



## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL

**“INFLUENCIA DE LA DOSIS Y AGITACIÓN DEL CARBON  
ACTIVADO DE *Prunus pérsica* INCRUSTADO CON FIERRO (III),  
EN LA REMOCIÓN DE FOSFATOS DE SOLUCIONES ACUOSAS”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL

**AUTOR**

ISLA JAVIER, FIORELLA GIOVANNA

**ASESOR**

Dr. CRUZ MONZON, ALFREDO

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

**A Dios** porque es para mí una guía en la oscuridad que ha guiado mis pasos en el transcurso de mis días porque gracias a él eh logrado en concluir mi carrera.

### **A mis Padres, Gerardo y María**

Porque siempre me apoyaron en todo momento, porque me daban fuerzas y consejos en cada tropiezo de mi vida y me orientaron a seguir adelante y poder concluir mi carrera profesional. A ellos mi eterno amor.

### **A mis hermanos**

Pierina, Sebastián y Rodrigo por su preocupación y apoyo en todo momento, y los deseos de superación para no decaer y seguir adelante cumpliendo con mis ideales.

Dedico esta tesis a mi asesor el Dr. Cruz Monzón Alfredo, un gran profesional que fue mi principal guía para el transcurso del desarrollo de la presente tesis, guiándome desde un principio.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Cesar Vallejo, por ser la casa de estudios donde he obtenido mis conocimientos profesionales en la carrera de ingeniería ambiental.

De manera muy especial a mi asesor el Dr. Cruz Monzón, Alfredo quién asesoró este esfuerzo con preocupación para el desarrollo de ésta tesis, por su generosidad y disponibilidad de tiempo en cada una de las dificultades que se presentaron.

De igual manera al Ing. Villacorta González, Misael y al Ing. Mendoza Villanueva, Karol que con su experiencia contribuyeron en el desarrollo de la tesis.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo, Isla Javier, Fiorella Giovanna con DNI N° 46857156 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

Trujillo, junio 29 del 2018.

---

Isla Javier, Fiorella Giovanna

DNI: 46857156

## **PRESENTACION**

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada: “INFLUENCIA DE LA DOSIS Y AGITACIÓN DEL CARBON ACTIVADO DE *Prunus pérsica* INCRUSTADO CON FIERRO (III), EN LA REMOCIÓN DE FOSFATOS DE SOLUCIONES ACUOSAS”

Por tanto someto a su consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

**La autora**

## INDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
DECLARACION DE AUTENTICIDAD.....	III
PRESENTACION .....	IV
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Trabajos previos .....	13
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	17
1.3.1. Generalidades del Fósforo .....	17
1.3.2. Fosfatos .....	17
1.3.3. Durazno ( <i>prunus persica</i> ) .....	17
1.3.4. Clasificación taxonómica de <i>prunus persica</i> .....	18
1.3.5. Adsorción.....	18
1.3.6. Estudio de la adsorción de solutos orgánicos en disoluciones acuosas diluidas. ....	19
1.3.7. El carbón activado .....	20
1.3.8. Características de la composición del carbón .....	21
1.3.9. Fósforo .....	22
1.3.10. Solución amortiguadora o buffer .....	22
1.3.11. Enlaces covalentes o de coordinación .....	22
1.3.12. Impregnación del carbón activado con hierro.....	23
1.3.13. Remoción de fosfatos .....	24
1.4. Formulación del problema .....	24
1.5. Justificación del estudio.....	24
1.6. Hipótesis.....	25

1.7.	Objetivos .....	25
1.7.1.	Objetivo general.....	25
1.7.2.	Objetivos específicos.....	26
II.	METODOLOGÍA .....	26
2.1.	Diseño de investigación.....	26
2.2.	Variables y operacionalización .....	28
2.2.1.	Variables.....	28
2.2.2.	Operacionalización .....	29
2.3.	Población y muestra.....	30
2.3.1.	Población .....	30
2.3.2.	Muestra.....	30
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	30
2.4.1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
2.4.2.	Validez y confiabilidad.....	31
2.5.	Método de análisis de datos.....	31
2.6.	Aspectos éticos.....	31
III.	RESULTADOS .....	32
IV.	DISCUSIÓN.....	44
V.	CONCLUSIONES.....	45
VI.	RECOMENDACIONES .....	45
	REFERENCIAS .....	46
	ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación Taxonómica de prunus pérsica.....	18
<b>Tabla 2.</b> Diseño de investigación.....	27
<b>Tabla 3.</b> Operacionalización de variables.....	29
<b>Tabla 4.</b> Parámetros analizados.....	30
<b>Tabla 5.</b> Temperatura óptima de carbonización.....	32
<b>Tabla 6.</b> Adsorción de azul de metileno a 660 nm.....	32
<b>Tabla 7.</b> Determinación del mejor tiempo de adsorción.....	33
<b>Tabla 8.</b> Impregnación de $Fe^{+3}$ al 10 % sobre carbón activado.....	34
<b>Tabla 9.</b> Soluciones para la obtención de la curva de adsorción.....	34
<b>Tabla 10.</b> Análisis espectrofotométrico a 660 nm y 100 rpm.....	35
<b>Tabla 11.</b> Análisis espectrofotométrico a 660 nm y 150 rpm.....	36
<b>Tabla 12.</b> Análisis espectrofotométrico a 660 nm y 200 rpm.....	37
<b>Tabla 13.</b> Remoción de fosfatos a 100 rpm y 2 g/L de carbón impregnado con $Fe^{+3}$ .....	38
<b>Tabla 14.</b> Remoción de fosfatos a 150 rpm y 4 g/L de carbón impregnado con $Fe^{+3}$ .....	39
<b>Tabla 15.</b> Remoción de fosfatos a 200 rpm y 6 g/L de carbón impregnado con $Fe^{+3}$ .....	40
<b>Tabla 16.</b> Estadísticos descriptivos variable dependiente: remoción de fosfatos (%).....	41
<b>Tabla 17.</b> Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> .....	42
<b>Tabla 18.</b> Prueba de ANOVA: Variable dependiente remoción de fosfatos (%)......	42
<b>Tabla 19.</b> Pruebas post hoc: Dosis de carbón activado (g) comparaciones múltiples HSD Tukey de la variable dependiente remoción de fosfatos (%)......	43
<b>Tabla 20.</b> Subconjuntos homogéneos: Remoción de fosfatos (%) HSD Tukey <sup>a,b</sup> .....	43
<b>Tabla 21.</b> Composición proximal de las pepas de durazno.....	55
<b>Tabla 22.</b> Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a</sup> .....	55
<b>Tabla 23.</b> Variable dependiente: Remoción de fosfatos (%) HSD Tukey.....	56
<b>Tabla 24.</b> Subconjuntos homogéneos: Remoción de fosfatos (%) HSD Tukey <sup>a,b</sup> .....	56



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Enlaces covalentes .....	23
<b>Figura 2:</b> Recta de calibrado para azul de metileno .....	33
<b>Figura 3:</b> Recta calibrado para fosfatos a 660 nm. ....	35
<b>Figura 4:</b> Remoción de fosfatos a 100 rpm usando carbón activado.....	36
<b>Figura 5:</b> Remoción de fosfatos a 150 rpm usando carbón activado.....	37
<b>Figura 6:</b> Remoción de fosfato a 200 rpm usando carbón activado .....	38
<b>Figura 7:</b> Remoción de fosfatos a dosis de 2 g carbón activado/L.....	39
<b>Figura 8:</b> Remoción de fosfatos a dosis de 4 g carbón activado/L.....	40
<b>Figura 9:</b> Remoción de fosfatos a dosis de 6 g carbón activado/L.....	41
<b>Figura 10:</b> Remoción de fosfatos.....	57
<b>Figura 11:</b> Gráfico de perfiles de la interacción de las variables de dosis de carbón activado*velocidad de agitación .....	57
<b>Figura 12:</b> Lavado de las pepas de durazno .....	58
<b>Figura 13:</b> Semillas de durazno .....	58
<b>Figura 14:</b> Colocamos a la estufa las semillas de durazno .....	59
<b>Figura 15:</b> Retiramos las semillas carbonizadas de la estufa .....	59
<b>Figura 16:</b> Semilla carbonizada y triturada .....	60
<b>Figura 17:</b> Se tamizó con número de malla de 1mm.....	60
<b>Figura 18:</b> Solución de azul de metileno a 8 ppm .....	61
<b>Figura 19:</b> Soluciones de carbón activado a temperatura de 300°C (azul), 500°C (azul medio) y 700°C (ligeramente azul).....	61
<b>Figura 20:</b> Carbón activado preparado a 700°C .....	62
<b>Figura 21:</b> Volúmenes de la solución madre en fioles de 50 mL. ....	62
<b>Figura 22:</b> Se llevaron a leer la absorbancia en un espectrofotómetro UNICO 2800 UV-VIS, a 660 nm. ....	63
<b>Figura 23:</b> Velocidad de agitación a 300 rpm, para la impregnación del carbón activado con Fe .....	63
<b>Figura 24:</b> Filtración de la muestra.....	64
<b>Figura 25:</b> Análisis de impregnación del Fe <sup>+3</sup> por absorción atómica .....	64
<b>Figura 26:</b> Reactivos para preparar la curva de fósforo .....	65

<b>Figura 27:</b> Se preparan soluciones para la obtención de la curva de absorción. ....	65
<b>Figura 28:</b> Muestras aforadas .....	66
<b>Figura 29:</b> Realizando la curva de absorción de fosfatos .....	66
<b>Figura 30:</b> Análisis de Fe por absorción atómica .....	67

## RESUMEN

La presente investigación titulado como influencia de la dosis y velocidad de agitación del carbón activado de *Prunus pérsica* incrustado con Fe (III), en la remoción de fosfatos de soluciones acuosas, tuvo por objetivo determinar si la dosis y la velocidad de agitación en el carbón activado obtenido de semillas *Prunus pérsica* incrustado con Fe (III), influye en la remoción de fosfatos presentes en soluciones acuosas, obteniendo que fierro (III), influye en la remoción de fosfatos presentes en soluciones acuosas, con una significancia del 95%, alcanzándose valores de remoción porcentual de fosfatos de hasta 92,11% empleando la dosis de 6g/L (Tabla 12); caso contrario ocurrió con la variable velocidad de agitación; pues no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados a velocidades de 100, 150 y 200 rpm y la mayor dosis de carbón activado con el mejor porcentaje de incrustación (Tablas 10, 11 y 12); donde se observa solo una variación en la remoción de fosfatos del 0,27%.

Palabras claves: Fosfatos, Carbón Impregnado.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation, which was to influence the dose and speed of agitation of Prunus pérsica activated carbon embedded with Fe (III), in the removal of phosphates from aqueous solutions, was to determine whether the dose and the rate of agitation in the coal Activated obtained from seeds Prunus persica embedded with Fe (III), influences the removal of phosphates present in aqueous solutions, obtaining that Fe (III), influences the removal of phosphates present in aqueous solutions, with a significance of 95%, reaching percentage phosphate removal values of up to 92,11% using the 6g/L dose (Table 12); otherwise, it happened with the agitation speed variable; therefore, no significant difference was found between the treatments evaluated at speeds of 100, 150 and 200 rpm and the highest dose of activated carbon with the best incrustation percentage (Tables 10, 11 and 12); where only a variation in phosphate removal of 0,27% is observed.

Keywords: Phosphates, Impregnated Carbon.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

La contaminación de las aguas ha sido un factor importante en el desequilibrio de la biocenosis, del cual tenemos que protegerla; aunque no existen soluciones eficaces y seguras sobre su tratamiento, se logra limitar la contaminación estableciendo normas. Actualmente en el Perú se está dando importancia a la preservación ecológica y al control de la contaminación del medio ambiente por parte de diferentes sectores industriales. (*Lagos, 2015, p. 28,29*).

