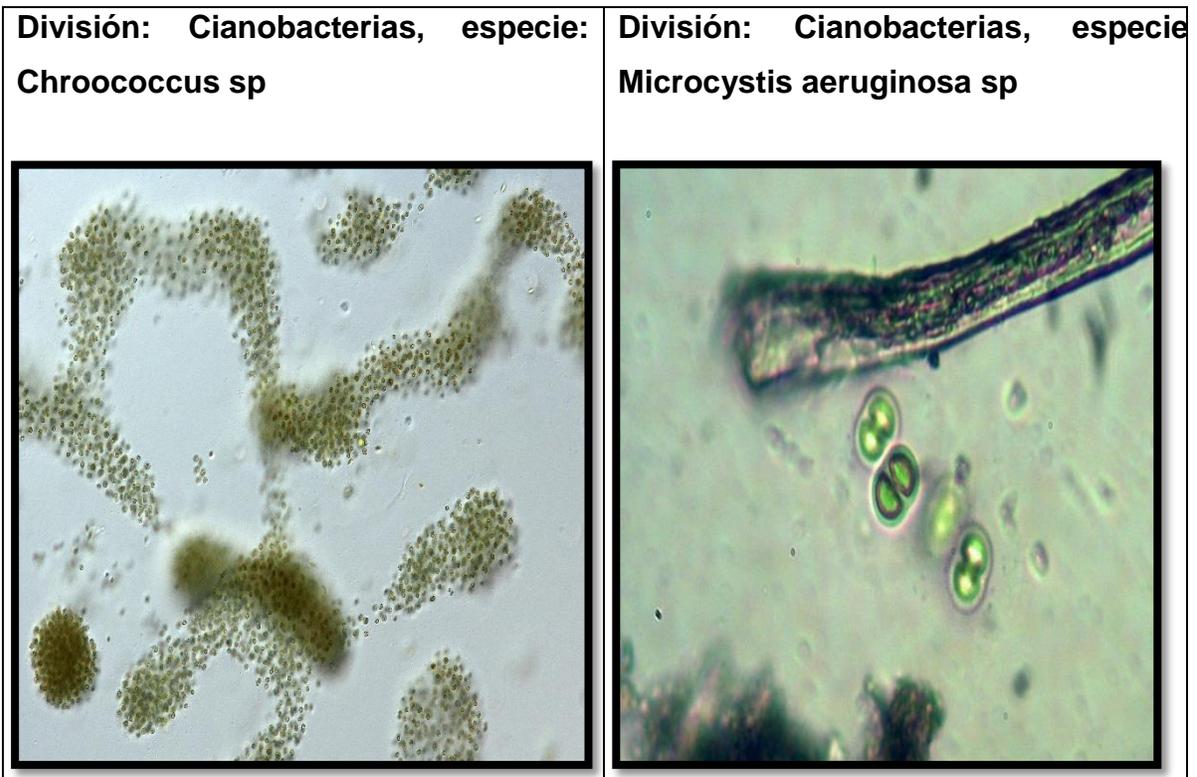
c.c= células contadas

Vf= volúmen filtrado

Vm= volumen muestreado

Vc= volumen contado

**Figura 6.- Cianobacterias identificadas**



Están definidas como células solitarias, después de la división quedan unidos como máximo 4 células durante un tiempo. Se encuentran en diferentes colores como: verdes azules, color pardo, amarillentas.	Son células esféricas, tienen una envoltura gelatinosa, sus contornos son imprecisos, mayormente forman colonias, este tipo son frecuentes en humedales, lagos y aguas estancadas.
--	--

**Fuente: Elaboración propia**

#### **Paso 4: parte experimental (reactiva y solvente), instrumentos y equipos.**

En esta etapa se realiza después de la toma de muestras, se realiza en el laboratorio de la Universidad de Ingeniería. Nombraremos los reactivos, solventes utilizados durante la obtención de los resultados en las pruebas.

**Tabla 13.- Reactivos y solventes para pruebas en el laboratorio.**

<b>Nombre</b>	<b>Fórmula Molecular</b>	<b>Uso de Análisis</b>	<b>Cantidad de Uso</b>
<b>Dicromato de Potasio</b>	$K_2CrO_7$	DQO	150gr
<b>Sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr)</b>	$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	DQO	100gr/L
<b>Sulfato de plata</b>	$Ag_2SO_4$	DQO	22gr
<b>Ácido sulfúrico</b>	$H_2SO_4$	DQO	30ml
<b>Ferrouina 1,10 Fenantrolina</b>	$C_{12}H_8N_2$	DQO	2gr/100ml
<b>Sulfato de manganeso</b>	$MnSO_4$	OD	48gr
<b>Yoduro de potasio</b>	KI	OD	15gr
<b>Diosulfato de sodio</b>	$Na_2S_2O_3$	OD	6,2gr
<b>Cloruro férrico</b>	$FeCl_3$	OD	4 gotas
<b>Cloruro de calcio</b>	$CaCl_2$	DBO	27,4gr

<b>Sulfato de magnesio</b>	MgSO <sub>4</sub>	DBO	22,5gr
<b>Fosfato</b>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PATRON	

**Fuente: Elaboración propia**

## **INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

Los instrumentos y equipos que fueron utilizados en el laboratorio de Química de la Universidad de Ingeniería:

- Vasos precipitados
- Luna de Reloj
- Microscopio
- Botellas de polietileno
- Agua Destilado
- Multiparámetro Hanna Instruments que incluye electrodos para pH, conductividad, temperatura, Oxígeno Disuelto y sólidos disueltos.
- Equipo para medir la Turbidez

### **Paso 5: Análisis de Aguas**

- **pH**

Para medir el pH se usó el multiparámetro modelo PL-700AL que mide la conductividad, temperatura. Primero se empieza calibrando el electrodo de pH, enjuagamos el vaso precipitado tres veces con agua destilada, a continuación, medimos el pH de las muestras.

- **Conductividad Eléctrica, Temperatura**

Para medir la conductividad eléctrica se usó el multiparámetro modelo PL-700AL, primero se calibra el instrumento, procedemos a medir la conductividad de nuestra muestra, obtendremos los resultados con la unidad de medición S/cm, mS/cm

(miliSiemens). La temperatura también es medida con el multiparámetro y su medición es en Grados Centígrados.

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Para determinar el DQO en nuestra muestra necesitamos los reactantes Dicromato de Potasio 0.25N, ácido sulfúrico, Sulfato ferroso amoniacal, Ferroina.

Preservar la muestra de campo in situ, los análisis se dan dentro las 24 horas. Empezamos realizando el llamado blanco que requiere:

**3ml de agua destilada + 3ml de ácido sulfúrico + 3ml de dicromato 0.25N**

De la muestra, tomamos 10ml en un tubo de ensayo con tapa hermético ya que es exotérmico. Con una pipeta tomaremos la muestra, como definimos a continuación:

**3ml de muestra + 3ml de ácido sulfúrico + 3ml de dicromato 0.25N**

Tapamos la muestra y agitamos suavemente, junto con nuestra muestra del blanco lo llevamos al termoreactor que lo mantiene a 101°C por dos horas para que la muestra se pueda digerir. Al término de las 2 horas llevamos las muestras en una gradilla para que se enfríe

Tomamos 2 matraces de 100ml cada una y vertimos la muestra, empezamos agitarla suavemente, agregamos 4 gotas del indicador que es la Ferroina

En la bureta llenamos sulfato ferroso amoniacal que funciona como titulante. El color de inicio es de azul noche. De acuerdo al descenso de las gotas se vuelve de color rojo ladrillo, hasta que se vuelve rojo intenso. Analizamos los resultados del DQO de acuerdo a la Norma Standard Water.

**Muestra Blanco= 2.85ml de sulfato ferroso**

**Muestra Humedales inicial= 2.70ml de sulfato ferroso**

$$DQO \frac{mg}{L} = \frac{(a - b)c * 8000}{ml \text{ de muestra}}$$

**Donde:**

a: es resultado del blanco (sulfato ferroso)

b: muestra inicial del humedal (sulfato ferroso)

ml de muestra: lo q se utiliza en el tubo de ensayo

$$DQO \frac{mg}{l} = \frac{(2.85 - 2.70) * 0.25 * 8000}{3 \text{ ml}}$$

$$DQO_{inicial} = 100ppm$$

*Resultado inicial antes del tratamiento.*

### **Determinación del DQO después del tratamiento**

Después del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono, se tomó 3 muestras de agua de acuerdo a los tiempos, a los 5m, 10min y 15min. Se realizó el procedimiento para determinar el DQO de la manera siguiente:

**Volumen blanco: 2.65ml**

#### **1. DQO para 5 min**

$$DQO \frac{mg}{L} = \frac{(2.65 - 2.6)0.025 * 8000}{3ml}$$

$$DQO_{final} = 3.3ppm$$

2. DQO para 10 min

$$DQO \frac{mg}{L} = \frac{(2.65 - 2.55)0.025 * 8000}{3ml}$$

$$DQO_{final} = 6.6ppm$$

3. DQO para 15 min

$$DQO \frac{mg}{L} = \frac{(2.65 - 2.50)0.025 * 8000}{3ml}$$

$$DQO_{final} = 10ppm$$

Tabla 14. Tabla relación dilución DQO y DBO.

DQO (dilución)	Dilución para DBO <sub>5</sub>
1 – 5	Directa
5 – 10	50 % y directa
10 – 15	30 % y 50%
15 – 25	30 % y 15%
25 – 50	15% y 10%
50 – 100	10 % y 5%
100 – 200	2% y 1%
400 – 800	1% y 0.5%

Fuente: APHA, AWWA WPCF Standard Methods, 2005.

- **Oxígeno Disuelto**

Para determinar el oxígeno disuelto en nuestra muestra se usa el método Winkler, se encuentra estandarizado por la Standard Water, se determina de la siguiente manera:

Se tomó las 3 muestras y se echó al winkler hasta el ras, evitando que se forme burbujas

A continuación, al winkler le agregamos 1 ml de Alcalí de Yoduro ácida y 1 ml de ácido sulfúrico  $H_2SO_4$

Se tomó 100 ml de muestras del winkler preparado y pasamos a un matraz.

Como siguiente paso se empezó con la titulación donde realizamos lo siguiente:

- En la bureta tenemos tiosulfato  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  con una normalidad de 0.025N
- Le agregamos 5 gotas de almidón diluido, se tornará un color azul noche
- Llevamos el matraz a la bureta y gota a gota cae el tiosulfato al matraz (titulación) hasta que vuelve color transparente y así determinamos la cantidad de tiosulfato usado en las 3 muestras de 5min, 10min y 15 min.

### **Paso 6: Determinación de Oxígeno Disuelto después del tratamiento.**

Al término de la titulación obtendremos en oxígeno disuelto inicial antes de realizar la prueba del  $DBO_5$ .

La fórmula del Oxígeno Disuelto es la siguiente:

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{Vol \text{ tiosulfato} * Normalidad * 8000 * Vol \text{ bot}}{ml \text{ de muestra valorada} * (vol \text{ bot} - 2)}$$

#### **Determinación para 5 min:**

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{2.35ml * 0.025N * 8000 * 300ml}{100ml * 298}$$

$$OD \frac{mg}{L} = 4.73$$

**Determinación para 10 min:**

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{2.80ml * 0.025N * 8000 * 300ml}{100ml * 298}$$

$$OD \frac{mg}{L} = 5.63$$

**Determinación para 15 min:**

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{3.0ml * 0.025N * 8000 * 300ml}{100ml * 298}$$

$$OD \frac{mg}{L} = 6.04$$

**Determinación para el blanco:**

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{3.8ml * 0.025N * 8000 * 300ml}{100ml * 298}$$

$$OD \frac{mg}{L} = 7.65$$

**Paso 7: Determinar el DBO<sub>5</sub> – Método Directo**

Preparación para la dilución:

- 1ml de cloruro férrico FeCl<sub>2</sub>
- 1ml cloruro de calcio CaCl<sub>2</sub>
- 1ml de sulfato de magnesio MgSO<sub>4</sub>
- 1ml buffer de fosfato

A continuación, se burbujea O<sub>2</sub> por 30 min en una botella de 1L

Tomamos 3 winkler para la muestra de 5min, 10min y 15 min; hacemos lo siguiente:

- Muestra 5min: total de muestra en winkler

- Muestra 10min: 150ml de muestra y 150ml de dilución
- Muestra 15min: 150ml de muestra y 150ml de dilución.

Cerramos los 3 winkler y ponemos en bolsitas negras

Finalmente llevamos los 3 winkler a la caja para mantenerlo por 5 días a una temperatura de 20°C.

### **Paso 8: elaboración del equipo de Nanotecnología con Ozono**

El principio de la nanotecnología está fundamentado en un tratamiento de agua que consiste en mejorar la calidad de agua, mediante pequeñas burbujas que van atrapar a los contaminantes existentes. En este caso fabricamos el equipo mediante una tecnología que nos permite apreciar el sistema. Los materiales usados son los siguientes:

- 2 recipientes de 20L
- Bomba de agua de 0.5 Hp
- Compresora que está conectada a uno de los tanques, utilizando un método convencional en la fabricación.
- Salida de agua (zona de purga)
- Válvula check
- Llaves de agua para equilibrar el flujo de agua
- Llave universal de ½"
- Malla de acero de 400 que se encuentra dentro del tubo.

### **Paso 9: proceso de tratamiento de las aguas de los Humedales de Villa mediante la Nanotecnología con Ozono**

- Llenamos los recipientes con los 40L de muestra de los Humedales de Villa
- Procedemos a realizar la aireación de la muestra por 5 minutos.

- Antes de encender el motor tenemos que preparar el motor para q no se quememe, ingresamos agua por la zona de purga.
- La presión de trabajo es de 75psi
- Lo siguiente que se realiza es ingresar ozono ya que esto destruye todos los contaminantes que se encuentran en el agua
- Generación de burbujas que limpian y descontaminan el agua
- Lo característico de este proceso es que empieza a tener un olor diferente.
- El agua empieza a cambiar de color, es un principio tenía color verdoso y después del tratamiento se ve un color amarillento.
- Tomamos las medidas in situ del pH y temperatura; 7 y 20°C correspondiente,
- A los primeros 5 min tomamos la primera muestra.
- A los 10 min tomamos la segunda prueba
- A los 15min tomamos la tercera prueba.
- Con esto finalizamos el tratamiento con la nanotecnología, pudiendo observar que el agua cambia de color, se siente un olor fuerte, se forma espuma verdosa.

#### **Paso 10: determinar la medición de la nanoburbuja**

- La muestra del agua lo colocamos en un vaso precipitado.
- Con la ayuda de un gotero obtenemos agua de la muestra
- Echamos la muestra a un porta objeto y agregamos azul de metileno.
- Llevamos la muestra al microscopio y a continuación observamos.

#### **Cálculo para determinar la medida de la nanoburbuja**

$$x = \frac{0.20\mu m \times 6}{50} = 0.024\mu m = 24nm$$

## Determinación de la Velocidad de Ascenso de la nanoburbuja

$$U = \frac{\rho \times g \times d^2}{18\mu}$$

U= x

$\rho = 998.2 \text{ Kg/m}^3$

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$d = 24 \times 10^{-9} \text{ m}$  (diámetro de la burbuja)

$\mu = 1.003 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$

Reemplazando:

$$U = \frac{998.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \times (0.023 \times 10^{-6})^2}{18 \times (1.003 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}})}$$

$$U = 3.12 \times 10^{-10} \text{ m/s}$$

## Determinación presión interna de la nanoburbuja

$$P = PI + \frac{4\sigma}{db}$$

Ecuación de Young – Laplace

**PI: Presión del líquido =  $\rho \times g \times h$**

$\rho = 998.2 \text{ Kg/m}^3$

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$h = 10\text{cm} = 0.1\text{m}$

$\sigma = \text{tensión superficial} = 0.0728 \text{ N/m}$

Diámetro de la burbuja =  $24 \times 10^{-9}$

Reemplazando:

$$PI = \left(998.2 \frac{Kg}{m^3}\right) x \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) x 0.1m$$

$$PI = 987.236 \frac{kg}{ms^2} = 987.236 \frac{N}{m^2}$$

$$PI = 978.236 Pa$$

$$PI = 0.0097 atm$$

Reemplazando la ecuación de Young - Laplace:

$$P = 0.0097 atm + \frac{4 x \left(0.0728 \frac{N}{m}\right)}{24 x 10^{-9}m}$$

$$P = 0.0097 atm + 12133333.33 \frac{N}{m^2} x \left(\frac{1 atm}{101325 \frac{N}{m^2}}\right)$$

$$P = 0.0097 atm + 11.975 atm$$

$$P = 11,98 atm$$

**Tabla 15- Tabla de caracterización de los parámetros de la nanoburbuja.**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo del tratamiento</b>	Min	5, 10 y 15
<b>Tamaño</b>	Nm	24
<b>Velocidad de ascenso</b>	m/s	3.12 x 10 <sup>-10</sup> m/s
<b>Presión interna</b>	Atm	11.98

Fuente: Elaboración propia.

