

ESTANDARIZACIÓN EN EL MÉTODO DE PREPARACIÓN DE PLATA COLOIDAL MEDIANTE LA TÉCNICA DE ELECTROGRAVIMETRÍA

WILLIAM ALEXANDER HERNÁNDEZ HERRERA 1093222125

DIDIER ALEXANDER LÓPEZ HERNÁNDEZ 1088293208

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

ESCUELA DE QUÍMICA

TECNOLOGÍA QUÍMICA

2014

ESTANDARIZACIÓN EN EL MÉTODO DE PREPARACIÓN DE PLATA
COLOIDAL MEDIANTE LA TÉCNICA DE ELECTROGRAVIMETRÍA

WILLIAM ALEXANDER HERNÁNDEZ HERRERA 1093222125

DIDIER ALEXANDER LÓPEZ HERNÁNDEZ 1088293208

Requisito parcial para optar por el título de
TECNÓLOGO QUÍMICO

DIRECTOR
FELIPE ARCILA ZAMBRANO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
ESCUELA DE QUÍMICA
TECNOLOGÍA QUÍMICA

2014

Nota de Aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Pereira, ____ de _____ de 2014

“Para las personas creyentes, Dios está al principio. Para los científicos está el final de todas sus reflexiones”

Max Planck

AGRADECIMIENTOS

Queremos dar gracias principalmente a Dios y a nuestras madres María Adela Herrera Pabón y Blanca Nubia Hernández García por habernos dado la vida y permitirnos llegar hasta este punto, brindarnos siempre todo su apoyo y confianza. A Felipe Arcila Zambrano por ser el director y guía en el desarrollo del proyecto, por haber compartido su conocimiento en todo momento en que lo necesitamos.

Como no agradecer enormemente a la profesora Maribel Montoya Gracia por toda su colaboración y disposición para ayudarnos a resolver inconvenientes con el trabajo y al profesor Carlos Humberto Montoya Navarrete por su ayuda con el préstamo del laboratorio, equipos y materiales.

Y finalmente dar gracias a todos nuestros maestros y compañeros, por compartir sus conocimientos y su tiempo, siendo todos de gran ayuda en el proceso de forjarnos como mejores personas y como grandes profesionales.

RESUMEN

Mediante el uso de la técnica de electrogravimetría se procedió a realizar la electrodeposición de plata como coloide en una matriz de agua destilada de alta pureza, realizando variaciones en el tiempo de duración de la electrodeposición y voltaje del equipo; permitiendo así generar condiciones para identificar distintas muestras con características diferentes en la concentración de plata electrodepositada.

Además del continuo control de las variables de: pH, conductividad eléctrica, turbiedad y color, buscando así posibles condiciones de la matriz que puedan interferir en la concentración de plata que se pueda producir.

Finalmente se empleó la técnica de espectroscopía de absorción atómica para lograr realizar una cuantificación en la concentración de plata en cada una de las muestras evaluadas.

Palabras clave: Electrogravimetría, coloide, espectroscopía de absorción atómica.

ABSTRACT

By using the electrogravimetry technique, the silver electroplating as colloid was performed in a matrix of highly pure distilled water, applying variations in the duration of the electrodeposition and the voltage of the device; thereby, enabling the generation of conditions for different samples with different characteristics in the electrodeposited silver concentration.

Apart from the continuous control of the variables (pH, electrical conductivity, turbidity and color), possible matrix conditions that may interfere with the concentration of silver that can be produced were sought.

Finally, the spectroscopy technique for atomic absorption was employed to obtain quantification in the concentration of silver in each of the samples which were tested.

Keywords: Electrogravimetry, colloid, atomic absorption spectroscopy.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo General	16
3.2. Objetivos Específicos	16
4. JUSTIFICACIÓN	17
5. MARCO CONCEPTUAL	18
6. MARCO CONTEXTUAL	19
7. METODOLOGÍA	21
7.1. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	21
7.1.1. Lavado y verificación del material de laboratorio	21
7.1.2. Instructivo de trabajo	22
7.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS	23
7.2.1. Análisis de espectroscopía de absorción atómica	23
7.2.2. Análisis de pH, turbiedad, color, conductividad	24
8. RESULTADOS	27
8.1. CONCENTRACIÓN Y CONDUCTIVIDAD	28
8.2. COLOR	44
8.3. PH	47
8.4. TURBIEDAD	50
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	53
8.5.1. Conductividad	53
8.5.2. Color	56
8.5.3. pH	59
8.5.4. Turbiedad	62
8.5.5. Concentración	65
9. CONCLUSIONES	68
10. RECOMENDACIONES	70
11. ANEXOS	71
11.1. VERIFICACIÓN VOLTAJES	71
11.2. ANÁLISIS CAPACIDAD BACTERICIDA DE LAS PARTÍCULAS DE PLATA	73
12. BIBLIOGRAFÍA	81

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados concentración de los ensayos.	28
Tabla 2. Resultados conductividad de los ensayos.	30
Tabla 3. Valores de las concentraciones de plata como coloide en función del tiempo y voltaje teórico.	33
Tabla 4. Valores de la conductividad de las soluciones de plata como coloide en función del tiempo y voltaje teórico.	36
Tabla 5. Resultados color de los ensayos.	44
Tabla 6. Resultados pH de los ensayos.	47
Tabla 7. Resultados turbiedad de los ensayos.	50
Tabla 8. Tabulación de los resultados de conductividad para la carta de control.	53
Tabla 9. Tabulación de los resultados de color para la carta de control.	56
Tabla 10. Tabulación de los resultados de pH para la carta de control.	59
Tabla 11. Tabulación de los resultados de turbiedad para la carta de control.	62
Tabla 12. Resultados verificación curva de preparación de plata coloidal.	66
Tabla 13. Datos para la verificación de la fuente de poder GPC-1850D.	71
Tabla 14. Datos para la verificación de la fuente de poder GPR-1810HD.	72
Tabla 15. Radio de inhibición de <i>P. aeruginosa</i> con lectura en papel filtro.	74
Tabla 15. Radio de inhibición de <i>P. aeruginosa</i> con lectura en pozo.	76

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 2 horas.	32
Gráfica 2. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 4 horas.	32
Gráfica 3. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 6 horas.	33
Gráfica 4. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 2 horas.	34
Gráfica 5. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 4 horas.	35
Gráfica 6. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 6 horas.	35
Gráfica 7. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.	37
Gráfica 8. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.	38
Gráfica 9. Promedio de la concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.	39
Gráfica 10. Promedio de la conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.	40
Gráfica 11. Promedio de la conductividad y promedio de la concentración de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.	41
Gráfica 12. Concentración de las muestras en función de la conductividad.	43
Gráfica 13. Carta de control para la conductividad en función de los ensayos.	55
Gráfica 14. Carta de control para el color en función de los ensayos.	58
Gráfica 15. Carta de control para el pH en función de los ensayos.	61
Gráfica 16. Carta de control para la turbiedad en función de los ensayos.	64
Gráfica 17. Curva de preparación de plata coloidal.	66
Gráfica 18. Curva de verificación de la fuente de poder GPC-1850D.	71
Gráfica 19. Curva de verificación de la fuente de poder GPR-1810HD.	72

Gráfica 20. Porcentajes de inhibición de <i>P. aeruginosa</i> con lectura en papel filtro.	75
Gráfica 21. Porcentajes de inhibición de <i>P. aeruginosa</i> con lectura en pozo.	76

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Montaje equipo GPC-1850D para la electrodeposición.	27
Imagen 2. Ejemplo de alteración en la coloración de las muestras durante el ensayo.	58
Imagen 3. Análisis en papel, prueba 1.	77
Imagen 4. Análisis en papel, prueba 2.	77
Imagen 5. Análisis en papel, prueba 3.	78
Imagen 6. Análisis en pozo, prueba 1.	78
Imagen 7. Análisis en pozo, prueba 2.	79
Imagen 8. Análisis en pozo, prueba 3.	79

INTRODUCCIÓN

Históricamente la plata ha presentado variados usos en cuanto a su capacidad de desinfección, empezando con Aristóteles quien aconsejó a Alejandro el Grande a hervir agua y almacenarla en góndolas de plata o cobre a fin de prevenir enfermedades transmitidas por el agua en sus campañas.

Hoy por hoy, la plata es más comúnmente utilizada como desinfectante para agua potable ya que algunos estudios han demostrado que la plata puede ser usada cuando el cloro no esté presente para proveer de una desinfección adicional. [1]

Existen al menos cuatro diferentes productos que se conocen como plata coloidal:

- El primero de estos productos es el usualmente conocido como “plata electrocoloidal”, este producto es elaborado mediante electrólisis, este producto se encuentra usualmente en concentraciones entre 3 y 5 ppm, pero algunas veces es mayor de 100 ppm, el cual consiste en partículas microscópicas de plata elemental disuelta en un determinado medio, usualmente agua purificada con el fin de asegurar la no presencia de otros elementos.

- La segunda forma es llamada “Proteína suave de plata”, este producto amarra partículas microscópicas de plata y proteínas en una molécula, es usualmente encontrada en concentraciones entre 20 y 40 ppm.

- La tercera son “sales de plata”, estos productos pueden ser obtenidos químicamente o electroquímicamente y usualmente crean una forma de plata que se “disuelve” en agua. Los rangos de concentración están entre 50 y 500 ppm. Las partículas de plata llevan una carga positiva, pero casi invariablemente, estos productos contienen otros productos o componentes además de la plata.

- La cuarta forma algunas veces es referida como “plata en polvo”, este producto fue desarrollado por los rusos y es hecho cuando un cable de plata pura es rápidamente desintegrado por una corriente de alto voltaje. El polvo microscópico de plata es recogido disuelto en agua o adicionado a ungüentos y cremas para uso de actualidad. El rango de concentración está entre 100 y 500 ppm.

Cada uno de estos productos posee funcionalidades distintas y usos en un mayor grado unos que otros, en un amplio espectro bactericida porque todos ellos contienen partículas microscópicas de plata. [2]

Según lo anterior, es importante tener claridad en los siguientes aspectos:

- Todos estos productos no se comportan de igual forma en el cuerpo que en el laboratorio.
- La efectividad y las dosis varían de producto en producto.
- La calidad varía de un producto a otro y de lote a lote con el mismo producto.
- Y no todos son uniformes, seguros y no tóxicos.

Aunque no se sabe cuál de estos mecanismos es el predominante existen básicamente tres posibles mecanismos que son los responsables por la inactivación microbiológica que genera la plata: [1]

1. La plata reacciona con el grupo Tiol (sulfidrilo, SH) en las células bacterianas
 - a. En los grupos estructurales
 - b. En las proteínas (enzimáticas) funcionales.
2. La plata causa cambios estructurales en las membranas de las células bacterianas.
3. La plata interactúa con los ácidos nucleicos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Muchos de los desarrollos científicos que se han presentado en la evolución de la humanidad se basan en la búsqueda de nuevos y eficaces reactivos del tipo que brinden resistencia y bajo costo, con los cuales se pueda obtener el máximo rendimiento en el control microbiológico, físico o químico de los diferentes elementos o sustancias de las cuales hacemos uso en nuestra vida cotidiana. Tal necesidad ha llevado al surgimiento en el uso de la de plata (Ag) como un reactivo en el control microbiológico, ya que la utilización de esta como un agente bactericida puede llegar a solucionar grandes problemas en nuestra sociedad [3].

Teniendo en cuenta esta información y haciendo uso de la técnica de electrogravimetría como el método para la elaboración de la plata coloidal, buscamos identificar que las variables de tiempo de contacto entre la plata y el medio acuoso, al igual que el voltaje suministrado al sistema: ¿Qué grado de afectación presentan para la elaboración de la plata coloidal y como pueden ser modificadas en busca de mejorar la producción de la plata como coloide en una suspensión acuosa? debido a que en nuestro entorno social no se presenta un registro del uso de esta técnica para la elaboración de plata como coloide.

OBJETIVO GENERAL

- Haciendo uso de la técnica de electrogravimetría, identificar los posibles cambios en el tiempo de contacto y voltaje suministrado al sistema, para adecuar la elaboración de plata como coloide en un medio acuoso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar cuantitativamente la liberación de la plata para elaboración de la plata coloidal, haciendo uso de la técnica de espectroscopia de absorción atómica.
- Desarrollar un manejo estadístico para la evaluación e interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las soluciones preparadas de plata coloidal, con el fin de llevar un control y visualización esquemática de los resultados.

JUSTIFICACIÓN

La era de la tecnología se encuentra diariamente en evolución, y el poder utilizar la plata como coloide con fines benéficos para la sociedad puede contribuir con el mejoramiento en la calidad de vida de la sociedad, ya que su uso como agente bactericida, puede ser implementado en gran cantidad de productos que diariamente son utilizados.

Es importante por esto poseer previo conocimiento de las concentraciones a las cuales se desea llegar, para que de esta manera se pueda identificar el posible procedimiento que se desea evaluar y cuáles de las etapas de su producción pueden ser modificadas con el fin de obtener un producto con las mejores características a partir de los parámetros evaluados.

Por tal motivo la determinación de parámetros y variables que puedan surgir a través del desarrollo del proceso de preparación de plata coloidal mediante electrogravimetría, pueden permitir identificar problemas los cuales puedan tener soluciones prácticas o no ser así; por ende poder planificar, desarrollar e identificar un modelo propio para el proceso, proporciona el manejo de los parámetros evaluados que se considere que se deban controlar y de las características que puede brindar la eficiencia de la elaboración de la plata coloidal.

De igual manera el plantear una metodología que nos permita identificarla y evaluarla constantemente durante su desarrollo, permitirá que la producción sea menos afectada por variables que aparezcan en la elaboración del trabajo, mejorando el rendimiento del proceso; teniendo en cuenta que al poseer un procedimiento estandarizado, este nos brindará información acerca de los suministros adecuados y de las cantidades específicas que se deben implementar y utilizar para la obtención del producto deseado. Obteniendo siempre los beneficios de un proceso controlado.

MARCO CONCEPTUAL

La plata es un elemento químico, del grupo de los metales de transición, que tiene como símbolo químico Ag, el cual proviene de la abreviación de su nombre en latín *argentum*, que significa blanco y brillante. La plata es un metal escaso en la corteza terrestre, sin embargo es el más abundante y menos costoso de los metales preciosos (oro, plata, paladio y platino) [4].

Desde el descubrimiento de la plata hasta la época moderna este metal ha causado una gran fascinación entre las civilizaciones, dado que cuenta con extraordinarias propiedades físicas y químicas. Es por esto que el hombre le ha encontrado una gran variedad de aplicaciones, entre las que destacan las siguientes: en la fabricación de joyería y arte decorativo, acuñación de monedas, fotografía, construcción en los cableados de corriente, fabricación de instrumentos musicales y como potente agente bactericida [5, 6, 7].

Durante décadas, el uso de antibióticos para tratar enfermedades infecciosas ha sido en repetidas ocasiones inadecuado, en la forma de tratamientos interrumpidos y en muchas ocasiones innecesarios, como la prescripción de antibióticos para tratar simples gripas. A esto se le añade que a partir de los años 50, los antibióticos se convirtieron en el objetivo de las compañías farmacéuticas; esto llevo en su momento a que más del 50% de los antibióticos producidos eran usados en áreas que no estaban relacionadas con la salud, por lo que estos niveles de exposición a antibióticos aceleraron el surgimiento de cepas resistentes. [8]

Una de las soluciones propuestas al problema de la resistencia es el desarrollo de medicamentos sintéticos de base metálica. [9] Un especial énfasis se le ha dado a la síntesis de una nueva familia de antibióticos basada en compuestos de plata, debido a la eficiencia mostrada en recientes estudios y la antigua trayectoria de este metal como agente bactericida. Desde la antigüedad se había observado que la plata prevenía enfermedades, como un ejemplo; se sabe que el ejército de Alejandro Magno añadía monedas de plata a sus almacenes de agua para mantenerla pura y la clase noble de épocas posteriores almacenaban agua en contenedores de plata y comía con utensilios fabricados de este metal. Posteriormente, durante el siglo XIX, se encontró que el nitrato de plata, una de las sales de este metal, ayudaba en la cicatrización y prevención de infecciones en quemaduras y heridas. Este uso del nitrato de plata sigue vigente en la actualidad.