La presencia de cationes de metales pesados y fosfatos en el agua crea serios problemas, esto se debe a sus efectos dañinos sobre los sistemas biológicos y a la salud humana. Existe gran variedad de procesos industriales que generan este tipo de contaminación, el control de la presencia de estos metales y fosfatos en el agua es difícil. (*Vian, 1994, p. 389*).

La mayor parte de las aguas residuales contaminadas con fosfatos sirven de nutrientes y favorecen el crecimiento de algas que son indeseables, cuando estas algas mueren los procesos de descomposición dan como resultado la demanda de oxígeno disuelto en el agua ocasionando problemas a los seres acuáticos. (*Vian, 1994, p. 405*). Actualmente, se disponen de varias alternativas tecnológicas para remover metales pesados en solución acuosa. La precipitación química, intercambio iónico, métodos electroquímicos, evaporación, osmosis inversa y procesos basados en el fenómeno de la adsorción se encuentran entre las estrategias de tratamiento disponibles. (*Rubio, 2015, p. 74*).

La adsorción es considerada como una de las mejores técnicas de remoción de contaminantes y entre los adsorbente el carbón activado es el más ampliamente usado por su gran capacidad para adsorber numerosos compuestos debido a sus propiedades físicas y químicas. En América Latina en los años 2005 las importaciones de carbón activado llegaron a 20.000 toneladas, equivalente a cerca de 37,6 millones de US\$ en importaciones, logrando un crecimiento cerca al 13% con respecto al año 2004. Los principales países exportadores de carbón activado en América Latina fueron: México, EE.UU., China y países europeos. (*Wang y Cheng, 2009*).

En nuestro país en los mercados y durante todo el año se producen y venden diferentes variedades de durazno, de los cuales se consume la pulpa dejando como desecho los huesos o pepas. Debemos aprovechar y utilizar este residuo lignocelulósico y dándole valor agregado y generando mayor interés para la elaboración de carbón activado. (Reyna, 2006, p. 38).

Este proyecto de investigación servirá para mejorar la calidad del agua contaminada con fosfatos, que se producen en las diferentes actividades; ayudando al manejo adecuado de los recursos hídricos en el Perú.

## **1.2. Trabajos previos**

Albis (2017), en su investigación titulado “Remoción de azul de metileno de soluciones acuosas utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) modificada con ácido fosfórico”, se planteó como objetivo evaluar el proceso de remoción del azul de metileno utilizando un adsorbente de bajo costo (cáscara de yuca) activado con ácido fosfórico, logrando confirmar como un buen adsorbente del azul de metileno al carbón activado preparado a partir de la cáscara de yuca, puesto que logró una adsorción máxima de 99.984%, asimismo que a través de un análisis de infrarrojo que hay diferencia significativa entre los espectros infrarrojos del carbón de la cáscara de yuca sin no activado y la cáscara de yuca activada con ácido fosfórico, lo que se evidencia una efectiva activación.

Rincón (2016), en su artículo “Obtención de carbón activado a partir de diferentes precursores lignocelulósicos: Caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de contaminantes fenólicos” tuvo como objetivo demostrar la adsorción del carbón activado elaborado de semillas de eucalipto, pino y hueso de durazno, activados químicamente usando como agente impregnante ácido sulfúrico al 30 % v/v, donde se llegó a la conclusión que las semillas de eucalipto, el hueso de durazno y la semilla de pino son materiales lignocelulósicos apropiados para la obtención de carbones activados usando metodologías económicas y de bajo consumo energético, con áreas de porosidad y superficies químicas apropiadas para la adsorción de contaminantes fenólicos de soluciones acuosas.

Obregón (2014), en su trabajo de investigación “Obtención del carbón activado a partir del endocarpio de coco”, tuvo como objetivo comprobar la eficiencia del carbón activado obtenido, posteriormente en el tratamiento de aguas, donde llegó a la conclusión que el carbón activado es un buen adsorbente de partículas en solución acuosa por tener como característica principal la porosidad, también es importante en la adsorción de microcistinas (Toxicas para el ser humano) con carbón activado en polvo (CAP), demostró la significancia estadística en el aumento de la remoción de microcistinas con el aumento de la dosis de CAP utilizada, con un nivel de confianza del 95%. Observo la influencia de la dosis CAP utilizado, con una dosis de 15 mg/L, lograron remover microcistinas a un nivel del 53% y con una dosis mayor lograron la remoción del 80%. Aplicando dosis de CAP mayores a 50 mg/L se lograrían más del 80% de remoción. (Rosales, R.J., p.221-227, 2012).

López (2014), en su trabajo de grado titulado “Síntesis y caracterización de silicatos de calcio nano-estructurados modificados con Mg(II) y su aplicación en la remoción de fosfatos y metales pesados desde aguas ácidas contaminadas”, determinó que la adsorción de iones fosfatos con los silicatos nano-estructurados de calcio modificados o no con magnesio fue altamente eficiente los rangos de acidez estudiados, debido a la formación de fosfatos de calcio y fosfatos de magnesio que son muy insolubles y estables, favorecida por la presencia de iones  $\text{NH}_4^+$  que ayudan a la formación de precipitados insolubles, determinándose una capacidad de carga variable entre 280 a 300 mg  $\text{PO}_4^{3-}$ /g silicato.

Moreno (2007), en su investigación titulado Evaluación del peróxido de hidrógeno en la oxidación de fenol con hierro soportado sobre tela de carbón activado, empleo una tela de carbón activado comercial, un carbón activado americano y un carbón activado químicamente con hidróxido de potasio, con el propósito de lograr un soporte catalítico mediante impregnación de hierro en solución, para la degradación catalítica de fenol con peróxido de hidrógeno (degradación Fenton). La oxidación se realizó a 42°C, pH entre 2.0-2.5, a presión atmosférica, una concentración inicial de fenol de 0.01064M y 0.89M de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , y con una impregnación de 1,39 g Fe/g CA sobre la tela de carbón activado. Durante la oxidación del fenol, se utilizó el consumo de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , para una medición

indirecta de la cinética llegando a alcanzar una concentración mínima de 0.002M de  $H_2O_2$  por la tela y por el carbón activado americano. Los resultados mostraron que la tela de carbón activado como soporte catalítico en la degradación del fenol es aceptable y puede competir con otros materiales porosos convencionales.

Ahumada (2004), en su artículo “Obtención de un carbón activo impregnado de hierro (II) para ser usado en tratamientos de aguas que contienen compuestos fenólicos” tuvo como objetivo impregnar con Hierro (II) la superficie oxidada del carbón, donde llegó a la conclusión que el carbón activado impregnado de Fe(II) es el más apropiado para desarrollar un electrodo con potencial aplicación en procesos de descontaminación, debido a que se lograron valores de remoción de fenoles a pH de 4 - 9, donde el valor de impregnación más adecuado resultó ser de 1,92% de Fe(II), y su desorción en Fe(II) fue mínima pero suficiente para que actúe como catalizador en la reacción de generación de radicales libres oxidantes (hidroxilos).

Mondall (2008), en su investigación “Effects of adsorbent dose, its particle size and initial arsenic concentration on the removal of arsenic, iron and manganese from simulated ground water by  $Fe^{3+}$  impregnated activated carbon. Journal of Hazardous Materials”, se propuso investigar la adsorción de arsénico del agua subterránea contaminada utilizando carbón activado granular impregnado (CAG), con Fe(II). Preparó muestras de carbón impregnadas con Fe(II), Fe(III) y Mn(II), y como muestra control una muestra de carbón sin impregnar. Las variables utilizadas fueron dosis adsorbente, tamaño de partícula y concentración inicial de arsénico en solución, encontrando que para la eliminación del arsénico total, As(III) y As(V), las dosis de adsorbente óptimas para el CAG y CAG-Fe fueron de 8 g /L y 24 g /L, respectivamente, con un tiempo de agitación de 15 h. El tamaño de partícula de adsorbente (tanto GAC como GAC-Fe) ha mostrado un efecto insignificante en la eliminación de arsénico y especies de Fe.

Sin embargo, para la eliminación de Mn, el efecto del tamaño de partícula del adsorbente es comparativamente mayor. El % de eliminación de Arsénico (T), As(III), As (V), Fe y Mn fueron aproximadamente 95%, 92.4%, 97.6%, 99% y 41.2%, respectivamente cuando se usó 8 g/L de GAC-Fe con una concentración máxima de As de 200 ppm. Sin



embargo, para GAC estos valores fueron aproximadamente 55.5%, 44%, 71%, 98% y 97%. El pH y la temperatura del estudio fueron  $7 \pm 0.1$  y  $30 \pm 1$  ° C, respectivamente.

Vitela (2011), en su artículo “Remoción de arsénico por medio de carbón activado modificado con nano partículas de hidróxido de hierro”, investigo la remoción de arsénico en aguas subterráneas destinadas al consumo humano, estudiando para ello, la capacidad y cinética de adsorción de arsénico, en bach utilizando diferentes carbones activados modificados (F400-M, CAP-M, CAZ-M, estos últimos producidos a partir de bagazo de *Agave salmiana* con nano partículas de hidróxido de hierro para remover As (V) presente en agua a bajas concentraciones. Se realizó isoterma de adsorción empleando concentraciones bajas de arsénico ( $< 300 \mu\text{gL}^{-1}$ ), siendo el F400-M el que mostro mayor eficiencia considerando, capacidad y cinética de adsorción. Se observó que estos carbones poseen capacidad de adsorción mayor que otros reportados en la literatura, siendo una buena alternativa su uso a flujo continuo y mayor escala en la remoción de arsénico.

Reyna (2016), en su artículo “Obtención de carbón activado a partir de durazno”, tuvo como objetivo determinar las condiciones de preparación de carbón activado a partir de los huesos de durazno. Sus resultados mostraron que las mejores condiciones de producción de carbón activado usando pepas de durazno fueron a una temperatura de 600 °C por un tiempo de 2 horas, por cuanto a dichas condiciones se logró un rendimiento del 20% y con un grado de absorción del 50%. Finalmente concluyó que, para obtener carbón activado adecuado, el tamaño de partícula debe ser alrededor de 7 a 18 mm., para facilitar la carbonización ya que con ello se logra un grado de adsorción alrededor del 50%.

Delgadillo (2011), en su informe de investigación “Preparación-caracterización de carbones activados a partir de pepas de níspero de palo (*Mespilus communi*) y su aplicación como material adsorbente de fenol”, tuvo como objetivo desarrollar carbón activado por método químico con  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y KOH utilizando pepas de níspero, a diferentes condiciones de activación y evaluación de su capacidad de adsorción de azul de metileno, donde se llegó a la conclusión que el rendimiento del carbón activado es influenciado

por la naturaleza del material usado, del agente activante y de la relación de impregnación y temperatura de activación. Con el material usado (pepa de níspero) se lograron buenos rendimientos (48 a 54,6%) para carbones activado con  $H_3PO_4$  por cuanto se usan menores temperaturas de activación y al mecanismo de activación.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Generalidades del Fósforo**

En todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía, como el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular. (Quintero, 2015. p. 99).

#### **1.3.2. Fosfatos**

Son minerales con alto contenido de fósforo, están constituidos por un grupo de minerales complejos que tienen como característica común la presencia del anión  $(PO_4)^{3-}$ . Los fosfatos son un grupo muy complejo de minerales tienen como característica común la presencia del anión  $(PO_4)^{3-}$ . Se encuentran en la naturaleza como rocas fosfóricas muy poco solubles. Es un elemento fundamental para los organismos vivos. (Rodas y Fernández p. 76, 79).

#### **1.3.3. Durazno (*prunus pérsica*)**

El duraznero, también llamado melocotonero, es una de las especies frutales más populares que se cultivan en las zonas templadas de todo el mundo. (Gratacos, 2008. p. 3).

