

# ESTUDIO DE TRATABILIDAD EN LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGANICA MEDIANTE PROCEDIMIENTOS DE COAGULACIÓN Y ADSORCIÓN.

Treatability study in liquid effluents of the textile industry for removing organic matter through procedures of coagulation and adsorption.

Autor 1: Nelson Andrés Espitia Berrio, Autor 2: Santiago Gómez Rodríguez  
*Escuela de Química, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia*  
Correo-e: [nenonanes@utp.edu.co](mailto:nenonanes@utp.edu.co), [santiago09@utp.edu.co](mailto:santiago09@utp.edu.co)

**Resumen**— Los vertimientos provenientes de la industria textil contienen grandes cantidades de materia orgánica los cuales contaminan las fuentes hídricas, por lo cual se evaluaron dos métodos de remoción para muestras provenientes de esta industria y determinar si estos métodos son efectivos para el cumplimiento de la normatividad establecida por el ministerio de medio ambiente para el vertimiento de aguas residuales. La coagulación es un método en el cual se desestabilizan partículas en suspensión para generar una aglomeración de estas y facilitar su remoción mientras que la adsorción emplea materiales que retienen partículas dependiendo de su tamaño y su carga. Estos métodos presentaron remoción considerable evaluando la demanda química de oxígeno, cloruros y color real ( $\lambda$  436 nm,  $\lambda$  525 nm,  $\lambda$  620 nm) sobre las muestras de vertimientos en la industria textil pero su efectividad no es suficiente para cumplir con la normatividad establecida por el ministerio de medio ambiente.

**Palabras clave**— Adsorción, cloruros, coagulación, color real, demanda química de oxígeno

**Abstract**— Effluents from the textile industry contain large amounts of organic matter which pollute water sources, so two methods of removal for samples from this industry were evaluated and determine whether these methods are effective for compliance with the standards established by the ministry of environment for discharges of wastewater. Coagulation is a method in which particles are destabilized in suspension to generate an agglomeration of these and facilitate removal while retaining materials used adsorption particles depending on their size and charge. These methods showed significant removal

assessing the chemical oxygen demand, chlorides and true color ( $\lambda$  436 nm,  $\lambda$  525 nm,  $\lambda$  620 nm) on samples of discharges in the textile industry but its effectiveness is not sufficient to meet the standards established by the ministry of environment.

**Key Word** — Adsorption, chemical oxygen demand, chlorides, coagulation, actual color.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria textil se abarca serie de procesos para el tratamiento de la materia prima, entre los cuales se encuentra enjuagues de limpieza, neutralizado, agotamiento, fijado, suavizado y teñido; todos estos procesos requieren grandes cantidades de agua que son vertidas a los ríos, muchas veces sin tratamiento previo, contaminando nuestro ecosistema. Haciendo referencia a la región que abarca Dosquebradas, Pereira y municipios aledaños como Santa Rosa de cabal, hacen parte de los ocho corredores industriales más importantes de Colombia, por lo que se debe tener en cuenta que estas zonas denominadas “corredores” es donde se produce la mayor cantidad de residuos provenientes del sector industrial, las principales actividades están enfocadas a la producción de productos químicos y metálicos, alimentos, textiles entre otros. De esta forma Risaralda se convierte en un punto neurálgico para el desarrollo de procesos en los cuales se haga seguimiento y control de los residuos producto de las diferentes industrias. [1]

La industria textil es de gran importancia a nivel regional, sin embargo en los procesos de elaboración de prendas textiles se emplean métodos de tinción y lavado que generan descargas de compuestos orgánicos e inorgánicos que son tóxicos para el medio ambiente. Dentro de los residuos tóxicos provenientes de las operaciones de teñido generados la industria textil se encuentran los colorantes. Según el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, mediante desarrollo de estudios en conjunto con distintas corporaciones e instituciones a nivel nacional, concluyeron en que el sector industrial es prioridad para la gestión de residuos peligrosos, pero es fundamental la adhesión de los demás sectores productivos del país, ya que el tema ambiental es fundamental para una nación donde una de sus mayores riquezas corresponde a las fuentes hídricas y grandes extensiones de bosque. [2]