## **2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

- **VARIABLE DEPENDIENTE:**

Reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa.

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Nanotecnología con Ozono.

**OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

**NANOTECNOLOGÍA CON OZONO PARA LA REDUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS EN LAS AGUAS DE LOS HUMEDALES DE VILLA, CHORRILLOS, LIMA – 2017**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDADES DE MEDICION</b>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>					
<b>Reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales</b>	Las cianobacterias son microorganismos procariotas y fotosintéticos que pueden ser identificados a simple vista, tienen un crecimiento rápido, producen eutrofización en lagos, humedales, etc. (Maycol Echevarria, 2006)	Para medir la cantidad, tipo de cianobacterias en las aguas de los humedales se tendrá en cuenta la población inicial y final. También se toma en cuenta las propiedades fisicoquímicas y químicas del agua	Población de cianobacterias	-Cantidad de Organismos antes -Cantidad de Organismos después	Org/L
			Propiedades fisicoquímicas	-Temperatura -Conductividad Eléctrica -Potencial Redox -pH	- °C - m/s (milicien) -mv -Adimensional
			Propiedades químicas	-Oxígeno Disuelto -DQO -DBO5	-ppm -ppm -ppm
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>					
<b>Nanotecnología con Ozono</b>	La Nanotecnología con Ozono es aplicada en temas ambientales y en otras áreas donde busquen solucionar problemas. La Nanotecnología con Ozono trabaja con burbujas muy pequeñas y finas, cuentan con un diámetro de 1 a 100 micras. (Castagnino, 2013)	Para medir el uso de la nanotecnología se tendrá en cuenta las condiciones operacionales y características	Condiciones operacionales	Nivel de contaminación por cianobacterias	Diagnóstico de la zona
			Características de las nano burbujas	-Velocidad de ascenso -Presión interna -Tamaño	-m/s -atm -um

## **2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

### **2.3.1 POBLACIÓN**

Se consideró a las aguas de los Humedales de Villa en el distrito de Chorrillos, en la provincia y departamento de Lima, son aproximadamente 21'040,000 m<sup>3</sup> de volumen. (TITO, 2006)

#### **ZONA DE ESTUDIO:**

Los Humedales de Villa se encuentran en el sur de Lima, pertenecen al distrito de Chorrillos, entre los kilómetros 18 y 21 de la antigua Panamericana Sur (Av. Defensores del Morro actualmente) tiene una extensión de 263.27 hectáreas, está entre las coordenadas 12°11'42" – 12°13'18" LS y 76°58'42" – 76°59'42" LW. Su temperatura varía entre 15.6°C a 25.8°C, las precipitaciones son breves entre los meses de Junio y Octubre; tienen un rango de 0-5 msnm.

En 1997 la convención Ramsar reconoce esta reserva como Humedal de Importancia para Aves Acuáticas. (INRENA, 1998).

Según la convención RAMSAR estos humedales son de tipo 8 y 10 es decir que los humedales se definen como costeros ya que se encuentra muy cerca al Océano Pacífico, está formado por la acumulación y modelado fluvio-marino-eólico en la ensenada litoral y deltaica marginal del río Rímac, con estas características se formó ambientes lagunares e hidromórficos. (INRENA, 1998, SHOOBRIDGE, 2005). (Ver plano de ubicación).

### **2.3.2 MUESTRA**

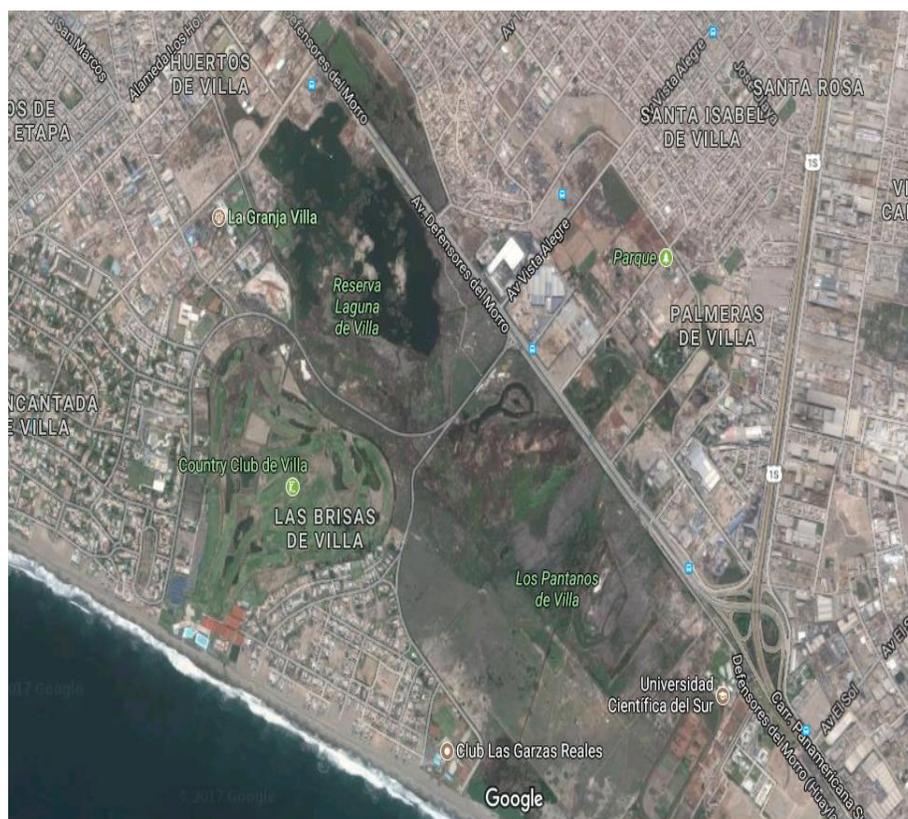
La muestra tomada fue de 150L de las aguas de la Laguna la Pampa; para los respectivos análisis y para el tratamiento de la Nanotecnología con Ozono. Se eligió exactamente la laguna La Pampa de los Humedales de Villa ya que se tomó en consideración determinados factores como: Asentamientos Humanos aledaños, botadero de residuos sólidos, animales muertos.

**Tabla 16.- Estación de muestreo en las lagunas de los Humedales de Villa.**

Estaciones de muestreo		Muestreo	
		Litros	Fecha
M1	<b>“Laguna La Pampa”</b> Coordenadas: (12°12'30” L.S. y 76°59'20” L.W.)	50	25/10/2017
M2	Coordenadas: (14°15'40” L.S. y 78°62'30” L.W.)	50	25/10/2017
M3	Coordenadas: (16°20'60” L.S. y 82°65'55” L.W.)	50	25/10/2017

**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 7. Imagen satelital de la ubicación del punto de muestreo**



**Fuente: GOOGLE MAPS**

### **2.3.3 MUESTREO**

El muestreo fue probabilístico, de conveniencia e intencional que es el que recomienda el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA) p.29 indica que en el caso de aguas superficiales el muestreo es de una o más muestras en un lugar o punto determinado para el análisis individual si no existen vertimientos de aguas residuales ni es de uso doméstico. La contaminación en la laguna La Pampa es debido a los residuos sólidos acumulados, desmontes, animales muertos e impactos del crecimiento urbanístico. La laguna tiene un área de 10ha y una profundidad de 150 cm. La muestra fue tomada a unos metros de la Av. Defensores del Morro y a una profundidad de 70cm.

### **2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

#### **Técnicas de recolección de datos**

La técnica que se utilizó en la recolección de datos se describe a continuación:

#### **Observación:**

La técnica de la observación consistió en conocer y observar el área de estudio, el estado en que se encontraba el área, la vegetación, población cercana donde realizó el muestreo del agua.

#### **Evaluación:**

La técnica de la evaluación se empleó en el manejo de los parámetros a medir en el laboratorio, ello en función al comportamiento en la cantidad de cianobacterias encontradas antes y después del tratamiento, las propiedades fisicoquímicas del agua antes y después de aplicar la tecnología.

### **Experimentación:**

La técnica de experimentación se aplicó en el tratamiento mediante la Nanotecnología con Ozono a las aguas de los Humedales de Villa de manera piloto en el laboratorio.

### **Resultados de laboratorio:**

De la variable dependiente: Reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales

- Población de cianobacterias antes y después.
- pH
- Temperatura
- Potencial redox
- Conductividad eléctrica
- DQO
- OD
- DBO5

De la variable independiente: Nanotecnología con Ozono

- Presión interna de la nanoburbuja
- Tamaño de la nanoburbuja
- Velocidad de ascenso de la nanoburbuja
- Tamaño de la nanoburbuja

### **2.4.2. INSTRUMENTOS**

- Ficha de muestreo de aguas en los Humedales de Villa, Chorrillos.
- Matriz de las características de las nanoburbujas.
- Ficha de los parámetros fisicoquímicos de la muestra inicial
- Ficha de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento
- Ficha cuantitativa y cualitativa de cianobacterias

### 2.4.3. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Para cumplir con los requisitos de validación del instrumento se debe trabajar con expertos de investigación, a quienes se le pidió que evaluaran por separado los instrumentos de la presente investigación, quienes son: Dr. Elmer Benites Alfaro, Ing. Verónica Tello Mendivil y la Ing. Cinthya Fajardo Jurado.

#### **Análisis de confiabilidad de los parámetros antes y después**

La prueba de normalidad o test de Shapiro – Wilk, se utilizó para contrastar la normalidad de los datos de las dos variables que son menores a 50 muestras, para efectuarla se calcula la media y la varianza muestral con la siguiente fórmula:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_{ix(i)})^2}{\sum_i^n (x_i - x)^2}$$

Entonces, con el programa SPSS Statistics v.24 se calculó la prueba de normalidad.

#### **Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	GI	Sig.
MIN 0	,219	3	.	,987	3	,780
MIN 5	,276	3	.	,942	3	,537
MIN 10	,175	3	.	1,000	3	1,000
MIN 15	,314	3	.	,893	3	,363

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: elaboración propia

H°= La población tiene una distribución normal

H<sup>a</sup>= La población tiene una distinta distribución normal

Dado a que las muestras son menores a 50, se utilizó la prueba de normalidad se Shapiro-Wilk, concluyendo que el nivel de significancia es mayor a 0,05 se rechaza la hipótesis alterna en ambos casos y se determinó que tienen distribución normal.

Para calcular la eficiencia de la Nanotecnología con ozono se aplicó la siguiente fórmula:

$$Eficiencia = \left( 1 - \frac{DBO5 \text{ mg/L}(\text{tratamiento})}{DBO5 \text{ mg/L}(\text{sin tratamiento})} \right) \times 100$$

## **2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

En el presente estudio después de la recolección de datos, análisis de las muestras y resultados, se creó una base de datos y para conveniencia del investigador se utilizó el programa Microsoft Excel y IBM-SPSS Statistics v.24 para calcular, ordenar y agilizar el procesamiento de datos.

La metodología utilizada son las pruebas y análisis estadísticos paramétricos, prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, prueba t para las muestras.

## **2.6. ASPECTOS ETICOS**

Para la veracidad de los resultados se tuvo en cuenta el respeto por el medio ambiente, por la propiedad intelectual, la responsabilidad social, política, ética y jurídica, honestidad, proteger la identidad de los individuos que participan en el estudio.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS INICIALES

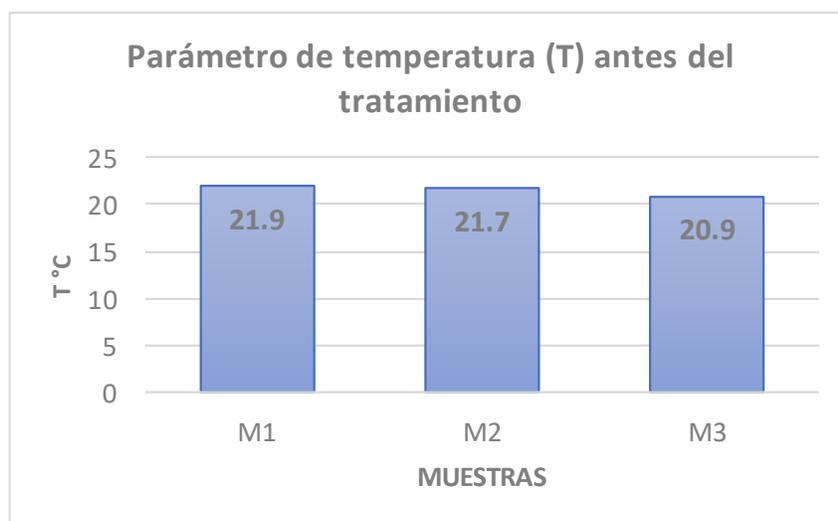
**Tabla 17. Resultados de los parámetros físicos iniciales, antes del tratamiento**

Parámetros fisicoquímicos iniciales				
Muestra de agua	T° C	pH	CE $\mu\text{s}/\text{cm}$	Potencial Redox mv
M1	21.9	7.9	4.7	294
M2	21.7	7.5	5.2	236
M3	20.9	7.1	5.8	299
Variación	1.0	0.8	1.1	63

**Fuente: Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU**

En la tabla 17 se detalla los resultados de los parámetros fisicoquímicos de la muestra de agua de los Humedales de Villa, antes del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono, mostrando que la variación de la temperatura entre las muestras es de 1°C, considerándose constante al momento de obtener las muestras. La temperatura más alta presenta 21.9°C. (Ver gráfico 1).

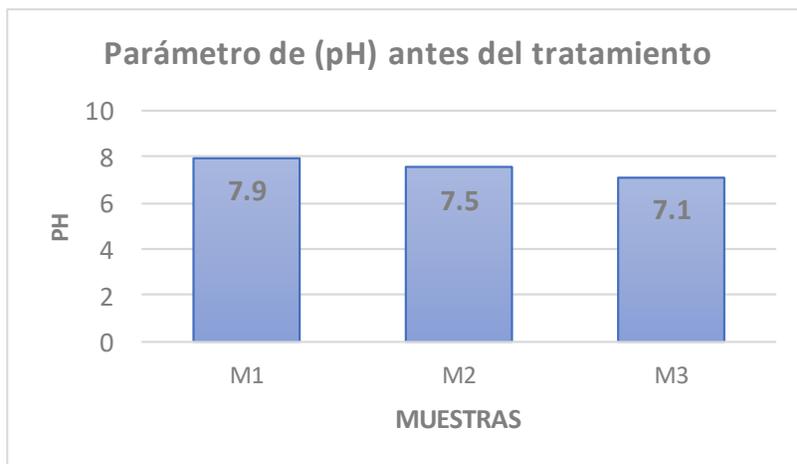
**Gráfico 1.- Parámetro de temperatura antes del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia

El valor de pH presenta una variación de 0.8, siendo la muestra 1 con pH más alto de 7.9, el cual indica que el agua se encuentra en un estado ligeramente alcalino o básico (ver gráfico 2).

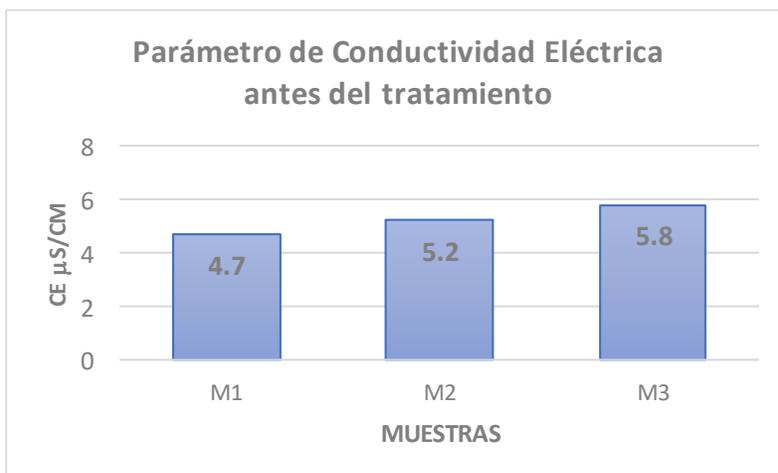
**Gráfico 2.- Parámetro de pH antes del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia

La conductividad eléctrica entre las muestras presenta una ligera variación de 1.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  donde la muestra 3 alcanza los 5.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  observando que el agua de los humedales presenta poca cantidad de sales disueltas y niveles muy bajos de conductividad y solubilidad comparada con el agua domestica con 500 a 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ver gráfico 3).