En la época moderna diversos compuestos de plata se venden en el mercado en forma de suplementos naturales para combatir infecciones. En los hospitales, uno de los compuestos que se usa con frecuencia es el nitrato de plata en soluciones diluidas, el cual se aplica en los ojos de recién nacidos para evitar posibles infecciones. [10] El avance de áreas de la ciencia como la nanotecnología,

biotecnología, biología de sistemas y la biología sintética dibujan un futuro optimista para estos compuestos de plata. Varias compañías ya han empezado a desarrollar éstos compuestos.

Por lo tanto el usar la plata como un posible agente bactericida no es solo un concepto actual, desde civilizaciones como la romana, ya se hacía un uso de este metal en la elaboración de recipientes y utensilios para preservar los alimentos; este concepto nos lleva a sugerir que la utilización de la plata como nanopartículas (Ag-NPs) en estado coloidal puede llegar a ser utilizado como un eficaz inhibidor del crecimiento de diversos microorganismos, estableciendo que los efectos antibacterianos de este compuesto pueden representar un buen mecanismo para ser utilizado con tal fin. [3]

La plata coloidal es un sistema de equilibrio mediante el cual las partículas de plata están en suspensión en un medio acuoso, sin tender a acumularse ni en la superficie ni en el fondo. La plata coloidal está formada por minúsculas partículas de plata cargada eléctricamente que se mantienen en suspensión gracias a la diminuta carga eléctrica de cada una de ellas. Estas partículas tienen un tamaño suficientemente grande que impide sean disueltas en el líquido, pero al mismo tiempo son lo bastante pequeñas como para penetrar fácilmente en cualquier tejido y viajar a lo largo del cuerpo multiplicando su eficacia. [11]

MARCO CONTEXTUAL

Como guía en nuestro proceso de investigación, orientamos nuestro trabajo con la necesidad de evaluar una metodología para la preparación de plata como coloide, la cual cumpla con una serie de análisis que permitan establecer su estabilidad luego de ser preparada al igual que una identificación de la concentración obtenida; por tanto de esta manera queremos centrarnos en el estudio de variables cuantificables las cuales podamos someter a prueba en la realidad, permitiéndonos indagar en un área de investigación que no ha tenido mucho desarrollo en nuestra universidad, como lo es la nanotecnología aplicada a compuestos químicos como la plata; logrando de esta manera prevenir errores que se puedan cometer en investigaciones futuras; además de promover el estudio de este campo dando como fundamento una referencia interpretada en los resultados del estudio.

METODOLOGÍA

7. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

7.1. LAVADO Y VERIFICACIÓN DEL MATERIAL DE LABORATORIO

7.1.1. Alcance y campo de aplicación

- Es aplicable a todo tipo de material utilizado en cada uno de los ensayos que se realizan.
- El responsable de la aplicación de este procedimiento es el personal perteneciente a la realización de los ensayos.

7.1.2. Resultados Esperados

- Proporcionar las instrucciones necesarias para garantizar un buen lavado del material del laboratorio, buscando evitar generar contaminación o interferencias en las muestras.
- Definir los procedimientos adecuados durante el proceso y disposición o almacenamiento del material de laboratorio.
- Especificar los procedimientos especiales del lavado adecuado para cada ensayo con el fin de evitar interferencias de las partículas o trazas contaminantes.
- Este procedimiento es efectuado por el analista del proyecto investigativo.

7.1.3. Generalidades

- El uso de ropa de trabajo y elementos de seguridad como guantes resistentes y gafas de seguridad, es obligatorio cuando se es necesario.
- El material roto debe ser retirado inmediatamente del proceso ya que se convierte en una fuente de accidentes graves.
- Antes de iniciar cualquier ensayo, todo el material de vidrio deberá ser purgado con la solución a utilizar.
- Se asegura que el material a lavar este completamente vacío. Los volúmenes que quedan de las pruebas y los residuos de los lavados deben ser desechados en los recipientes destinados para tal fin, los cuales posteriormente serán sometidos a los respectivos tratamientos.
- De manera general, se realiza un lavado del material de la siguiente manera: Enjuagar con agua del grifo, lavar con una solución de detergente neutro al 2% (o equivalente) y si es posible, utilizar un escobillón o esponja apropiada. Finalmente enjuaga con abundante agua del grifo y realiza una purga con agua destilada. Dejar escurrir en los soportes destinados para tal fin y almacenar cuando estén secos.
- Al material que necesita estar totalmente seco para ser nuevamente utilizado, se introduce al horno durante 2 horas a una temperatura de 105°C; luego dejar en el desecador hasta su uso o almacenamiento.

- Evaluar a partir de las cartas de control o manual de especificaciones del distribuidor la correcta funcionalidad de los equipos de trabajo, para asegurar una correcta trazabilidad de los ensayos.

7.2. INSTRUCTIVO DE TRABAJO

7.2.1. Alcance y campo de aplicación

- Determinar la capacidad de producción de plata como coloide utilizando un equipo electrogravimétrico.
- Determinar la producción cuantitativa de plata como coloide empleando la técnica de espectroscopía de absorción atómica.
- Este ensayo es efectuado por el analista del proyecto investigativo.
- Esta metodología de ensayo es aplicada a todas aquellas muestras de agua procedentes del proceso electrogravimétrico para la liberación de plata coloidal.

7.2.2. Resultados Esperados

- Debido a que el proceso aun no presenta realizaciones anteriores, la determinación de la cantidad de producción de plata como coloide es una forma directa para evaluar y verificar la eficacia de liberación de plata como coloide empleando un procedimiento electrogravimétrico.
- Se le determinara el pH y conductividad eléctrica a las muestras con el fin de tener control sobre estos parámetros en el proceso y evaluar considerablemente sus cambios o posibles efectos.
- Se le determinara la turbiedad y color a las muestras con el fin de tener control sobre estos parámetros de apariencia ya que este no presenta consolidados que permitan identificar la variabilidad de estos parámetros sobre el procedimiento.

7.2.3. Generalidades

- El uso de ropa de trabajo y elementos de seguridad como guantes resistentes y gafas de seguridad, es obligatorio.
- El uso de un formato físico para el control de datos es necesario para hacer seguimiento de las variables de manera física y digital.

7.2.4. Materiales y Equipos

- Equipo electrogravimétrico.
- Equipo absorción atómica.
- Agitador magnético.
- pH-metro.
- Turbidímetro.
- Comparador de color.
- Conductímetro.
- Beaker de 600mL, 250mL, 100 y 50mL.
- Pipetas volumétricas de 50mL, 25mL.
- Pipetas graduadas de 25mL y 20mL.
- Probeta 500mL y 250mL.
- Frasco lavador.
- Matraz volumétrico de 100mL.

- Cronómetro.
- Frascos plásticos con tapa.

7.2.5. Procedimiento de producción de plata coloidal [14]

- Luego de estar encendido y en correcta funcionalidad, además de un precalentamiento de al menos 15 minutos del equipo electrogravimétrico y su respectiva fuente de poder; se procede a ajustar los electrodos de plata al equipo, de tal manera que se tengan en cuenta las respectivas medidas para el cumplimiento del procedimiento.
- En beaker de 600mL, se adicionan 500mL de agua destilada de alta pureza, a esta agua se le determinara el valor de pH, conductividad, turbiedad y color, con el fin de realizar un seguimiento de estos parámetros desde antes de iniciar la electrodeposición de la plata.
- En esta muestra de agua se sumergen los electrodos de plata hasta un 80% de su superficie, además se implementará el uso de un agitador magnético el cual permitirá la homogenización durante la electrodeposición del proceso.
- Luego de ser iniciado el proceso, se contabiliza el tiempo programado para cada electrodeposición; además de realizar el respectivo control del voltaje empleado de tal manera que este parámetro sea constante para cada ensayo; ya que luego de ser finalizado el proceso, se toma una muestra que se envasara en un frasco plástico con tapa, debido a que esta se empleara para la respectiva determinación de la conductividad eléctrica, pH, turbiedad y color, además de la evaluación de la cantidad de plata coloidal liberada mediante espectroscopia de absorción atómica.

7.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

7.3.1. Análisis Espectroscópico [12, 15] (*Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. Absortion Spectrometric Method. Section 3111-B; Silver 3500-Ag.*)

7.3.1.1. Alcance y campo de aplicación

- Esta metodología de ensayo es aplicada a todas aquellas muestras de agua procedentes del proceso electrogravimétrico para la liberación de plata coloidal.
- Determinar la producción cuantitativa de plata como coloide empleando la técnica.

7.3.1.2. Resultados Esperados

- Obtener un valor cuantitativo de la cantidad de plata como coloide de las muestras procedentes del proceso de electrogravimetría.
- Determinar la correlación entre las variables del proceso de electrogravimetría para la producción de plata como coloide y la concentración para cada muestra.

7.3.1.3. Generalidades

- El uso de ropa de trabajo y elementos de seguridad como guantes resistentes y gafas de seguridad, es obligatorio.
- El uso de un formato físico para el control de datos es necesario para hacer seguimiento de las variables de manera física y digital.

7.3.1.4. Cálculos

- Dado al poco conocimiento en el comportamiento de la liberación de plata como coloide empleando la técnica de electrogravimetría, a cada muestra se le realizaran factores de dilución que permitan una lectura adecuada en el equipo de absorción atómica.

7.3.1.5. Reporte de Resultados

- Se expresan los resultados en unidades de concentración (mg/L) con cuatro cifras decimales y se aplicara el factor de disolución a cada muestra de ser necesario.

7.4. ANÁLISIS DE pH, TURBIEDAD, COLOR, CONDUCTIVIDAD

7.4.1. pH [15] (*Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. pH Value. Section 4500 H⁺-B*)

7.4.1.1. Alcance y campo de aplicación

- Esta metodología de ensayo es aplicada a todas aquellas muestras de agua procedentes del proceso electrogravimétrico para la liberación de plata coloidal.
- La medida del pH en el agua es importante debido a que un valor muy alto o muy bajo puede llegar a tener incidencia directa sobre el comportamiento de la plata coloidal.

7.4.1.2. Resultados Esperados

- Determinar el potencial de hidrogenización de la muestra.

7.4.1.3. Generalidades

- Se asegura que la muestra esté a una temperatura entre 20°C y 25°C.
- Homogenizar la muestra y previo a esto verificar que el pH-metro esté en perfectas condiciones.
- Se retira el electrodo de la solución de almacenamiento y se lava con agua destilada, se introduce el electrodo en un volumen de muestra que permite el cubrir la totalidad del sensor del electrodo; se opera el pH-metro de acuerdo a su manual de operaciones y se espera la lectura.
- Se retira el electrodo de la muestra, se lava con agua destilada y se introduce en la solución de almacenamiento.

7.4.1.4. Reporte de Resultados

- Se expresa los resultados en unidades de pH con dos cifras decimales.

7.4.2. Turbiedad [15] (*Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. Turbidity. Section 2130-B*)

7.4.2.1. Alcance y campo de aplicación

- Esta metodología de ensayo es aplicada a todas aquellas muestras de agua procedentes del proceso electrogravimétrico para la liberación de plata coloidal.
- Determinar la turbidez en la muestra es importante debido a que es una medida indirecta de la cantidad de sólidos suspendidos, los cuales son producidos por materiales finamente divididos.

7.4.2.2. Resultados Esperados

- Determinar la turbidez de la muestra.

7.4.2.3. Generalidades

- Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de la luz dispersa por una solución patrón de referencia en condiciones semejantes. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez.
- Se agita la muestra para homogenizar, se llena la celda hasta la respectiva marca, se limpia la celda de vidrio con un paño suave para minimizar las marcas externas; se enciende el equipo y se realiza la lectura.

7.4.2.4. Reporte de Resultados

- Se expresan los resultados en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) con dos cifras decimales.

7.4.3. Color [15] (*Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. Color. Section 2120-B*)

7.4.3.1. Alcance y campo de aplicación

- Esta metodología de ensayo es aplicada a todas aquellas muestras de agua procedentes del proceso electrogravimétrico para la liberación de plata coloidal.
- Determinar la turbidez en la muestra es importante debido a que es una medida indirecta de la cantidad de sólidos suspendidos, los cuales son producidos por materiales finamente divididos.

7.4.3.2. Resultados Esperados

- Determinar el color de la muestra.

7.4.3.3. Generalidades

- Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de la luz dispersa por una solución patrón de referencia en condiciones semejantes. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa de color.

- Se agita la muestra para homogenizar, se llena la celda hasta la respectiva marca, se limpia la celda de vidrio con un paño suave para minimizar las marcas externas; se enciende el equipo y se realiza la lectura.

7.4.3.4. Reporte de Resultados

- Se expresan los resultados en unidades platino-cobalto (UPC) con dos cifras decimales.

7.4.4. Conductividad [15] (*Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. Conductivity. Section 2510-B)

7.4.4.1. Alcance y campo de aplicación

- Esta metodología de ensayo es aplicada a todas aquellas muestras de agua procedentes del proceso electrogravimétrico para la liberación de plata coloidal.
- Por medio de la medición de la conductividad se puede establecer el grado de mineralización de un determinado sistema o matriz y determinar el efecto de la concentración total de los iones presentes sobre equilibrios químicos.

7.4.4.2. Resultados Esperados

- Estimar el grado de mineralización de la muestra empleada.

7.4.4.3. Generalidades

- La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica; esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia, así como de la temperatura de la medición.
- El electrodo se lava con agua destilada, se introduce en un volumen de muestra que permite el cubrir la totalidad del sensor del electrodo como mínimo 500mL y debe de estar a 25°C la muestra; se opera el equipo de acuerdo a su manual de operaciones y se espera la lectura.
- Se retira el electrodo de la muestra, se lava con agua destilada y se seca para su almacenamiento.

7.4.4.4. Reporte de Resultados

- Se expresan los resultados obtenidos en mS/cm, con dos cifras decimales.