Estructuralmente este tipo de compuestos son de carácter orgánico pero su degradación es lenta y difícil puesto que los organismos presentes en la naturaleza no poseen mecanismos adecuados para realizar su descomposición rápida y esto genera que se acumulen en el ecosistema, favoreciendo fuentes de contaminación, afectando negativamente la vida acuática [3]. Existen diferentes procesos para el tratamiento de efluentes que conllevan a la degradación, transformación o remoción de colorantes presentes en el agua. Uno de los procesos que conducen a la remoción de materia suspendida en el agua es la coagulación. El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión mediante la adición de coagulantes químicos y aplicación de energía de mezclado, para favorecer su aglomeración; en consecuencia se eliminan las materias en suspensión estables. [4]

Además del proceso de coagulación-floculación para el tratamiento de agua residual se evaluara el uso del proceso de adsorción, a través del paso de los años este método se ha convertido en uno de los preferidos para la remoción de contaminantes tóxicos del agua por su alta efectividad de remoción, fácil acceso en el mercado, versatilidad y simpleza. Algo muy importante a favor de la adsorción es su fácil aplicación a bajas concentraciones, ideal para el uso en procesos continuo y batch, operación sencilla, baja generación de lodos, bajo costo, posibilidad de regeneración y reúso. El proceso ha adquirido una importancia global para la minimización del problema de contaminación de agua y aire. [5]

## II. METODOLOGÍA

Inicialmente se tomaron muestras puntuales en cada uno de los procesos realizados en la planta, con una totalidad de 36 muestras recolectadas. Este primer muestreo ha tenido como finalidad la caracterización de las muestras e identificación de

los procesos en los que el agua se contamina en mayor cantidad mediante pruebas de demanda química de oxígeno, determinación de color real y determinación de cloruros.

Posteriormente se realizaron dos tomas de muestras en las cuales se abarcara todos los procesos desarrollados en la planta para un proceso de teñido específico. La primera muestra corresponde a un teñido azul y la segunda muestra corresponde a un teñido rojo. Estas muestras fueron caracterizadas y posteriormente se realizaron pruebas de coagulación (Prueba de Jarras) y de adsorción para evaluar la remoción de contaminantes sobre estas muestras.

### PRUEBAS DE JARRAS:

Esta prueba consiste en evaluar la dosis de coagulante que genere mayor remoción de contaminantes en la muestra. Inicialmente se determinan las dosis a evaluar y empleado un equipo de agitación de 6 puestos se realiza esta prueba empleando agitación intensa inicialmente para garantizar la homogeneidad del coagulante adicionado, agitación lenta para favorecer la floculación y finalmente se deja en reposo para permitir la precipitación de los flocs. El coagulante utilizado es Policloruro de Aluminio (PAC) el cual es un coagulante inorgánico a base de sales de aluminio polimerizadas, utilizado principalmente para remover color y materia coloidal en sistemas acuosos, plantas potabilizadoras, clarificación de efluentes industriales y como reemplazo de sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico y otras sales inorgánicas convencionales no polimerizadas [6].

### PRUEBAS DE ADSORCIÓN:

En esta prueba se emplea un equipo de agitación en el cual se deposita el material adsorbente junto a la paleta. Esta prueba evalúa el tiempo de agitación que hace más efectivo el proceso de adsorción. El material adsorbente empleado es carbón activado el cual es un sólido poroso el cual es capaz de retener moléculas de contaminantes sobre su superficie.

### DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO):

La Demanda Química de Oxígeno se define como la cantidad específica de reactivo oxidante que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalente en oxígeno. Debido a sus propiedades químicas únicas como oxidante, el ión Dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) es el oxidante específico en los métodos de refluo cerrado por titulación, donde este se reduce al ión crómico ( $\text{Cr}^{+3}$ ). Los compuestos orgánicos e inorgánicos de la muestra son objeto de oxidación, pero en la mayoría de los casos los compuestos orgánicos predominan y son estos los de mayor interés [7].