Pertenece a la familia *rosáceae*, y su nombre *prunus pérsica* (L.). Batsch, sugiere que sería originario de Persia (actualmente Irán), pero ya en la literatura China del año 2000 A.C se hacían descripciones de sus flores y frutos maduros, razón por la cual es aceptado por todos que su origen se encuentra en China. Probablemente fue llevado de China a Persia por caravana de comerciantes, y luego pasó rápidamente a Europa. En el siglo XVI ya se encontraba en México, traído por los españoles. (Gratacos, 2008. p. 4).

#### 1.3.4. Clasificación taxonómica de *prunus pérsica*

El melocotonero pertenece a la familia de las rosáceas y dentro de ella al género *Prunus* y a la especie *Prunus pérsica*, la clasificación botánica es la siguiente:

**Tabla 1:** Clasificación Taxonómica de *prunus pérsica*

Reino	<i>Plantae</i>
Sub-reino	<i>Embryobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Genero	<i>Prunus</i>
Especie	<i>Prunus pérsica (L.) Batsch</i>

Fuente: Wikipedia, enciclopedia libre.

#### 1.3.5. Adsorción

La adsorción viene a ser la adherencia iones, gas o líquido sobre la superficie de un adsorbente (región interfacial), donde queda retenido. La superficie incluye todos los intersticios internos y externos del sólido. La adsorción ocurre cuando el adsorbato y el adsorbente entran en contacto e interactúan las fuerzas superficiales de los campos, tratando de compensar las fuerzas de atracción moleculares o falta de enlaces entre los átomos de los entes involucrados. La adsorción se realiza con desprendimiento de energía, llamado calor de adsorción y es favorecida por el incremento de la presión parcial del gas y de la superficie del adsorbente. La adsorción puede ser química o física y esto depende de las fuerzas de adhesión. El proceso inverso a la adsorción es la desorción. (Montes, 2008. p. 18).

**Adsorción química:** Viene a ser la interacción química entre las moléculas de adsorbato y la superficie del adsorbente, es una unión semejante a la formación de enlace covalente, aunque a veces sólo se realiza una modificación o deformación parcial de los orbitales moleculares. De esta manera, las estructuras de los intervinientes sufren cambios haciendo irreversible estos tipos de adsorción. Generalmente ocurre en procesos catalíticos y están comprendidos en procesos de separación.

La variación de entalpia (de 40 a 400 kJ mol<sup>-1</sup>) y el tiempo es mayor en la quimisorción que en la fisisorción. En la quimisorción se forma una monocapa por la especificidad del enlace entre el adsorbente y el adsorbato. (Lagos, 2017. p. 20).

**Adsorción física:** La vía de adsorción y retención depende del tamaño de la molécula del adsorbato, su solubilidad y su concentración. El calor de la adsorción física generalmente es del mismo orden que el calor de licuefacción y no excede los 10 a 20 kJ/ mol y tienen mayor importancia en el estudio de las áreas superficiales. (Lagos, 2017. p. 22).

### **1.3.6. Estudio de la adsorción de solutos orgánicos en disoluciones acuosas diluidas.**

Los solutos orgánicos son de naturaleza polar o no polar, en el proceso de adsorción de estos compuestos en soluciones, participan interactuando de manera electrostática atrayéndose o dispersándose formando enlaces de Van Der Waals o de puentes de hidrogeno entre las moléculas orgánicas polares; influyendo tamaño de la molécula del adsorbato, el tamaño de los poros del adsorbente, ya que la existencia de mesoporos podría facilitar el acceso de ciertas moléculas al interior del adsorbente y los microporos podrían ser inaccesibles a su vez para moléculas relativamente grandes. (Bansal, 2005).

La adsorción en medio acuoso es un fenómeno más complejo que la adsorción en fase gaseosa. En fase líquida las moléculas adsorbidas no necesariamente están empaquetadas con una misma dirección, aunque se pueda suponer que se establece la adsorción en mono capa, si se considera el efecto solvente, se aplica más; por ello las isotermas de adsorción que se determinan con diferentes concentraciones de adsorbato y diferentes pesos de adsorbente, deben tomarse como expresiones empíricas que representan unos puntos experimentales en un rango de concentración definido.

### **1.3.7. El carbón activado**

El carbón activado es un producto muy particular, tiene una gran capacidad de adsorción de innumerables compuestos tanto en fase acuosa o fase gaseosa. Se utiliza en procedimientos para descontaminar obteniéndose resultados eficaces, lo cual ha generado un incremento en su producción que ya supera la tonelada y media al año. Aumentando cada día su uso en diversos procesos. (Ariza, 2012. p.36).

#### **a) Estructura**

El carbón activado está constituido por carbono y tiene una porosidad formada en la etapa de activación, muy desarrollada. Las propiedades químicas que posee dependen de la materia prima y del procedimiento de preparación permitiendo obtener carbones con características muy variadas y utilizados en aplicaciones diferentes. La estructura microscópica del carbón activado, está constituida por un conjunto irregular de láminas de grafeno ordenadas al azar y los espacios inter laminares constituyen la porosidad, que fundamentalmente corresponde a micro poros. Los parámetros de preparación dan el grado de semejanza entre el carbón activado y el grafito, sin embargo, el carbón a reordenar su estructura idéntica a la forma del grafito, incluso si se somete a tratamiento térmico hasta 3000 °C. (Carrillo, 2013. p.41).

**b) Propiedades químicas**

Las propiedades de adsorción de un carbón activado están determinadas por su naturaleza química, en su superficie existen un sin número de grupos funcionales como, grupos oxigenados y nitrogenados que determinan su naturaleza. Durante el proceso de activación se forman los grupos funcionales mediante la interacción de los átomos de oxígeno (Oxidación) y nitrógeno con los radicales libres presentes en la superficie del carbón, otros 4 elementos menos frecuentes en la superficie del carbón activado son el potasio, fósforo, los halógenos, azufre y calcio. (Rodríguez, 2012. p.28).

**c) Clasificación**

La clasificación del carbón activado puede darse por el tamaño de partícula, en este tipo, encontramos al carbón activado en polvo (CAP), con 44 µm de medida. Por otra parte, también se clasifican en; carbón activado granular (CAG) con un tamaño de partícula de rango de 0,6 a 4 mm, pudiendo adaptar formas como, fibras, telas, estructuras monolíticas, membranas, etc. (Enciclopedia Carbotecnia).

**1.3.8. Características de la composición del carbón**

- a) La Humedad Total. El agua que está presente en el carbón puede permanecer ocluido en los poros, combinada químicamente y tener un contenido superficial adquirido en el lavado, transporte y/o almacenamiento.
- b) El Carbón fijo. Es el residuo sólido de la ceniza que resulta de las pruebas acerca de la sustancia volátil. Su valor se calcula restando del 100% la humedad, la sustancia volátil y la ceniza.
- c) El Hidrogeno total. El azufre está presente formando diferentes tipos de compuestos, la suma de ellas representa el azufre total.

### **Carbón activado a partir de durazno**

El campo de los materiales absorbentes es difundido cada día en las industrias, en medicina y en la vida doméstica misma. Por tal razón se ha visto la conveniencia de producir carbón activado para absorber sustancias. Como materia prima se han utilizado los huesos de las pepas de durazno debido a que esto tiene suficiente corteza. (Gratacos, 2016, p. 24).

#### **1.3.9. Fósforo**

Es uno de los elementos químicos necesarios para el funcionamiento y desarrollo del hombre, sin embargo, el alcance y demanda de este mineral es limitado. El proceso de extracción de este elemento, en la actualidad, no tiene bases y fundamentos sostenibles que aseguren su oferta y disponibilidad en las siguientes generaciones. Asimismo, la alta presencia de fósforo y nitrógeno, en aguas residuales, evidencian el inadecuado manejo y disposición final de las industrias comercializadoras y abastecedoras. Tales aguas residuales son la principal causa de eutrofización en lagos y atributos cercanos, según la Directiva Marco del Agua. Sin embargo, a tal problemática, existen diversos procesos de tratamiento y recuperación de fósforo en aguas residuales como: precipitación, cristalización y adsorción.

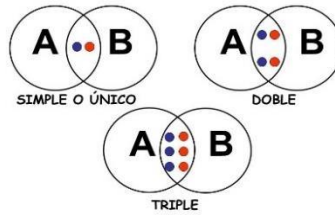
A través de un tratamiento secundario de nivel biológico, las aguas residuales con concentración de fósforo y nitrógeno pueden perder más del 60% de ambos contaminantes (Navarro, 2008. p. 28).

#### **1.3.10. Solución amortiguadora o buffer**

Son aquellas que mantienen el pH relativamente estable ante la adición de cantidades pequeñas de ácidos o bases, están formadas por un ácido y su base conjugada a concentraciones relativamente altas. (Granados, 2014. p. 2).

#### **1.3.11. Enlaces covalentes o de coordinación**

El enlace covalente se forma cuando dos átomos comparten uno o más pares de electrones, esto se lleva a cabo cuando la electronegatividad de los átomos tiene una diferencia muy pequeña o es cero. (Averroes, 2010. p. 7).



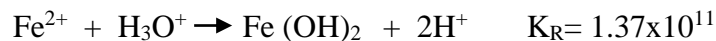
**Figura 1:** Enlaces covalentes

### 1.3.12. Impregnación del carbón activado con hierro.

La impregnación de hierro sobre la superficie del carbón activado se lleva a cabo formando un enlace covalente o de coordinación siempre y cuando existan las condiciones favorables para ello, de lo contrario solamente precipita sobre la superficie del carbón activado. (Ahumada, 2004. p. 6).

La impregnación de hierro en el carbón activado se realiza bajo las consideraciones fisicoquímicas siguientes:

- La superficie externa del carbón activado debe estar cargada negativamente para adsorber el hierro mediante la formación de enlaces covalentes o de coordinación.
- La solución se debe mantener a un pH menor a 4, para evitar la precipitación del hierro. (La constante de solubilidad del  $\text{Fe}^{+2}$  (II) a  $25^\circ\text{C}$  es  $8 \times 10^{-16}$  y del  $\text{Fe}^{+3}$  (III) es menor a  $1 \times 10^{-36}$ ).
- La solución de hierro se debe mantener acida, así los iones hidronio reaccionan con la sal de hierro liberando los iones:



- La mayor cantidad de hierro adsorbido por el carbón activado se lleva a cabo a los 60 minutos a la temperatura ambiente y con agitación. Se debe trabajar con una solución amortiguadora (Buffer) de ácido acético/acetato de sodio, 2.7/1.5 M; manteniendo un pH entre 3 y 4.



### 1.3.13. Remoción de fosfatos

En la naturaleza el fósforo se presenta como fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y sus minerales. Juega un papel importante en el metabolismo de los seres vivos produciendo energía, es un nutriente esencial, controla la eutrofización de las masas de agua. (Navarro, 2008. p. 28).

Se conocen diversos procedimientos utilizados y perfeccionados para la remoción de fosfatos utilizados a través de los años, los cuales se resumen en los siguientes:

- Eliminación biológica de fósforo / Filtración.
- Adsorción sobre medios específicos: Hidróxido de Hierro Granular.
- Ósmosis Inversa.

La tecnología a usar está determinada por diversos factores que se deben considerar como utilización del agua a tratar, la disposición del efluente, tipos de contaminantes y el área a utilizar.

### 1.4. Formulación del problema

¿Influye la dosis y la velocidad de agitación del carbón activado obtenido de semillas de *Prunus pérsica* incrustado con hierro (III) en la remoción de fosfatos presentes en soluciones acuosas?