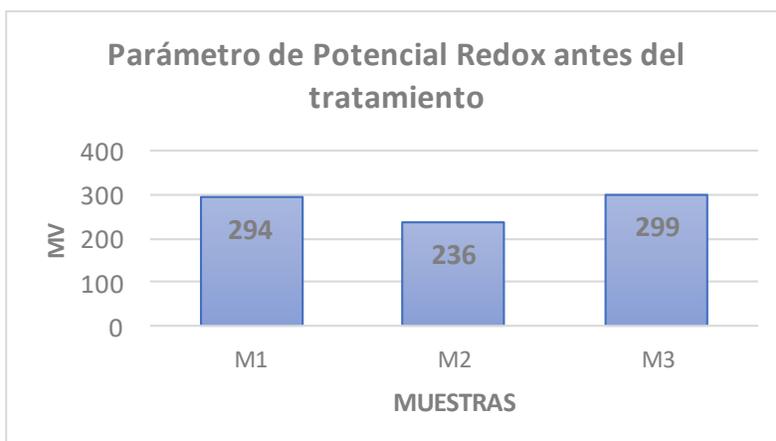
**Gráfico 3.- Parámetro de Conductividad Eléctrica antes del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia

El potencial redox presenta una variación entre muestras de 66mv, indicando que las muestras tienen diferente potencial de oxidación al inicio según la ubicación de la misma. La muestra 3 es el valor más alto con 299mv (ver gráfico 4).

**Gráfico 4.- Parámetro de Potencial Redox antes del tratamiento**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. CIANOBACTERIAS AL APLICAR LA NANOTECNOLOGÍA CON OZONO

**Tabla 18. Resultado de cianobacterias antes y después del tratamiento**

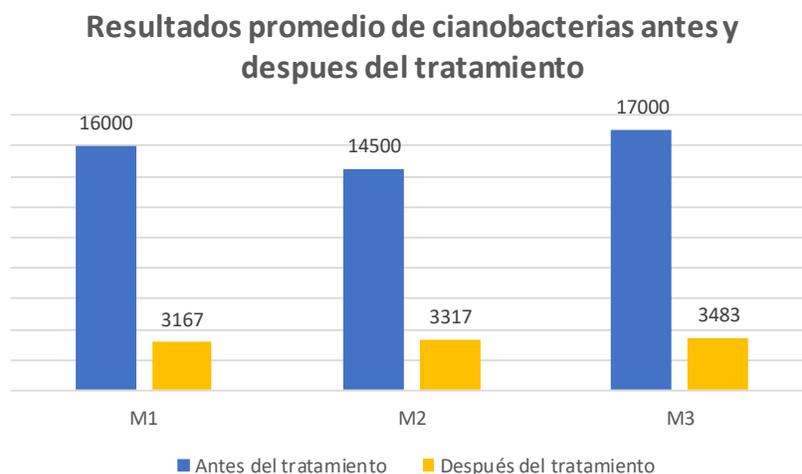
Población de cianobacterias antes y después del tratamiento					
Muestra	Tiempo	Población inicial Org/L	Población final Org/L	Reducción	% Reducción
<b>Muestra 1</b> Coordenadas: (12°12'30" L.S. y 76°59'20" L.W.)	5 min	16000	4000	12000	75%
	10 min	16000	3500	12500	78%
	15 min	16000	2000	14000	87%
	Promedio	16000	3167	12833	
<b>Muestra 2</b> Coordenadas: (14°15'40" L.S. y 78°62'30" L.W.)	5 min	14500	4200	10300	70%
	10 min	14500	3550	10950	75%
	15 min	14500	2200	12300	84%
	Promedio	14500	3317	11183	
<b>Muestra 3</b> Coordenadas:	5 min	17000	4600	12400	72%
	10 min	17000	3450	13550	79%

(16°20'60" L.S. y 82°65'55" L.W.)	15 min	17000	2400	14600	85%
	Promedio	17000	3483	13517	

**Fuente:** LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

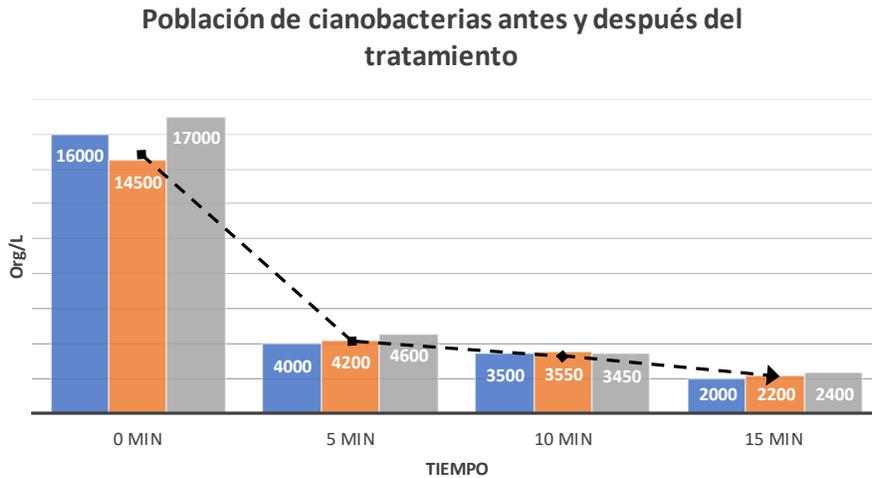
En la tabla 18 se detalla los resultados de las cianobacterias encontradas antes y después del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono, demostrando que hubo una reducción. En la muestra inicial se tenía 16000 Org/L, al aplicar la Nanotecnología en la muestra 1 tenemos un promedio de 3167 Org/L, en la muestra 2 tenemos un promedio de 3317 Org/L y en la muestra 3 tenemos un promedio de 3483 Org/L.

**Gráfico 5.- Población Inicial de cianobacterias vs población promedio por muestra**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 6.- Población de cianobacterias antes y después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia

De la tabla se observa que las medias de la población se reducen a medida que se incrementa el tiempo de acción del burbujeo con ozono a las muestras obtenidas en los pantanos de Villa, pasando de un estado inicial (0 min) de 15883 Org/l a un estado final promedio de 3322 Org/l. (ver tabla 19 y gráfico 6)

**Tabla 19.- Promedio de la población de muestras antes y después del tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	16000	14500	17000	15833
5 min	4000.0	4200.0	4600.0	4267
10min	3500	3550	3450	3500
15min	2000	2200	2400	2200
				3322

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.- PARÁMETROS FÍSICOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO

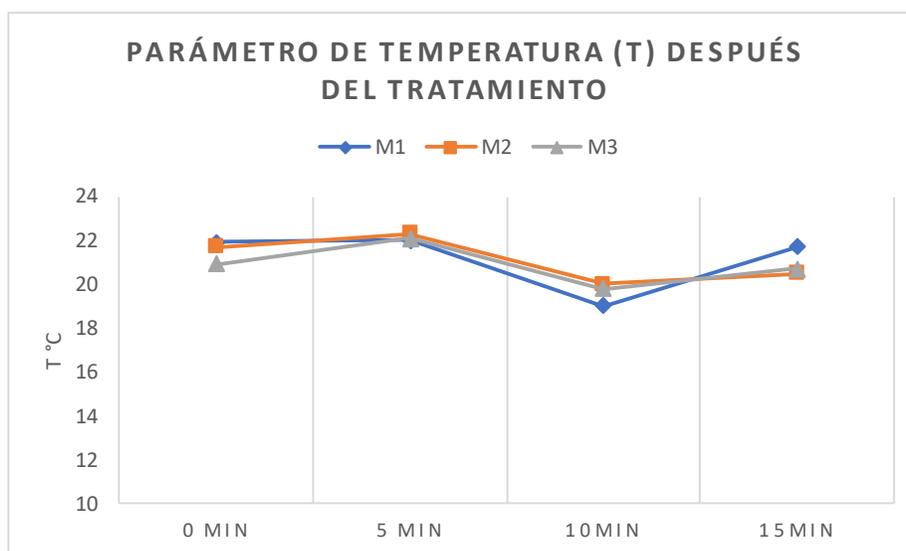
Tabla 20. Resultados de los parámetros físicos después del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono

Parámetros físicos después del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono					
MUESTRA	CODIGO	T°C	pH	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Potencial Redox mv
<b>Muestra 1</b> Coordenadas: (12°12'30" L.S. y 76°59'20" L.W.)	0 min	21.9	7.9	4.7	294
	5 min	22.0	8	4.7	483
	10min	19	8.3	4.8	401
	15min	21.7	8.1	4.8	497
<b>Muestra 2</b> Coordenadas: (14°15'40" L.S. y 78°62'30" L.W.)	0 min	21.7	7.5	5.2	236
	5 min	22.3	7.9	5.3	399
	10min	20	8.6	5.4	332
	15min	20.5	8.2	5.6	419
<b>Muestra 3</b> Coordenadas: (16°20'60" L.S. y 82°65'55" L.W.)	0 min	20.9	7.1	5.8	299
	5 min	22.1	8.2	5.6	488
	10min	19.8	8.5	6.1	409
	15min	20.7	8.3	6.2	505

**Fuente:** LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 20 nos muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH, Conductividad eléctrica y Potencial redox, antes del tratamiento (0 min) y después del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono (5, 10 y 15 min respectivamente) según la ubicación de la toma de las muestras en los pantanos de Villa.

**Gráfico 7.- Parámetro de Temperatura después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

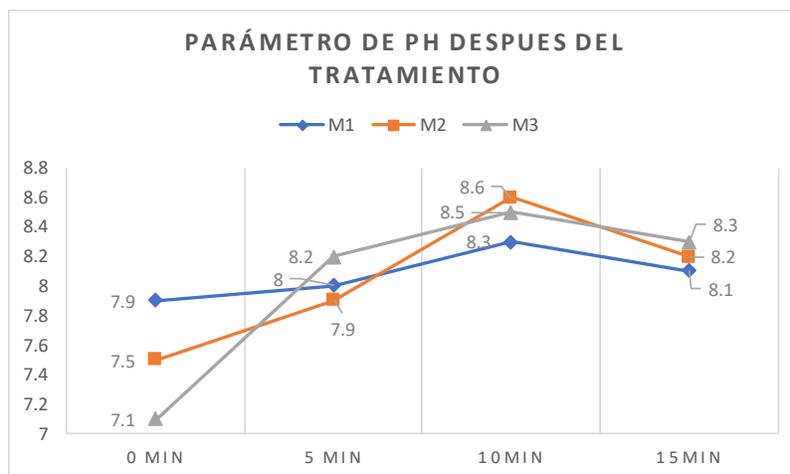
**Tabla 21.- Valores promedio de temperatura por tiempo de tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	21.9	21.7	20.9	21.5
5 min	22.0	22.3	22.1	22.1
10min	19.0	20.0	19.8	19.6
15min	21.7	20.5	20.7	21.0

**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico la temperatura en promedio al inicio y después del tratamiento no presenta variación significativa, se mantiene constante para cada uno de los tiempos evaluados. En promedio la temperatura al inicio es de 21.5°C después del tratamiento es de 22.1°C, a los 5 min 19.6°C, a los 10 min y 21.0°C a los 15 min en promedio. Esto nos da un indicativo de que el proceso de Nanotecnología con ozono no varía significativamente la temperatura de las muestras (ver gráfico 7 y tabla 21)

**Gráfico 8.- Parámetro de pH después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

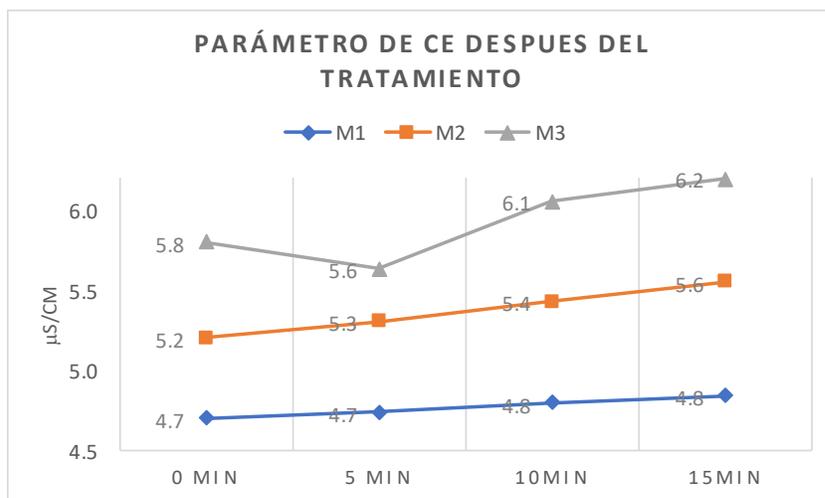
**Tabla 22.- Valores promedio de pH por tiempo de tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	7.9	7.5	7.1	7.5
5 min	8	7.9	8.2	8.0
10min	8.3	8.6	8.5	8.5
15min	8.1	8.2	8.3	8.2

**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico el pH de las muestras se ven incrementadas a medida que se aumenta el tiempo del tratamiento de las muestras; donde en el estado inicial de pH promedio es de 7.5; a los 5min es de 8, a los 10min 8.5 y a los 15min 8.2 respectivamente, observando que el agua se vuelve cada vez más alcalina o básica (ver gráfico 8 y tabla 22).

**Gráfico 9.- Parámetro de CE después del tratamiento**



Fuente: Elaboración propia.

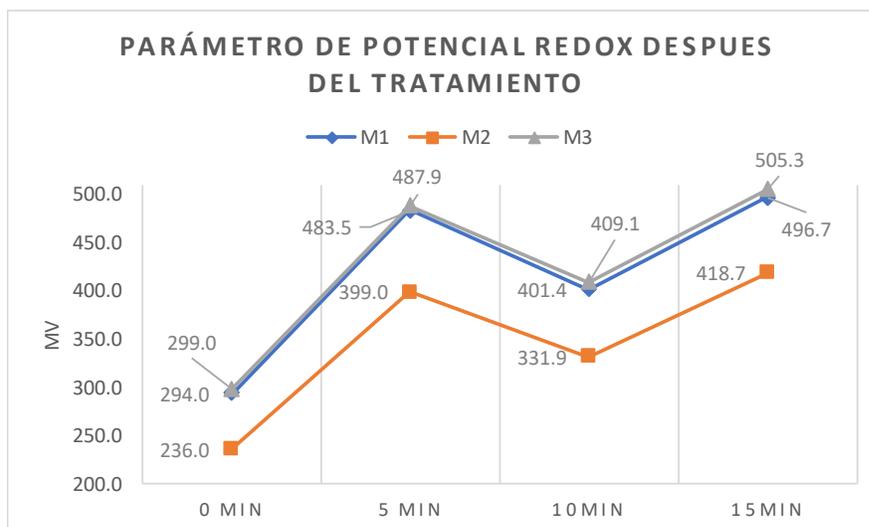
**Tabla 23.- Valores promedio de Conductividad Eléctrica por tiempo de tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	4.7	5.2	5.8	5.2
5 min	4.7	5.3	5.6	5.2
10min	4.8	5.4	6.1	5.4
15min	4.8	5.6	6.2	5.5

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23, el promedio de la conductividad eléctrica en el estado inicial es de 5.2uS/cm, observándose un crecimiento constante a medida que los tiempos de tratamiento aumentan. A los 5 min se obtiene un promedio de 5.2uS/cm, 10 min 5.4uS/cm y para 15 min es de 5.5uS/cm. Observamos además que los incrementos son proporcionales a estado inicial siendo diferente según donde se halla realizado la toma de la muestra en los pantanos de Villa (ver gráfico 9 y tabla 23).

**Gráfico 10.- Parámetro de Potencial Redox después del tratamiento**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24.- Valores promedio de Potencial Redox antes y después por tiempo de tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	294.0	236.0	299.0	276.3
5 min	483.5	399.0	487.9	456.8
10min	401.4	331.9	409.1	380.8
15min	496.7	418.7	505.3	473.6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 24 y gráfico, el promedio del potencial redox inicial es de 276.3 mv, Observando incrementos significativos en los valores del potencial a medida que se incrementa el tiempo de tratamiento de las muestras. Los valores promedio para 5 min es de 456.3 mv, para 10 min 380.8mv y para 15 min 473.6mv (ver gráfico 10 y tabla 24)

### 3.4.- PARÁMETROS QUÍMICOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO

En las tablas 20, 21, 22 nos muestra los resultados de los parámetros químicos de Demanda Química de Oxígeno, Demanda de Oxígeno y Demanda Bioquímica e Oxígeno antes del tratamiento (0 min) y después del tratamiento con la Nanotecnología con Ozono (5, 10 y 15 min respectivamente) según la ubicación de la toma de las muestras en los pantanos de Villa.