RESULTADOS

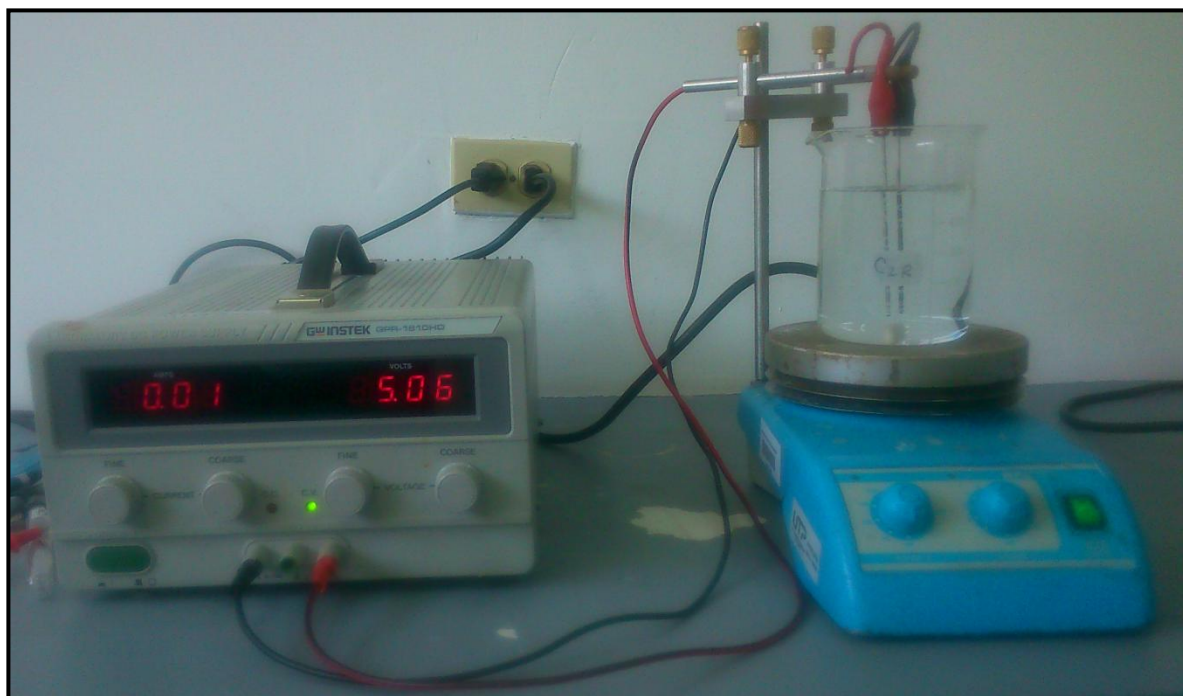


Imagen 1. Montaje equipo GPC-1850D para la electrodeposición.

NOTA

Las abreviaturas que a continuación se presentarán, corresponden a la manera en que se asignó a los distintos ensayos realizados:

E1V1T1

E1: Numero de ensayo.

V1: Valor del voltaje empleado (5Volt, 10Volt, 15Volt).

T1: Tiempo de duración del ensayo (2Horas, 4Horas, 6Horas).

En el caso de encontrar el siguiente símbolo: **Λ**, este corresponde a la minoría de ensayos realizados con una amplitud entre los electrodos de 2 centímetros.

8.1. CONCENTRACIÓN Y CONDUCTIVIDAD

A continuación se presentaran los resultados obtenidos para la lectura de la concentración y la conductividad para cada uno de los ensayos realizados:

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	ABS	CONCENTRACIÓN	PROMEDIO
E1V5T2	GPC-1850D	5,00	0,062	1,73	1,71
E1V5T2	GPR-1810HD	4,99	0,061	1,70	
E2V10T2	GPC-1850D	9,99	0,126	3,54	3,62
E2V10T2	GPR-1810HD	9,98	0,132	3,70	
E3V15T2	GPC-1850D	14,90	0,192	7,36	7,54
E3V15T2	GPR-1810HD	14,91	0,202	7,72	
E4V5T4	GPC-1850D	4,98	0,179	5,01	4,93
E4V5T4	GPR-1810HD	4,97	0,173	4,84	
E5V10T4	GPC-1850D	9,94	0,436	15,95	16,15
E5V10T4	GPR-1810HD	9,96	0,450	16,34	
E6V15T4	GPC-1850D	14,99	0,481	17,58	18,09
E6V15T4	GPR-1810HD	15,00	0,559	18,61	
E7V5T6	GPC-1850D	5,01	0,108	3,04	3,11
E7V5T6	GPR-1810HD	5,01	0,114	3,19	
E8V10T6	GPC-1850D	10,01	1,242	24,57	25,26
E8V10T6	GPR-1810HD	10,02	1,068	26,03	
E9V15T6	GPC-1850D	14,99	0,474	17,40	16,16
E9V15T6	GPR-1810HD	14,97	0,447	14,93	
---	GPC-1850D	---			4,38
E10V5T2	GPR-1810HD	5,01	0,324	4,38	
---	GPC-1850D	---			10,78
E11V10T2	GPR-1810HD	10,00	0,783	10,78	
---	GPC-1850D	---			14,84
E12V15T2	GPR-1810HD	14,98	1,050	14,84	
E13V5T4	GPC-1850D	5,01	0,638	8,83	10,18
E13V5T4	GPR-1810HD	5,00	0,828	11,52	
E14V10T4	GPC-1850D	10,01	1,481	20,79	20,33
E14V10T4	GPR-1810HD	9,99	1,416	19,87	
E15V15T4	GPC-1850D	14,98	1,610	22,62	22,59
E15V15T4	GPR-1810HD	14,97	1,605	22,55	
E16V5T6	GPC-1850D	5,01	1,479	20,74	22,34
E16V5T6	GPR-1810HD	5,02	1,564	23,94	
E17V10T6	GPC-1850D	10,00	1,408	21,21	25,53
E17V10T6	GPR-1810HD	10,00	1,700	23,90	

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	ABS	CONCENTRACIÓN	PROMEDIO
E18V15T6	GPC-1850D	15,02	1,471	20,65	21,24
E18V15T6	GPR-1810HD	15,01	1,511	21,83	
E19V5T2	GPC-1850D	5,00	0,581	3,14	3,88
E19V5T2	GPR-1810HD	5,00	0,636	4,62	
E20V10T2	GPC-1850D	9,99	1,213	6,08	6,59
E20V10T2	GPR-1810HD	9,99	1,237	7,09	
E21V15T2	GPC-1850D	15,03	1,730	13,52	13,71
E21V15T2	GPR-1810HD	15,02	1,833	13,90	
E22V5T4	GPC-1850D	5,01	0,148	10,98	11,43
E22V5T4	GPR-1810HD	5,01	0,151	11,87	
E23V10T4	GPC-1850D	9,99	0,169	17,84	18,28
E23V10T4	GPR-1810HD	10,00	0,176	18,71	
E24V15T4	GPC-1850D	14,99	0,182	20,17	20,87
E24V15T4	GPR-1810HD	15,00	0,218	21,57	
E25V5	GPC-1850D	5,01	0,054	1,49	2,58
E25V5	GPR-1810HD	5,02	0,098	3,67	
E26V10	GPC-1850D	10,02	0,090	5,25	5,23
E26V10	GPR-1810HD	10,02	0,130	5,25	
E27V15	GPC-1850D	15,02	0,280	9,61	10,29
E27V15	GPR-1810HD	15,04	0,233	10,98	
E28V5	GPC-1850D	5,02	0,268	12,11	10,34
E28V5	GPR-1810HD	5,02	0,197	8,57	
E29V10	GPC-1850D	10,02	0,206	9,02	8,08
E29V10	GPR-1810HD	10,02	0,168	7,14	
E30V15	GPC-1850D	15,04	0,050	1,26	2,34
E30V15	GPR-1810HD	15,06	0,093	3,41	
E31V5	GPC-1850D	5,02	0,047	6,36	8,40
E31V5	GPR-1810HD	5,02	0,073	11,52	
E32V10	GPC-1850D	10,00	0,260	11,70	11,38
E32V10	GPR-1810HD	10,03	0,327	11,05	
E33V15	GPC-1850D	15,03	0,301	10,49	10,12
E33V15	GPR-1810HD	15,05	0,235	9,76	
E34V5T2Λ2	GPC-1850D	4,99	0,051	1,42	1,21
E34V5T2Λ2	GPR-1810HD	4,99	0,036	0,99	
E35V10T2Λ2	GPC-1850D	9,97	0,040	1,11	1,18
E35V10T2Λ2	GPR-1810HD	9,98	0,046	1,27	
E36V15T2Λ2	GPC-1850D	15,05	0,351	6,95	7,07
E36V15T2Λ2	GPR-1810HD	15,04	0,386	7,19	

Tabla 1. Resultados concentración de los ensayos.

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	CONDUCTIVIDAD (mS/cm)	PROMEDIO
E1V5T2	GPC-1850D	5,00	5,30	5,29
E1V5T2	GPR-1810HD	4,99	5,28	
E2V10T2	GPC-1850D	9,99	21,63	19,41
E2V10T2	GPR-1810HD	9,98	17,18	
E3V15T2	GPC-1850D	14,90	21,45	23,43
E3V15T2	GPR-1810HD	14,91	25,40	
E4V5T4	GPC-1850D	4,98	9,12	8,74
E4V5T4	GPR-1810HD	4,97	8,36	
E5V10T4	GPC-1850D	9,94	19,17	19,66
E5V10T4	GPR-1810HD	9,96	20,15	
E6V15T4	GPC-1850D	14,99	20,02	21,71
E6V15T4	GPR-1810HD	15,00	23,40	
E7V5T6	GPC-1850D	5,01	22,80	22,30
E7V5T6	GPR-1810HD	5,01	21,80	
E8V10T6	GPC-1850D	10,01	23,40	24,20
E8V10T6	GPR-1810HD	10,02	25,00	
E9V15T6	GPC-1850D	14,99	21,00	21,35
E9V15T6	GPR-1810HD	14,97	21,70	
---	GPC-1850D	---	---	5,30
E10V5T2	GPR-1810HD	5,01	5,31	
---	GPC-1850D	---	---	9,80
E11V10T2	GPR-1810HD	10,00	9,77	
---	GPC-1850D	---	---	12,60
E12V15T2	GPR-1810HD	14,98	12,56	
E13V5T4	GPC-1850D	5,01	9,12	10,11
E13V5T4	GPR-1810HD	5,00	11,09	
E14V10T4	GPC-1850D	10,01	23,09	21,56
E14V10T4	GPR-1810HD	9,99	20,02	
E15V15T4	GPC-1850D	14,98	23,40	21,78
E15V15T4	GPR-1810HD	14,97	20,15	
E16V5T6	GPC-1850D	5,01	21,00	20,60
E16V5T6	GPR-1810HD	5,02	20,20	
E17V10T6	GPC-1850D	10,00	21,10	23,20
E17V10T6	GPR-1810HD	10,00	25,30	
E18V15T6	GPC-1850D	15,02	21,60	21,60
E18V15T6	GPR-1810HD	15,01	21,60	
E19V5T2	GPC-1850D	5,00	5,28	6,03
E19V5T2	GPR-1810HD	5,00	6,77	
E20V10T2	GPC-1850D	9,99	19,37	17,07
E20V10T2	GPR-1810HD	9,99	14,77	

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	CONDUCTIVIDAD (mS/cm)	PROMEDIO
E21V15T2	GPC-1850D	15,03	27,70	27,10
E21V15T2	GPR-1810HD	15,02	26,50	
E22V5T4	GPC-1850D	5,01	13,40	14,02
E22V5T4	GPR-1810HD	5,01	14,64	
E23V10T4	GPC-1850D	9,99	24,40	23,75
E23V10T4	GPR-1810HD	10,00	23,10	
E24V15T4	GPC-1850D	14,99	24,90	25,40
E24V15T4	GPR-1810HD	15,00	25,90	
E25V5	GPC-1850D	5,01	9,26	9,14
E25V5	GPR-1810HD	5,02	9,02	
E26V10	GPC-1850D	10,02	10,14	9,79
E26V10	GPR-1810HD	10,02	9,43	
E27V15	GPC-1850D	15,02	15,12	13,76
E27V15	GPR-1810HD	15,04	12,40	
E28V5	GPC-1850D	5,02	11,22	11,12
E28V5	GPR-1810HD	5,02	11,02	
E29V10	GPC-1850D	10,02	11,51	11,76
E29V10	GPR-1810HD	10,02	12,01	
E30V15	GPC-1850D	15,04	13,48	13,85
E30V15	GPR-1810HD	15,06	14,21	
E31V5	GPC-1850D	5,02	12,61	12,43
E31V5	GPR-1810HD	5,02	12,24	
E32V10	GPC-1850D	10,00	14,38	15,08
E32V10	GPR-1810HD	10,03	15,78	
E33V15	GPC-1850D	15,03	15,46	14,19
E33V15	GPR-1810HD	15,05	12,91	
E34V5T2∧2	GPC-1850D	4,99	2,24	2,10
E34V5T2∧2	GPR-1810HD	4,99	1,96	
E35V10T2∧2	GPC-1850D	9,97	2,37	2,26
E35V10T2∧2	GPR-1810HD	9,98	2,14	
E36V15T2∧2	GPC-1850D	15,05	6,36	5,06
E36V15T2∧2	GPR-1810HD	15,04	3,76	

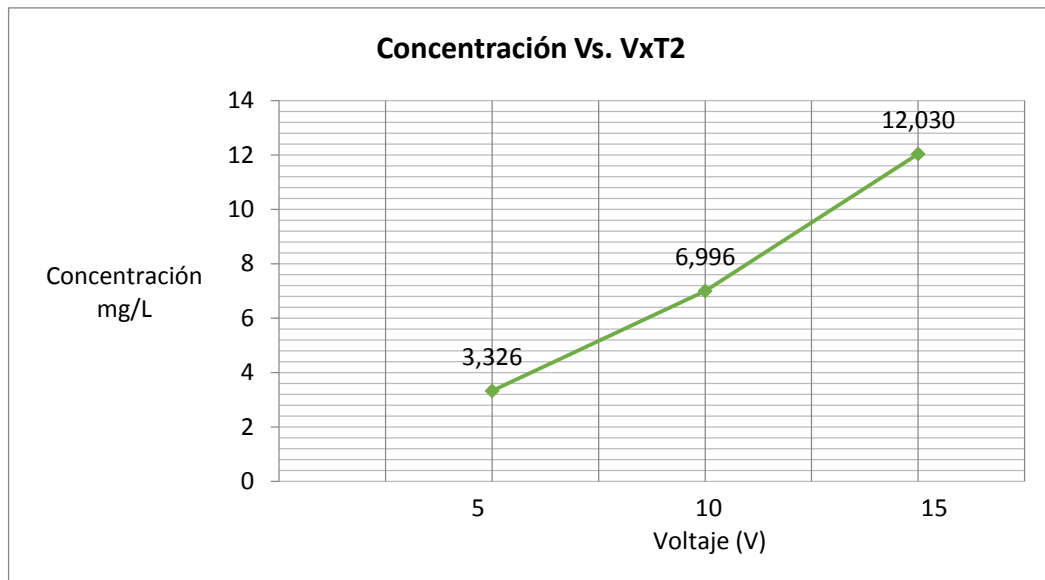
Tabla 2. Resultados conductividad de los ensayos.

A medida que se desarrollaron los ensayos y se evaluaron los respectivos análisis, se empezó a notar que mientras se suministraba voltaje en función de determinado tiempo, la concentración en cada uno de los ensayos aumentaba con un comportamiento lineal, lo que permitió distinguir diferentes etapas en el aumento de la concentración a medida que se suministraba el voltaje.