### DETERMINACIÓN DE COLOR REAL:

La intensidad del color de una muestra de agua se caracteriza por su grado de absorción de la luz a la longitud de onda de absorción máxima y cuantificada por la medición del coeficiente de absorción con la ayuda de un espectrómetro. Los residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales no presentan máximos de absorción lo suficientemente claros y diferenciados por lo cual estas aguas deben examinarse a tres longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm [8].

### DETERMINACIÓN DE CLORUROS:

La determinación de cloruros se basa en una valoración con nitrato de plata utilizando como indicador cromato de potasio. La plata reacciona con los cloruros para formar un precipitado de cloruro de plata de color blanco. En las inmediaciones del punto de equivalencia al agotarse el ión cloruro, empieza la precipitación del cromato. La formación de cromato de plata puede identificarse por el cambio de color de la disolución a anaranjado-rojizo así como en la forma del precipitado. En este momento se da por terminada la valoración [7].

#### NORMATIVIDAD

Según la resolución 0631 del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, estas son las condiciones bajo las cuales se deben encontrar los vertimientos provenientes de la fabricación de productos textiles [9]:

- pH 6-9
- DQO 400 mg/L O<sub>2</sub>
- Cloruros 1200 mg/L
- Color real (435-525-620) Análisis y reporte

### III. RESULTADOS

#### A. ANÁLISIS PRELIMINAR

Inicialmente se recolectaron muestras puntuales de cada uno de los procesos que se realizan en la planta para su caracterización mediante pruebas de DQO, Color real y Cloruros obteniendo los siguientes resultados.

Proceso	Muestra	mg o <sub>2</sub> /l
Pantalón teñido cod 52419-2	Suavizado	1442,70
Pantalón teñido cod 80199-1	Enjuague neutralizado	515,25
	Suavizado dirty	515,25
Camisa cod 90007-1	Primer enjuague	618,30
Jean cod 80209-1	Enjuague limpieza	618,30
Camisa cod 79829-1	Primer enjuague	1648,80
	Segundo enjuague	515,25
Pantalón teñido cod 52419-5	Suavizado	1133,55
Pantalón prelavado cod 52399-1	Primer enjuague	1030,50
	Segundo enjuague	2061,00
	Suavizado	618,30
Teñido cod 7096-1	Suavizado	618,30
Bermuda teñido cod 52256-2	Enjuague enjabonado	515,25
	Suavizado	1545,75

Tabla 1. Resultados de DQO para la caracterización de las diferentes muestras

Proceso	Muestra	( $\alpha$ ) ( $\lambda=436$ nm)	( $\alpha$ ) ( $\lambda=525$ nm)	( $\alpha$ ) ( $\lambda=620$ nm)
Pantalón teñido cod 52419-2	Suavizado	27,47	20,92	16,60

Pantalón teñido cod 80199-1	Enjuague neutralizado	15,50	13,75	18,25
	Suavizado dirty	15,55	11,70	10,20
Jean cod 80209-1	Enjuague limpieza	4,25	6,50	15,00
	Enjuague fijado	5,00	8,75	20,75
	Enjuague Stone	9,00	13,25	33,75
Camisa cod 79829-1	Primer enjuague	18,00	13,70	10,75
Pantalón teñido cod 52419-5	Enjuague agotamiento	13,86	6,64	4,40
	Suavizado	33,55	24,70	19,45
Pantalón prelavado cod 52399-1	Segundo enjuague	11,25	9,50	8,10
Jean cod 801098-2	Enjuague bleach	27,88	20,50	26,63
	Enjuague antipili	20,25	27,25	55,00
	Enjuague neutralizado	13,50	12,75	22,75
	Enjuague blanqueado	11,50	11,25	21,75
Bermuda teñido cod 52256-2	Enjuague agotamiento	22,50	13,25	15,25
	Suavizado	35,50	27,88	20,75

Tabla 2. Resultados de color para la caracterización de los diferentes procesos

Proceso	Muestra	mg cl- /kg
Pantalón teñido cod 52419-2	Enjuague agotamiento	886,17
Pantalón teñido cod 80199-1	Enjuague agotamiento dirty	334,13
	Suavizado dirty	2754,15
Jean cod 80209-1	Enjuague stone	1180,35
Pantalón teñido cod 52419-5	Enjuague agotamiento	1150,09
Bermuda teñido cod 52256-2	Enjuague agotamiento	2027,78

Tabla 3. Resultados de cloruros para la caracterización de los procesos

En los resultados obtenidos para la caracterización se presentan las muestras en las que se obtuvieron resultados por encima del promedio en las 36 muestras analizadas. Estas muestras de manera general requirieron diluciones para su posterior análisis.