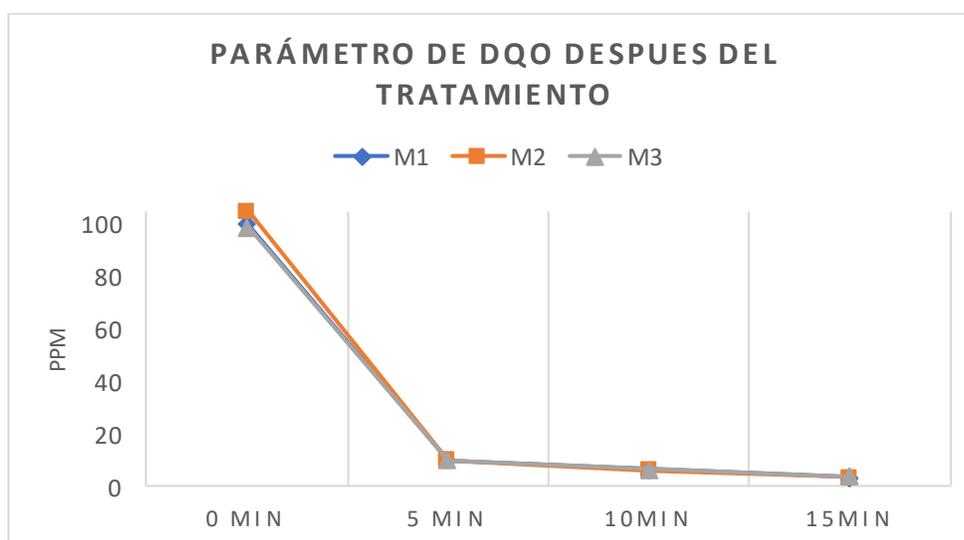
**Tabla 25. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno antes y después del tratamiento**

Demanda Química de Oxígeno				
Código	DQO sin trat.	Muestra	Tiempo	DQO tratado
Muestra 1	100 ppm	Muestra 1	5 min	10 ppm
			10 min	6.6 ppm
			15 min	3.3 ppm
Muestra 2	105 ppm	Muestra 2	5 min	9.8 ppm
			10 min	6.3 ppm
			15 min	3.6 ppm
Muestra 3	99 ppm	Muestra 3	5 min	10.1 ppm
			10 min	6.5 ppm
			15 min	3.8 ppm

**Fuente:** LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 20 nos indica que la concentración de DQO después del tratamiento con Nanotecnología con Ozono en la muestra 1 a los 5 min inicia con 10 ppm y termina a los 15 min con 3.3 ppm; en la muestra 2 a los 5 min inicia con 9.8 ppm y termina a los 15 min con 3.6 ppm y en la muestra inicia a los 5 min con 10.1 ppm y termina a los 15 min con 3.8 ppm.

**Gráfico 11.- Parámetro de DQO después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la gráfica se observa que la Demanda química de oxígeno tiene una reducción significativa desde el primer tiempo de aplicación de nanotecnología con ozono (5min), luego decrece constantemente con poca variación a medida que se incrementa el tiempo de aplicación del tratamiento, de igual forma este comportamiento se aplica para todas las muestras. (ver tabla). Se obtiene un valor promedio de todas las muestras de 6.66ppm y un estado final promedio de 3.57ppm (t=15min)

**Tabla 26.- Valores promedio de DQO antes y después por tiempo de tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	100	105	99	101.3
5 min	10.0	9.8	10.0	9.93
10min	6.6	6.3	6.5	6.47
15min	3.3	3.6	3.8	3.57
				6.66

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 27. Resultados del Oxígeno Disuelto antes y después del tratamiento**

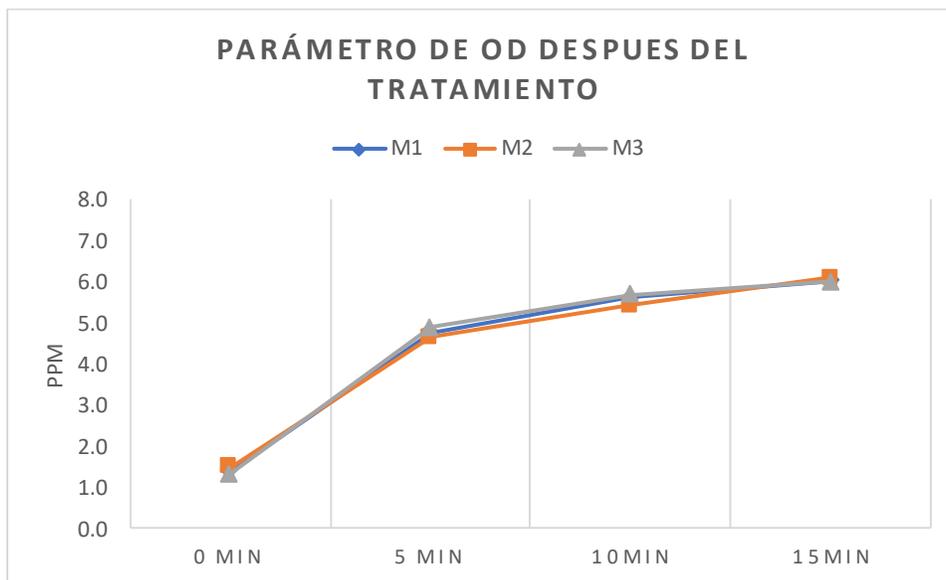
Oxígeno Disuelto				
Código	OD sin trat.	Muestra	Tiempo	OD trat.
Muestra 1	1.41 ppm	Muestra 1	5 min	4.77 ppm
			10 min	5.63 ppm
			15 min	6.04 ppm
Muestra 2	1.50 ppm	Muestra 2	5 min	4.67 ppm
			10 min	5.42 ppm
			15 min	6.10 ppm
Muestra 3	1.33 ppm	Muestra 3	5 min	4.9 ppm
			10 min	5.7 ppm
			15 min	6.01 ppm

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 26 nos indica los resultados de Oxígeno Disuelto después del tratamiento con Nanotecnología con Ozono el promedio para las muestras de 5 min es de 4.78

ppm, en 10 min es de 5.58ppm y en 15 min es de 6.05ppm; demostrando que el tratamiento aumentó el OD en comparación a la muestra inicial que es de 1.41ppm.

**Gráfico 12.- Parámetro de OD después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la gráfica se observa que la cantidad de Oxígeno Disuelto tiene un incremento significativo desde el primer tiempo de aplicación de nanotecnología con ozono (5min), luego crece constantemente con variación moderada a medida que se incrementa el tiempo de aplicación del tratamiento, de igual forma este comportamiento se manifiesta para todas las muestras. (ver tabla 27). Se obtiene un valor promedio de todas las muestras de 5.47ppm y un estado final promedio de 6.05ppm (t=15min)

**Tabla 28.- Valores promedio de OD antes y después por tiempo de tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	1.41	1.5	1.33	1.4
5 min	4.8	4.7	4.9	4.78
10min	5.63	5.42	5.7	5.58
15min	6.04	6.1	6.01	6.05
				5.47

**Fuente:** Elaboración propia.

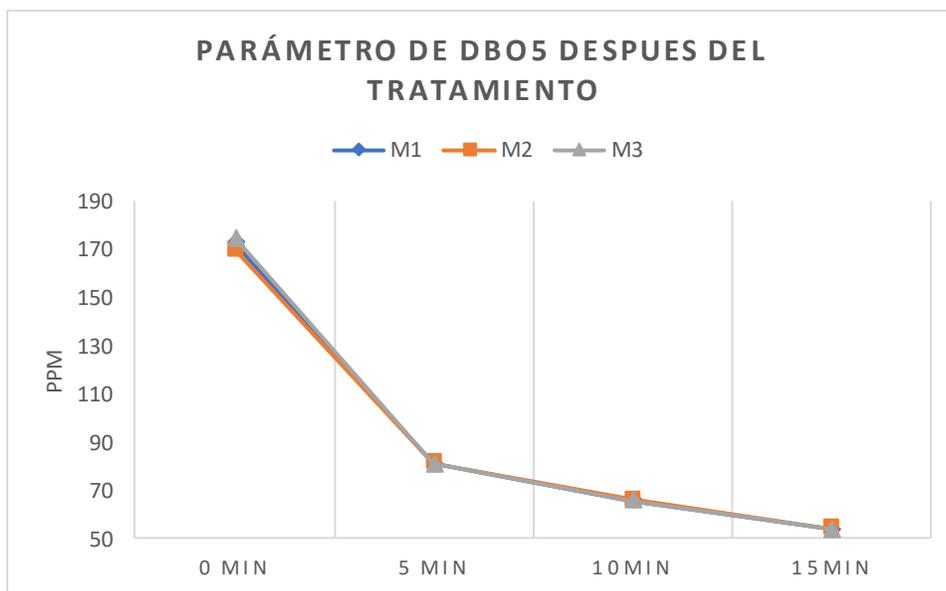
**Tabla 29.- Resultado de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>**

Demanda Bioquímica de Oxígeno				
Código	DBO sin trat.	Muestra	Tiempo	DBO trat.
Muestra 1	173 ppm	Muestra 1	5 min	81.2 ppm
			10 min	66.00 ppm
			15 min	54.1 ppm
Muestra 2	170 ppm	Muestra 2	5 min	81.5 ppm
			10 min	66.4 ppm
			15 min	54.4 ppm
Muestra 3	175 ppm	Muestra 3	5 min	80.9 ppm
			10 min	65.9 ppm
			15 min	54.00 ppm

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 29 nos indica los resultados de DBO<sub>5</sub> después del tratamiento con Nanotecnología con Ozono con un promedio para las muestras de 5 min es de 81.2 ppm, en 10 min es de 66.1ppm y en 15 min es de 54.17ppm; demostrando que el tratamiento es efectivo en el DBO<sub>5</sub>.

**Gráfico 13.- Parámetro de DBO5 después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la gráfica se observa que la cantidad de Demanda Química de Oxígeno tiene un decrecimiento significativo desde el primer tiempo de aplicación de nanotecnología con ozono (5min), luego se reduce constantemente con variación moderada a medida que se incrementa el tiempo de aplicación del tratamiento, de igual forma este comportamiento se manifiesta para todas las muestras. (ver tabla 29). Se obtiene después del tratamiento un valor promedio de todas las muestras con 67.16ppm y un estado final promedio de 54.17ppm (t=15min) con respecto a su promedio inicial de 172.7ppm.

**Tabla 30.- Valores promedio de DBO5 antes y después por tiempo de tratamiento**

	M1	M2	M3	PROMEDIO
0 min	173	170	175	172.7
5 min	81.2	81.5	80.9	81.20
10min	66	66.4	65.9	66.10
15min	54.1	54.4	54	54.17
				67.16

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5.- RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS CON PARÁMETROS FÍSICOS

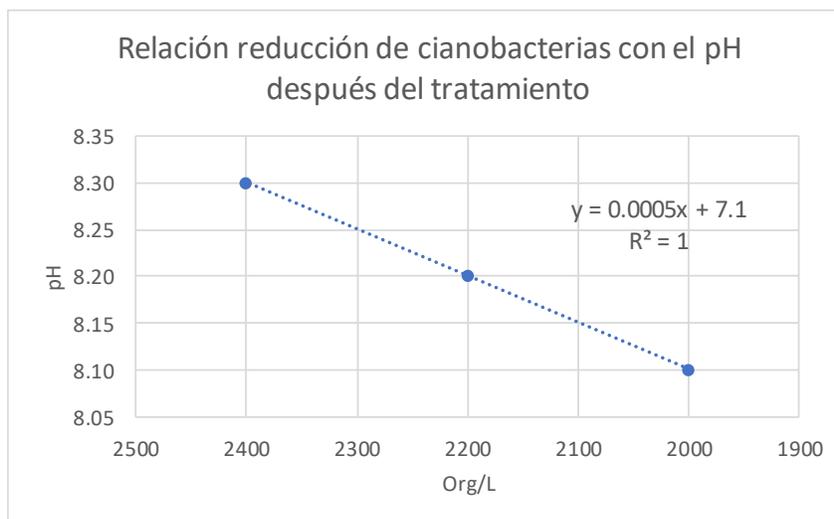
Tabla 31.- Relación entre reducción de cianobacterias y el pH

Relación reducción de cianobacterias con el pH después del tratamiento		
Código	Cantidad de Cianobacterias Org/L	pH
Muestra 1	2000	8.1
Muestra 2	2200	8.2
Muestra 3	2400	8.3

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 31, nos demuestra los valores de la población de cianobacterias Org/l. en su estado final (t=15min) y los valores obtenido de pH para todas las muestras. Estas serán de base para saber si existe correlación entre el numero cianobacterias v el parámetro de pH.

Gráfico 14.- Relación reducción de cianobacterias con el pH después del tratamiento



**Fuente:** elaboración propia.

El factor de correlación  $R^2$  es igual a 1 y el factor de Pearson; el cual podemos decir que si existe correlación lineal positiva y con poca variación (coeficiente=0.0005); por tanto, a medida que se reduce las Cianobacterias debería reducirse el pH.

**Tabla 32.- Correlaciones entre cianobacterias y pH**

Correlaciones			
		Pob_después	pH
Pob_después	Correlación de Pearson	1	1,000**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	3	3
pH	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	3	3

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

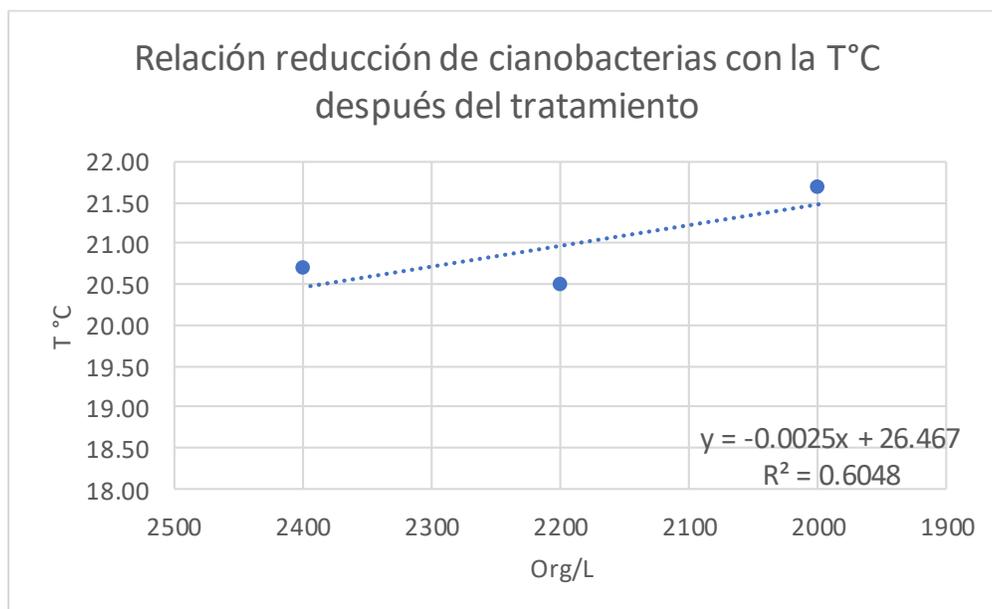
**Tabla 33. Relación entre reducción de cianobacterias y temperatura °C**

Relación reducción de cianobacterias con la T°C después del tratamiento		
Código	Cantidad de cianobacterias Org/L	Temperatura T°C
Muestra 1	2000	21.7
Muestra 2	2200	20.5
Muestra 3	2400	20.7

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 33, nos demuestra los valores de la población de cianobacterias Org/l. en su estado final (t=15min) y los valores obtenido de Temperatura para todas las muestras. Estas serán de base para saber si existe correlación entre el numero cianobacterias y el parámetro de T °C.

**Gráfico 15.- Relación de cianobacterias con la temperatura después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia

El factor de correlación R2 es igual a 0.6048 y el factor de Pearson -0.778; el cual podemos decir que si existe correlación lineal significativa y negativa, con poca variación (coeficiente=0.0025); por tanto, a medida que se reduce las Cianobacterias debería aumentar la temperatura

**Tabla 34.- Correlaciones entre cianobacterias y temperatura**

Correlaciones			
		Pob_despues	Temperatura
Pob_despues	Correlación de Pearson	1	-0.778
	Sig. (bilateral)		0.433
	N	3	3
Temperatura	Correlación de Pearson	-0.778	1
	Sig. (bilateral)	0.433	
	N	3	3

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

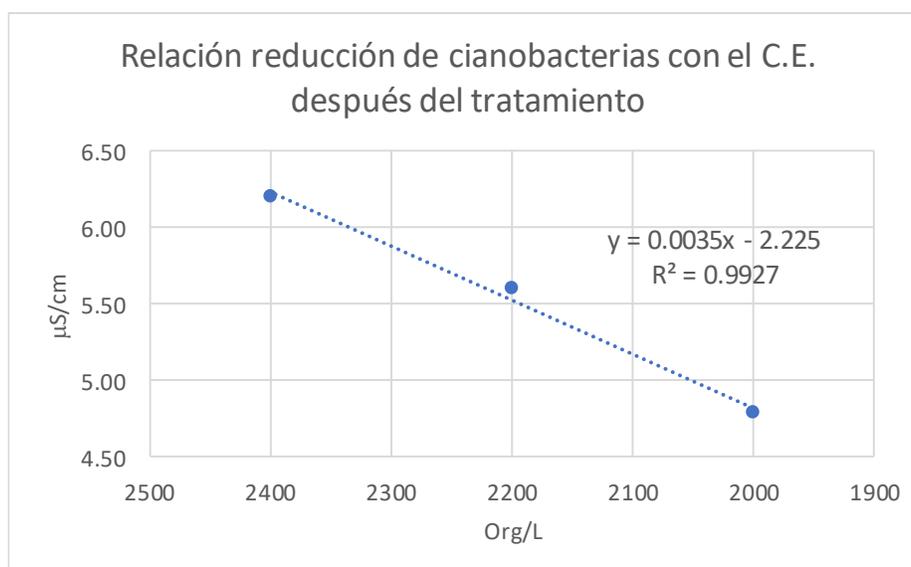
**Tabla 35. Relación entre la reducción de cianobacterias y la C.E**

Relación reducción de cianobacterias con el C.E. después del tratamiento		
Código	Cantidad de cianobacterias Org/L	C.E us/cm
Muestra 1	2000	4.8
Muestra 2	2200	5.6
Muestra 3	2400	6.2

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 35, nos demuestra los valores de la población de cianobacterias Org/l. en su estado final (t=15min) y los valores obtenido de Conductividad eléctrica para todas las muestras. Estas serán de base para saber si existe correlación entre el numero cianobacterias y el parámetro de CE ( $\mu\text{S/cm}$ )

**Gráfico 16.- Relación reducción de cianobacterias con el CE después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

El factor de correlación  $R^2$  es igual a 0.9927 y el factor de Pearson 0.997; el cual podemos decir que, si existe correlación lineal significativa y positiva, con poca variación (coeficiente=0.0035); por tanto, a medida que se reduce las Cianobacterias debería disminuir la Conductividad eléctrica.