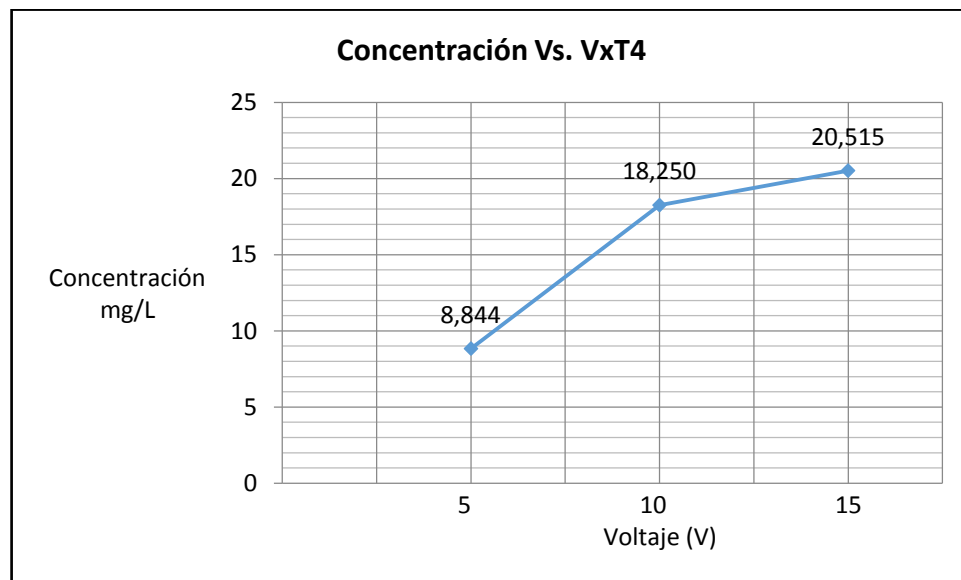
Para cada ensayo se trabajaron voltajes de 5, 10 y 15 voltios, cada uno de los cuales para tiempos específicos de 2, 4 y 6 horas de trabajo; es decir, que para un

ensayo de 2 horas, este se realizó con los distintos voltajes anteriormente mencionados; además se procedió a realizar cada uno de los ensayos por duplicado, empleando dos fuentes de poder: Gwinster GPR-1810HD y Gwinster GPC-1850D.

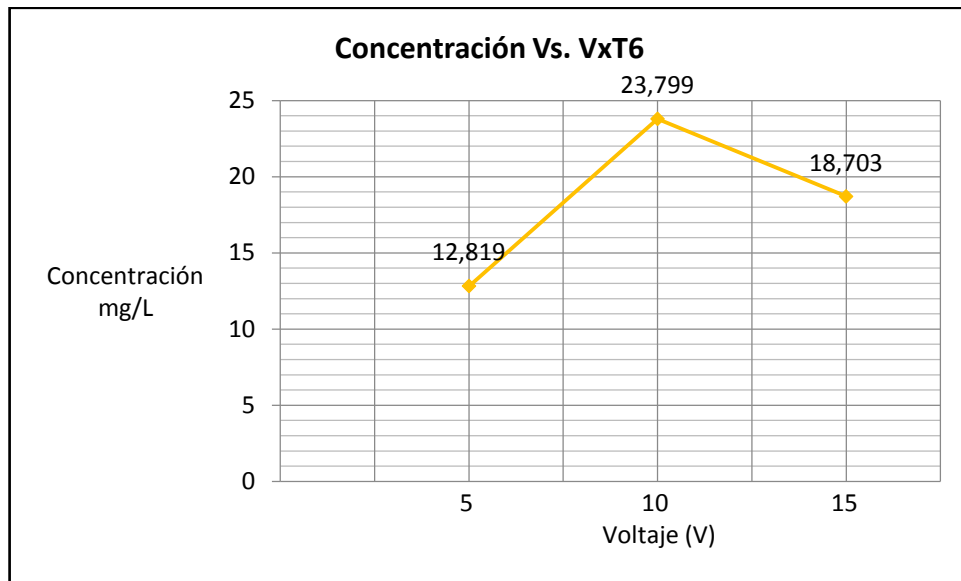
Los comportamientos de cada uno de los ensayos se muestran en las siguientes gráficas:



Gráfica 1. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 2 horas.



Gráfica 2. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 4 horas.



Gráfica 3. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 6 horas.

TIEMPO (Horas)	VOLTAJE (Voltios)	CONCENTRACIÓN (mg/L)
2	5	3,33
2	10	7,00
2	15	12,03
4	5	8,84
4	10	18,25
4	15	20,52
6	5	12,82
6	10	23,80
6	15	18,70

Tabla 3. Valores de las concentraciones de plata como coloide en función del tiempo y voltaje teórico.

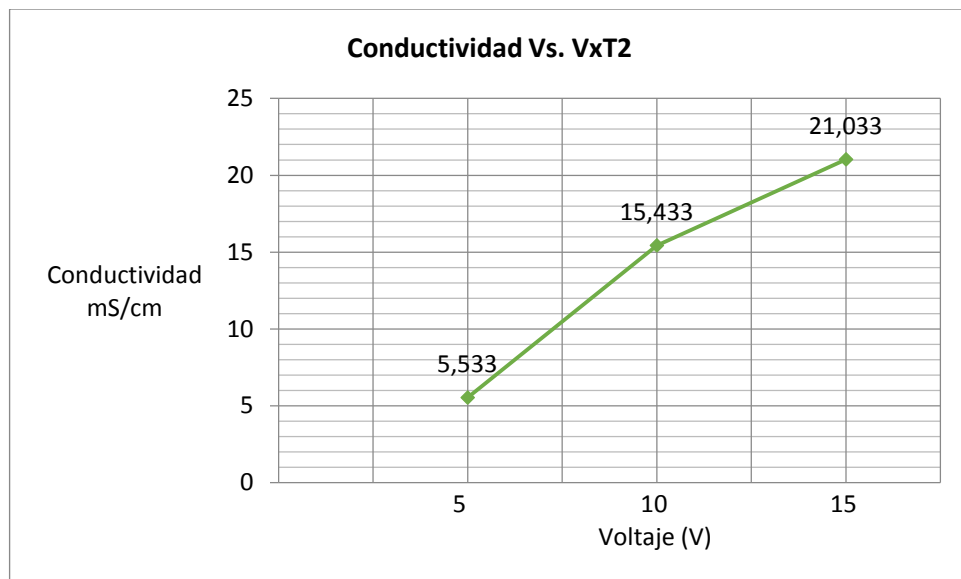
Dada la similitud de los resultados de concentración obtenidos para las distintas muestras, cada uno de los puntos que componen las diferentes gráficas corresponden a un promedio entre los valores obtenidos para cada una de las muestras debido al uso de las dos fuentes de poder.

Para cada muestra obtenida se evaluaban los distintos análisis previamente establecidos, a fin de identificar mediante el uso de gráficas el comportamiento de

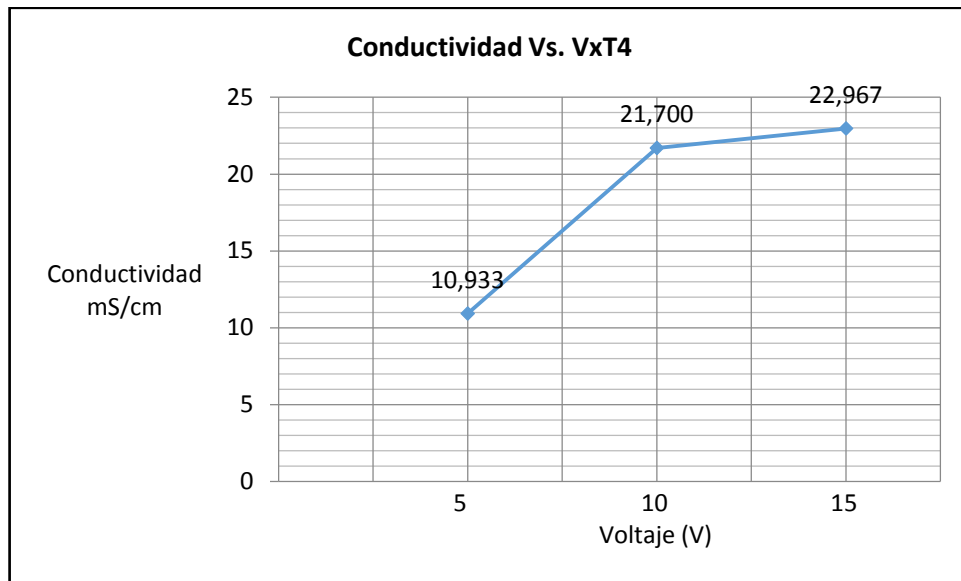
cada ensayo a medida que se desarrollaba y así lograr determinar posibles características que pudieran dar paso a cambios en el desarrollo del ensayo.

Debido a que la conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica y esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total; por tanto, este parámetro se puede ver reflejado como una opción de evaluar la concentración de plata antes de realizar los análisis en absorción atómica y determinar una concentración específica; por tanto este parámetro adquiere gran importancia en los análisis y su comportamiento debería ser muy similar al de la concentración en las muestras.

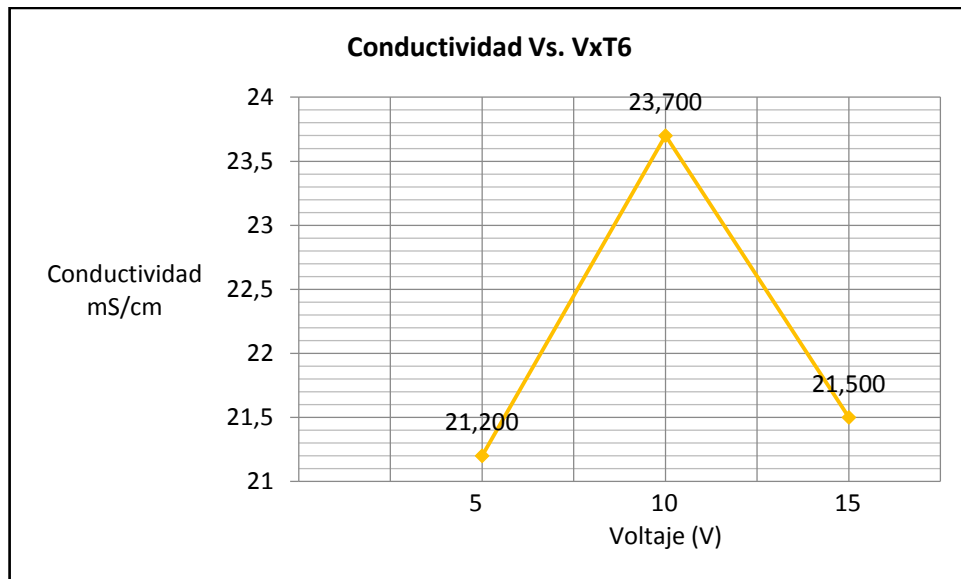
A continuación se muestra gráficamente el comportamiento de la conductividad en función de los voltajes suministrados en cada ensayo:



Gráfica 4. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 2 horas.



Gráfica 5. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 4 horas.



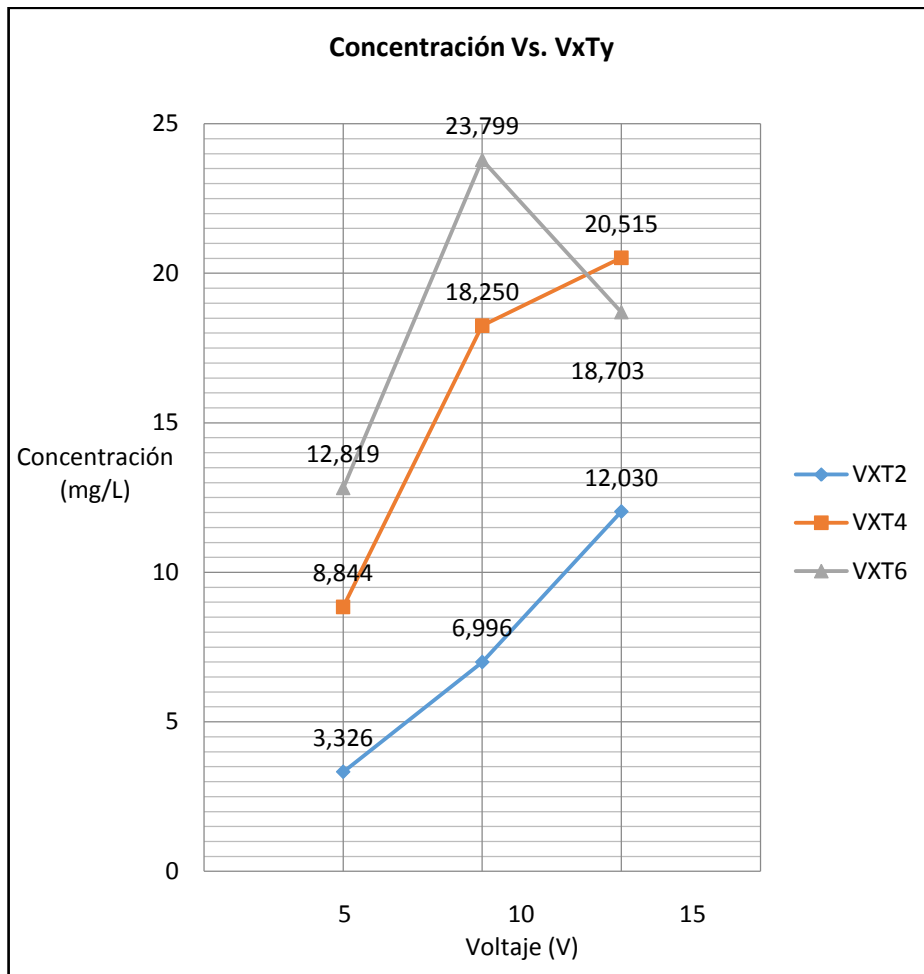
Gráfica 6. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para un tiempo de 6 horas.

TIEMPO (Horas)	VOLTAJE (Voltios)	CONDUCTIVIDAD (mS/cm)
2	5	5,50
2	10	15,40
2	15	21,00
4	5	10,90
4	10	21,70
4	15	23,00
6	5	14,10
6	10	15,80
6	15	14,30

Tabla 4. Valores de la conductividad de las soluciones de plata como coloide en función del tiempo y voltaje teórico.

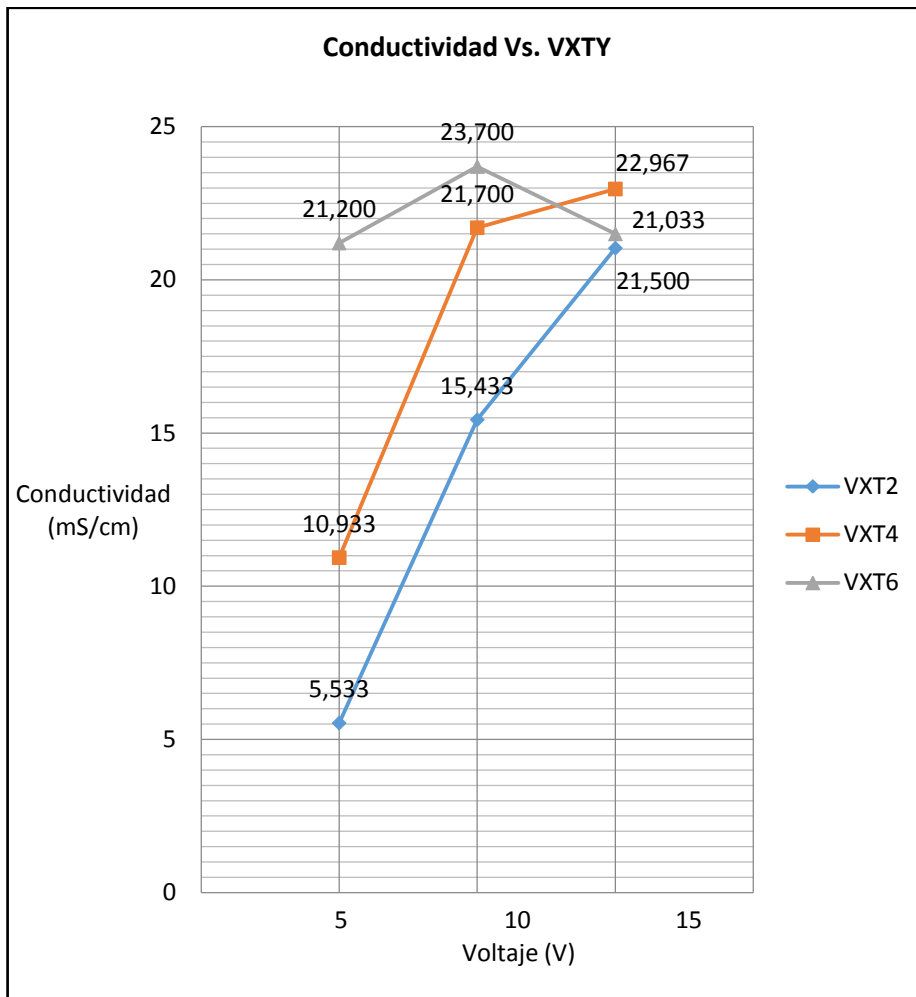
No solo se logró identificar que al aumentar el voltaje, la concentración de plata liberada igualmente lo hace; sino también, que a medida que se prolongaba el tiempo de la electrodeposición, de igual manera aumentaba la concentración de los iones de plata liberados.