### 1.5. Justificación del estudio

Un serio problema para la salud humana y los sistemas ecológicos a nivel mundial lo constituyen las aguas residuales por su alto contenido en nitratos y fosfatos exponiendo a los receptores de estas aguas a la eutrofización, rompiendo el equilibrio ecológico, aun cuando esta amenaza puede convertirse en oportunidad para el cultivo de micro algas que tienen la capacidad de utilizarlos

como nutrientes y de esta manera remover altas concentraciones al mismo tiempo capturar CO<sub>2</sub> atmosférico, produciendo oxígeno y biomasa.

En nuestro país las aguas residuales domesticas no son tratadas adecuadamente y como producto de esta deficiencia los sistemas acuáticos marinos están siendo contaminados, esto ha llevado estudiar tecnologías para reducir el contenido de nitratos y fosfatos y reutilizar estas aguas residuales procedentes del lavado y aseo personal para el riego de parques, jardines u otras áreas verdes.

El presente trabajo busco investigar la remoción de fosfatos mediante fierro<sup>+3</sup> incrustado en carbón activado de *Prunus pérsica*, como una alternativa de tratamiento a las aguas residuales municipales con responsabilidad social, que normalmente contienen fosfatos provenientes de los detergentes convencionales, que finalmente afectan al proceso de tratamiento de aguas residuales y que de ser liberado a otros cuerpos de agua receptores pueden generar problemas de eutrofización por acumulación de nutrientes. Al mismo tiempo se está dando valor agregado a un residuo lignocelulósico de bajo valor que se acumula en ciertos períodos del año, que permitiría abaratar el proceso de remoción en solución acuosa y el cuidado el medio ambiente.

## **1.6. Hipótesis**

La dosis y la velocidad de agitación del carbón activado obtenido de semillas de *Prunus pérsica* incrustado con fierro (III), influye en la remoción de fosfatos presentes en soluciones acuosas.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Determinar si la dosis y la velocidad de agitación en el carbón activado obtenido de semillas *Prunus pérsica* incrustado con fierro (III), influye en la remoción de fosfatos presentes en soluciones acuosas.

### 1.7.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la dosis de carbón activado incrustado con Fe (III), a una concentración constante de Fe (III), que permite la mayor adsorción de fosfato en solución.
- b) Determinar la velocidad de agitación a dosis constante de carbón incrustado con Fe (III), que permita el mayor grado de remoción de fosfatos en solución acuosa.
- c) Determinar el porcentaje de remoción de fosfatos considerando la mejor velocidad de agitación y dosis de carbón activado incrustado con Fe (III).

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Diseño de investigación

Según Hernández (2015), el proyecto de investigación tendrá un diseño:

#### **De acuerdo al fin que persigue:**

**Aplicada:** Porque evalúe la finalidad primordial de la resolución de problemas prácticos inmediatos en orden a transformar las condiciones del acto didáctico y a mejorar la calidad educativa.

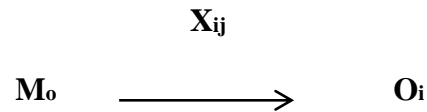
#### **De acuerdo a la técnica de contrastación:**

**Investigación experimental:** La obtención de los datos se realizará mediante la manipulación de las variables identificadas en el presente estudio.

#### **De acuerdo al régimen de investigación:**

**Orientada:** Se emplearán métodos experimentales con el objetivo de determinar si influye la dosis de carbón activado de *Prunus pérsica* incrustado con hierro y la velocidad de agitación en la remoción de fosfatos presentes en soluciones acuosas.

## Diseño de investigación



### Donde:

**M<sub>o</sub>:** Concentración inicial de fosfatos en la solución.

**X<sub>ij</sub>:** Estimulo: Dosis y velocidad

**O<sub>i</sub>:** Concentración final de fosfatos después del estímulo X<sub>ij</sub>

**i:** 1, 2, 3 dosis.

**J:** 1, 2, 3 velocidades

Como se observa se aplicó un diseño factorial de 3x3, teniendo 9 tratamientos, multiplicada por el número de repeticiones que serán 3, dando un total de 27 experimentos.

**Tabla 2.** Diseño de investigación

Dosis carbón impregna do Fe(III) (g/L)	RPM	V <sub>1</sub> (100rpm)	V <sub>2</sub> (150rpm)	V <sub>3</sub> (200rpm)	Combinaciones	N° replicas	Total
D <sub>1</sub> (2)		V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	3	27
D <sub>2</sub> (4)		V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	3		
D <sub>3</sub> (6)		V <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	V <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	3		
<b>Total combinaciones</b>					9		

*Fuente: Elaboración Propia*

Donde:

$V_1$  = Velocidad de agitación (RPM)

- $V_1$  = Velocidad de agitación (100 RPM)
- $V_2$  = Velocidad de agitación (150 RPM)
- $V_3$  = Velocidad de agitación (200 RPM)

$D_1$  = Dosis de carbón activado en (g/L.)

- $D_1$  = dosis de carbón activado: 2 g. carbón/L. solución.
- $D_2$  = dosis de carbón activado: 4 g. carbón/L. solución.
- $D_3$  = dosis de carbón activado: 6 g. carbón/L. solución.

## **2.2. Variables y operacionalización**

### **2.2.1. Variables**

#### **Variables Independientes:**

- Dosis de carbón activado incrustado con Hierro (III)
- Velocidad de agitación

#### **Variable dependiente:**

- Remoción de fosfatos presentes en la solución. (R)  
 $R = (\text{Fosfatos inicial} - \text{Fosfatos final})$

### 2.2.2. Operacionalización

**Tabla 3.** Operacionalización de variables

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Dosis de Fe (III) incrustado en carbón activado</b>	Cantidad de carbón activado con fierro incrustado por adsorción en medio acuoso.	Dosis baja Dosis media Dosis alta	Dosis baja: 2 g. carbón/L. Dosis media: 4 g. carbón/L. Dosis alta: 6 g. carbón/L.
<b>Velocidad de Agitación</b>	Es el número de vueltas en la unidad de tiempo necesario para que el carbón activado entre en contacto con toda la solución.	Velocidad baja Velocidad media Velocidad alta	Velocidad baja: 100 RPM Velocidad media: 150 RPM Velocidad alta: 200 RPM
<b>Remoción de fosfatos</b>	Proceso donde la cantidad de fosfatos presentes en la solución, disminuye.	Remoción baja Remoción media Remoción alta	$\frac{mg PO_4^{3-} \text{ removido}}{\text{Litros} * g. \text{ carbon activado}}$

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La población estuvo conformada por 10 L de solución acuosa de fosfato a 1000 ppm (Solución madre), preparadas utilizando fosfato de sodio grado analítico.

### 2.3.2. Muestra

Se trabajó con muestras de 250 ml de solución acuosa de fosfato a 50 ppm, obtenidas por disolución de la solución madre, se realizaron 27 tratamientos.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La determinación de hierro impregnado se realizó por absorción atómica y los fosfatos removidos se realizó mediante el método espectrofotométrico ya normalizados para estos análisis.

**Tabla 4.** Parámetros analizados

ARÁMETRO	MÉTODO	NORMA
Fe <sup>+3</sup> total	Absorción atómica	NTP 214.003.87
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> total	Espectrofotométrico	Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E. APHA-AWWA-WEF (2012)
pH	Valor de pH - Método Potencio métrico	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 H+ B, 22nd Ed.
Temperatura	Métodos de laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22nd Ed.

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **2.4.2. Validez y confiabilidad**

Esta investigación se orientó a medir con eficacia, el grado de remoción de fosfatos presentes en soluciones acuosas preparadas, los datos obtenidos en el laboratorio de química de la Universidad Cesar Vallejo, en el que se trabajó con equipos calibrados por entidad acreditada ante INACAL y reactivos certificados y con sus fichas técnicas, fueron recolectados en una ficha, los cuales fueron analizados de manera estadística. El instrumento de recolección de datos fue validado por expertos.

#### **2.5. Método de análisis de datos**

Se evaluó realizando un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba post hoc (TUKEY).

#### **2.6. Aspectos éticos**

Se respetó la veracidad de los resultados, así como también otros aspectos que son de interés solamente para la investigación.

Se respetó las investigaciones previas, haciendo referencia en las citas bibliográficas.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación de temperatura de calcinación de carbón activado

**Tabla 5.** Temperatura óptima de carbonización

Replicas	Temperatura °C	Veloc. agitación (rpm)	Tiempo (h)	Absorbancia	Concentración (ppm A.M.)	Adsorción (%)
1	300	300	2	0,263	1,118	86,03
2	500	300	2	0,188	1,447	81,91
3	700	300	2	0,082	0,654	91,82

*Fuente: Elaboración Propia*

Según la tabla 5, el carbón activado preparado a 700°C, demostró mejor capacidad de adsorción.

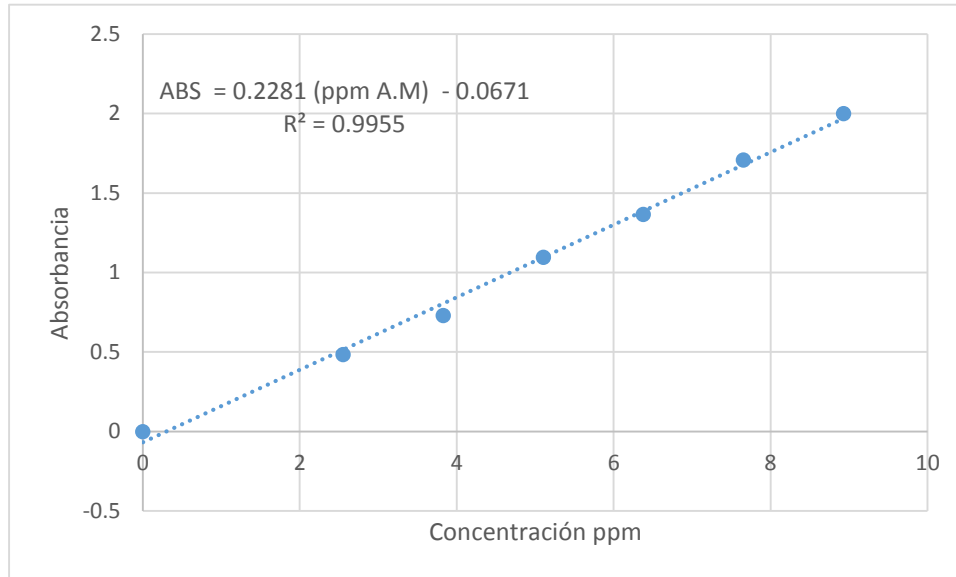
#### 3.2. Determinación de la capacidad de adsorción del carbón activado a 700 °C.

**Tabla 6.** Adsorción de azul de metileno a 660 nm

Concentración solución madre 127.6 ppm azul de metileno						
Std.	mL. Azul de metileno	Concentración ppm	Absorbancia			Promedio Absorbancia
			1	2	3	
1	0	0	0	0	0	0,0000
2	1,0	2,552	0,482	0,487	0,483	0,4840
3	1,5	3,828	0,733	0,724	0,736	0,7310
4	2,0	5,104	1,095	1,098	1,093	1,0953
5	2,5	6,38	1,365	1,366	1,370	1,3670
6	3,0	7,656	1,709	1,710	1,709	1,7093
7	3,5	8,932	1,995	2,004	2,005	2,0013
8	4,0	10,028	2,520	2,502	2,503	2,5083

*Fuente: Elaboración Propia*

La solución madre es de 127.6 ppm, donde se tomaron alícuotas de 0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 y 4.0 mL; las cuales se aforaron en fiolas de 50 mL registrándose su concentración y absorbancia.