**Tabla 36.- Correlaciones entre cianobacterias y CE**

Correlaciones			
		Pob_despues	CE
Pob_despues	Correlación de Pearson	1	0.997
	Sig. (bilateral)		0.052
	N	3	3
CE	Correlación de Pearson	0.997	1
	Sig. (bilateral)	0.052	
	N	3	3

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

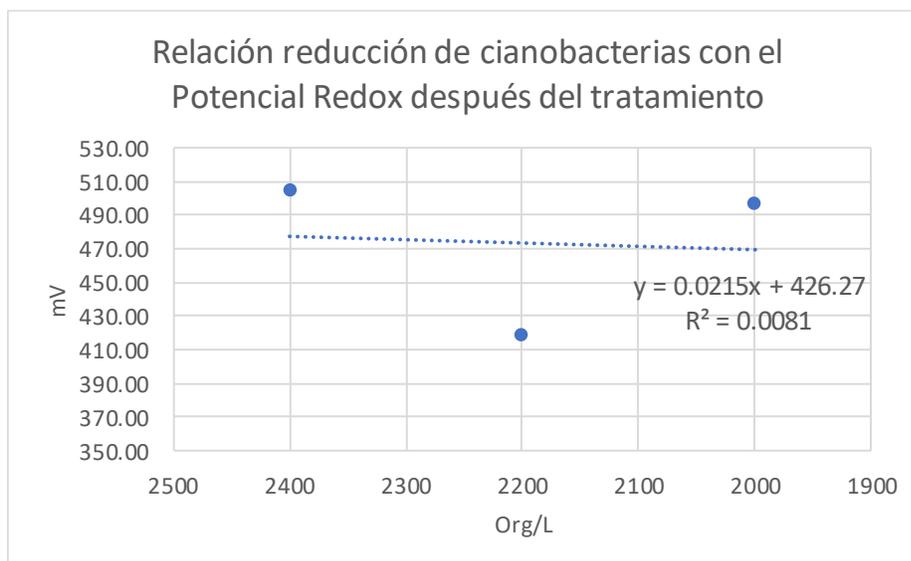
**Tabla 37. Relación entre la reducción de cianobacterias y potencial redox**

Relación reducción de cianobacterias con el mv después del tratamiento		
Código	Cantidad de cianobacterias Org/l	Potencial redox mv
Muestra 1	2000	496.7
Muestra 2	2200	418.7
Muestra 3	2400	505.3

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 37, nos demuestra los valores de la población de cianobacterias Org/l. en su estado final (t=15min) y los valores obtenido de Potencial Redox para todas las muestras. Estas serán de base para saber si existe correlación entre el número cianobacterias y el parámetro de Potencial Redox (mv)

**Gráfico 17.- Relación reducción de cianobacterias con el Potencial Redox después del tratamiento**



**Fuente:** elaboración propia.

El factor de correlación R2 es igual a 0.0081 y el factor de Pearson 0.09; el cual podemos decir que, no existe correlación lineal a medida que se reduce la cantidad de Cianobacterias y el Potencial Redox

**Tabla 38.- Correlaciones entre cianobacterias y potencial redox**

Correlaciones			
		Pob_despues	POT_REDOX
Pob_despues	Correlación de Pearson	1	0.090
	Sig. (bilateral)		0.943
	N	3	3
POT_REDOX	Correlación de Pearson	0.090	1
	Sig. (bilateral)	0.943	
	N	3	3

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

### 3.6.- RELACIÓN ENTRE REDUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS Y LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

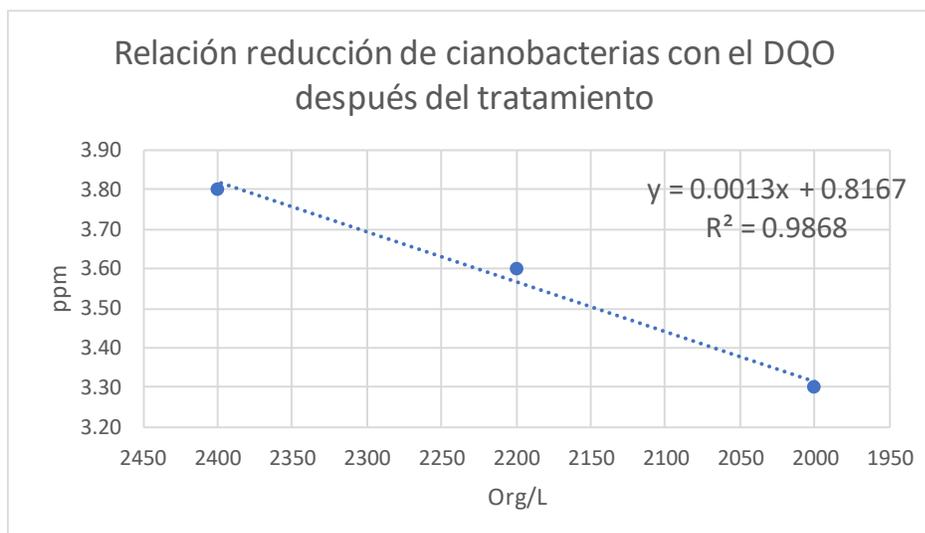
**Tabla 39. Relación entre la reducción de cianobacterias con el DQO**

Relación reducción de cianobacterias con el DQO después del tratamiento		
Código	cantidad de cianobacterias Org/L	DQO ppm
Muestra 1	2000	3.3
Muestra 2	2200	3.6
Muestra 3	2400	3.8

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 39, nos demuestra los valores de la población de cianobacterias Org/l. en su estado final (t=15min) y los valores obtenido de Demanda Química de Oxígeno para todas las muestras. Estas serán de base para saber si existe correlación entre el número cianobacterias y el parámetro de DQO (ppm).

**Gráfico 18.- Relación reducción de cianobacterias con el DQO después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

El factor de correlación R2 es igual a 0.9868 y el factor de Pearson 0.993; el cual podemos decir que, si existe correlación lineal significativa y positiva, con poca

variación (coeficiente=0.0013); por tanto, a medida que se reduce las Cianobacterias debería disminuir la Demanda Química de Oxígeno.

**Tabla 40.- Correlaciones entre cianobacterias y DQO**

Correlaciones			
		Pob. Después	DQO
Pob. Después	Correlación de Pearson	1	0.993
	Sig. (bilateral)		0.073
	N	3	3
DQO	Correlación de Pearson	0.993	1
	Sig. (bilateral)	0.073	
	N	3	3

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

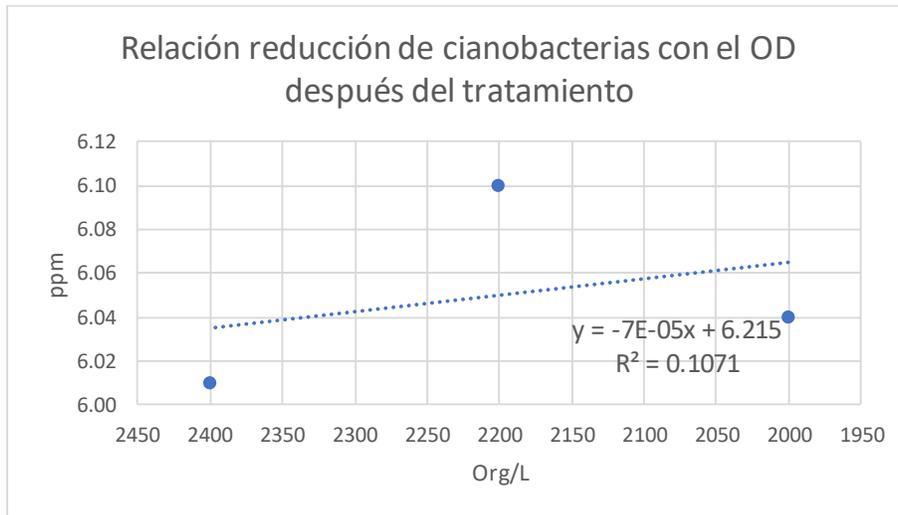
**Tabla 41. Relación entre la reducción de cianobacterias y Oxígeno Disuelto**

Relación reducción de cianobacterias con el OD después del tratamiento		
Código	Cantidad de Cianobacterias Org/L	OD ppm
Muestra 1	2000	6.04
Muestra 2	2200	6.10
Muestra 3	2400	6.01

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 41, nos demuestra los valores de la población de cianobacterias Org/l. en su estado final (t=15min) y los valores obtenido de Oxígeno Disuelto para todas las muestras. Estas serán de base para saber si existe correlación entre el número cianobacterias y el parámetro de OD (ppm).

**Gráfico 19.- Relación reducción de cianobacterias con el OD después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

El factor de correlación R2 es igual a 0.1071 y el factor de Pearson -0.327; el cual podemos decir que, no existe correlación lineal a medida que se reduce la cantidad de Cianobacterias y el Oxígeno Disuelto.

**Tabla 42.- Correlaciones entre cianobacterias y OD**

Correlaciones			
		Pob_despues	OD
Pob_despues	Correlación de Pearson	1	-0.327
	Sig. (bilateral)		0.788
	N	3	3
OD	Correlación de Pearson	-0.327	1
	Sig. (bilateral)	0.788	
	N	3	3

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

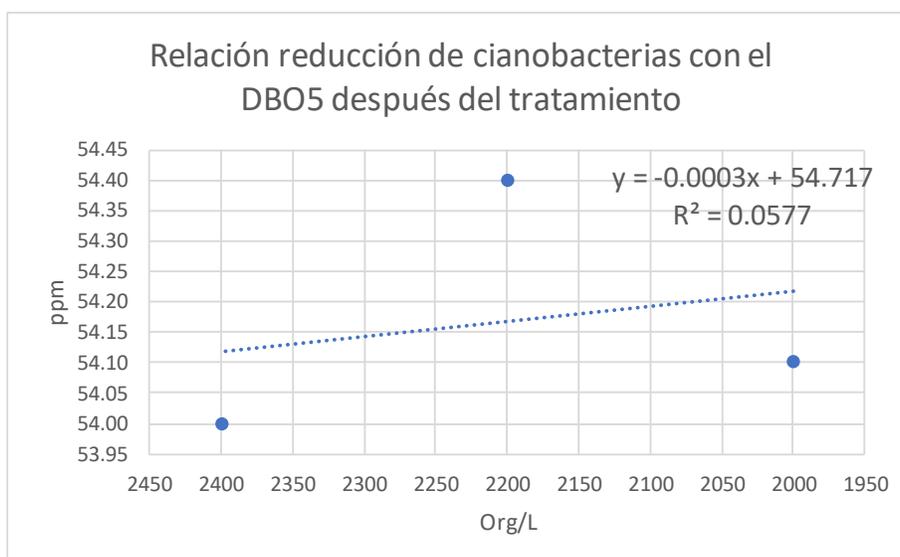
**Tabla 43.- Relación entre la reducción de cianobacterias y el DBO5 después del tratamiento**

Relación reducción de cianobacterias con el DBO5 después del tratamiento		
Código	Cantidad de cianobacterias Org/L	DBO5 ppm
Muestra 1	2000	54.1
Muestra 2	2200	54.4
Muestra 3	2400	54.0

**Fuente:** Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERU

En la tabla 43, nos muestra los valores de la población de cianobacterias Org/l. en su estado final (t=15min) y los valores obtenidos de Demanda Bioquímica de Oxígeno para todas las muestras. Estas serán de base para saber si existe correlación entre el número cianobacterias y el parámetro DBO5 (ppm).

**Gráfico 20.- Relación reducción de cianobacterias con el DBO5 después del tratamiento**



**Fuente:** elaboración propia.

El factor de correlación R2 es igual a 0.0577 y el factor de Pearson -0.240; el cual podemos decir que, no existe correlación lineal a medida que se reduce la cantidad de Cianobacterias y la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

**Tabla 44.- Correlaciones entre cianobacterias y DBO5**

Correlaciones			
		Pob_despues	DBO5
Pob_despues	Correlación de Pearson	1	-0.240
	Sig. (bilateral)		0.846
	N	3	3
DBO5	Correlación de Pearson	-0.240	1
	Sig. (bilateral)	0.846	
	N	3	3

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.7.- RESULTADOS ESTADÍSTICOS

**Tabla 45. Prueba de normalidad de variables propiedades físicas de las muestras de las aguas de los Humedales de Villa, antes y después de la aplicación de la Nanotecnología con Ozono.**

	Shapiro Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
PH inicial	1,00	3	1,00
Conductividad Eléctrica inicial	,997	3	,900
Potencial Redox inicial	,809	3	,136
Temperatura T°C inicial	,893	3	,363
Ph final	,971	9	,907
Conductividad Eléctrica final	,916	9	,360
Potencial Redox final	,896	9	,230
Temperatura T°C final	,924	9	,422

Mayor a  $\alpha=0.05$

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 46.- resultados de normalidad spss 24 propiedades físicas**

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ph_Inicial	0.175	3		1.000	3	1.000

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH_final	0.161	9	,200*	0.971	9	0.907
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T_inicial	0.314	3		0.893	3	0.363
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T_final	0.196	9	,200*	0.924	9	0.422
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE_inicial	0.191	3		0.997	3	0.900
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE_final	0.191	9	,200*	0.916	9	0.360
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PR_Inicial	0.360	3		0.809	3	0.136
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PR_final	0.229	9	0.192	0.896	9	0.230
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 47. Prueba de normalidad de variables propiedades químicas de las muestras de las aguas de los Humedales de Villa, antes y después de la aplicación de la Nanotecnología con Ozono.**

	Shapiro Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DQO inicial	,871	3	,298
DQO final	,856	9	,087
OD inicial	,999	3	,935
OD final	,882	9	,163
DBO inicial	,987	3	,780
DBO final	,832	9	,047

Mayor a  $\alpha=0.05$

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 48.- Resultados de Normalidad SPSS 24 Propiedades Químicas**

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO_inicial	0.328	3		0.871	3	0.298
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO_final	0.206	9	,200*	0.856	9	0.087
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
OD_inicial	0.182	3		0.999	3	0.935
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
OD_final	0.185	9	,200*	0.882	9	0.163
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO5_inicial	0.219	3		0.987	3	0.780
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO5_final	0.213	9	,200*	0.832	9	0.047
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 49. Prueba de normalidad de variables población de cianobacterias de las muestras de las aguas de los Humedales de Villa, antes y después de la aplicación de la Nanotecnología con Ozono.**

	Shapiro Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Cianobacterias inicial	,987	3	,780
Cianobacterias final	,921	9	,396

Mayor a  $\alpha=0.05$

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 50.- Resultados de Normalidad SPSS 24 Población de Cianobacterias**

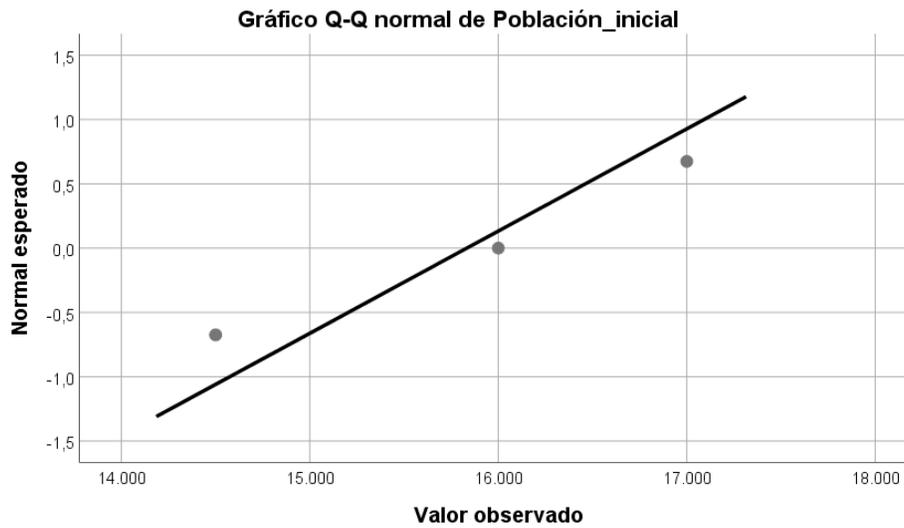
Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Población_inicial	0.219	3		0.987	3	0.780
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Población_final	0.222	9	,200*	0.921	9	0.396
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

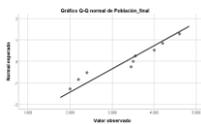
**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

**Gráfico 21.- Q-Q normal de Población Inicial**



**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

**Gráfico 22.- Q-Q normal de Población Final**



**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

En el estudio de normalidad de las variables se detalla los resultados de la significancia estadística con la prueba de Shapiro Wilk, siendo las muestras iniciales y finales la significancia estadística mayores a  $\alpha=0.05$ , por lo que se concluye que la distribución es normal.