## B. PRUEBAS DE JARRAS Y ADSORCIÓN

Luego de caracterizar los procesos de la planta donde las muestras se encuentran más contaminadas, se realizaron dos muestreos en los cuales se recolectó una muestra que abarca todos los procesos mencionados anteriormente para teñido azul y teñido rojo. A estas dos muestras se realizaron pruebas de jarras y de adsorción para evaluar la remoción de contaminantes.

Ambas muestras (Azul y Rojo) se encontraban a un pH básico (aproximadamente 12) lo cual fue un inconveniente para el funcionamiento del coagulante PAC ya que después de realizar la prueba de jarras no se obtuvo un resultado evidenciable sobre las jarras por lo que se debió evaluar esta prueba a diferentes pH, ajustándolo mediante la adición de HCl.

Para un pH ácido (aproximadamente 3) se evidenció la formación de un sólido suspendido en cada recipiente. Posteriormente se filtró cada jarra y se determinó la masa removida. Las demás pruebas realizadas para ambas muestras se dieron bajo condiciones de pH ácido.

### MUESTRA AZUL

Concentración	Masa removida [g/L]
100 ppm	0,2252
200 ppm	0,1492
300 ppm	0,1592
400 ppm	0,2574
500 ppm	0,3420
600 ppm	0,2639

Tabla 4. Masa removida para la muestra azul a diferentes concentraciones de coagulante añadido

La jarra correspondiente a una dosis de 500 ppm como se muestra en la Tabla 4 removió mayor cantidad de materia orgánica.

Dosis	DQO
Muestra original	15232,00
100 ppm	13328,00
200 ppm	13328,00
300 ppm	7616,00
400 ppm	11424,00
500 ppm	15232,00
600 ppm	15232,00
ADS	6092,80

Tabla 5. Resultados de DQO para la muestra azul a diferentes concentraciones de coagulante añadido y para la muestra sometida a adsorción.

La jarra con 300 ppm de coagulante adicionado presentó una reducción casi del doble respecto a la original mientras que la muestra sometida a adsorción fue la que presentó mayor reducción respecto a la original, casi del triple. La DQO de la jarra que contenía la muestra original como era de esperarse presentó el valor más alto al no habersele adicionado coagulante.

Muestra	Coefficiente de absorción espectral ( $\alpha$ ) ( $\lambda= 436 \text{ nm}$ )	Coefficiente de absorción espectral ( $\alpha$ ) ( $\lambda= 525 \text{ nm}$ )	Coefficiente de absorción espectral ( $\alpha$ ) ( $\lambda= 620 \text{ nm}$ )
Muestra original	312,50	812,50	1437,50
100 ppm	25,00	275,00	562,50
200 ppm	237,50	662,50	1112,50
300 ppm	262,50	700,00	1175,00
400 ppm	250,00	675,00	1125,00
500 ppm	275,00	712,50	1112,50
600 ppm	250,00	687,50	1175,00
ADS	182,5	335	437,5

Tabla 6. Resultados de color para la muestra azul a diferentes concentraciones de coagulante añadido y para la muestra sometida a adsorción.

La jarra con 100 ppm de coagulante adicionado presentó los coeficientes de absorción espectral con los valores más bajos en las tres longitudes de onda respecto a la muestra original, la muestra de adsorción también obtuvo valores significativos respecto a la disminución de los coeficientes, los porcentajes de remoción para cada longitud de onda se pueden observar en la tabla 8.

Dosis	mg Cl- /L
Muestra original	26633,59
100 ppm	22759,63
200 ppm	24817,66
300 ppm	26028,28
400 ppm	22396,42
500 ppm	19369,88
600 ppm	21185,81
ADS	4237,16

Tabla 7. Resultados de cloruros para la muestra azul a diferentes concentraciones de coagulante añadido y para la muestra sometida a adsorción

Según la tabla 7 la cantidad de cloruros presente en las jarras luego de adicionado el coagulante no vario mucho, solo para la muestra sometida a adsorción se observó una disminución considerable.

Dosis	DQO		Color	
	% Remoción mg O <sub>2</sub> /L	% Remoción $\lambda=436$	% Remoción $\lambda=525$	% Remoción $\lambda=620$
100 ppm	12,50	92,00	66,15	60,87
200 ppm	12,50	24,00	18,46	22,61
300 ppm	50,00	16,00	13,85	18,26
400 ppm	25,00	20,00	16,92	21,74
500 ppm	0,00	12,00	12,31	22,61
600 ppm	0,00	20,00	15,38	18,26
ADS	60,00	41,60	58,77	69,57

Tabla 8. Porcentaje de remoción para DQO y color en la muestra azul a diferentes concentraciones de coagulante adicionado y de la muestra sometida a adsorción

Dosis	Cloruros	
	% Remoción mg Cl-/L	
100 ppm	14,54	
200 ppm	6,82	
300 ppm	2,27	
400 ppm	15,91	
500 ppm	27,27	
600 ppm	20,45	
ADS	99,77	

Tabla 9. Porcentaje de remoción para cloruros en la muestra azul a diferentes concentraciones de coagulante adicionado y de la muestra sometida a adsorción

#### MUESTRA ROJO

Concentración	Masa removida [g/L]
100 ppm	0,9352
200 ppm	0,7914
300 ppm	0,7952
400 ppm	0,718
500 ppm	0,8099
600 ppm	0,7959

Tabla 10. Masa removida para la muestra de rojo a diferentes concentraciones de coagulante añadido

La cantidad de materia removida luego del ensayo de jarras fue similar para las diferentes concentraciones de coagulante añadido, sin embargo la dosis que presento mayor efectividad fue la de 100 ppm.

Dosis	DQO
Muestra original	4569,60
100 ppm	3808,00
200 ppm	4112,64
300 ppm	1904,00
400 ppm	1904,00
500 ppm	2665,60
600 ppm	1523,20
ADS	2284,80

Tabla 11. Resultados de DQO para la muestra roja a diferentes concentraciones de coagulante añadido y para la muestra sometida a adsorción.

Para la DQO las concentraciones correspondientes a 300, 400 y 600 ppm de coagulante adicionado fueron las que presentaron mayor reducción en sus valores respecto a la muestra original, cabe resaltar el valor encontrado para la muestra de adsorción ya que presentó disminución pero no fue la más efectiva.

Muestra	Coefficiente de absorción espectral ( $\alpha$ ) ( $\lambda=436$ nm)	Coefficiente de absorción espectral ( $\alpha$ ) ( $\lambda=525$ nm)	Coefficiente de absorción espectral ( $\alpha$ ) ( $\lambda=620$ nm)
Muestra original	240,00	305,00	185,00
100 ppm	65,00	130,00	135,00
200 ppm	110,00	180,00	55,00
300 ppm	130,00	205,00	135,00
400 ppm	100,00	175,00	80,00
500 ppm	130,00	195,00	145,00
600 ppm	110,00	155,00	80,00
ADS	161,00	2,00	32,00

Tabla 12. Resultados de color para muestra roja a diferentes concentraciones de coagulante añadido y para la muestra sometida a adsorción.

En general todas las muestras analizadas presentaron disminución en sus coeficientes a las longitudes de onda analizadas, la muestra sometida a adsorción como se observa en la tabla 12 tuvo los mayores porcentajes de remoción para

$\lambda=525$  y  $620$  nm, para  $\lambda=436$  nm presento remoción pero no fue la más efectiva.

Dosis	mg Cl-/Kg
Muestra original	34018,35
100 ppm	32928,80
200 ppm	31233,93
300 ppm	32202,43
400 ppm	30749,68
500 ppm	31233,93
600 ppm	33897,29
ADS	33090,21

Tabla 13. Resultados de cloruros para la muestra roja a diferentes concentraciones de coagulante añadido y para la muestra sometida a adsorción

La cantidad de cloro presente luego del ensayo de jarras no vario mucho respecto a la muestra original en ninguna de las dosis adicionadas, el comportamiento para la muestra de adsorción fue igual de deficiente como se puede observar en la tabla 15, ningún ensayo supero el 10 % de remoción.