**Figura 2:** Recta de calibrado para azul de metileno

### 3.3. Determinación del tiempo de equilibrio de adsorción.

**Tabla 7.** Determinación del mejor tiempo de adsorción

Tiempo (min)	Absorbancia			Prom. Absorbancia	Concentración (ppm A.M.)	Adsorción (%)
	1	2	3			
0	1,799	1,787	1,794	1,793	7,568	0
15	1,543	1,570	1,572	1,562	6,552	13,422
30	1,381	1,379	1,378	1,379	5,753	23,984
45	1,212	1,213	1,228	1,218	5,044	33,349
60	1,126	1,124	1,132	1,127	4,648	38,582
75	1,037	1,043	1,045	1,042	4,273	43,545
90	0,958	0,961	0,961	0,960	3,915	48,275
105	0,870	0,872	0,872	0,871	3,526	53,412
120	0,833	0,871	0,844	0,839	3,429	54,686

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la información de la tabla 7, el mejor tiempo observado fue de 120 minutos.

### 3.4. Evaluación del grado de impregnación de Fe<sup>+3</sup> sobre carbón activado

**Tabla 8.** Impregnación de Fe<sup>+3</sup> al 10 % sobre carbón activado

Volumen (mL)	FeCl3 (g.)	Carbón activado (g.)	Tiempo (min.)	Impregnación % Fe <sup>+3</sup>
100	29,04	50,0162	30	2,88%
100	29,04	50,0203	30	
100	29,04	50,0531	30	
Promedio	29,04	50,0297	30	

*Fuente: Elaboración Propia*

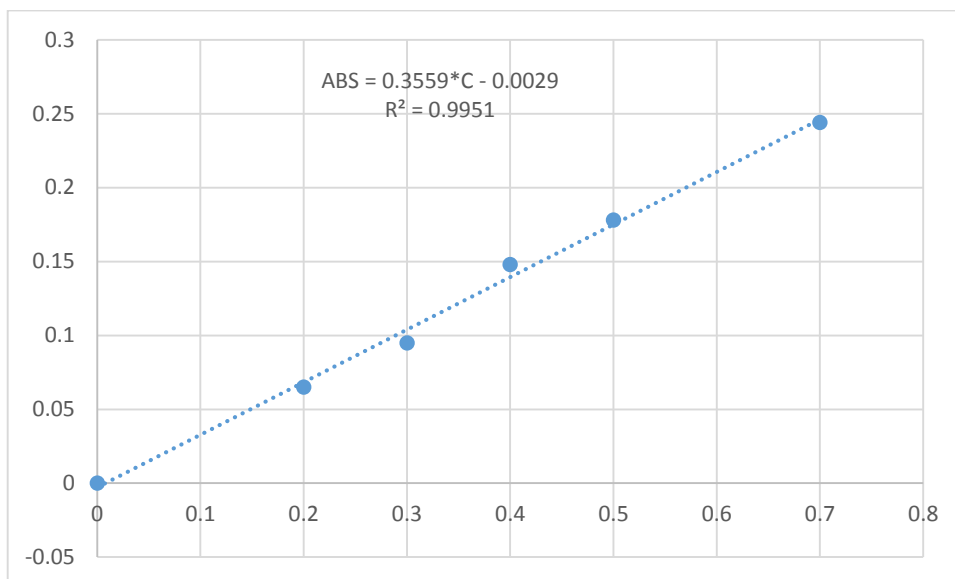
El porcentaje de la impregnación del Fe<sup>+3</sup> se ha obtenido por el método de absorción atómica, tomando un gramo de la mezcla de las tres muestras.

### 3.5. Recta de calibración para fosfatos método espectrofotométrico a 660 nm

**Tabla 9.** Soluciones para la obtención de la curva de adsorción

Fiola	ml Solución 5 ppm P	ppm de P	Absorbancia (660 nm)
1	0 (blanco)	0	0
2	1,0	0,2	0,065
3	1,5	0,3	0,095
4	2,0	0,4	0,148
5	2,5	0,5	0,178
6	3,5	0,7	0,244

*Fuente: Elaboración Propia*



**Figura 3:** Recta calibrado para fosfatos a 660 nm.

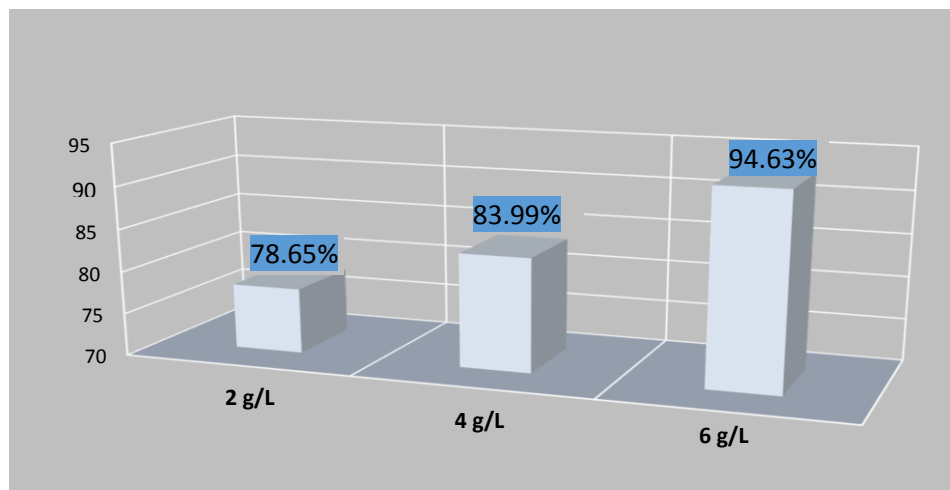
### 3.6. Evaluación del grado de adsorción de fosfatos a diferentes velocidades de agitación

**Tabla 10.** Análisis espectrofotométrico a 660 nm y 100 rpm

Dosis aplicada (g/L)	Fosfatos Inicial (ppm PO <sub>4-3</sub> )	Absorbancia	Fosfatos remanente (ppm PO <sub>4-3</sub> )	Fosfatos removido (%)
<b>2</b>	10	0,245	2,135	<b>78,65</b>
<b>4</b>	10	0,183	1,601	<b>83,99</b>
<b>6</b>	10	0,107	0,947	<b>90,53</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En tabla 10 aparecen los datos de remoción de fosfatos utilizando la velocidad óptima encontrada 100 rpm, a diferentes dosis de carbón activado impregnado con Fe<sup>+3</sup>.



**Figura 4:** Remoción de fosfatos a 100 rpm usando carbón activado

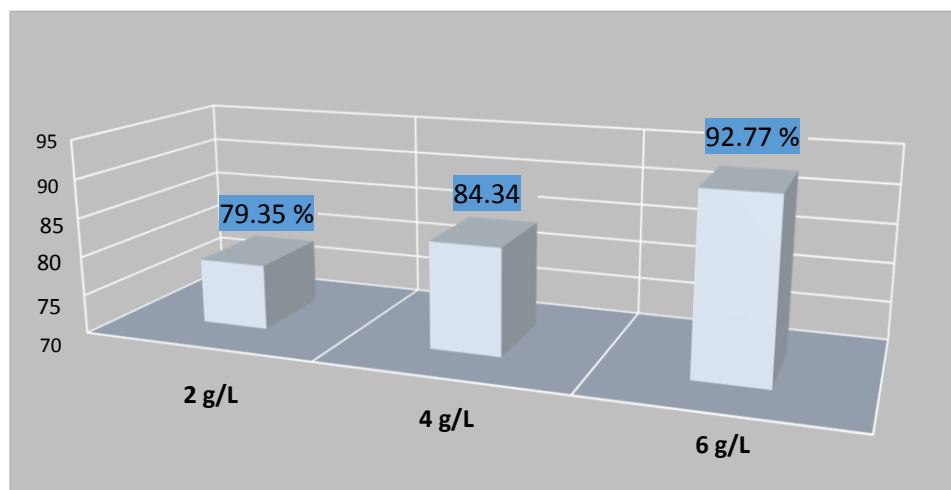
En el grafico se observa mayor remoción de fosfato a la dosis de 6 g/L y una velocidad de agitación de 100 rpm.

**Tabla 11.** Análisis espectrofotométrico a 660 nm y 150 rpm

Dosis aplicada (g/L)	Fosfatos Inicial (ppm PO <sub>4-3</sub> )	Absorbancia	Fosfatos remanente (ppm PO <sub>4-3</sub> )	Fosfatos removido (%)
<b>2</b>	10	0,237	2,065	<b>79,35</b>
<b>4</b>	10	0,179	1,566	<b>84,34</b>
<b>6</b>	10	0,081	0,723	<b>92,77</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En tabla 11 aparecen los datos de remoción de fosfatos utilizando la velocidad óptima encontrada 150 rpm, a diferentes dosis de carbón activado impregnado con Fe<sup>+3</sup>.



**Figura 5:** Remoción de fosfatos a 150 rpm usando carbón activado

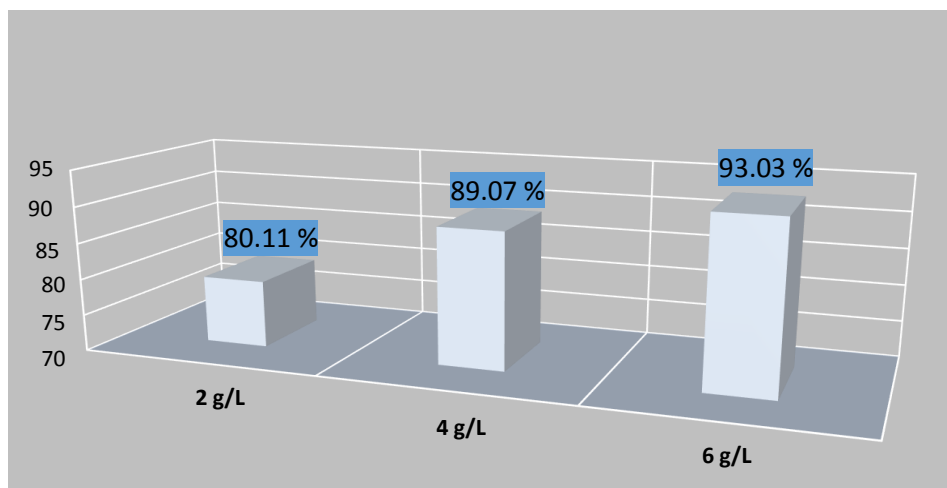
En el grafico se observa mayor remoción de fosfato a una dosis de 6 g/L y una velocidad de agitación de 150 rpm.

**Tabla 12.** Análisis espectrofotométrico a 660 nm y 200 rpm

Dosis aplicada (g/L)	Fosfatos Inicial (ppm PO <sub>4-3</sub> )	Absorbancia	Fosfatos remanente (ppm PO <sub>4-3</sub> )	Fosfatos removido (%)
<b>2</b>	10	0,228	1,989	<b>80,11</b>
<b>4</b>	10	0,124	1,093	<b>89,07</b>
<b>6</b>	10	0,078	0,697	<b>93,03</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En tabla 12 aparecen los datos de remoción de fosfatos utilizando la velocidad óptima encontrada 200 rpm, a diferentes dosis de carbón activado impregnado con Fe<sup>+3</sup>.



**Figura 6:** Remoción de fosfato a 200 rpm usando carbón activado

En el grafico se observa mayor remoción de fosfato a una dosis de 6 g/L y una velocidad de agitación de 200 rpm.