### 3.8.- CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Por lo escrito anteriormente, se empleará la prueba paramétrica T-Student para la contrastación de hipótesis.

**Tabla 51.- Propiedades físicas antes y después del tratamiento**

	Propiedades físicas			
	Estadístico	Antes (n=3)	Después (n=3)	T – Student
pH	Media	7,5	8,23	t=33,494
	Desv. Tip.	,40	,22	p=0,00
Conductividad Eléctrica	Media	5,23	5,40	t=-8,824
	Desv. Tip.	,55	,15	p=0,00
Potencial redox	Media	276,3	437,06	t=15,179
	Desv. Tip.	35,01	49,42	p=0,00
T°C	Media	21,5	20,90	t=55,517
	Desv. Tip.	,529	1,27	p=0,00

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 52.- Resultados de Prueba t-Student SPSS 24 Propiedades físicas**

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Ph	33.494	11	0.000	4.05000	3.7839	4.3161

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Temperatura	55.517	11	0.000	17.05000	16.3740	17.7260

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CE	8.824	11	0.000	1.35000	1.0132	1.6868

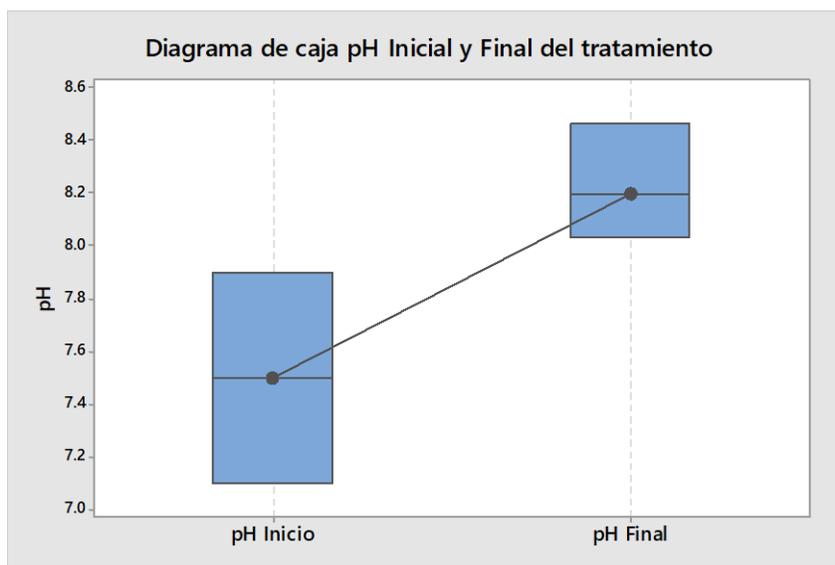
Fuente: Elaboración propia SPSS 24

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PR	15.179	11	0.000	392.87500	335.9083	449.8417

Fuente: Elaboración propia SPSS 24

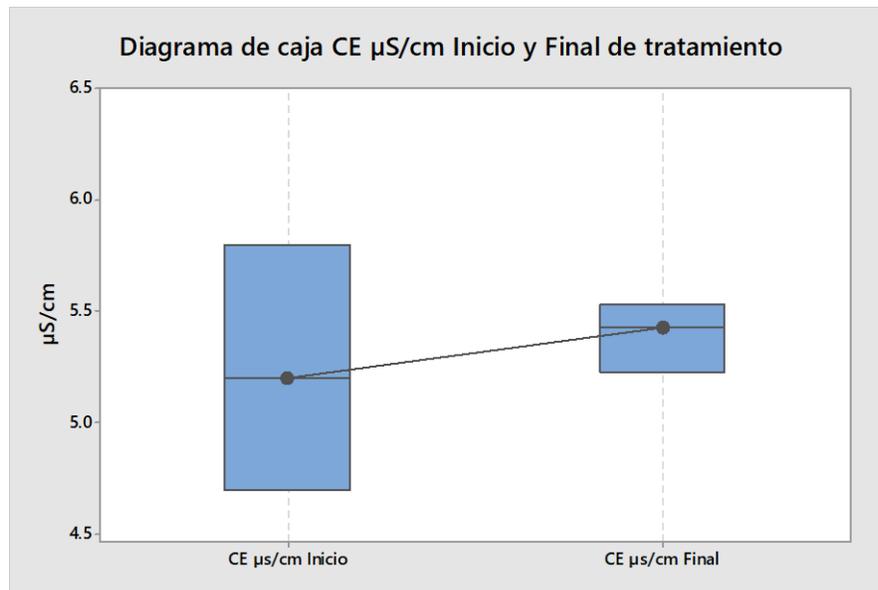
Los valores de las propiedades físicas de las muestras en las aguas de los Humedales de Villa antes y después del tratamiento, demostrando que en todos los casos el valor de significancia fue menor  $\alpha=0.05$  se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis específica, además existió una diferencia significativa en las medias de las propiedades físicas antes y después del tratamiento, por lo cual concluye que el tratamiento con la Nanotecnología con Ozono si tiene efectos significativos en las propiedades físicas.

**Figura 8. pH inicial y final después del tratamiento**



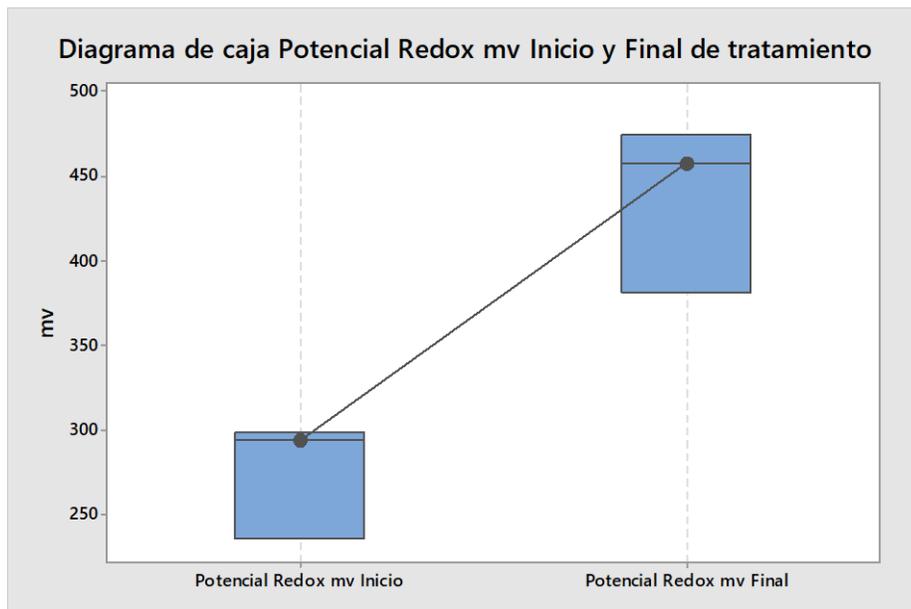
Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Figura 9. C.E. inicial y final después del tratamiento**



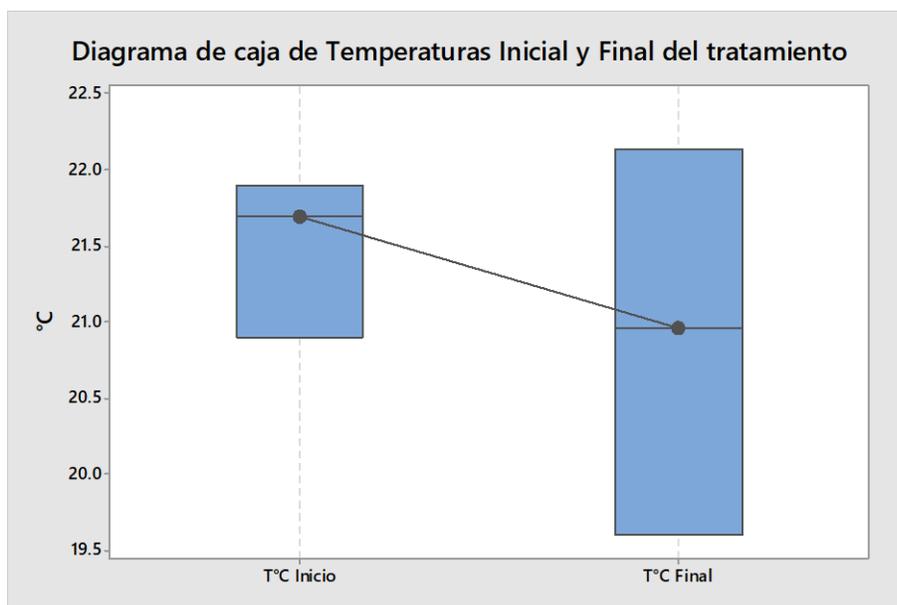
Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Figura 10. Potencial redox inicial y final después del tratamiento**



Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Figura 11. T°C inicial y final después del tratamiento**



Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 53. Propiedades químicas antes y después del tratamiento**

	Propiedades químicas			
	Estadístico	Antes (n=3)	Después (n=3)	T – Student
DQO	Media	101,3	6,66	t=2,125
	Desv. Tip.	3,21	3,18	p=0,057
Oxígeno Disuelto	Media	1,41	5,47	t= 6,583
	Desv. Tip.	,08	,64	p=0,00
DBO5	Media	172,6	67,15	t= 6,36
	Desv. Tip.	2,51	13,54	p= 0,00

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 54.- Resultados de Prueba t-Student SPSS 24 Propiedades Químicas**

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
DQO	2.125	11	0.057	26.32500	-0.9364	53.5864

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
OD_agrupada	9.695	11	0.010	0.46167	-0.7445	1.6679

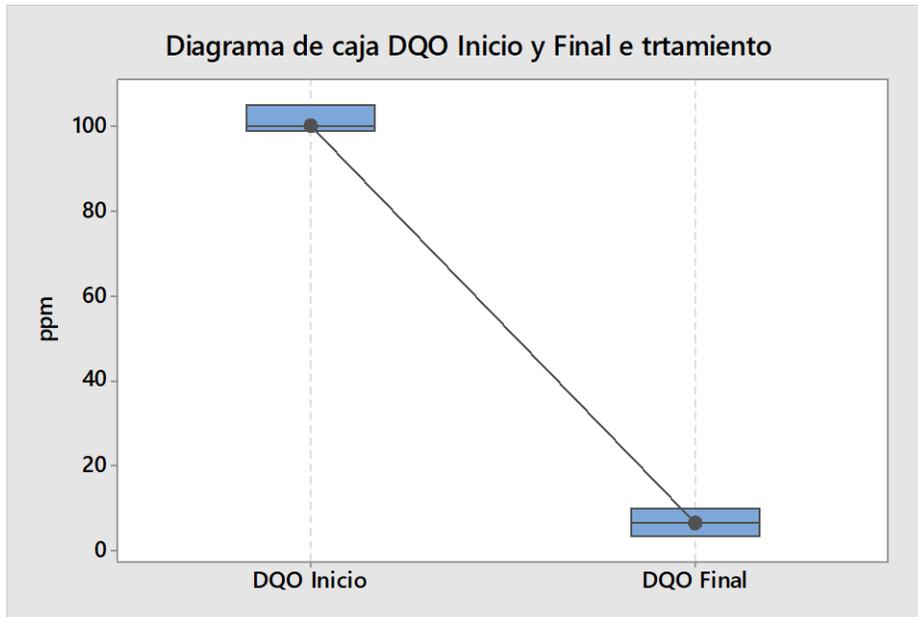
**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
DBO5	6.360	11	0.000	89.53333	58.5470	120.5197

**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

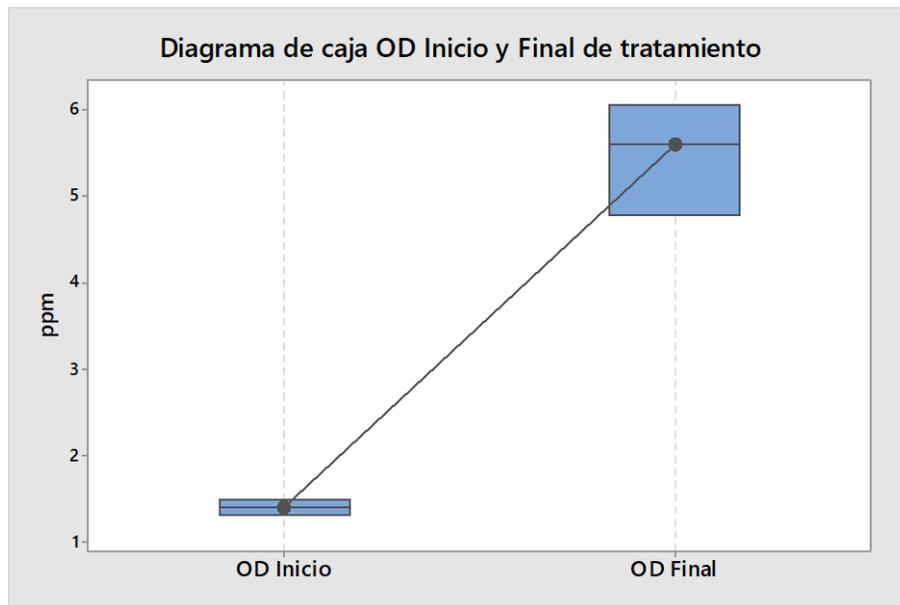
Los valores de las propiedades químicas de las muestras en las aguas de los Humedales de Villa antes y después del tratamiento, demostrando que en todos los casos el valor de significancia fue menor  $\alpha=0.05$  se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis específica, además existió una diferencia significativa en las medias de las propiedades químicas antes y después del tratamiento, por lo cual concluye que el tratamiento con la Nanotecnología con Ozono si tiene efectos significativos en las propiedades físicas.