Este contraste se observa mejor en la siguiente gráfica en la cual, se presentan para los tres voltajes empleados (5, 10 y 15 voltios) y los respectivos tiempos de trabajo (2, 4, y 6 horas) el comportamiento en conjunto de los diferentes ensayos.



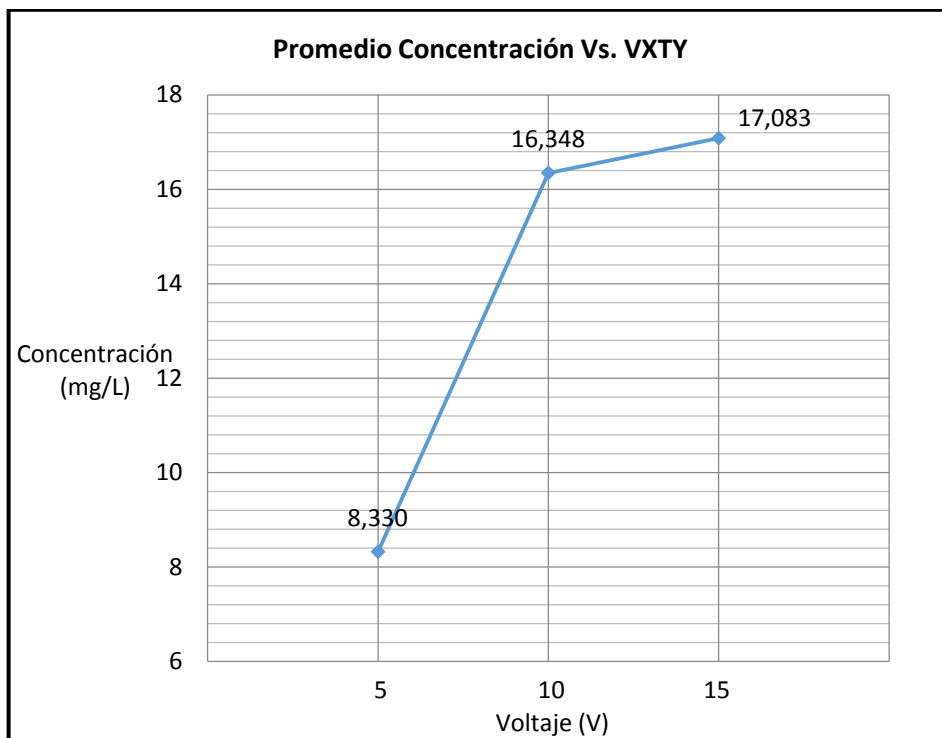
Gráfica 7. Concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.

Como se suponía, en base al fundamento de la conductividad; este parámetro presento un comportamiento muy similar al de la concentración de plata liberada en las muestras (gráfica 7), fenómeno que se puede observar en la siguiente gráfica, la cual evalúa la conductividad en función de los tiempos de trabajo empleados (2, 4 y 6 horas) y los voltajes suministrados en cada ensayo (5, 10 y 15 voltios).



Gráfica 8. Conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.

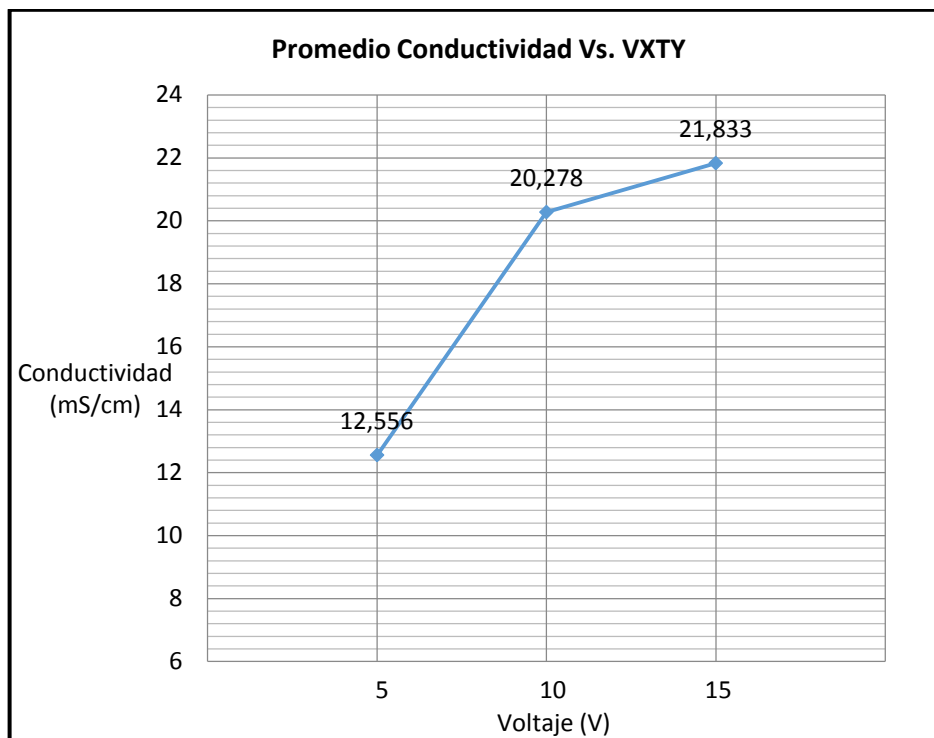
Si promediamos todos los valores de concentración obtenidos para una muestra de voltajes determinados, se puede obtener una mejor aproximación en lo que se podría asumir como una posible curva de calibración o preparación de plata coloidal mediante la técnica de electrogravimetría.



Gráfica 9. Promedio de la concentración de plata liberada en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.

Se puede predecir a partir de los valores obtenidos, que la liberación de plata como coloide mediante la técnica de electrogravimetría posee una representación gráfica que inicialmente se podría asumir como lineal y que al cabo del tiempo llega a un punto de reducción en la concentración liberada, probablemente el punto de saturación o equilibrio; por lo tanto, la curva de calibración inicialmente poseerá un aumento acelerado de la plata como coloide que es liberada, pero que al paso del tiempo se acerca al punto de equilibrio y deja de crecer tan aceleradamente y empieza a estabilizarse, lo cual se muestra como un aplanamiento de la curva de calibración.

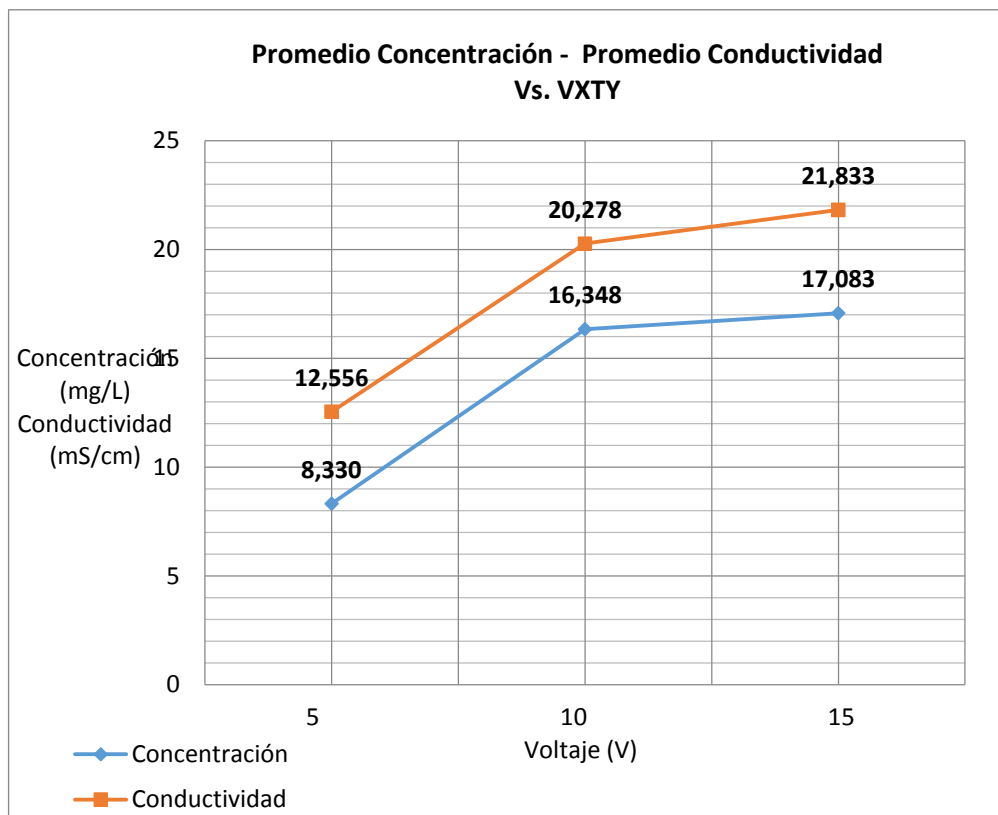
Si de igual manera procediéramos a realizar un promedio global de todos los valores de conductividad obtenidos para una muestra de voltajes determinados, se puede obtener una mejor aproximación en lo que se podría asumir como una posible curva de calibración o preparación de la conductividad de las muestras para la liberación de plata coloidal mediante la técnica de electrogravimetría.



Gráfica 10. Promedio de la conductividad de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.

Fácilmente se puede observar como la conductividad posee un comportamiento casi idéntico a la concentración de plata como coloide liberada en la muestra, lo cual permite observar que entre los valores de concentración y conductividad existirá una dependencia directamente proporcional de acuerdo a la concentración de plata como colide que sea liberada en el medio, lo cual da cumplimiento al principio funcional de la conductividad y nos permite asumir la conductividad como una variable directa para la medición de la concentración de plata como colide liberada mediante la técnica de electrogravimetría y no el tiempo de electrodeposición como inicialmente fue postulado.

En base a lo estipulado en los análisis anteriores se decide considerar la conductividad una variable para medir el proceso de liberación de plata como coloide en un medio acuoso, que si bien esta afirmación se toma a partir de la proporcionalidad de medir la conductividad a una muestra con determinado tiempo o voltaje suministrado, lo cual nos acerca a predecir una curva de calibración que permita obtener de manera muy cercana concentraciones aleatorias para muestras en las que se varíen las condiciones de voltaje y tiempo suministrado. Este fenómeno de proporcionalidad se puede observar en la siguiente gráfica.



Gráfica 11. Promedio de la conductividad y promedio de la concentración de las muestras en función de los voltajes suministrados (5, 10, 15) para los tiempos empleados de 2, 4, 6 horas.

Dado la correlación entre la concentración de plata liberada y la conductividad para las mismas muestras, se puede asumir una curva que correlación de estas dos variables y que por tanto fácilmente podría ser considerada como la curva de calibración o preparación de plata coloidal mediante la técnica de electrogravimetría.

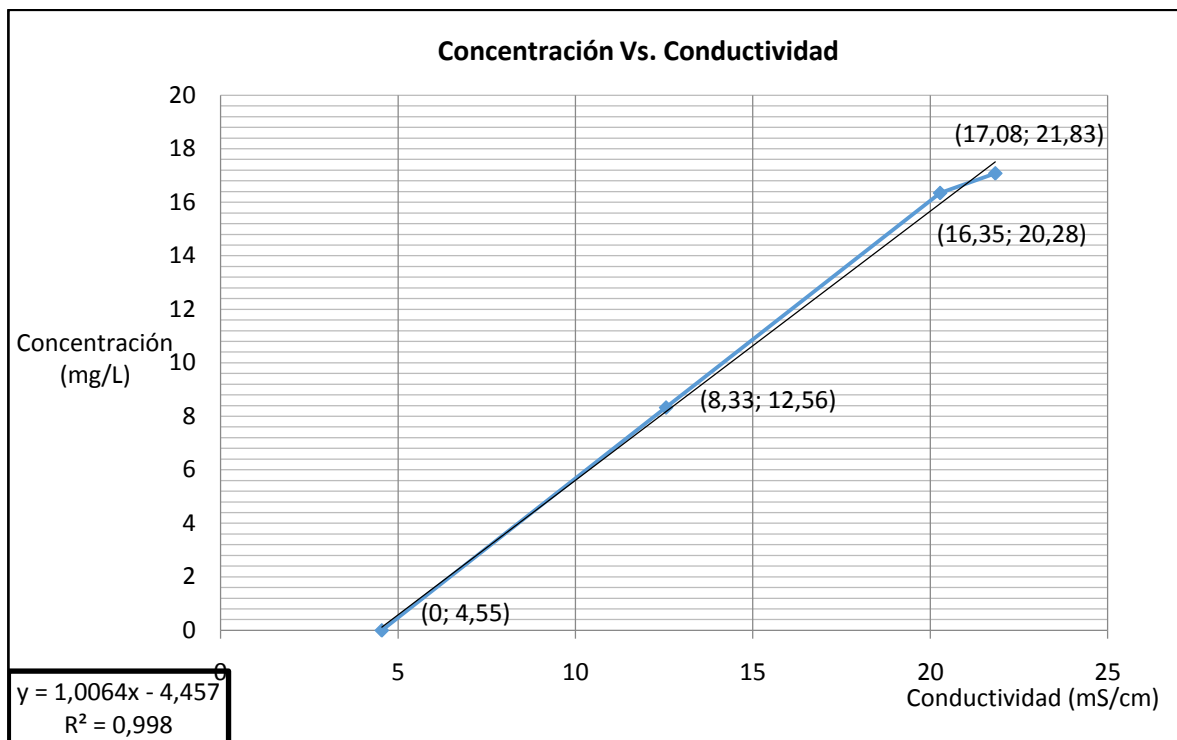
Para lo cual evaluaremos la conductividad como la variable independiente reemplazando así el tiempo de electrodeposición que inicialmente se empleó como variable y la concentración sería la variable dependiente; por lo tanto las concentraciones de plata como colide estarían determinadas dada la conductividad y por tanto para obtener una concentración aleatoria se calcularía en base a esta curva, la cual debería ser la conductividad aproximada de la muestra, logrando así identificar en que punto de la electrodeposición sin importar el tiempo empleado se podría obtener la concentración deseada. Y por tanto, esta curva de calibración se podrá emplear como guía para la obtención de distintas muestras de plata como coloide basadas en la conductividad de la solución a medida que se realiza la preparación de la misma, pero tiene como factor de

variación el hecho de estimar que para muestras de voltaje 5, 10 y 15 con tiempo de 2, 4 y 6 respectivamente para cada uno de los voltajes, el valor de la liberación de la plata como coloide debe ser linealmente creciente en los rangos de tiempo; es decir que para una muestra de voltaje 5 con tiempos de 2, 4 y 6 horas, se debe asumir que la variación en su concentración no será muy grande y que poseerá un crecimiento normalmente lineal.