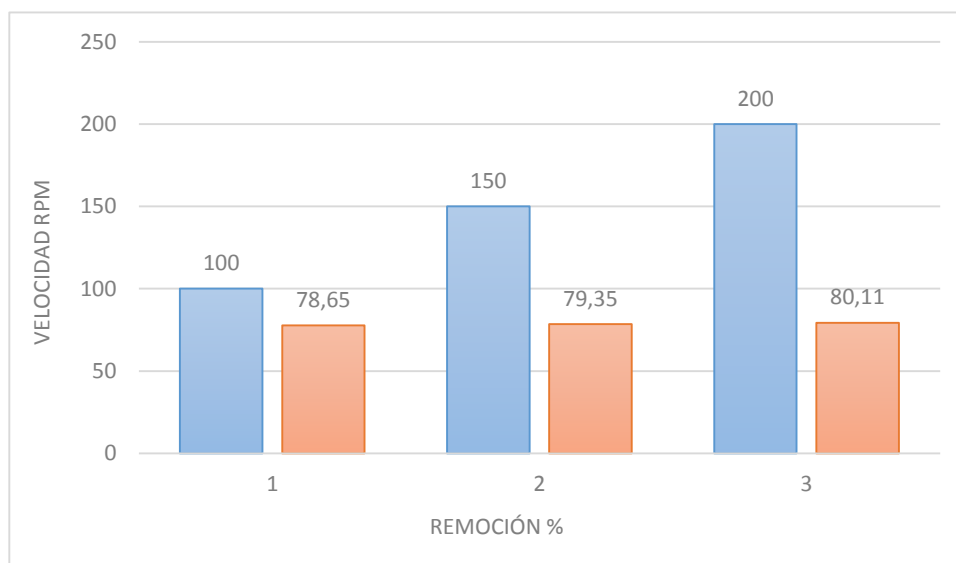
### 3.7. Evaluación a dosis constante y distintas velocidades de carbón activado impregnado con $Fe^{+3}$ en la adsorción de fosfatos.

**Tabla 13.** Remoción de fosfatos a 100 rpm y 2 g/L de carbón impregnado con  $Fe^{+3}$

Dosis aplicada (g/L)	rpm (vol)	Fosfatos Inicial (ppm $PO_{4-3}$ )	Absorbancia	Fosfatos remanente (ppm $PO_{4-3}$ )	Fosfatos removido (%)
2	100	10	0,245	2,135	<b>78,65</b>
2	150	10	0,237	2,065	<b>79,35</b>
2	200	10	0,228	1,989	<b>80,11</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la tabla 13 aparecen los datos de remoción de fosfatos utilizando la velocidad de 100 rpm, a una dosis de 2 g/L. de carbón activado impregnado con  $Fe^{+3}$ .



**Figura 7:** Remoción de fosfatos a dosis de 2 g carbón activado/L

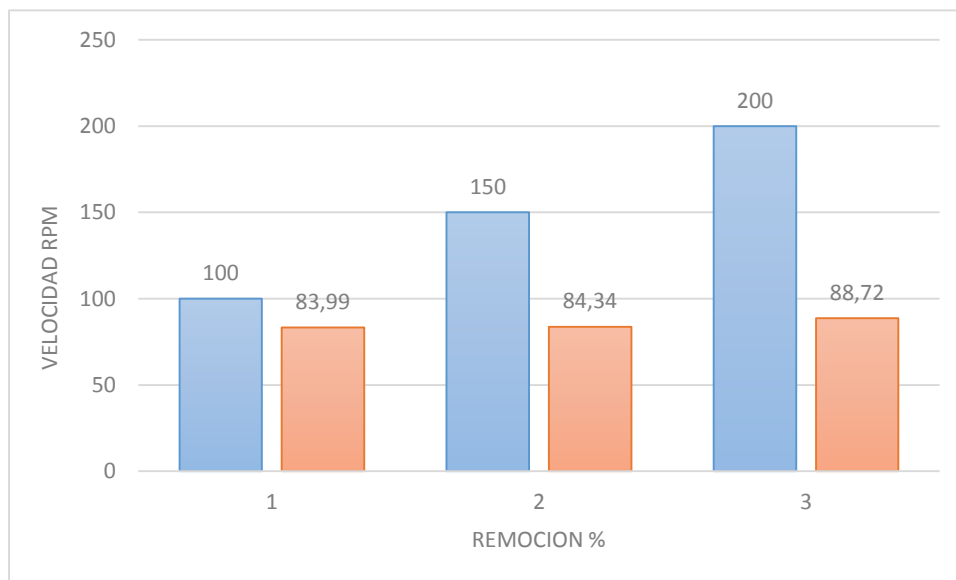
**Tabla 14.** Remoción de fosfatos a 150 rpm y 4 g/L de carbón impregnado con  $\text{Fe}^{+3}$

Dosis aplicada (g/L)	rpm (vol)	Fosfatos Inicial (ppm $\text{PO}_{4-3}$ )	Absorbancia	Fosfatos remanente (ppm $\text{PO}_{4-3}$ )	Fosfatos removido (%)
4	100	10	0,183	1,601	<b>83,99</b>
4	150	10	0,179	1,566	<b>84,34</b>
4	200	10	0,124	1,128	<b>88,72</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la tabla 14 aparecen los datos de remoción de fosfatos utilizando la velocidad de 150 rpm, a una dosis de 4 g/L de carbón activado impregnado con  $\text{Fe}^{+3}$ .





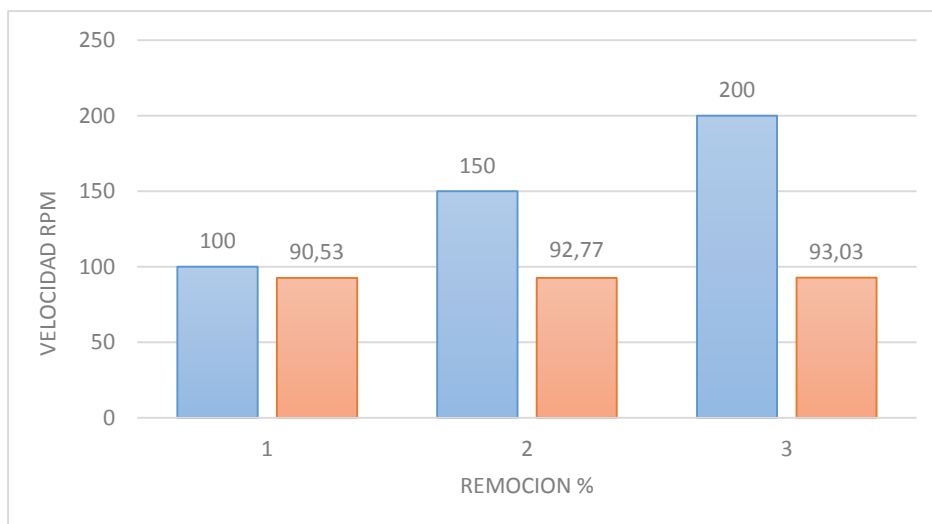
**Figura 8:** Remoción de fosfatos a dosis de 4 g carbón activado/L

**Tabla 15.** Remoción de fosfatos a 200 rpm y 6 g/L de carbón impregnado con  $\text{Fe}^{+3}$

Dosis aplicada (g/L)	rpm (vol)	Fosfatos Inicial (ppm $\text{PO}_{4-3}$ )	Absorbancia	Fosfatos remanente (ppm $\text{PO}_{4-3}$ )	Fosfatos removido (%)
<b>6</b>	100	10	0,107	0,947	<b>90,53</b>
<b>6</b>	150	10	0,081	0,723	<b>92,77</b>
<b>6</b>	200	10	0,078	0,697	<b>93,03</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la tabla 15 aparecen los datos de remoción de fosfatos utilizando la velocidad de 200 rpm, a una dosis de 6 g/L de carbón activado impregnado con  $\text{Fe}^{+3}$ .



**Figura 9:** Remoción de fosfatos a dosis de 6 g carbón activado/L

### 3.8. Evaluación estadística de resultados

**Tabla 16.** Estadísticos descriptivos variable dependiente: remoción de fosfatos (%)

Dosis aplicada (g/L)	rpm (vol)	Media	Desviación estándar	N
2	100	77,6500	3,10800	3
	150	79,3500	8,62600	3
	200	80,1100	1,58500	3
	Total	79,0366	4,70126	9
4	100	83,9900	1,66700	3
	150	84,3400	9,20700	3
	200	88,7200	3,54900	3
	Total	85,6833	5,63966	9
6	100	90,5300	2,77800	3
	150	92,7700	2,77800	3
	200	93,0300	1,85800	3
	Total	92,1100	2,17713	9
Total	100	84,5500	6,89838	9
	150	84,9100	8,96110	9
	200	86,9500	6,42148	9
	Total	85,4700	7,29370	27

En la tabla 16 se presentan las medias de los porcentajes de remoción de fosfatos que se comparan para los diferentes niveles de las variables de dosis y velocidad de agitación.

**Tabla 17.** Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción de fosfatos (%)	0,133	27	0,200*	0,944	27	0,150

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Con respecto al criterio de la normalidad se aplica la prueba de Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> (para muestras grandes) y la de Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas) de acuerdo a la cantidad de datos obtenidos experimentalmente, si el valor  $p > 0.05$ ; se dice que los datos presentan una distribución normal. En la tabla 16 se obtuvo valores mayores a 0.05 para ambas pruebas con lo cual los datos cumplen con uno de los prerrequisitos para la aplicación de pruebas paramétricas de ANOVA.

**Tabla 18.** Prueba de ANOVA: Variable dependiente remoción de fosfatos (%).

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	971,929 <sup>a</sup>	8	121,491	5,318	0,002
Intercepción	197238,264	1	197238,264	8633,566	0,000
Dosis de carbón	913,968	2	456,984	20,003	0,000
Velocidad agitación	30,154	2	15,077	0,660	0,529
Dosis de carbón* Velocidad agitación	27,807	4	6,952	0,304	0,871
Error	411,219	18	22,846		
Total	198621,413	27			
Total corregido	1383,148	26			

a. R al cuadrado = 0,873 (R al cuadrado ajustada = 0,871)

En la tabla 18 se muestra las pruebas de efectos intersujetos; a las cuales se somete los datos a fin de comprobar si existe diferencia estadística entre las medias de los tratamientos; encontrándose que existe diferencia significativa en los tratamientos de la variable dosis de

carbón activado p valor <0.05. A su vez, no se encontró diferencia significativa para la variable velocidad de agitación; y tampoco lo hubo para la interacción entre estas dos variables. El valor R cuadrado sugiere que el modelo empleado explica en un 87,3% el efecto producido por la dosis y velocidad de agitación sobre la remoción de fosfatos (%).

Realizado el análisis de varianza, encontrándose diferencia significativa; se procede a realizar la prueba pos hoc de HSD Tukey; a fin de determinar entre que niveles de las variables se está produciendo dicha diferencia.

**Tabla 19.** Pruebas post hoc: Dosis de carbón activado (g) comparaciones múltiples HSD Tukey de la variable dependiente remoción de fosfatos (%).

<b>HSD Tukey</b>						
(i) Dosis aplicada (g/L)	(j) Dosis aplicada (g/L)	Diferencia de medias (i-j)	error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
2	4	-6,80333*	2,08429	0,009	-12,0084	-1,5983
	6	-14,24667*	2,08429	0,000	-19,4517	-9,0416
4	2	6,80333*	2,08429	0,009	1,5983	12,0084
	6	-7,44333*	2,08429	0,004	-12,6484	-2,2383
6	2	14,24667*	2,08429	0,000	9,0416	19,4517
	4	7,44333*	2,08429	0,004	2,2383	12,6484

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

La tabla 19 de comparaciones múltiples de Tukey muestra los distintos arreglos que se generan para cotejar las diferencias existentes entre los niveles de la variable dosis de carbón activado; encontrándose diferencia significativa a un valor (P <0.05).

**Tabla 20.** Subconjuntos homogéneos: Remoción de fosfatos (%) HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Dosis aplicada (g/L)	N	Subconjunto		
		1	2	3
2	9	79,0366		
4	9	85,6833		
6	9	92,1100		
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
Se basa en las medias observadas.  
El término de error es la media cuadrática (Error) = 22,846.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.  
b. Alfa = .05.

En la tabla 20 de subconjuntos homogéneos se observa la formación de tres conjuntos diferenciados para cada nivel de la variable dosis de carbón; siendo el subconjunto 3 el que presenta la mayor remoción de fosfatos con un valor de 92,11%. Estos resultados sugerirían que la dosis de carbón de 6g/L aplicados a una solución de fosfatos en condiciones de laboratorio es la más adecuada para la remoción de dicho elemento. Sin embargo, para la variable velocidad de agitación no se encontró diferencia entre las medias de los tratamientos a 3 velocidades diferentes; por lo cual no se realizó para estas las pruebas post hoc.

#### **IV. DISCUSIÓN**

De acuerdo a la información obtenida y registrada en la tabla 12, se observa el porcentaje de remoción a diferentes dosis de carbón activado impregnado con Fe (III), 2 g/L, 4 g/L y 6 g/L, aumenta y al aumentar la dosis; podemos decir que la dosis de carbón activado impregnado con fierro (III) influye de manera directamente proporcional en la remoción de fosfatos.

En la tabla 15, se observa que las velocidades de agitación 100, 150 y 200 rpm, afectan de una manera no muy significativa el porcentaje de remoción de fosfatos, determinando que la velocidad de agitación no es un factor determinante en la remoción.

La mejor dosis de Fe (III) incrustado que remueve el mayor porcentaje de fosfatos es la de 6 g/L como se puede observar en la tabla 12 con un 93,03 % de remoción.

Como se ha observado y analizado la información registrada en la tabla 15, la velocidad de agitación no es un factor determinante en la remoción de fosfato con carbón activado impregnado con Fe (III).

Según (ALBIS, 2017), se planteó que evaluar el proceso de remoción del azul de metileno utilizando un adsorbente de bajo costo (cáscara de yuca) activado con ácido

fosfórico, se logró confirmar que es un buen adsorbente del azul de metileno al carbón activado, puesto que logró una adsorción máxima de 99.984%, lo que se evidencia una efectiva activación.

## **V. CONCLUSIONES**

- La dosis de carbón activado impregnado con hierro (III) influye directamente en la remoción de fosfatos, habiéndose obtenido la mayor remoción a una dosis de 6 g/L y una remoción del 92.11%
- El mayor porcentaje de remoción de fosfatos se ha logrado a una dosis de 6 g/L, alcanzando el valor máximo de 92.11%, no siendo significativa la velocidad de agitación.
- La mejor velocidad evaluada fue a 200 rpm con lo cual la remoción de fosfatos alcanzo un máximo de 0,078 que representa un 93,03%

## **VI. RECOMENDACIONES**

Realizar pruebas utilizando valores mayores de agitación a 200 rpm para optimizar el proceso de degradación

Evaluar la influencia del pH en la remoción de fosfatos en soluciones acuosas.

Realizar estudios sobre la remoción de fosfatos en soluciones acuosas, utilizando carbón activado con otros metales.

## REFERENCIAS

AHUMADA, Eduardo. Obtención de un carbón activo impregnado de hierro (II) para ser usado en tratamientos de aguas que contienen compuestos fenólicos. *Pharos*, 2004, vol. 11, no 2.

ALBIS Alberto, LOPEZ Alexandra y ROMERO María. “Remoción de azul de metileno de soluciones acuosas utilizando cáscara de yuca (manihot esculenta) modificada con ácido fosfórico”. *Revista Facultad de Ingeniería. Universidad del Atlántico. Barranquilla-Colombia*. [En línea].2017, vol.15, N°2, pp.60-73.

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v15n2/1692-8261-prosp-15-0200060.pdf> ISSN 1692-8261.

ARIZA, Alicia. “Development of activated carbons from lignocellulosic wastes for toluene and n-hexane adsorption and recovery”. Zaragoza – España. 2012. Repositorio de tesis de la Universidad San Jorge de España. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/186813918/Carbones-Activadosss-n>.

BARRETO, Yazmin y PAREDES, José. "Determinación del potencial de absorción de cobre en solución acuosa de las especies". *Revista de Investigación y Amazonía*, vol.5.N°1 y N°2. Universidad Nacional Agraria de la Selva [En línea]. 01 de marzo de 2017. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2017]. Disponible en:

<http://www.unas.edu.pe/revistas/index.php/revia/article/view/82>

BANERJEE K., Amy G.L., Prevost M., Nour S., Jekel M., Gallagher P.M., Blumenschein C.D. (2008). Kinetic and thermodynamic aspects of adsorption of arsenic onto granular ferric hydroxide (GFH). *Water research*. 42, 3371-3378.

BONILLA A. -Petriciolet, D.I. Mendoza-Castillo, H.E. Reynel-Avila, I. AguayoVillarreal. Perspectivas de la intensificación de procesos de adsorción empleando carbón activado para la remoción de contaminantes prioritarios del agua”. Boletín del Grupo Español del Carbón (2015).  
[http://www.gecarbon.org/Boletines/Boletin/BoletinGEC\\_036.pdf](http://www.gecarbon.org/Boletines/Boletin/BoletinGEC_036.pdf).

CARRILLO, Verena. “Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable”. San Salvador - Centro América. 2013. Repositorio de la Universidad de el Salvador. Disponible en:  
<http://ri.ues.edu.sv/5307/1/16103409.pdf>.

DELGADILLO, G. “Preparación-caracterización de carbones activados a partir de pepas de níspero de palo y su aplicación como material adsorbente de fenol”. Tesis para optar el grado de Magister en Química en la Pontificia Universidad Ca LimaPerú., 2011.

Enlace químico 2010. Disponible:

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centroctic/14006217/helvia/aula/archivos/repositorio/0/34/html/quimica2temas/TEMA%202%20Enlacequimico.pdf>.

GRATACOS, Eduardo. “el cultivo del duraznero Prunus persica (L.) Batsch”. Valparaíso – Chile. 2016. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Disponible en:  
<http://www.biblioteca.org.ar/libros/211462.pdf>.

ILLANA GREGORI, Mireia. Estudio de la adsorción de fosfatos en aguas de depuradora mediante intercambiadores iónicos. 2014.

LAGOS, A. “Adsorción de cadmio, hierro y plomo en agua artificial utilizando Moringa oleífera” Lam. Quito. 2017, repositorio de tesis de la universidad san Francisco de Quito. Disponible:  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6576/1/131054.pdf>.



MARTÍN-Martínez, M. J. Adsorción física de gases y vapores por carbones. 1988, Alicante, España: Universidad de Alicante.

MENDOZA- Castillo, “Análisis estadístico y modelación de la sorción multicomponente de metales pesados en agua empleando carbón de hueso”. Revista Mexicana de Ingeniería Química, (2015) ISSN: 1665-2738.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62046829019>.

MENDOZA-Castillo, “Perspectivas de la intensificación de procesos de adsorción empleando carbón activado para la remoción de contaminantes prioritarios del agua”. Boletín del Grupo Español del Carbón, 36: 17-21. ISSN 2172 - 6094.  
[http://www.gecarbon.org/Boletines/Boletin/BoletinGEC\\_036.pdf](http://www.gecarbon.org/Boletines/Boletin/BoletinGEC_036.pdf)

MONDAL, P.; Majumder, C. B.; Mohanty, B. Effects of adsorbent dose, its particle size and initial arsenic concentration on the removal of arsenic, iron and manganese from simulated ground water by Fe<sup>3+</sup> impregnated activated carbon. Journal of Hazardous Materials, 2008, vol. 150, no 3, p. 695-702.

MORENO, “Entalpías de inmersión en benceno y agua de carbones activados obtenidos a partir de semillas de durazno”, (2013). [file:///D:/Downloads/268684365046-1-SM%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/268684365046-1-SM%20(1).pdf).

MORENO, Juan [et al.]. Evaluación del peróxido de hidrógeno en la oxidación de fenol con hierro soportado sobre tela de carbón activado. Información tecnológica, 2007, vol. 18, no 2, p. 67-72.

PAREDES, “Evaluación tecnico economica de una planta de carbon activado” universidad de chile facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de Ingeniería Industrial, 2007.

PINEDO A.; Obregón-Valencia D.; Sun-Kou M.R. Estudio de la capacidad de adsorción de cadmio y cromo totales utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje. En: II Workshop on adsorption, catalysis and porous materials. Resúmenes. Bogotá, Universidad de los Andes. 2013; 103-104.

REYNEL H.E. -Ávila. “Carbón de hueso: síntesis, propiedades fisicoquímicas y aplicaciones en el tratamiento de agua”. Materiales en Adsorción y Catálisis, (2014). [http://www.adsorcion.com/uploads/revistas/MAYC\\_numero%208.pdf](http://www.adsorcion.com/uploads/revistas/MAYC_numero%208.pdf)

REYNA “Obtención de carbón activado y aceite esencial a partir del durazno (blanquillo)” (2006)

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4250>.

RINCÓN, “Obtención de carbón activado a partir de diferentes precursores lignocelulósicos: caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de contaminantes fenólicos” 2016, Universidad de los Andes, Bogotá-Colombia.

RODRIGUEZ, Alma Verónica Vitela. “Remoción de arsénico por medio de carbón activado modificado con nano partículas de hidro (óxidos) de hierro”. 2011.

RODRÍGUEZ - REINOSO, F. Universidad de Alicante. Laboratorio de materiales avanzados. Departamento de Química Inorgánica. <http://www.ua.es/grupo/lma/web%20cyted/publicaciones/libros%20managua.pdf>. (2012).

SARMIENTO, C.; Sánchez, J., García, C., Rincón, B.A. Y Ramírez, J. Preparación de carbón activado mediante la activación química de carbón mineral. Ciencia, 2004.

QUINTERO A, AYALA C, Determinación de fosfatos en fertilizantes mediante espectroscopia en el infrarrojo medio por transformadas de Fourier en modo Reflectancia Total Atenuada. 2012. Disponible: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/avancesenquimica/article/viewFile/8218/8161>.

VIAN, A. “Introducción a la Química Industrial”, Editorial Reverté, segunda edición.

Barcelona, (1994). Disponible:

<https://es.scribd.com/document/350940422/Introduccion-a-La-Quimica-Industrial>

Ángel-Vian-Ortuno.

VITELA Rodríguez, Alma Verónica. Remoción de arsénico por medio de carbón activado modificado con nano partículas de hidro (óxidos) de hierro. Instituto potosino de investigación científica y tecnológica, A.C. posgrado en ciencias aplicadas. Para obtener el grado de Maestra en Ciencias Aplicadas. San Luis Potosí,

S.L.P., Julio de 2011.p-80.

Disponible:

<http://web.fedepalma.org/bigdata/reunion2016/poster/32poster.pdf> .

## ANEXOS

### ANEXO A: Preparación del carbón activado

- A) Se extrajo las pepas de durazno retirando la parte carnosa, se lavó procedió a secado en estufa, a una temperatura de 105 °C por un tiempo de 2 horas. Después se realizó el tratamiento con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) y se dejó reposar.
- B) Se tomaron 589 gr de huesos de las pepas de duraznos, previamente acondicionadas, en tres porciones, las cuales se carbonizaron a temperaturas de 300, 500 y 700 °C en la mufla modelo Therm concept KLE-05/11 en ausencia de aire, por un tiempo de 2 horas.
- C) Se obtuvieron 157.81 g de carbón de los cuales 49.12 g a 300°C, 53.35 a 500 °C y 55.34 g de carbón a 700 °C de pepas de durazno carbonizada, los cuales se trituraron y pasaron por tamices de malla de 1 mm.
- D) La activación del carbón se llevó a cabo con ácido fosfórico al 60%, en el cual se sumergió el carbón y llevo a la estufa a 150 °C hasta evaporación, realizándose de esta manera la activación del carbón.
- E) Preparación de la solución madre: Se prepararon 4 litros de solución pesando 0.5104 g de azul de metileno 100% de pureza, se disolvió en agua destilada, resultando una concentración 127.6 ppm.

### **Evaluación de la temperatura de carbonización**

- A) Se prepararon tres soluciones de 200 mL de azul de metileno a 8 ppm en vasos de precipitados de 250 mL, tomando 15.67 ml de la solución madre y aforando a 200 mL. A cada uno de ellos se agregó 1 g de carbón activado de diferentes temperaturas de carbonización (300, 500 y 700°C.) y se colocaron en agitador magnético a 300 RPM por un tiempo de 2 horas. Después de una hora se toma muestras de cada uno de ellos se filtra y centrifuga, luego se mide su absorbancia a 660 nm, determinando aquel que tiene mejor grado de absorción. Como se observa en la tabla 5.
- B) Resultando cuantitativamente ser más efectivo en la absorción de azul de metileno el carbón activado a una temperatura de 700°C. a base de semillas de durazno, la que servirá para determinar el porcentaje de adsorción de fosfatos.

### **Curva de calibración de azul de metileno**

Se tomaron alícuotas de 0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 y 4.0, ml de una solución madre de azul de metileno a 127.6 ppm, las cuales se enrazaron en fioles de 50 mL y se llevaron a leer la absorbancia en un espectrofotómetro marca UNICO 2800 UV-VIS, a 660 nm. (Tabla 6).

### **Determinación del tiempo de equilibrio de absorción del mejor carbón activado.**

De la solución madre de azul de metileno diluimos a 8 ppm, se colocó 200 mL en un vaso de precipitado de 250 mL al cual medimos el pH: 5 a la cual agregamos 1.0261 g del mejor carbón activado y colocamos en un agitador magnético a 300 RPM. Se toman tres alícuotas cada 15 minutos para medir en el espectrofotómetro como se observa en la tabla 7.

### Impregnación del carbón activado con hierro

- En vaso de precipitación de 250 mL de capacidad se preparó los 100 mL de solución de iones férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ) al 10% disolviendo 29,04 g de  $\text{FeCl}_3$ , al cual se le añadió 50 g de carbón activado y se puso en agitación durante 30 minutos a temperatura ambiente.
- Transcurridos los 30 minutos de impregnación con agitación, se filtró al vacío las soluciones. El carbón activado resultante se secó en estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C}$  por 60 minutos.

### Resultados de la impregnación

- El filtrado obtenido después de la impregnación, se analizó por el método de absorción atómica para determinar las concentraciones y cantidad de hierro adsorbido. obteniéndose como resultado: 2,88% de  $\text{Fe}^{+3}$  impregnado. (Tabla 8)

### Determinación P- $\text{PO}_4^{3-}$ bajo el método del molibdato de amonio.

#### ➤ Preparación de la curva de Fósforo.

Se preparó una solución de 5 ppm de fósforo a partir de una solución de 50 ppm de fósforo.

*Preparación de la solución de 50 ppm de fósforo en 250 ml:*

$$50 \text{ ppm P} = \frac{50 \text{ mg P}}{\text{L}} * 0.250 \text{ L} * \frac{1 \text{ g P}}{1000 \text{ mg P}} = 0.0125 \text{ g P}$$

*A partir del reactivo:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ :*

$$\text{g Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O} = \text{g de Fósforo} * \frac{(\text{peso molec. Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O})}{\text{Peso molecular P}}$$

$$\text{g Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O} = 0.0125 \text{ g P} * 358.14 / 30.97$$

$$\text{g Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O} = 0.144551 \text{ g de Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$$

El cual se pesó y aforo a 250 ml obteniendo una solución de 50 ppm de P.

***Dilución de 50 ppm de la solución de fósforo a 5 ppm en 250 ml:***

$$\begin{aligned} C_1V_1 &= C_2V_2 \\ 50 \text{ ppm P} * V_1 &= 5 \text{ ppm P} * 250 \text{ mL} \end{aligned}$$

$V_1 = 25 \text{ ml}$ ; de la solución de 50 ppm de P SE

Toma los 25 mL y aforando a 250 ml obtiene la solución de 5 ppm de fósforo que fue la nuestra solución madre para la curva.

***Curva de calibración. (muestras aforadas a 25 ml):***

$$\begin{aligned} C_1V_1 &= C_2V_2 \\ 5 \text{ ppm P} * V_1 &= 0.1 \text{ ppm P} * 25 \text{ mL} \\ V_1 &= 0.5 \text{ ml (de la solución de 5 ppm de P que se debe tomar)} \\ &\text{y aforar a 25 mL.} \end{aligned}$$

De este mismo modo se calcula para preparar las concentraciones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7 y 0.8 ppm de P para la gráfica.

## ➤ **Determinación de la remoción de fosfatos**

### **Adsorción de fosfatos**

Se preparó 1 L de una solución de fosfato de sodio a una concentración de 10 ppm (No existen Límites para este parámetro en la Norma Técnica Peruana que establece los límites mínimos y máximos permitidos); de los cuales se tomaron muestras de 250 mL para cada una de las pruebas con 2 repeticiones.

## Determinación de la composición de las pepas de durazno.

**Tabla 21.** Composición proximal de las pepas de durazno.

NORMA A.O.A.C. 925. 10	NORMA NTP 319.100:1974	NORMA A.O.A.C. 923,03
<i>Humedad</i> g/100 g	<i>Materia volátil</i> g/100 g	<i>Cenizas</i> g/100 g
13,43	79,67	6,9

*Fuente: Elaboración Propia*

## ANEXO B: Análisis estadístico

### Variable dependiente: Remoción de fosfatos (%)

**Tabla 22.** Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup>

F	df1	df2	Sig.
1,494	8	18	0,227

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Interceptación + dosis de carbón + velocidad agitación + dosis de carbón \* velocidad agitación

En la tabla 22 se muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas; siendo el valor  $p > 0.05$ ; por lo que se asume el supuesto de que las varianzas son iguales o similares.



### Comparaciones múltiples velocidad de agitación (rpm)

**Tabla 23.** Variable dependiente: Remoción de fosfatos (%) HSD Tukey

(i) Velocidad de agitación(rpm)	(j) Velocidad de agitación(rpm)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100	150	-,3600	2,25317	0,986	-6,1105	5,3905
	200	-2,4000	2,25317	0,547	-8,1505	3,3505
150	100	,3600	2,25317	0,986	-5,3905	6,1105
	200	-2,0400	2,25317	0,644	-7,7905	3,7105
200	100	2,4000	2,25317	0,547	-3,3505	8,1505
	150	2,0400	2,25317	0,644	-3,7105	7,7905

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 22,846.

**Tabla 24.** Subconjuntos homogéneos: Remoción de fosfatos (%) HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Velocidad de agitación (RPM)	N	Subconjunto
		1
100	9	84,5500
150	9	84,9100
200	9	86,9500
Sig.		0,547

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

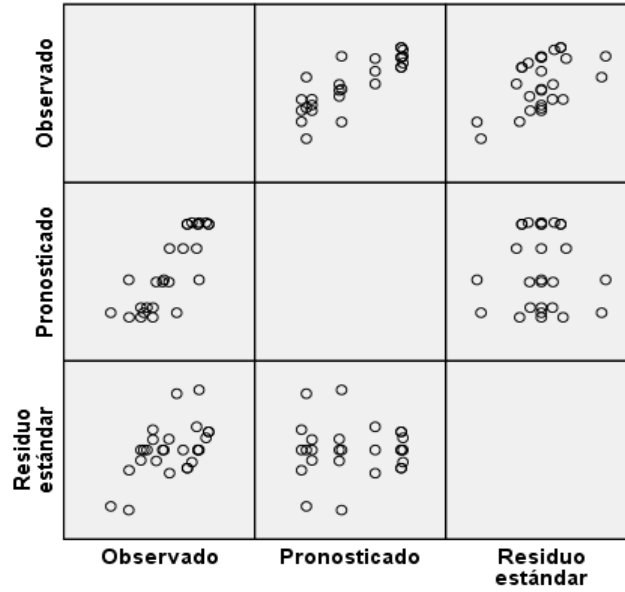
Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 22,846.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

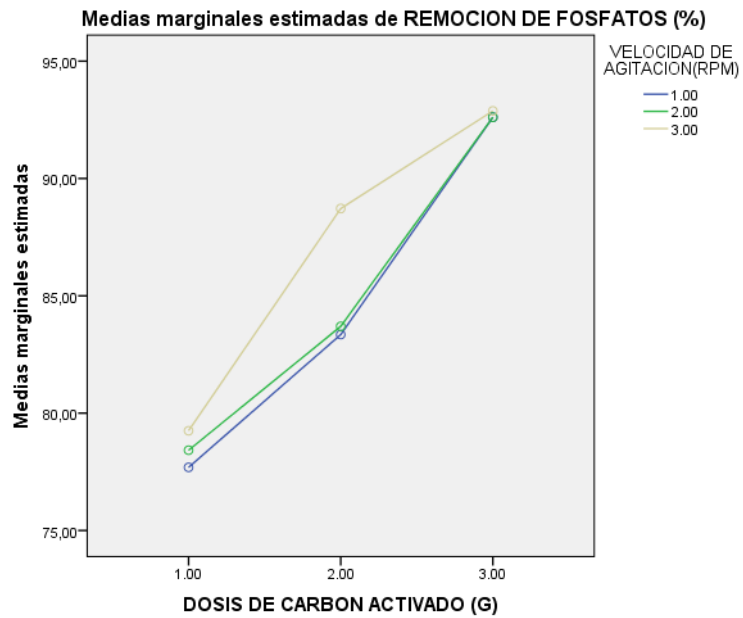
b. Alfa = .05.

Variable dependiente: REMOCION DE FOSFATOS (%)



Modelo: Interceptación + DOSISDECARBON + VELOCIDADAGITACION + DOSISDECARBON \* VELOCIDADAGITACION

**Figura 10:** Remoción de fosfatos



**Figura 11:** Gráfico de perfiles de la interacción de las variables de dosis de carbón activado\*velocidad de agitación

## ANEXO C: Evidencias fotográficas



**Figura 12:** Lavado de las pepas de durazno



**Figura 13:** Semillas de durazno



**Figura 14:** Colocamos a la estufa las semillas de durazno



**Figura 15:** Retiramos las semillas carbonizadas de la estufa



**Figura 16:** Semilla carbonizada y triturada



**Figura 17:** Se tamizó con número de malla de 1mm



**Figura 18:** Solución de azul de metileno a 8 ppm



**Figura 19:** Soluciones de carbón activado a temperatura de 300°C (azul), 500°C (azul medio) y 700°C (ligeramente azul)



**Figura 20:** Carbón activado preparado a 700°C



**Figura 21:** Volúmenes de la solución madre en fioles de 50 mL.



**Figura 22:** Se llevaron a leer la absorbancia en un espectrofotómetro UNICO 2800 UV-VIS, a 660 nm.



**Figura 23:** Velocidad de agitación a 300 rpm, para la impregnación del carbón activado con Fe





**Figura 24:** Filtración de la muestra



**Figura 25:** Análisis de impregnación del  $\text{Fe}^{+3}$  por absorción atómica



**Figura 26:** Reactivos para preparar la curva de fósforo



**Figura 27:** Se preparan soluciones para la obtención de la curva de absorción.



**Figura 28:** Muestras aforadas



**Figura 29:** Realizando la curva de absorción de fosfatos



# SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA **DELTAS** S.R.L.

## REPORTE DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : FIORELLA ISLA JAVIER  
MUESTRA : CARBÓN DE PEPA DE DURAZNO  
PROCEDENCIA : TRUJILLO  
FECHA DE INGRESO : 06-06-18

MUESTRA	UNIDADES	COBRE (A)
IMPREGNADO CON HIERRO, AL 10%, POR 30 MINUTOS	Porcentaje (w/w)	2.88

A: Método de absorción atómica

Trujillo 27 de junio de 2018

ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ

JEFE DE LABORATORIO



**Figura 30:** Análisis de Fe por absorción atómica