**Figura 12. DQO inicial y final después del tratamiento**



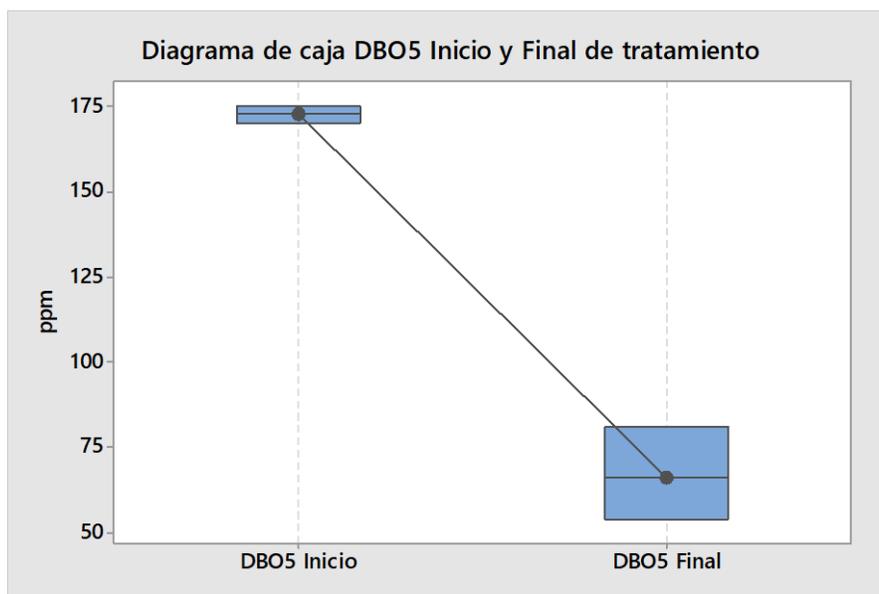
Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Figura 13. Oxígeno Disuelto inicial y final después del tratamiento**



Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Figura 14. Demanda Bioquímica de Oxígeno inicial y final después del tratamiento**



Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 55.- Población de cianobacterias antes y después del tratamiento**

		Población de cianobacterias		
		Estadístico	Antes (n=3)	Después (n=3)
Cianobacterias inicial	Media	15833,33	3322,22	t= 3,892
	Desv. Tip.	1,258,306	1044,89	p= ,003

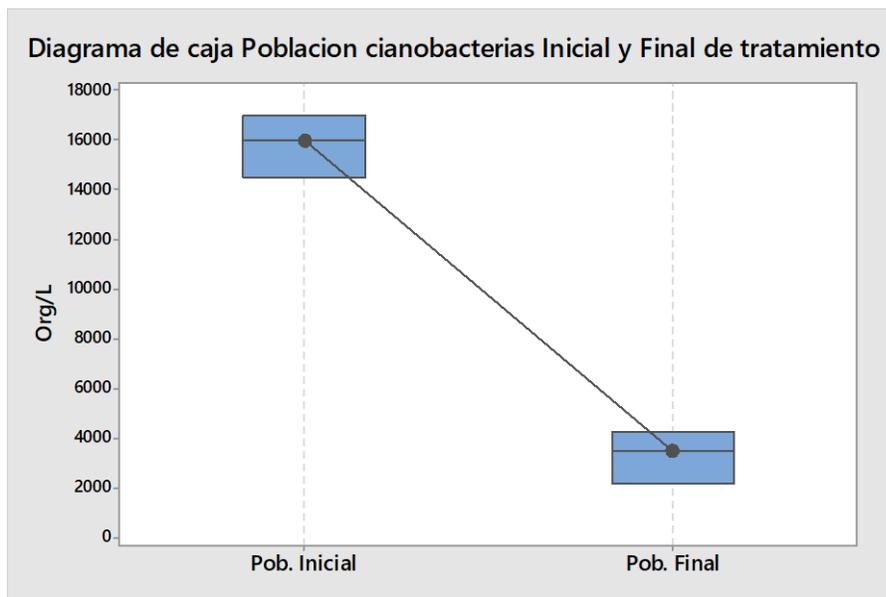
Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Tabla 56.- Resultados de Prueba t-Student SPSS 24 Población**

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Población_final	3.892	11	0.003	6446.00000	2800.2290	10091.7710

Fuente: Elaboración propia SPSS 24

**Figura 15. Población de cianobacterias inicial y final después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia SPSS 24

Los valores de la población de cianobacterias de las muestras en las aguas de los Humedales de Villa antes y después del tratamiento demuestra que en todos los casos el valor de significancia fue menor  $\alpha=0.05$  se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis específica, además existió una diferencia significativa en las medias de la población de cianobacterias antes y después del tratamiento, por lo cual concluye que el tratamiento con la Nanotecnología con Ozono si tiene efectos significativos en la reducción de cianobacterias.

#### IV. DISCUSIÓN

En este capítulo se presentará las discusiones de los resultados obtenidos a través de los análisis realizados en el laboratorio Lc Ingeniería Consultoría y Asesoría del Perú., comparándolos con las teorías relacionadas y estudios previos bibliográficos con, así:

- Se aplicó la Nanotecnología en los Humedales de Villa, Chorrillos y al cabo de 15 minutos las nanoburbujas con ozono empezaron a atrapar las cianobacterias existiendo una reducción de éstas y aumentando el Oxígeno Disuelto. Según Morikawa (2016) el tratamiento y transferencia tecnológica para la recuperación del agua usando la nanotecnología, se ha obtenido que las burbujas atrapan e inmovilizan las bacterias y virus que terminan por destruirlas y evaporarlas.
- En la presente investigación se obtuvo resultados favorables aplicando la Nanotecnología con Ozono en los Humedales de Villa. Se considera un aporte importante para la ciencia, para la recuperación y conservación de la biodiversidad. Según Morikawa (2017) apostó por la recuperación de Humedales, lagos y lagunas en todo el Perú mediante la nanotecnología, esto debido a las bacterias producidas por los diferentes tipos de contaminantes;
- Al aplicar la Nanotecnología con Ozono en las muestras de agua en los Humedales de Villa, se tiene como resultado que la población se reduce a medida que se incrementa el tiempo de acción del burbujeo con ozono a las muestras obtenidas en los pantanos de Villa, pasando de un estado inicial (0 min) de 15883 Org/l a un estado final promedio de 3322 Org/l. Según (Astudillo 2017) la utilización de nano burbujas de ozono para la descontaminación del agua es una técnica que controla y manipula la materia a niveles de escala atómica. Debido que el ozono es 51 veces más efectivo que el cloro. Se deduce que el ozono puede llegar a eliminar el 99,9% de las bacterias.

- La reducción de DBO5 en los resultados que se obtuvo después del tratamiento: el promedio de 5 min es: 81.2ppm, promedio de 10 min es 61.1 ppm y promedio de 15 min es de 54.1 ppm; con una muestra inicial nula. Esto debido conforme a según Agarwal (2011) explica que las burbujas de ozono que se producen a una presión entre 304 – 1013 KPa en una concentración entre 0,5 y 5 mg/l; produce radicales libres de tamaño, esto quiere decir que los radicales libres dan como resultado un medio ideal para la desinfección de contaminantes en el agua.

## V. CONCLUSIONES:

- Se concluye que la población inicial de cianobacterias antes del tratamiento fue de 16000, 14500 y 17000 Org/L, después de la aplicación de la Nanotecnología con Ozono se tiene como resultado en la muestra 1 un promedio de 3167 Org/L con un porcentaje de reducción de 80%. En la muestra 2 tiene como resultado una población final un promedio de 3317 Org/L con un porcentaje de reducción de 77% y finalmente la muestra 3 tiene como resultado final un promedio de 3483 Org/L y con un porcentaje de reducción de 79%.
- Los datos iniciales del DQO antes de realizar el tratamiento con la Nanotecnología con Ozono en la muestra 1 fue de 100ppm, en la muestra 2 fue de 105 ppm y en la muestra 3 fue de 99 ppm demostrando que el agua de los humedales tiene un alto nivel de contaminación; después del tratamiento el DQO disminuyó en la muestra 1 a los 5 min en 10 ppm, a los 15 min en 3.3 ppm; en la muestra 2 se obtuvo como resultado 105 ppm y se redujo el DQO a los 5 min en 9.8 ppm y a los 15 min 3.6 ppm; en la muestra 3 se obtuvo como resultado inicial 99 ppm y se redujo el DQO a los 5 min en 10 ppm y a los 15 min 3.8 ppm.
- Con los datos que se obtuvo inicialmente, se puede decir que el DQO, Oxígeno Disuelto y DBO5 en las aguas de los Humedales de Villa, están fuera de los Estándares Calidad Ambiental dadas por el D.S.N° 002 – 2008 MINAM, en el anexo I de los estándares nacionales de calidad para un agua de categoría 4 (conservación del ambiente acuático).
- El Oxígeno Disuelto inicial antes del tratamiento en la muestra 1 fue de 1.41 ppm después del tratamiento a los 5 min aumentó a 4.77 ppm y a los 15 min 6.04 ppm, en la muestra 2 antes del tratamiento fue de 1.50 ppm, después del tratamiento a los 5 min aumentó 4.67 ppm y a los 15 min aumentó a 6.10

ppm y en la muestra 3 se obtuvo 1.33 ppm, después del tratamiento a los 5 min fue de 4.9 ppm y a los 15 min fue de 6.01 ppm

- Los datos iniciales de la Demanda Bioquímica del Oxígeno son en la muestra 1 de 173 ppm, en la muestra 2 170 ppm y en la muestra 3 de 175 ppm, después de aplicar la Nanotecnología con Ozono a partir del min 5 empieza a reducir 81.2ppm, en el min 10 se tiene como resultado 66,4 ppm y en el min 15 se reduce en 54.00 ppm, demostrando una efectividad del tratamiento.
- En las aguas de los humedales de Villa encontramos dos tipos de cianobacterias que están contaminando las aguas, son: *Chroococcus* sp y *Microcystis aeruginosa* sp.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones donde se aplique la Nanotecnología con Ozono con un tiempo mayor a 15 minutos, para determinar si existe más eficiencia.
- Realizar investigaciones donde el tratamiento que se está utilizando logre cumplir los ECA Nacional del Agua para la Categoría IV, para aguas de cuerpos lénticos.
- Se recomienda realizar más estudios sobre las cianotoxinas ya que éstas son producidas por las cianobacterias, utilizando la Nanotecnología con Ozono.
- Realizar investigaciones aplicando la Nanotecnología con Ozono para el tratamiento de aguas para uso doméstico.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUTORIDAD Nacional del Agua. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial. Resolución Jefatural N°182-2011-ANA, 2011.
2. ALVAREZ G. Determinación Analítica de Detergentes en las Aguas de los Pantanos de Villa, 2016.
3. ARANDA A. “Testimonios sobre los Pantanos de Villa”, Lima: Ediciones Alternativa. pp. 51-71, 1998.
4. AROCENA C. Métodos en Ecología de Aguas Continentales, Montevideo. 233 pp. 1999.
5. BARBIER A. y Knowler, D. Valoración económico de los humedales- Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar. Gland, Suiza, 1997.
6. BAIN M. & Stevenson. Aquatic habitat assessment: common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 1999.
7. BENITES J. Diagnóstico del Estado Situacional de la Gestión de los Humedales Ramsar. Ministerio del Ambiente, Perú, 2010.
8. BECERRA E. Procesos biológicos aplicados al tratamiento de aguas residual. La Habana – Cuba, 2000.
9. BERNAL L. Análisis Evaluativo Técnico y económico entre tres Plantas de Aguas Residuales: Dos para Tratamiento de Agua doméstica y una para Tartamiento de Agua Industrial, 2010.
10. BIOQUAL. Servicio de apoyo operativo para la elaboración de la Línea Base General para la Estrategia Nacional de Humedales, consultoría realizada para el Ministerio de Ambiente, Perú, 2012.
11. BLANCO D. “Los Humedales como Hábitat de Aves Acuáticas” (en línea) Unesco. Portal de ciencias ambientales, 2000.
12. CANO A. y Young “Los Pantanos de Villa, biología y conservación” Lima: UNMSM, Museo de Historia Natural. pp. 20-50, 1998.
13. CASTRO E. y Ortega. Ictiofauna de los Pantanos de Villa: composición, abundancia y aspectos ecológicos. 75-84. En: Cano A. y K.R. Young (Eds.).

- Los Pantanos de Villa. Biología y Conservación. Serie de Divulgación N° 11. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1998.
14. CENTRO de Datos para la Conservación (CDC). “Propuesta para la Designación de Cuatro Nuevos Sitios RAMSAR”. Ficha técnica: Zona reservada los Pantanos de Villa. UNALM. Lima. Perú. pp.2-30, 1996.
  15. COMISIÓN Técnica Multisectorial Autoridad Nacional del Agua, Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú, 2009.
  16. COSTA J. Diccionario de Química Física. 1 era edición. Ediciones Díaz de Santos. España. 893 p. 2005.
  17. DELGADILLO O., Camacho A., Pérez L., Andrade M. “Depuración de Aguas Residuales por medio de Humedales Artificiales” (en línea). Portal del Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua, 2010.
  18. DIGESA. “Pantanos de Villa”. Vigilancia de la calidad de los Recursos Hídricos – Registro de datos. Ministerio de Salud. Lima- Perú, 2005.
  19. DIGESA. “Pantanos de Villa”. Vigilancia de la calidad de los Recursos Hídricos – Registro de datos. Ministerio de Salud. Lima- Perú, 2006.
  20. DIGESA. “Pantanos de Villa”. Vigilancia de la calidad de los Recursos Hídricos – Registro de datos. Ministerio de Salud. Lima- Perú, 2007.
  21. DIGESA. “Pantanos de Villa”. Vigilancia de la calidad de los Recursos Hídricos – Registro de datos. Ministerio de Salud. Lima- Perú, 2008.
  22. D.S. n° 036-89 PCM Elaboración de la Estrategia Nacional de la Conservación; Presidencia del Consejo de Ministros.
  23. EPA. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual, 1997.
  24. FALCON, A. Bioelectricidad Biotecnología, 2009.
  25. FERNANDA, A. Nanoburbujas de Ozono para esterilizar el agua. Chile, 2007.
  26. GUILLE A. Diversidad protozoológica de los Pantanos de Villa, Chorrillos – Lima, 2002.
  27. GUILLÉN G. “Diversidad Protozoológica de los Pantanos de Villa, Chorrillos. Lima-Perú”. Tesis de licenciatura en Biología. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela de Ciencias Biológicas. pp.58-67, 2002.

- 28.INGENIERÍA De Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y reutilización Metcalf & Eddy, Inc.; Tercera Edición Madrid, 1995.
- 29.LEY N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, 1997.
- 30.LEY N° 26839, Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, 1997.
- 31.LEY N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, 1997.
- 32.LEY N° 28611, Ley General del Ambiente, 2008.
- 33.MINISTERIO de Agricultura, Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales en el Perú. Programa de Conservación y Desarrollo Sostenible de los Humedales, Perú, 1996.
- 34.MASÍAS B., Tesis sobre los Pantanos de Villa, Lima, 2016.
- 35.MINAG/INRENA. Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales en el Perú. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Recursos Naturales, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN. Programa de Conservación y Desarrollo Sostenido de Humedales. Primera Edición. Perú, 1996.
- 36.MINISTERIO de Agricultura, “Zona Reservada de los Pantanos de Villa. Propuesta para su designación como sitio Ramsar” INRENA. Lima –Perú, 1996.
- 37.MINISTERIO del Ambiente “Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua”. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, 2015.
- 38.MINISTERIO del Ambiente “Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua”. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, 2015.
- 39.MORIKAWA M. “Tratamiento y Transferencia Tecnológica para la Recuperación del Agua y Conservación del Medio Ambiente en el Humedal El Cascajo” en la República del Perú, 2012.
- 40.NANO and the Enviroment. Nanotecnología, innovación tecnológica y transformación social en Europa. Bruselas, 2006.
- 41.RAMSAR, “¿Qué son los Humedales?” Documento informativo Ramsar N° 1 (en línea) Portal de la convención de los humedales, 2007.

42. RAMSAR Sites in Order of their Addition to the Ramsar List of Wetlands of International Importance” Ramsar. Portal de la convención Ramsar, 2012.
43. RAMSAR Convention Secretariat, “Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales” 6ª edición. Suiza: Secretaria de la Convención Ramsar. pp. 15-23, 2013.
44. SÁNCHEZ Ó. “Ecosistemas Acuáticos: Diversidad, Procesos, Problemática y Conservación”. Los escenarios acuáticos. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México pp. 11-36, 2008.
45. SALAS H. “Curso de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales” – República Dominicana (en línea). Organización mundial de la salud. Portal del Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente, 1996.
46. SERNANP. “Compendio de los Análisis de la Calidad del Agua por Fenómeno de Coloración Rojiza en Espejo de Agua Ubicado en la Zona de Amortiguamiento del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa” Ministerio del 86 ambiente. Lima. pp. 10-15. Secretariat Ramsar. “Terminología Empleadas Corrientemente por la Convención de Ramsar” (en línea) Portal de la convención de los humedales RAMSAR, 2010.
47. SHOOBRIDGE D. Perfil de Área Protegida, Perú. Zona Reservada Pantanos de Villa. Parks Watch, 2005.
48. SARMIENTO L., y Morales. Protozoarios, turbelarios y nematodos de los Pantanos de Villa, Lima, Perú: su importancia en el ecosistema, 1998.
49. SECRETARÍA de la Convención Ramsar. Uso racional de los humedales; conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales. Manual Ramsar para uso racional de los humedales, 4º edición, vol. 2 Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza), 2010.
50. SECRETARIA de la Convención Ramsar, Políticas Nacionales de Humedales Elaboración y aplicación de Políticas Nacionales de Humedales, Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4º edición, vol 2. Secretaría de la Convención Ramsar, Gland Suiza, 2010.
51. STANDARD Methods for the Examination of Water & Wastewater”. 20 Ed. American Public Health Association. APHA. 2540 C, 1998.

52. UNIVERSITY of Arizona Open Repository Ozonización con burbujas ultrafinas para el tratamiento de agua, 2017.
53. VALVERDE, Centro de Investigación y Capacitación para el desarrollo Regional. Lima, 2017.
54. WESTALL J., Chen H. y Zhang W., Brownawell B. "Sorption of linear alkylbenzenesulfonates on sediment materials". Environmental Science Technology, Volumen 33, número 18, pp. 3110-3118, 1999.