Se debe tener muy presente que el valor de cero en la concentración de la gráfica y el cual posee un valor de conductividad de 4,5450mS/cm corresponde al promedio de los valores de la conductividad correspondientes al agua destilada que se emplearon para la preparación de cada una de las soluciones de plata como coloide.

Aunque los valores no son perfectamente iguales y sería ilógico que fuesen tan directamente correlacionantes; conservan un comportamiento muy similar, lo que nos da la oportunidad de asumir: Que la liberación total de plata como coloide o su "concentración" en el medio acuoso será proporcional a la conductividad de la muestra, ya que si bien la conductividad es la cuantificación de los iones o elementos que estando en un medio permiten el transporte eléctrico, trabajo que realiza la plata en el medio.

Evaluando las gráficas de acuerdo a los valores obtenidos durante la realización de los ensayos, fácilmente se puede observar que a medida que aumenta el tiempo de la electrodeposición al igual que el voltaje suministrado al medio, se llega a un punto en el cual la concentración de plata liberada en el medio no aumenta, lo cual se puede observar como un decrecimiento en la concentración de la muestra; a esto hemos decidido considerarlo como que entre los rangos de valores tabulados a partir de los cuales la concentración disminuya, existe un posible punto de saturación de plata liberada en el medio bajo las condiciones de trabajo para la realización del proyecto y por tanto el sistema llega a un equilibrio en el cual no se libera más plata en el medio por más tiempo o voltaje que se le suministre al sistema.



Gráfica 12. Concentración de las muestras en función de la conductividad.

Por lo tanto esto nos permite evaluar la liberación de la plata como coloide en función de la conductividad, ya que si bien el tiempo no ha sido un parámetro que permita cuantificar esta variable correspondiente a la concentración; que si bien hemos encontrado que a medida que pasa el tiempo es muy poco probable predecir el comportamiento de las muestras.

La determinación de las concentraciones de plata como coloide en las muestras se realizó empleando un equipo de absorción atómica marca SOLAR AA-969, empleándose una lámpara para determinación de plata, utilizando como fuente de combustión una mezcla Aire –Acetileno.

Para la curva de calibración se empleó un estándar de plata de 1000mg/L marca Merck y Lote: HC258020, del cual se partió para preparar 100mL de las soluciones patrones con concentraciones de 1, 2, 3, 4 y 5mg/L a las cuales se les adiciono 1mL de HNO₃ al 30%, para su preservación.

El blanco fue elaborado utilizando el agua con la cual se prepararon los patrones, además de adicionarle 1mL de HNO₃ al 30%, para su preservación.

Para los análisis de conductividad se empleó un conductímetro marca OHAUS serie 3100C con electrodo removible y utilizando para este análisis como blanco el agua con la cual se prepararon las muestras.

8.2. COLOR

A continuación se presentaran los resultados obtenidos para la lectura del color para cada uno de los ensayos realizados:

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	CAMBIO COLOR	COLOR	PROMEDIO
E1V5T2	GPC-1850D	5,00	NO	0,00	0,00
E1V5T2	GPR-1810HD	4,99	NO	0,00	
E2V10T2	GPC-1850D	9,99	NO	0,00	0,00
E2V10T2	GPR-1810HD	9,98	NO	0,00	
E3V15T2	GPC-1850D	14,90	SI	5,00	5,00
E3V15T2	GPR-1810HD	14,91	SI	5,00	
E4V5T4	GPC-1850D	4,98	NO	0,00	0,00
E4V5T4	GPR-1810HD	4,97	NO	0,00	
E5V10T4	GPC-1850D	9,94	SI	5,00	7,50
E5V10T4	GPR-1810HD	9,96	SI	10,00	
E6V15T4	GPC-1850D	14,99	SI	10,00	10,00
E6V15T4	GPR-1810HD	15,00	SI	10,00	
E7V5T6	GPC-1850D	5,01	NO	0,00	0,00
E7V5T6	GPR-1810HD	5,01	NO	0,00	
E8V10T6	GPC-1850D	10,01	SI	100,00	65,00
E8V10T6	GPR-1810HD	10,02	SI	30,00	
E9V15T6	GPC-1850D	14,99	SI	200,00	170,00
E9V15T6	GPR-1810HD	14,97	SI	140,00	
---	GPC-1850D	---	---		0,00
E10V5T2	GPR-1810HD	5,01	NO	0,00	
---	GPC-1850D	---	---		0,00
E11V10T2	GPR-1810HD	10,00	NO	0,00	
---	GPC-1850D	---	---		0,00
E12V15T2	GPR-1810HD	14,98	NO	10,00	
E13V5T4	GPC-1850D	5,01	NO	0,00	0,00
E13V5T4	GPR-1810HD	5,00	NO	0,00	
E14V10T4	GPC-1850D	10,01	SI	30,00	30,00
E14V10T4	GPR-1810HD	9,99	SI	30,00	
E15V15T4	GPC-1850D	14,98	SI	80,00	90,00
E15V15T4	GPR-1810HD	14,97	SI	100,00	
E16V5T6	GPC-1850D	5,01	NO	15,00	12,50
E16V5T6	GPR-1810HD	5,02	NO	10,00	
E17V10T6	GPC-1850D	10,00	SI	60,00	52,50
E17V10T6	GPR-1810HD	10,00	SI	45,00	
E18V15T6	GPC-1850D	15,02	SI	200,00	225,00
E18V15T6	GPR-1810HD	15,01	SI	250,00	

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	CAMBIO COLOR	COLOR	PROMEDIO
E19V5T2	GPC-1850D	5,00	NO	0,00	0,00
E19V5T2	GPR-1810HD	5,00	NO	0,00	
E20V10T2	GPC-1850D	9,99	SI	10,00	5,00
E20V10T2	GPR-1810HD	9,99	NO	0,00	
E21V15T2	GPC-1850D	15,03	SI	60,00	45,00
E21V15T2	GPR-1810HD	15,02	SI	30,00	
E22V5T4	GPC-1850D	5,01	SI	10,00	12,50
E22V5T4	GPR-1810HD	5,01	SI	15,00	
E23V10T4	GPC-1850D	9,99	SI	160,00	95,00
E23V10T4	GPR-1810HD	10,00	SI	30,00	
E24V15T4	GPC-1850D	14,99	SI	40,00	50,00
E24V15T4	GPR-1810HD	15,00	SI	60,00	
E25V5	GPC-1850D	5,01	NO	30,00	15,00
E25V5	GPR-1810HD	5,02	NO	30,00	
E26V10	GPC-1850D	10,02	NO	15,00	17,50
E26V10	GPR-1810HD	10,02	NO	20,00	
E27V15	GPC-1850D	15,02	NO	15,00	12,50
E27V15	GPR-1810HD	15,04	NO	10,00	
E28V5	GPC-1850D	5,02	NO	15,00	17,50
E28V5	GPR-1810HD	5,02	NO	20,00	
E29V10	GPC-1850D	10,02	SI	20,00	17,50
E29V10	GPR-1810HD	10,02	SI	15,00	
E30V15	GPC-1850D	15,04	NO	15,00	17,50
E30V15	GPR-1810HD	15,06	NO	20,00	
E31V5	GPC-1850D	5,02	SI	5,00	10,00
E31V5	GPR-1810HD	5,02	SI	15,00	
E32V10	GPC-1850D	10,00	SI	40,00	40,00
E32V10	GPR-1810HD	10,03	SI	40,00	
E33V15	GPC-1850D	15,03	SI	20,00	17,50
E33V15	GPR-1810HD	15,05	SI	15,00	
E34V5T2/2	GPC-1850D	4,99	NO	0,00	0,00
E34V5T2/2	GPR-1810HD	4,99	NO	0,00	
E35V10T2/2	GPC-1850D	9,97	NO	0,00	0,00
E35V10T2/2	GPR-1810HD	9,98	NO	0,00	
E36V15T2/2	GPC-1850D	15,05	NO	0,00	0,00
E36V15T2/2	GPR-1810HD	15,04	NO	0,00	

Tabla 5. Resultados color de los ensayos.

Basados en los resultados obtenidos en las lecturas visuales e instrumentales, se logró identificar que a medida que se suministraba voltaje y que el tiempo de permanencia de los electrodos en la solución aumentaba para realizar las

respectivas electrodeposiciones; la coloración de las muestras cambiaba de ser incoloras correspondientes al agua a poseer un tono café cobrizo.

Para el análisis del color de las muestras, se tuvieron en cuenta dos criterios:

a. Visual, este parámetro corresponde al análisis de las muestras desde la capacidad visual humana; es decir, la valoración visual con respecto al posible cambio de coloración de las soluciones preparadas y por ende solo posee dos parámetros de criterio, así: Si cambio de color o No cambio de color.

Teniendo en cuenta que este cambio de color obtenido visualmente hace relevancia a la tolerancia permitida por el ojo humano, siendo este el instrumento de lectura.

b. Analítico, bajo este criterio se empleó el respectivo equipo instrumental para llevar a cabo los análisis.

Se empleó un comparador de color marca Orbeco Hellige serie 711-A1 con tubos de 250mm y un disco de comparación de color de agua de 0 - 50 unidades Pt-Co (UPC); empleando como blanco el agua con la cual se elaboraron las muestras.

8.3. pH

A continuación se presentaran los resultados obtenidos para la lectura del pH para cada uno de los ensayos realizados:

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	pH	PROMEDIO
E1V5T2	GPC-1850D	5,00	6,30	6,54
E1V5T2	GPR-1810HD	4,99	6,77	
E2V10T2	GPC-1850D	9,99	8,08	8,27
E2V10T2	GPR-1810HD	9,98	8,46	
E3V15T2	GPC-1850D	14,90	9,98	9,17
E3V15T2	GPR-1810HD	14,91	8,36	

E4V5T4	GPC-1850D	4,98	6,20	6,21
E4V5T4	GPR-1810HD	4,97	6,21	
E5V10T4	GPC-1850D	9,94	7,40	7,80
E5V10T4	GPR-1810HD	9,96	8,19	
E6V15T4	GPC-1850D	14,99	8,63	9,12
E6V15T4	GPR-1810HD	15,00	9,62	

E7V5T6	GPC-1850D	5,01	6,55	6,55
E7V5T6	GPR-1810HD	5,01	6,54	
E8V10T6	GPC-1850D	10,01	9,31	7,81
E8V10T6	GPR-1810HD	10,02	6,91	
E9V15T6	GPC-1850D	14,99	10,03	10,00
E9V15T6	GPR-1810HD	14,97	9,97	

---	GPC-1850D	---		7,10
E10V5T2	GPR-1810HD	5,01	7,10	
---	GPC-1850D	---		7,40
E11V10T2	GPR-1810HD	10,00	7,40	
---	GPC-1850D	---		7,50
E12V15T2	GPR-1810HD	14,98	7,50	

E13V5T4	GPC-1850D	5,01	7,29	7,36
E13V5T4	GPR-1810HD	5,00	7,42	
E14V10T4	GPC-1850D	10,01	7,95	8,16
E14V10T4	GPR-1810HD	9,99	8,36	
E15V15T4	GPC-1850D	14,98	8,38	8,63
E15V15T4	GPR-1810HD	14,97	8,88	

E16V5T6	GPC-1850D	5,01	9,14	9,16
E16V5T6	GPR-1810HD	5,02	9,18	
E17V10T6	GPC-1850D	10,00	9,55	9,49
E17V10T6	GPR-1810HD	10,00	9,42	
E18V15T6	GPC-1850D	15,02	10,08	10,05
E18V15T6	GPR-1810HD	15,01	10,02	

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	pH	PROMEDIO
E19V5T2	GPC-1850D	5,00	8,26	8,36
E19V5T2	GPR-1810HD	5,00	8,46	
E20V10T2	GPC-1850D	9,99	9,40	9,37
E20V10T2	GPR-1810HD	9,99	9,33	
E21V15T2	GPC-1850D	15,03	9,73	9,72
E21V15T2	GPR-1810HD	15,02	9,71	
E22V5T4	GPC-1850D	5,01	9,20	9,21
E22V5T4	GPR-1810HD	5,01	9,21	
E23V10T4	GPC-1850D	9,99	9,90	9,84
E23V10T4	GPR-1810HD	10,00	9,78	
E24V15T4	GPC-1850D	14,99	9,97	9,98
E24V15T4	GPR-1810HD	15,00	9,99	
E25V5	GPC-1850D	5,01	8,10	8,13
E25V5	GPR-1810HD	5,02	8,16	
E26V10	GPC-1850D	10,02	8,30	8,42
E26V10	GPR-1810HD	10,02	8,53	
E27V15	GPC-1850D	15,02	9,01	8,99
E27V15	GPR-1810HD	15,04	8,96	
E28V5	GPC-1850D	5,02	8,29	8,17
E28V5	GPR-1810HD	5,02	8,04	
E29V10	GPC-1850D	10,02	8,14	7,97
E29V10	GPR-1810HD	10,02	7,79	
E30V15	GPC-1850D	15,04	8,26	8,73
E30V15	GPR-1810HD	15,06	9,20	
E31V5	GPC-1850D	5,02	9,04	8,34
E31V5	GPR-1810HD	5,02	7,64	
E32V10	GPC-1850D	10,00	9,26	8,75
E32V10	GPR-1810HD	10,03	8,24	
E33V15	GPC-1850D	15,03	7,76	8,14
E33V15	GPR-1810HD	15,05	8,51	
E34V5T2Λ2	GPC-1850D	4,99	6,68	6,68
E34V5T2Λ2	GPR-1810HD	4,99	6,66	
E35V10T2Λ2	GPC-1850D	9,97	6,46	6,50
E35V10T2Λ2	GPR-1810HD	9,98	6,54	
E36V15T2Λ2	GPC-1850D	15,05	6,28	6,51
E36V15T2Λ2	GPR-1810HD	15,04	6,74	

Tabla 6. Resultados pH de los ensayos.

Se evaluó el potencial de hidrogenación (pH) en busca de alteraciones considerables en este valor, ya que si bien no se tenía conocimiento con respecto a los posibles cambios que esta variable podría presentar.

Lográndose identificar con base a los resultados que el valor de pH para las muestras se torna levemente básica a medida que se desarrollan, partiendo del hecho de que el agua empleada tenía valores muy cercanos a la neutralidad.

Para el desarrollo de este análisis se empleó un pH-metro marca Fisher Scientific Basic Accumet® AB-15. El cual se calibro empleando soluciones buffer de pH 4 y 7 respectivamente y empleando como blanco de lectura el agua empleada para la preparación de las muestras.

8.4. TURBIEDAD

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	TURBIEDAD	PROMEDIO
E1V5T2	GPC-1850D	5,00	0,00	0,00
E1V5T2	GPR-1810HD	4,99	0,00	
E2V10T2	GPC-1850D	9,99	0,50	0,55
E2V10T2	GPR-1810HD	9,98	0,60	
E3V15T2	GPC-1850D	14,90	1,20	1,40
E3V15T2	GPR-1810HD	14,91	1,60	
E4V5T4	GPC-1850D	4,98	0,50	1,05
E4V5T4	GPR-1810HD	4,97	1,60	
E5V10T4	GPC-1850D	9,94	12,37	10,31
E5V10T4	GPR-1810HD	9,96	8,24	
E6V15T4	GPC-1850D	14,99	2,38	3,51
E6V15T4	GPR-1810HD	15,00	4,64	
E7V5T6	GPC-1850D	5,01	0,64	0,65
EV75T6	GPR-1810HD	5,01	0,66	
E8V10T6	GPC-1850D	10,01	14,28	10,49
E8V10T6	GPR-1810HD	10,02	6,69	
E9V15T6	GPC-1850D	14,99	22,30	13,99
E9V15T6	GPR-1810HD	14,97	5,68	
---	GPC-1850D	---		0,55
E10V5T2	GPR-1810HD	5,01	0,55	
---	GPC-1850D	---		0,78
E11V10T2	GPR-1810HD	10,00	0,78	
---	GPC-1850D	---		0,95
E12V15T2	GPR-1810HD	14,98	0,95	
E13V5T4	GPC-1850D	5,01	0,95	1,03
E13V5T4	GPR-1810HD	5,00	1,10	
E14V10T4	GPC-1850D	10,01	3,21	2,71
E14V10T4	GPR-1810HD	9,99	2,21	
E15V15T4	GPC-1850D	14,98	4,65	6,46
E15V15T4	GPR-1810HD	14,97	8,27	
E16V5T6	GPC-1850D	5,01	4,33	2,94
E16V5T6	GPR-1810HD	5,02	1,55	
E17V10T6	GPC-1850D	10,00	7,32	5,67
E17V10T6	GPR-1810HD	10,00	4,02	
E18V15T6	GPC-1850D	15,02	28,20	40,45
E18V15T6	GPR-1810HD	15,01	52,70	
E19V5T2	GPC-1850D	5,00	2,33	3,12
E19V5T2	GPR-1810HD	5,00	0,79	
E20V10T2	GPC-1850D	9,99	4,53	6,62
E20V10T2	GPR-1810HD	9,99	8,70	

MUESTRA	EQUIPO	VOLTAJE CORREGIDO	TURBIEDAD	PROMEDIO
E21V15T2	GPC-1850D	15,03	6,42	8,03
E21V15T2	GPR-1810HD	15,02	9,64	
E22V5T4	GPC-1850D	5,01	3,48	4,90
E22V5T4	GPR-1810HD	5,01	6,32	
E23V10T4	GPC-1850D	9,99	16,57	9,49
E23V10T4	GPR-1810HD	10,00	2,40	
E24V15T4	GPC-1850D	14,99	9,04	12,57
E24V15T4	GPR-1810HD	15,00	16,09	
E25V5	GPC-1850D	5,01	1,81	1,94
E25V5	GPR-1810HD	5,02	2,06	
E26V10	GPC-1850D	10,02	9,45	14,27
E26V10	GPR-1810HD	10,02	19,08	
E27V15	GPC-1850D	15,02	17,09	23,09
E27V15	GPR-1810HD	15,04	29,09	
E28V5	GPC-1850D	5,02	8,31	15,18
E28V5	GPR-1810HD	5,02	22,05	
E29V10	GPC-1850D	10,02	3,14	4,07
E29V10	GPR-1810HD	10,02	4,99	
E30V15	GPC-1850D	15,04	8,91	13,97
E30V15	GPR-1810HD	15,06	19,02	
E31V5	GPC-1850D	5,02	27,80	19,92
E31V5	GPR-1810HD	5,02	12,04	
E32V10	GPC-1850D	10,00	32,70	23,35
E32V10	GPR-1810HD	10,03	14,00	
E33V15	GPC-1850D	15,03	4,65	6,50
E33V15	GPR-1810HD	15,05	8,35	
E34V5T2/2	GPC-1850D	4,99	0,60	0,60
E34V5T2/2	GPR-1810HD	4,99	0,60	
E35V10T2/2	GPC-1850D	9,97	0,60	0,50
E35V10T2/2	GPR-1810HD	9,98	0,40	
E36V15T2/2	GPC-1850D	15,05	0,72	0,70
E36V15T2/2	GPR-1810HD	15,04	0,68	

Tabla 7. Resultados turbiedad de los ensayos.

El parámetro de turbiedad se evaluó en paralelo al de color, en busca de determinar si existía una relación entre ambos; además de la respectiva correspondencia que debería de existir con las distintas muestras realizadas, las cuales estarían afectadas con base a sus parámetros de elaboración.

La turbiedad fue el parámetro más variable y de poca correlación con respecto a las muestras; porque se esperaba que mediante se aumentaba la liberación de plata como coloide la turbiedad en las muestras aumentara también,

comportamiento que no se cumplió, lo cual implica que no sería un parámetro de análisis viable ya que si bien es independiente de la concentración, la turbiedad poseerá valores muy relativos lo cual hace que no sea correspondiente la turbiedad con las concentraciones de las muestras.

Para la determinación de la turbiedad se empleó un turbidímetro Orbeco Hellige modelo 965-10A de resolución 0,01NTU y un rango de lectura de 0 – 40NTU; empleando como blanco el agua utilizada para la elaboración de las muestras.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los resultados para evaluar su veracidad, se fundamentó en el desarrollo de una carta de control la cual tuviera como límites inferior y superior, la media de los datos menos una desviación estándar y la media de los datos más una desviación estándar respectivamente.

Todos los datos que están tabulados para los distintos análisis realizados y que presentan un sombreado color verde, corresponden a aquellos que cumplen con su respectiva carta de control, la cual tiene como fin evaluar la cercanía de los datos, además de representar gráficamente su comportamiento.

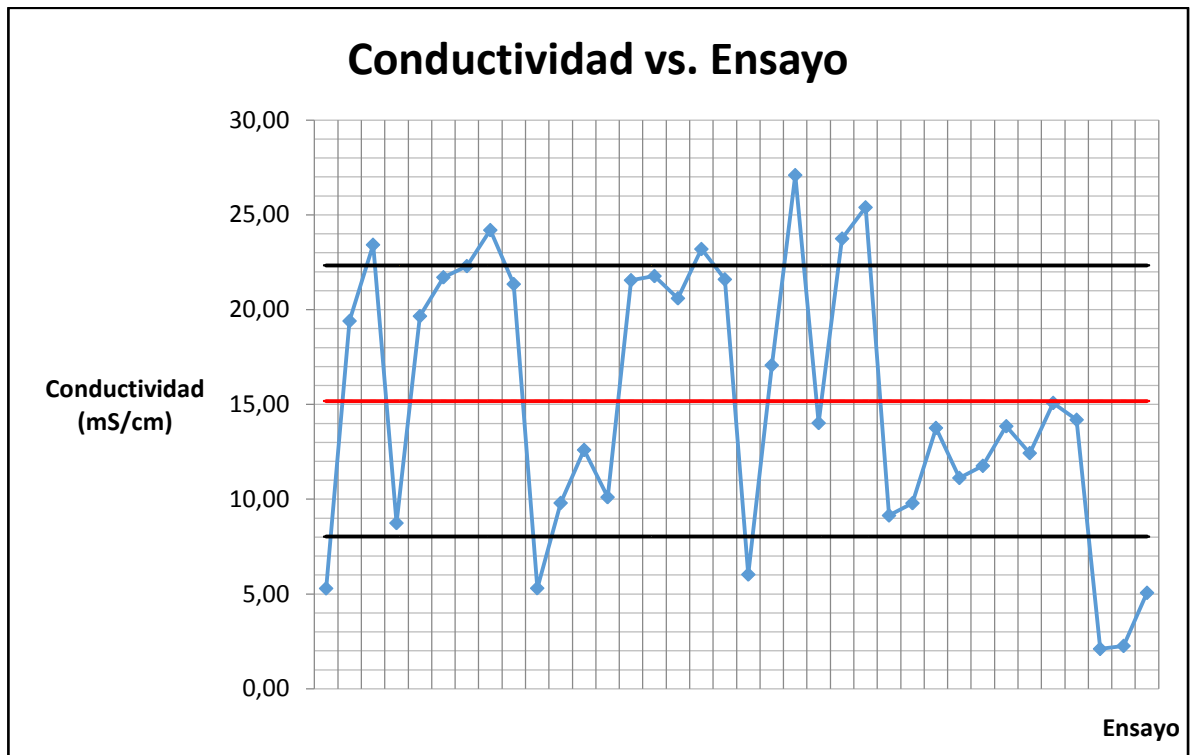
8.5.1. Conductividad

MUESTRA	CONDUCTIVIDAD
E1V5T2	5,29
E2V10T2	19,41
E3V15T2	23,43
E4V5T4	8,74
E5V10T4	19,66
E6V15T4	21,71
E7V5T6	22,30
E8V10T6	24,20
E9V15T6	21,35
E10V5T2	5,30
E11V10T2	9,80
E12V15T2	12,60
E13V5T4	10,11
E14V10T4	21,56
E15V15T4	21,78
E16V5T6	20,60
E17V10T6	23,20

MUESTRA	CONDUCTIVIDAD
E18V15T6	21,60
E19V5T2	6,03
E20V10T2	17,07
E21V15T2	27,10
E22V5T4	14,02
E23V10T4	23,75
E24V15T4	25,40
E25V5	9,14
E26V10	9,79
E27V15	13,76
E28V5	11,12
E29V10	11,76
E30V15	13,85
E31V5	12,43
E32V10	15,08
E33V15	14,19
E34V5T2Λ2	2,10
E35V10T2Λ2	2,26
E36V15T2Λ2	5,06

Sumatoria (Σ)	546,51
Promedio (\bar{X})	15,18
Desviación estándar (σ)	7,15
($\bar{X} + \sigma$)	22,33
($\bar{X} - \sigma$)	8,02

Tabla 8. Tabulación de los resultados de conductividad para la carta de control.



Gráfica 13. Carta de control para la conductividad en función de los ensayos.

Se busca relacionar el comportamiento de los datos, examinando su cercanía, por tanto aquellos datos que cumplan con la carta de control, son valores los cuales están más próximos a cumplir con la curva de calibración propuesta, esto probablemente se cumple para la conductividad ya que si bien, este parámetro se empleó como referencia para los análisis dado que el tiempo no era un parámetro de control seguro.

8.5.2. Color

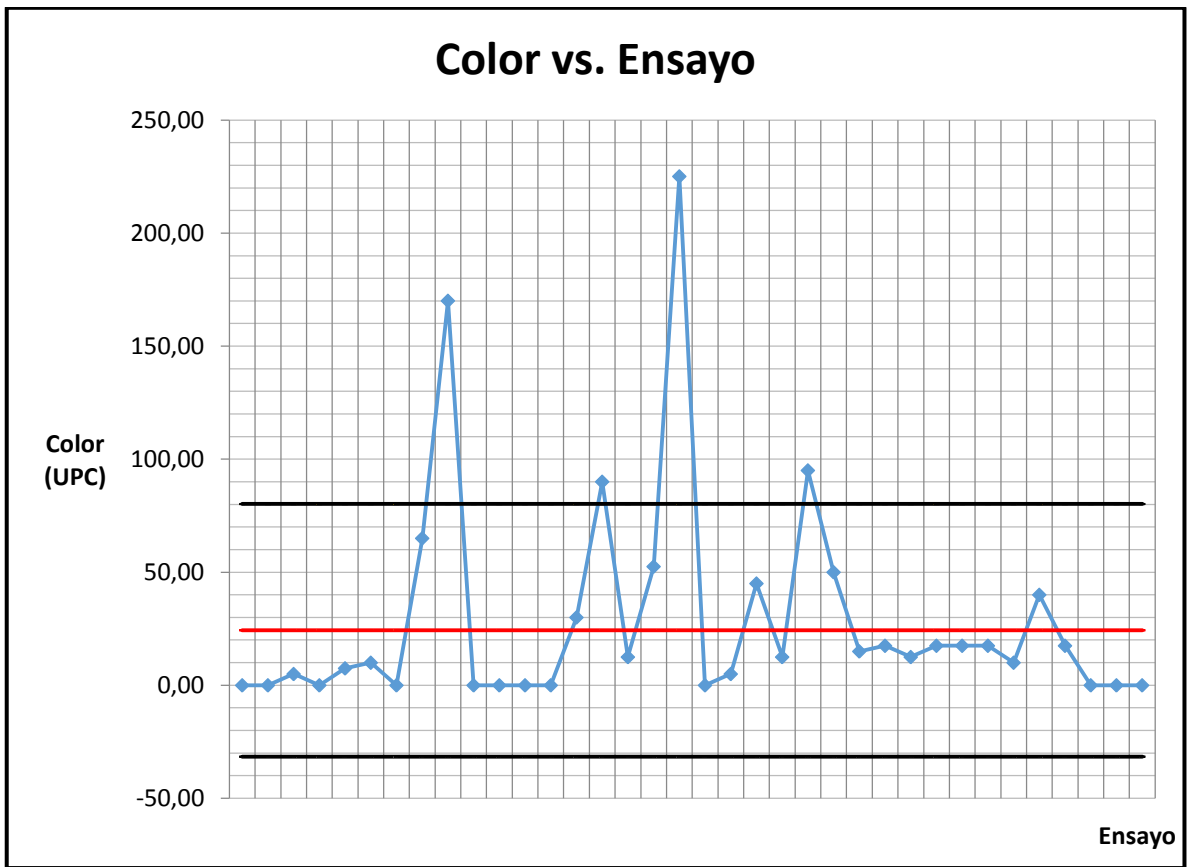
MUESTRA	COLOR
E1V5T2	0,00
E2V10T2	0,00
E3V15T2	5,00
E4V5T4	0,00
E5V10T4	7,50
E6V15T4	10,00
E7V5T6	0,00
E8V10T6	65,00
E9V15T6	170,00
E10V5T2	0,00
E11V10T2	0,00
E12V15T2	0,00
E13V5T4	0,00
E14V10T4	30,00
E15V15T4	90,00
E16V5T6	12,50
E17V10T6	52,50
E18V15T6	225,00
E19V5T2	0,00
E20V10T2	5,00
E21V15T2	45,00
E22V5T4	12,50
E23V10T4	95,00
E24V15T4	50,00

MUESTRA	COLOR
E25V5	15,00
E26V10	17,50
E27V15	12,50
E28V5	17,50
E29V10	17,50
E30V15	17,50
E31V5	10,00
E32V10	40,00
E33V15	17,50
E34V5T2Λ2	0,00
E35V10T2Λ2	0,00
E36V15T2Λ2	0,00

Sumatoria (Σ)	875,00
Promedio (\bar{X})	24,31
Desviación estándar (σ)	55,89
($\bar{X} + \sigma$)	80,19
($\bar{X} - \sigma$)	-31,58

Tabla 9. Tabulación de los resultados de color para la carta de control.

El color fue un parámetro de interés, ya que si bien se estaban empleando soluciones acuosas y se pretendía encontrar si al desarrollar los respectivos análisis estos presentarían alteraciones en la coloración normal del agua, factor que harían poco agradables visualmente las muestras para su respectivo uso a futuro.



Gráfica 14. Carta de control para el color en función de los ensayos.

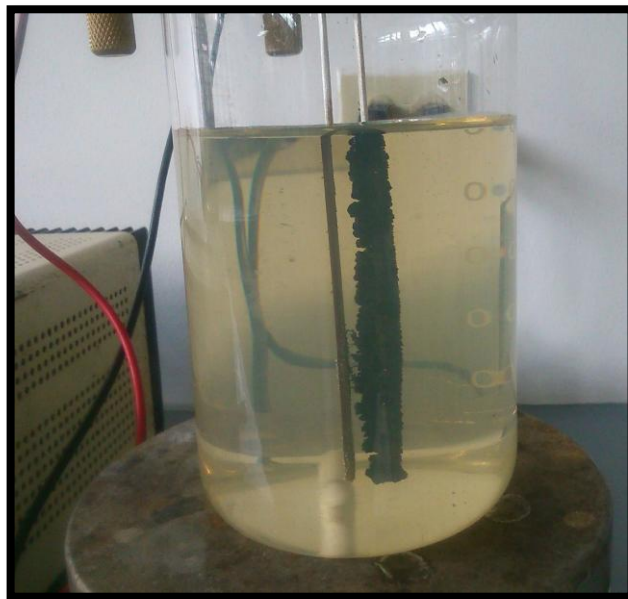


Imagen 2. Ejemplo de alteración en la coloración de las muestras durante el ensayo.