Dosis	DQO	Color			
	% Remoción mg O <sub>2</sub> /L	% Remoción $\lambda=436$	% Remoción $\lambda=525$	% Remoción $\lambda=620$	
100 ppm	16,67	72,92	57,38	27,03	
200 ppm	10,00	54,17	40,98	70,27	
300 ppm	58,33	45,83	32,79	27,03	
400 ppm	58,33	58,33	42,62	56,76	
500 ppm	41,67	45,83	36,07	21,62	
600 ppm	66,67	54,17	49,18	56,76	
ADS	50,00	32,92	89,34	82,70	

Tabla 14. Porcentaje de remoción para las pruebas realizadas a la muestra roja a diferentes concentraciones de coagulante añadido y para la muestra sometida a adsorción

Dosis	Cloruros
	% Remoción Cl-/L
100 ppm	3,20
200 ppm	8,19
300 ppm	5,34
400 ppm	9,61
500 ppm	8,19

600 ppm	0,36
ADS	2,73

Tabla 15. Porcentaje de remoción para cloruros en la muestra roja a diferentes concentraciones de coagulante adicionado y de la muestra sometida a adsorción

#### IV. CONCLUSIONES

El análisis realizado a las muestras provenientes de los procesos de producción en la industria textil, como se muestra en las tablas 14 y 15 donde se resume los porcentajes de remoción a las diferentes dosis de coagulante y usando el método de adsorción; presentaron resultados considerables sobre la muestra, pero la cantidad removida no es suficiente para establecer el cumplimiento con la normatividad vigente. Por lo tanto los métodos utilizados tienen un efecto positivo sobre estos vertimientos pero es importante modificar las condiciones de estos para facilitar el funcionamiento de la materia empleada en las pruebas de remoción, permitiendo así poder obtener valores cercanos a los establecidos en la normatividad vigente. En la determinación de la dosis de coagulante óptima estimada en la prueba de jarras, hay variación para cada prueba fisicoquímica realizada, por lo que resulta poco concluyente establecer la dosis adecuada, dado que la alta cantidad de cloruros presente en la muestra puede generar variaciones e inferencias en la demás pruebas realizadas. La prueba de adsorción tiene ciertas ventajas dado que no es necesario modificar el pH para obtener resultados evidenciables sobre la muestra, esto permite establecer que su funcionamiento es más sencillo al momento de aplicarlo en un planta.

#### REFERENCIAS

- [1] v. y. d. t. Ministerio de ambiente, *Politica ambiental para la gestion integral de residuos o desechos peligrosos.*, Bogota, 2005.
- [2] J. Martinez, *Guia para la gestion integral de residuos peligrosos*, Montevideo, 2005.
- [3] Y. Á. Cárdenaz, *Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico*, Lima, 2000.
- [4] R. C. G. Jimenez, *Cinetica de degradacion de colorantes textiles de diferentes clases quimicas por hongos y bacterias inmovilizados sobre fibra de agave tequilana*, Bogota, 2009.

- [5] V. R. Franco y A. T. España, *Tratamiento de aguas residuales mediante arcillas naturales y modificadas*, Bucaramanga , 2009.
- [6] Nalco Chemical Company, Nalco water handbook, Segunda ed., F. N. Kemmer, Ed., McGraw-Hill Inc, 1997, pp. 8.3-8.11.
- [7] APHA-AWWA-WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater., 21th Edition. ed., New York, 2005.
- [8] ISO 7887, *Norma Española*, 1995.
- [9] G. c. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, «Parametros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones,» 17 Marzo 2015. [En línea]. Available: [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf).
- [10] Corporación autonoma regional del valle del Sinu y del San Jorge, *Toma de muestras*, Montería, Cordoba, 2012.
- [11] C. R. Humberto Llinás Solano, Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad, Barranquilla : Uninorte, 2006.