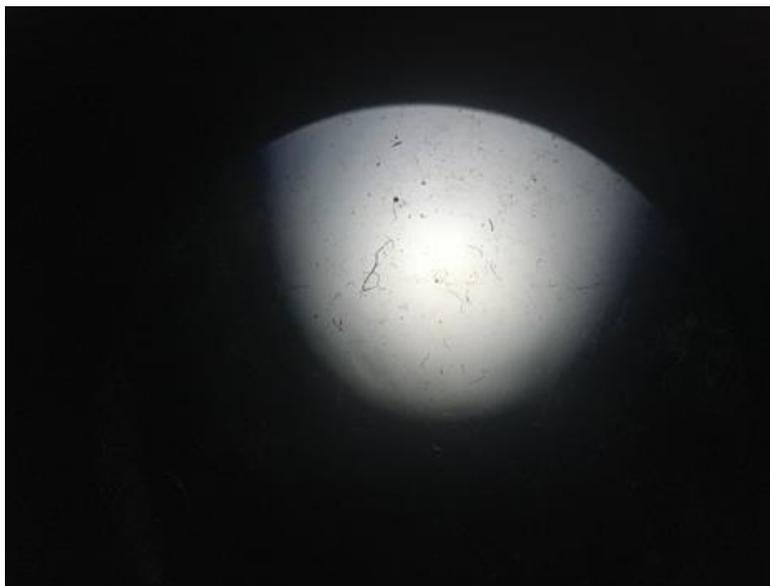
## VIII. ANEXOS

**Figura 16. Toma de muestras 4 en la Laguna La Pampa.**



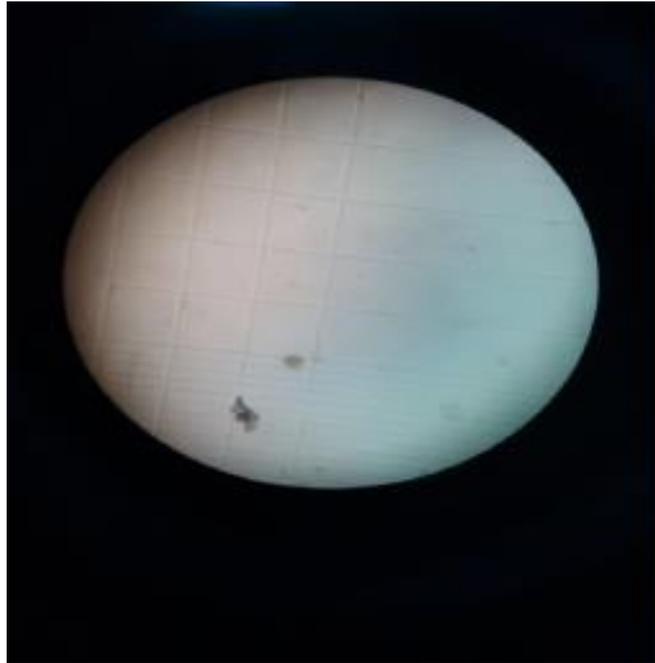
**Fuente: Elaboración propia (2017)**

**Figura 17. Vista de cianobacterias desde el microscopio antes del tratamiento**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 18. Vista de cianobacterias desde el microscopio después del tratamiento**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 19. Multiparámetro Modelo PL-700AL.**



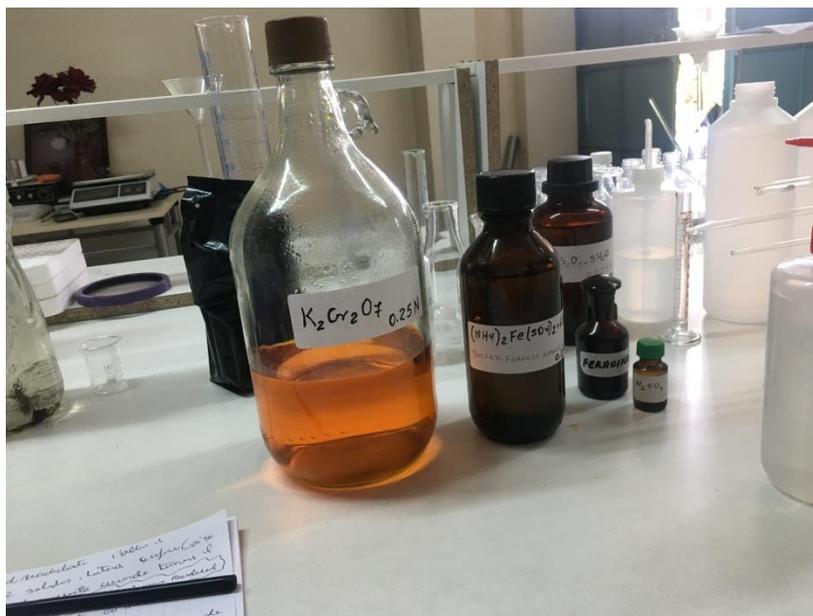
**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 20. Equipo para medir la Turbidez Modelo TUB-430**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 21. Reactivos que se utiliza para medir DQO.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 22. Termoreactor para calentar las muestras.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 23. Utilizando el indicador ferroina en el matraz con la muestra.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 24. Titulación con sulfato ferroso amoniacal.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 25. Muestras en el winkler para determinar el Oxígeno Disuelto.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 26. Muestras con alcalí de yoduro y ácido sulfúrico.**



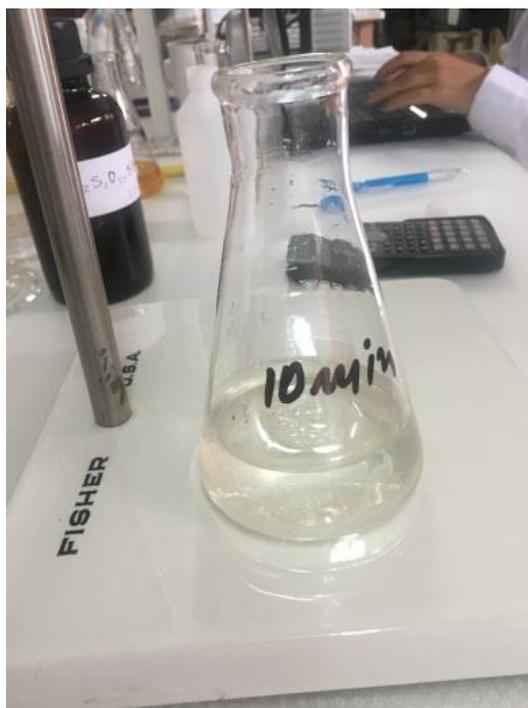
**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 27. Uso del almidón en la prueba de OD.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 28. Uso del tiosulfato para la muestra.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 29. Winkler para prueba de DBO5**



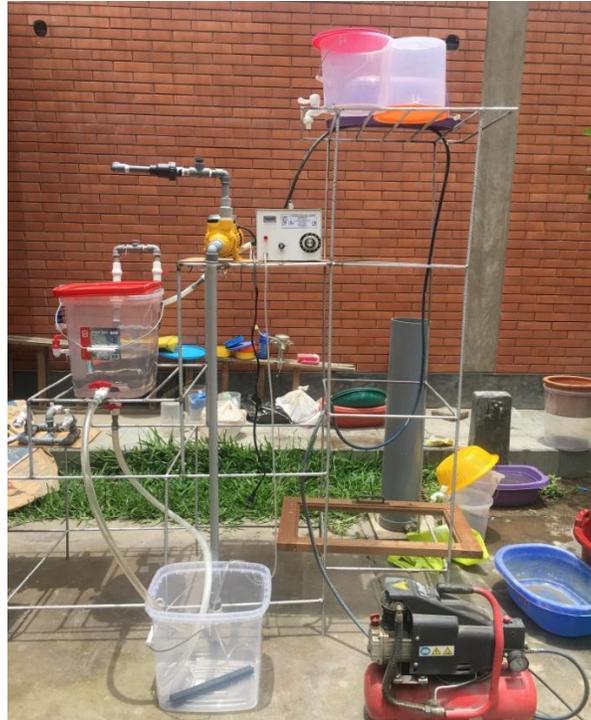
**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 30. Caja para mantener la muestra durante 5 días a 20°C de temperatura.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 31. Equipo de Nanotecnología con ozono para el tratamiento de Los Humedales de Villa.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 32. Llenado del recipiente con la muestra de los Humedales de Villa.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 33. Aireación de la muestra antes del tratamiento.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C  
(2017)**

**Figura 34. Generación de burbujas en el agua.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 35. Toma de la primera muestra del post tratamiento.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 36. Toma de muestras en los 3 tiempos para su posterior análisis.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**Figura 37. Equipo en funcionamiento de la Nanotecnología con ozono para tratamiento de las Aguas de los Humedales de Villa.**



**Fuente: LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C (2017)**

**ANEXO N° 01**

ETIQUETA PARA MUESTRAS DEL HUMEDAL DE VILLA, CHORRILLOS				
Nombre de la muestra				
Denominación del punto de muestreo				
N° de muestra				
Fecha y hora				
Parámetros fisicoquímicos	Temperatura	pH	Conductividad Eléctrica	Potencial Redox
Otros parámetros				
Operador del muestreo				

Fuente: Ficha adaptada del protocolo de monitoreo D.S. 003 – 2010 Ministerio de Vivienda

**ANEXO N° 02**

UBICACIÓN DE PUNTO DE MUESTREO		
Nombre del punto de muestreo		
Ubicación del punto de muestreo		
Localidad	Distrito	Provincia
Descripción del punto de muestreo		
Coordenadas U.T.M (WGS 84)		
Datos del GPS (modelo, marca, número, serie, precisión)		

Fuente: Ficha adaptada del protocolo del monitoreo D.S. 003 – 2010 Ministerio de Vivienda

**ANEXO N°03**

**REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA**

**Nombre de la Muestra:**

Muestra N°	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Parámetros a ser medidos			Observaciones
					OD	DBO(5)	DQO	

Hora de entrega de muestras

Responsable de la Muestra			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en el laboratorio		
Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma

Fuente: Ficha adaptada del protocolo de monitoreo D.S, 003 – 2010 Ministerio de Vivienda

## ANEXO N°04

CATEGORÍA 4						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS – QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero p escala Pt/Co	20(a)	20(a)	20(a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1000	1000	1000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> -)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	>5	>5	>5	>4	>4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	<25	<100	<400	<100	30
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100mL	1000	2000	2000	1000	2000

**ANEXO 05**  
**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y nombres: .....
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 .....
- 1.3. Autora del instrumento:.....

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.													
OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos													
ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													
INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
PERTENENCIA	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.

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Lima, Diciembre del 2017

## Anexo N°06



**SOLICITUD:** Validación de instrumento de recojo de información.

Sr.: Elmer Benites Gonzales

Yo Milagros Tatiana Pardo Rodríguez. Identificado con DNI No 46321354 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesina que vengo elaborando titulada: "Nanotecnología con Ozono para la reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima 2017.", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima 06 de Diciembre del 2017

NOMBRES Y APELLIDOS

FIRMA

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN									
Título:	"Nanotecnología con Ozono para la reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017"								
LINEA DE INVESTIGACION : Calidad y Gestión de Recursos Naturales									
TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES y = f(x)	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA		
"Nanotecnología con Ozono para la reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017"	<b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿La aplicación de la Nanotecnología con Ozono permitirá la reducción de la población de cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017?	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPOTESIS PRINCIPAL:</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	Población de cianobacterias	Cantidad de organismos antes Cantidad de organismos después	<b>Tipo:</b> Aplicada <b>Nivel:</b> Cuantitativa <b>Diseño:</b> Experimental <b>Población y muestra:</b> <b>Población:</b> Las aguas de los Humedales de Villa en el distrito de Chorrillos, Lima - 2017 <b>Unidad de análisis:</b> Agua de los Humedales de Villa, Chorrillos <b>Muestra:</b> La muestra fue tomada de las aguas de los Humedales de Villa en el Distrito de Chorrillos, la cantidad de muestra es de 150 litros ya que lo utilizamos para los parámetros fisicoquímicos y aplicación de la Nanotecnología con Ozono <b>Técnica:</b> como fuente de información primaria se utilizó los conocimientos adquiridos a través de libros, boletines, proyectos de investigación, artículos científicos, además fuentes de internet, normas y leyes, reglamentos técnicos de tratamiento de aguas residuales, entre otras. <b>Intrumentos Utilizados:</b> fichas de recolección, materiales y equipos de campo. Auto Cad, excel Google Maps		
		<b>OBJETIVO GENERAL</b> Reducir la población de cianobacterias aplicando la Nanotecnología con ozono en las aguas de los humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b> Al aplicar la Nanotecnología con Ozono se reduce la población de cianobacterias en los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017	Reducción de cianobacterias en las aguas de los Humedales		Propiedades físicas		Temperatura Conductividad Eléctrica Potencial Redox pH	
		<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICAS:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	Nanotecnología con Ozono		Condiciones operacionales	Caudal Tiempo de tratamiento Presión del aire Volumen del agua
		1.- ¿En cuánto se reduce la población de cianobacterias al aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, 2017?	Determinar en cuánto se reduce la población de cianobacterias al aplicar la Nanotecnología con Ozono en los aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017	La disminución de la población de cianobacterias se reduce significativamente al aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017	Características de las nano burbujas				
		2.-¿ Cuáles son los resultados de las propiedades físicas obtenidas después de aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa?	Determinar las propiedades físicas después de aplicar la Nanotecnología con ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017	Al aplicar la Nanotecnología con Ozono obtendremos los resultados favorables de las propiedades físicas del agua de los Humedales de villa, Chorrillos, Lima - 2017					
3.-¿Cuáles son los resultados de las propiedades químicas obtenidas después de aplicar la Nanotecnología con ozono en las aguas de los Humedales de Villa?	Determinar las propiedades químicas después de aplicar la Nanotecnología con Ozono en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017	Al aplicar la Nanotecnología con ozono obtendremos los resultados de las propiedades químicas del agua de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima - 2017							

Feedback Studio - Mozilla Firefox  
 https://ev.turmitn.com/app/carta/es/?lang=es&s=38a=671873565&u=1051031624

Tatiana Pardo Rodríguez | Tesis final Tatiana pardo

feedback studio

Resumen de coincidencias

25%

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	tesis.pucp.edu.pe	Fuente de Internet	6%
2	www.byade.paho.org	Fuente de Internet	3%
3	www.pdiomeo.unam...	Fuente de Internet	3%
4	perientesdemigracion...	Fuente de Internet	2%
5	Entregado a Universida...	Trabajo del estudiante	1%
6	cybertesis.ummmam.edu...	Fuente de Internet	1%
7	tes.apenas.org	Fuente de Internet	1%
8	Entregado a Universida...	Trabajo del estudiante	1%
9	ees.library.usyd.edu.au	Fuente de Internet	<1%
10	Entregado a Universida...	Trabajo del estudiante	<1%
11	es.sdsdsdshare.net		<1%



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Nanotecnología con Ozono para la reducción de Cianobacterias en las  
 aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima 2017”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
 INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR:**  
 Mitagros Tatiana Pardo Rodríguez

**ASESOR:**

Página 1 de 115    Número de palabras: 18165    High Resolution    Text-only Report    Activado

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1

Yo Milagros Tatiana Parde Rodriguez.....  
 identificado con DNI N° 46321354..... Egresado(a) de la Escuela  
 Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo,  
 autorizo ( X ), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi  
 trabajo de investigación titulado: "Monotecnología con Oganio para  
la reducción de Cianobacterias en las aguas de las  
Humedales de Villa Chorrillos Lima 2017.....  
 .....";  
 en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>),  
 según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de  
 Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Milagros Tatiana Parde Rodriguez  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 46321354.....

FECHA: Los Olivos 13 de setiembre..... del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

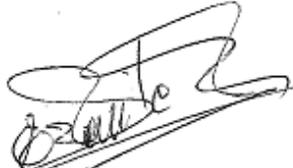
Yo, ELMER BENITES ALFARO, docente de la Facultad de INGENIERIA y Escuela Profesional de ING. AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo - LN revisor (a) de la tesis titulada:

**"Nanotecnología con Ozono para la reducción de Cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima 2017."**

..... constato que la investigación tiene un índice de similitud de ...25% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (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.

Los Olivos, ...13 setiembre.. 2018

  
 .....  
 Firma Docente  
 DNI: ...07867259.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



# 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:

«MILAGROS TATIANA PARDO RODRIGUEZ»

INFORME TÍTULADO:

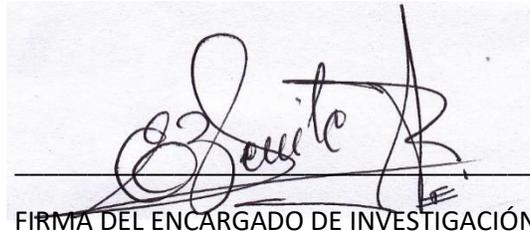
«Nanotecnología con Ozono para la Reducción de Cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima, 2017 »

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO (A) AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: «FECHA\_DE\_SUSTENTACIÓN»

NOTA O MENCIÓN: «NOTA\_»



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro