



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ALMIDÓN DE YUCA Y SULFATO DE ALUMINIO EN LA  
REMOCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE  
AGUA DEL RIO POLLO, OTUZCO”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Pastor Torres, Ana María del Rosario

Ramos Pastor, Diego Franklin

Asesor:

Ing. Luis Alva Díaz

Trujillo - Perú

2019

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>14</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>15</b>
<b>Bases Teóricas.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>35</b>
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>35</b>
1.3.1. Objetivo general .....	36
1.3.2. Objetivos específicos.....	36
<b>1.4. Hipótesis .....</b>	<b>36</b>
1.4.1. Hipótesis General .....	36
1.4.2. Hipótesis Específica .....	36
<b>CAPITULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. Tipo de investigación.....</b>	<b>37</b>
2.1.1. Tipo/Subtipo De Diseño.....	37
<b>2.1.2. Diseño Experimental .....</b>	<b>37</b>
<b>1.7. Población y muestra .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos. ....</b>	<b>39</b>
<b>2.1.3.1. Técnica UV – Vis.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2. Materiales.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.1. Equipos o Instrumentos .....</b>	<b>40</b>

<b>2.2.2. Materiales de Laboratorio .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.3. Reactivos.....</b>	<b>41</b>
<b>2.3. Procedimiento .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3.1. Ubicación y recolección de la muestra de agua.....</b>	<b>41</b>
<b>2.3.2. Caracterización de la muestra.....</b>	<b>42</b>
<b>2.4. Preparación del Almidón de Yuca .....</b>	<b>43</b>
<b>2.4.1. Obtención del Almidón de Yuca.....</b>	<b>43</b>
<b>2.4.2. Caracterización del almidón de yuca.....</b>	<b>43</b>
<b>2.5. Preparación del sulfato de aluminio .....</b>	<b>45</b>
<b>2.6. Ensayo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO): .....</b>	<b>45</b>
<b>2.6.1. Reactivos: .....</b>	<b>46</b>
<b>2.6.1.1. Solución de digestión: .....</b>	<b>46</b>
<b>2.6.1.2. Solución de ácido sulfúrico: .....</b>	<b>46</b>
<b>2.6.1.3. Determinación del porcentaje de remoción de DQO.....</b>	<b>47</b>
<b>2.6.2. Caracterización final de las unidades experimentales .....</b>	<b>48</b>
<b>2.7. Método de análisis de datos: .....</b>	<b>48</b>
<b>2.7.1. Método Estadístico .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1. CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL RIO POLLO .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3. Remoción de Demanda Química de Oxígeno (%) .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>

<b>4.1. Discusión.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2. Conclusiones.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad, evaluar el efecto del almidón de yuca, sulfato de aluminio y la mezcla en la remoción de demanda química de oxígeno de agua del Río Pollo, Otuzco. Se caracterizó la demanda química de oxígeno de agua del Río Pollo, el análisis resultó 68.114 ppm, según la norma legal este valor sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3 para Riego de Vegetales y Bebida de animales. Entonces se realizó un tratamiento con el proceso de coagulación – floculación, utilizando como coagulante al almidón de yuca y sulfato de aluminio, donde se utilizó el equipo de prueba de jarras. En esta investigación se aplicó un diseño estadístico completamente aleatorizado con 2 factores (sulfato de aluminio y almidón de yuca) y 4 réplicas. Las variables independientes fueron almidón de yuca (14ppm, 16ppm y 20 ppm) y sulfato de aluminio (25ppm y 35ppm), las condiciones de coagulación fueron: tiempo 1 minuto y 120 RPM, las condiciones de floculación de 20 minutos y 30 RPM, el tiempo de sedimentación de 20 minutos, de los resultados se tiene que el tratamiento con las dosis de 20 ppm de almidón de yuca y 25 ppm de sulfato de aluminio, tienen la menor DQO y el mejor porcentaje de remoción de DQO; 33,39 ppm y 50.98 %, respectivamente; por lo tanto se concluye que sí hubo efecto del sulfato de aluminio mas no del almidón de yuca y la mezcla en la remoción de la Demanda química de oxígeno del Río Pollo, Otuzco.

**Palabras clave:** Demanda Química de Oxígeno, Almidón de yuca, Coagulación, Floculación

## ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to evaluate the effect of cassava starch, aluminum sulfate and the mixture in the chemical oxygen demand removal of water from Río Pollo, Otuzco. The chemical oxygen demand of the Río Pollo water was characterized, the analysis was 68.114 ppm, according to the legal standard this value exceeds the Environmental Quality Standards, Category 3 for Vegetable Irrigation and Animal Drinking. Then a treatment with the coagulation - flocculation process was carried out, using cassava starch and aluminum sulfate as coagulant, the jar test equipment was used, in this investigation a completely randomized statistical design was applied with 2 factors (sulfate aluminum and yucca starch) and 4 replicas. The independent variables were cassava starch (14ppm, 16ppm and 20ppm) and aluminum sulphate (25ppm and 35ppm), the coagulation conditions were: time 1 minute and 120 RPM, flocculation conditions 20 minutes and 30 RPM, the sedimentation time of 20 minutes, from the results we have that the treatment with 20 ppm of cassava starch and 25 ppm of aluminum sulfate, has the lowest COD and the best percentage of COD removal; 33.39 ppm and 50.98%, respectively; therefore it is concluded that there was an effect of aluminum sulfate but not of cassava starch and the mixture in the removal of the chemical demand for oxygen from the Pollo River, Otuzco.

**Keywords:** Chemical Demand for Oxygen, Cassava Starch, Coagulation, Flocculation

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- Andía Cárdenas, Y., de Vargas, L., & Barrenechea Martel, A. (2000). Tratamiento de agua: coagulación–floculación. Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. SEDAPAL. Recuperado de [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)
- APHA, AWWA, WWCF. (2012). Standard methods for the examination of waters and wastewaters. 22th Edition. Washington, DC: American Public Health Association, Water Pollution Control Federation.
- Aristizábal, J., Sánchez, T., y Mejía, D. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>
- ASTM D2035-80 (2003), Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water, ASTM International, West Conshohocken, PA, 198
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Plan de Recursos Hídricos del Perú*. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursoshidricos2013.pdf>
- Bratby, Jhon. (2016). Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. 3 ed. London, Reino Unido, de [https://www.iwapublishing.com/books/9781843391067/coagulation-and-flocculation-water-and-wastewater-treatment-second-edition?fbclid=IwAR2cZHq2xdwJ\\_oWs2LjSQ3Y6M1Zjmt31Qr6uPcoC6ecyp78xScJrUHneF0c](https://www.iwapublishing.com/books/9781843391067/coagulation-and-flocculation-water-and-wastewater-treatment-second-edition?fbclid=IwAR2cZHq2xdwJ_oWs2LjSQ3Y6M1Zjmt31Qr6uPcoC6ecyp78xScJrUHneF0c)
- Campo, Y., Delgado, M., Roa, Y., Mora, G., y Carreño, J. (2018, julio). *Evaluación preliminar del efecto del quitosano y cascara de naranja en la coagulación-floculación de aguas residuales, Colombia*. En revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(2), 565-572. Recuperado de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/990>
- Castañeda, V., y Flores, H. (2014, febrero). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México*. En revista de Tecnología y Sociedad, 5(3). Recuperado de <http://www.udgvirtual.udg.mx/paakat/index.php/paakat/article/view/208/299>



- Cueva, H. (2014) Diseño de experimentos en la remoción de metales pesados en aguas residuales de la industria minera por procesos de coagulación con sulfato ferroso. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4444>
- Dehghani, M., y Hossein, M. (2016). *The effects of the natural coagulant Moringa oleifera and alum in wastewater treatment at the Bandar Abbas Oil Refinery, Bandar Abbas, Irán*. En revista Environmental Health Engineering and Management Journal, 3(4), 225-230. Recuperado de <http://ehemj.com/article-1-221-fa.pdf>
- Dearmas, D., y Ramírez, L. (2015). *Remoción de nutrientes mediante coagulantes naturales y químicos en tratamiento de aguas residuales, Valledupar Colombia*. En revista de Investigación Agraria y Ambiental, 6(2). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5628793>
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Química Viva, 11 (3), 147-170. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Fuentes, N., Molina, E., y Ariza, C. (2016). *Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del  $Al_2(SO_4)_3$  para clarificación de aguas*. En Revista Producción + Limpia, 11(2), 41-54. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190904552016000200005&script=sci\\_abstract&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190904552016000200005&script=sci_abstract&lng=es)
- Gauto, A. y Rosa, G. (2011) *Processos e operações unitárias da indústria química*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/306107098/Marcelo-Gauto-Gilber-Rosa-Processos-e-Operacoes-Unitarias-Da-Industria-Quimica-2011>
- Gutiérrez, N., Valencia, E., y Aragón, R (2014, julio). *Eficiencia de remoción de  $dbo_5$  y SS en sedimentador y lecho filtrante para el tratamiento de aguas residuales del beneficio de café (coffea arabica), Colombia*. En revista SciELO, 17(2), 151-159. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n2/v17n2a03.pdf?fbclid=IwAR33PJXC72KAmVZrYUqMSwE3fDud2eEIT8BdybSf00SSunEHwcsfrkfrco>
- Håkanson, L. (2004, marzo). *Internal loading: A new solution to an old problem in aquatic sciences, Suecia*. En Lakes & Reservoirs. Research and Management, 9(1), 3–23. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/235952172\\_Internal\\_loading\\_A\\_new\\_solution\\_to\\_an\\_old\\_problem\\_in\\_aquatic\\_sciences](https://www.researchgate.net/publication/235952172_Internal_loading_A_new_solution_to_an_old_problem_in_aquatic_sciences)

- Hartman, F., (2008) *El potencial Zeta y la química coloidal*. En revista International Association for Biologically Closed Electric Circuits, 1(3). Recuperado de <https://seryactuar.files.wordpress.com/2018/05/a-3-el-potencial-zeta-y-la-quimica-coloidal.pdf>
- Kolb, M., Bahadir, M., y Teichgräber, B. (2017). *Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) utilizando un método químico húmedo libre de mercurio y dicromato*. En revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales, (122), 645-654. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/317584675\\_Determination\\_of\\_chemical\\_oxygen\\_demand\\_COD\\_using\\_an\\_alternative\\_wet\\_chemical\\_method\\_free\\_of\\_mercury\\_and\\_dichromate](https://www.researchgate.net/publication/317584675_Determination_of_chemical_oxygen_demand_COD_using_an_alternative_wet_chemical_method_free_of_mercury_and_dichromate)
- Larios, F., Gonzáles, C., y Morales, O. (2015, octubre). *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Saber y Hacer*. Recuperado de <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Lima, J., y Abreu, F. (2018). *Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades*. En revista Virtual Química, 10(3). Recuperado de <http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/RaimundoNoPrelo.pdf>
- López, D., & Rodríguez, C. A. (2014). Principios y aplicaciones: Química Coloidal. Recuperado de <https://es.slideshare.net/cesaramonroy/quimica-coloidal-principios-y-aplicaciones?fbclid=IwAR00xHeSsUDPhXecFnM-YBIYxK4b6KE02tbCAiXPSof9NMpiNzP6sN-8KYQ>
- Lozano, W. (2012). *Uso del extracto de fique (Furcraea sp.) como coadyuvante de coagulación en tratamiento de lixiviados*. En revista internacional de contaminación ambiental, 28(3), 219-227. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000300004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000300004)
- Madero R. (3 de mayo de 2018). *La mala costumbre de ensuciar el Amazonas*. El País. Recuperado de [https://elpais.com/elpais/2018/04/25/planeta\\_futuro/1524677078\\_712674.html](https://elpais.com/elpais/2018/04/25/planeta_futuro/1524677078_712674.html)

- Meneses, J., Corrales, C. y Valencia, M. (2007). *Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca*. Revista EIA, (8), 57-67.
- Ministerio de agricultura y riego. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Recuperado de [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)
- Oliveira, G., De Jesus, C., y Da Silva, L. (2012). Polímero natural de fécula de mandioca como auxiliar de floculación em tratamento de água para abastecimento público. Recuperado de <http://www.unisaesiano.edu.br/biblioteca/monografias/56274.pdf>
- Ramakrishnan, N. (2016, Noviembre). *Isolation, characterization and the potential use of starch from jackfruit seed wastes as a coagulant aid for treatment of turbid water*. En revista Environmental Science and Pollution Research, 24(3), 2876-2889. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-8024-z>
- Ramavandi, B., y Farjadfard, S. (2014, enero). *Removal of chemical oxygen demand from textile wastewater using a natural coagulant, Iran*. En revista Korean Journal of Chemical Engineering, 31(1), 81-87. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11814-013-0197-2>
- Ramírez, H., Jaramillo, J. (2015, junio). *Agentes Naturales como alternativa para el tratamiento del agua*. En revista Facultad de Ciencias básicas, 11(2), 136-153. Recuperado de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/1303-Texto%20del%20art%C3%ADculo-4051-1-10-20160114%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/1303-Texto%20del%20art%C3%ADculo-4051-1-10-20160114%20(4).pdf)
- Restrepo, H. A. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Recuperado de <http://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/prueba-de-jarras>
- RICHTER, C. (2009) *Água - Métodos e Tecnologia De Tratamento*. Recuperado de [https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu\\_agua\\_isbn9788521204985](https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_agua_isbn9788521204985)
- Ritter, C. (2013). Estudio da utilização de polímeros naturais abelmoschus esculentus (L.) moench (malvaceae) e moringa oleifera lam (moringaceae) no tratamento de água de abastecimento (Tesis de grado). Universidade Tecnológica federal do Paraná Coordenação de Engenharia ambiental curso de Engenharia ambiental. Recuperado de [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1599/1/CM\\_COEAM\\_2013\\_1\\_08.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1599/1/CM_COEAM_2013_1_08.pdf)

- Romero, P. (2018). Floculación y viscosidad de suspensiones de sílice coloidal en presencia de sales de agua de mar (Tesis de Grado). Universidad de Concepción, Chile.  
Recuperado de [http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2876/Tesis\\_Floculacion\\_y\\_viscosidad\\_de\\_suspensiones.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1dKuz9xhR\\_KJu3gKmG8da5N\\_NVOfhpwFYAdM6WO1\\_EkvczRFmPYmJrNLKM](http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2876/Tesis_Floculacion_y_viscosidad_de_suspensiones.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1dKuz9xhR_KJu3gKmG8da5N_NVOfhpwFYAdM6WO1_EkvczRFmPYmJrNLKM)
- Ros, A. (2010). *El agua*. Recuperado de [https://issuu.com/antonioros/docs/el\\_agua](https://issuu.com/antonioros/docs/el_agua)
- Sook, C., Krishna, N., Ta Yeong, W., Mavinakere, R., Bao, Y., Siew, M. (2016). *Isolation, characterization and the potential use of starch from jackfruit seed wastes as a coagulant air for treatment of turbid water, Alemania*. En revista Environmental Science and Pollution Research, 24(3), 2876-2889. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-8024-z>
- Sousa, P., Rodrigues, E., Luiz, A., & Oliveria, L., (noviembre de 2014). Avaliação da eficiência do uso de cascas de batata, de mandioca e de maracujá como coagulantes no tratamento de esgoto da ete recanto das emas – DF. Simposio llevado a cabo en el V Congreso Brasileiro de Gestão Ambiental, Brasilia, Brasil. Recuperado de <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IX-001.pdf>
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 22 ed., New York, 2012.
- Tarón, A., Guzmán, L., y Barros, I. (2017, junio). *Evaluación de la Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales, Colombia*. En revista SciELO. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v21n1/0121-3709-rori-21-01-00073.pdf>
- Trujillo, C. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de Yuca (Manihot esculenta Crantz) Doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. (Tesis de grado). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vaca, M., López, R., Flores, J., Terres, H., Lizardi, A., y Rojas, N. (2014, diciembre) *Aplicación del Nopal (Opuntia ficus indica) como coagulante primario de aguas*

*residuales*. En revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: investigación, desarrollo y práctica, 7(3). Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/46815/42201>

Vegas J. (14 de septiembre de 2016). *Los 5 ríos más contaminados del mundo*. El tiempo. Recuperado de <https://noticias.eltiempo.es/los-5-rios-mas-contaminados-del-mundo/#comments>

Velasco, M., Beltrán, M., Gutiérrez, K., y González, A. (2017). *Coagulantes Naturales como coadyuvantes en la clarificación de agua residual, México*. En revista AIDIS, 3(1). Recuperado de <http://www.amica.com.mx/issn/Tabasco/AMI-151.pdf>