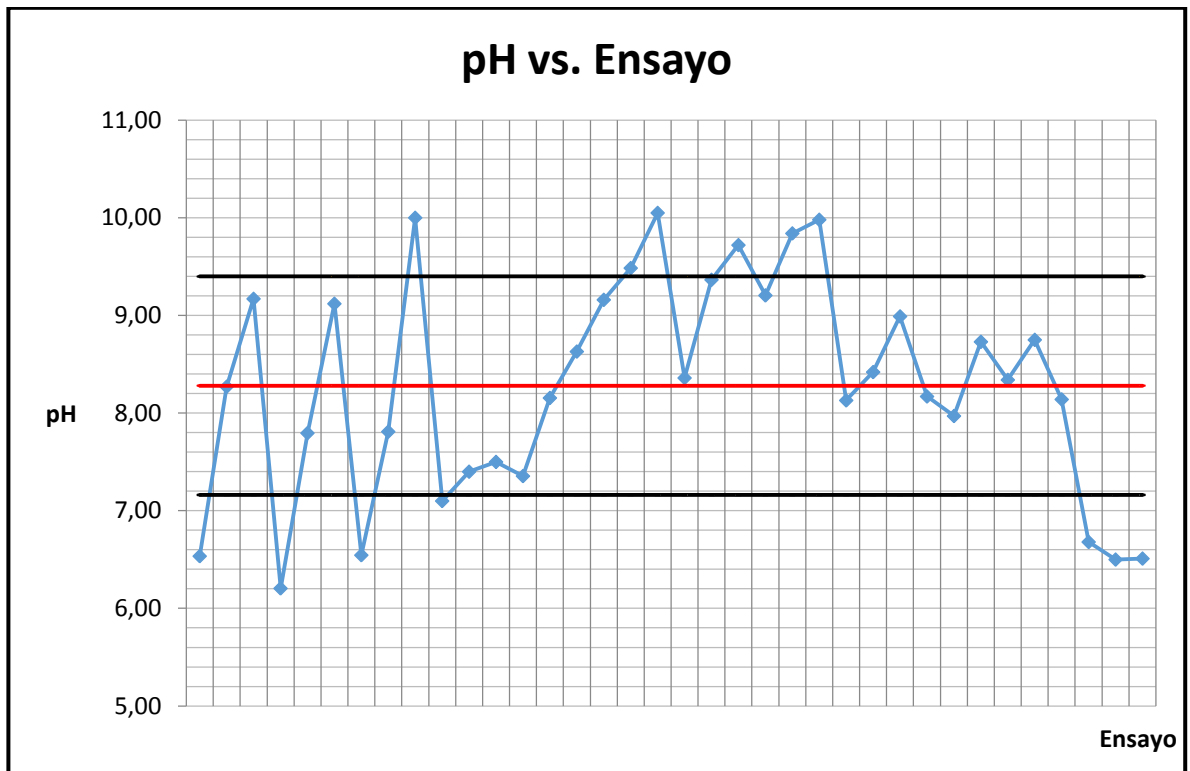
8.5.3. pH

MUESTRA	pH
E1V5T2	6,54
E2V10T2	8,27
E3V15T2	9,17
E4V5T4	6,21
E5V10T4	7,80
E6V15T4	9,12
E7V5T6	6,55
E8V10T6	7,81
E9V15T6	10,00
E10V5T2	7,10
E11V10T2	7,40
E12V15T2	7,50
E13V5T4	7,36
E14V10T4	8,16
E15V15T4	8,63
E16V5T6	9,16
E17V10T6	9,49
E18V15T6	10,05
E19V5T2	8,36
E20V10T2	9,37
E21V15T2	9,72
E22V5T4	9,21
E23V10T4	9,84
E24V15T4	9,98

MUESTRA	pH
E25V5	8,13
E26V10	8,42
E27V15	8,99
E28V5	8,17
E29V10	7,97
E30V15	8,73
E31V5	8,34
E32V10	8,75
E33V15	8,14
E34V5T2Λ2	6,68
E35V10T2Λ2	6,50
E36V15T2Λ2	6,51

Sumatoria (Σ)	298,08
Promedio (\bar{X})	8,28
Desviación estándar (σ)	1,12
($\bar{X} + \sigma$)	9,39
($\bar{X} - \sigma$)	7,16

Tabla 10. Tabulación de los resultados de pH para la carta de control.



Gráfica 15. Carta de control para el pH en función de los ensayos.

El en caso del pH la carta de control no solo tiene como fin evaluar el comportamiento de los datos, al igual que su cercanía; sino también, su proximidad a la neutralidad, ya que las muestras que pudieran presentar valores bajos o elevados del pH, implicarían que son muestras que muy probablemente no se le pudieran dar usos con fines en los cuales este valor sea muy estricto.

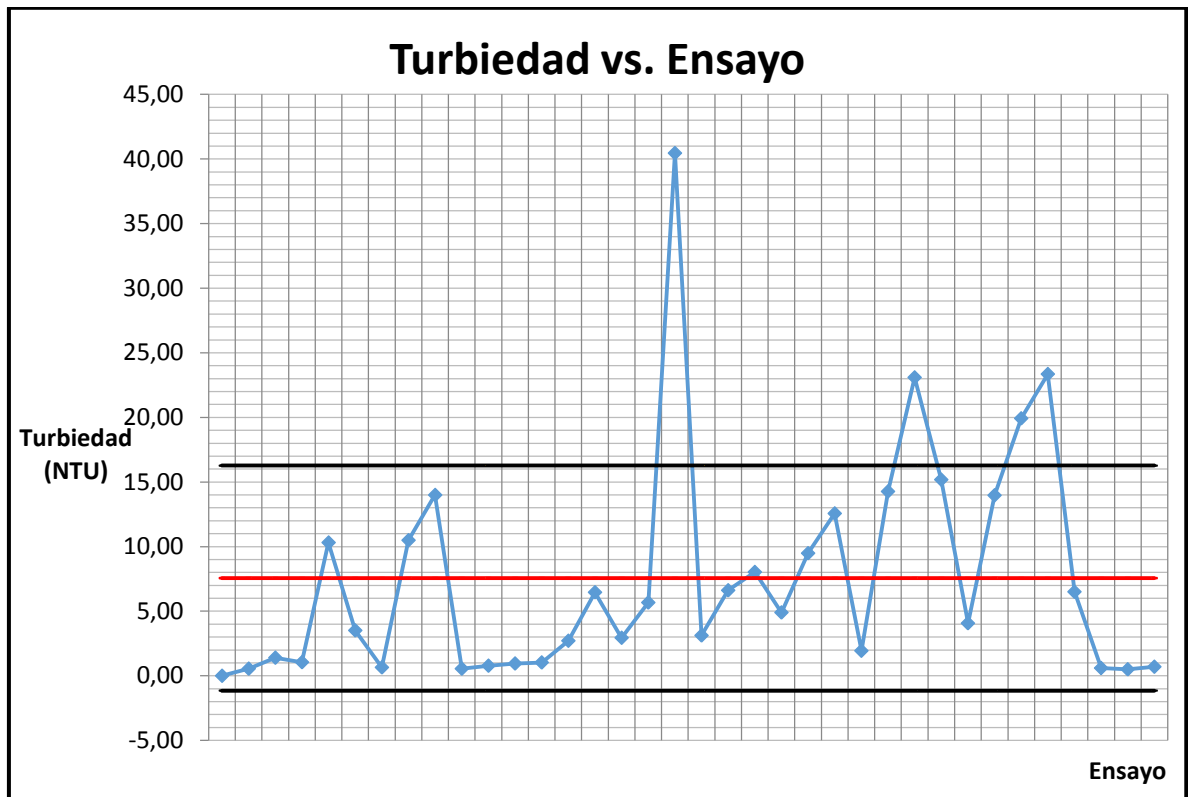
8.5.4. Turbiedad

MUESTRA	TURBIEDAD
E1V5T2	0,00
E2V10T2	0,55
E3V15T2	1,40
E4V5T4	1,05
E5V10T4	10,31
E6V15T4	3,51
E7V5T6	0,65
E8V10T6	10,49
E9V15T6	13,99
E10V5T2	0,55
E11V10T2	0,78
E12V15T2	0,95
E13V5T4	1,03
E14V10T4	2,71
E15V15T4	6,46
E16V5T6	2,94
E17V10T6	5,67
E18V15T6	40,45
E19V5T2	3,12
E20V10T2	6,62
E21V15T2	8,03
E22V5T4	4,90
E23V10T4	9,49
E24V15T4	12,57

MUESTRA	TURBIEDAD
E25V5	1,94
E26V10	14,27
E27V15	23,09
E28V5	15,18
E29V10	4,07
E30V15	13,97
E31V5	19,92
E32V10	23,35
E33V15	6,50
E34V5T2Λ2	0,60
E35V10T2Λ2	0,50
E36V15T2Λ2	0,70

Sumatoria (Σ)	272,27
Promedio (\bar{X})	7,56
Desviación estándar (σ)	8,71
($\bar{X} + \sigma$)	16,27
($\bar{X} - \sigma$)	-1,14

Tabla 11. Tabulación de los resultados de turbiedad para la carta de control.



Gráfica 16. Carta de control para la turbiedad en función de los ensayos.

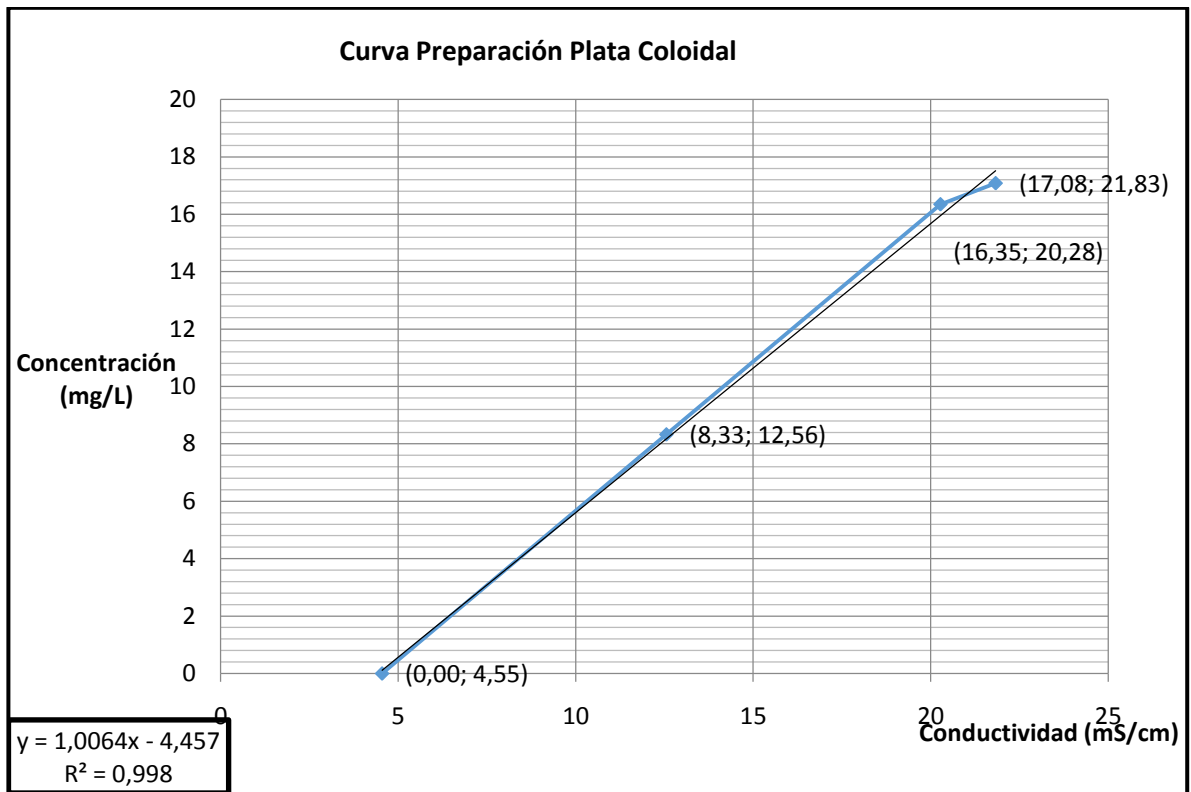
Al igual que el color, la turbiedad de las muestras desarrolladas era un parámetro importante que debía ser analizado, en busca de posibles modificaciones en el aspecto físico de las muestras. Dado que la preparación de las nanopartículas implica la formación de estas a tamaños muy pequeños y que por tanto el color no sea tan visiblemente afectado, era necesario por lo tanto evaluar la turbiedad de las muestras buscando evaluar si de acuerdo a los distintos ensayos desarrollados, estos presentarían alteraciones en este valor que pudieran ser un factor de rechazo para las muestras.

8.5.5. Concentración

Como fue planteado respectivamente en los objetivos de este trabajo de grado, se buscaba encontrar que factores podrían afectar la preparación de plata coloidal mediante el uso de la técnica de electrogravimetría, empleando la técnica de espectroscopía de absorción atómica para lograr cuantificar las concentraciones de cada uno de los ensayos realizados.

Inicialmente se procedió a realizar los respectivos ensayos teniendo como parámetro de control el tiempo de electrodeposición y voltaje suministrado, al igual que evaluando paralelamente los demás parámetros de análisis preestablecidos (conductividad, color, pH y turbiedad); esta primera fase tenía como objetivo determinar el comportamiento de la concentración de las soluciones preparadas en función de los parámetros de control. Lo cual llevo a diferenciar que el tiempo no era un factor clave en el proceso de electrodeposición de las partículas, sino que la conductividad sería un factor más correlacionante en la producción de las muestras; ya que si bien, la concentración de las muestras poseían un comportamiento característicamente muy similar al de la conductividad.

Lográndose así proceder a evaluar la producción de las nanopartículas en función de la conductividad y de esta manera lográndose identificar la posible curva de calibración que permitiera una preparación más acertada de la plata coloidal. Para lo cual se procedió a realizar una verificación de esta curva de calibración, en busca de evaluar si era acertada o no.



Gráfica 17. Curva de preparación de plata coloidal.

Mediante el montaje de ocho nuevos ensayos los cuales se desarrollarían por duplicado, empleando las distintas fuentes de poder, buscando así conservar las condiciones de trabajo con las cuales se desarrolló la curva de calibración y como parámetro de control la conductividad para evaluar la producción de la plata coloidal, se obtuvieron los siguientes resultados:

Ensayo	Voltaje Corregido (voltios)	Conductividad (mS/cm)	Concentración Teórica (mg/L)	Concentración Experimental (mg/L)	Error (%)
E25V5	5,01	9,14	4,74	2,58	45,60
E26V10	10,02	9,79	5,40	5,24	2,70
E27V15	15,03	13,76	9,39	10,29	9,60
E28V5	5,02	11,12	6,73	10,34	53,60
E29V10	10,02	11,76	7,37	8,08	9,50
E31V5	5,02	12,43	8,05	8,39	4,30
E32V10	10,02	15,08	10,72	11,37	6,10
E33V15	15,04	14,19	9,82	10,12	3,10

Tabla 12. Resultados verificación curva de preparación de plata coloidal.

Las concentraciones teóricas se obtienen al evaluar en la ecuación de la curva de preparación de plata coloidal, el valor de la conductividad medido en cada muestra; por lo tanto, el valor experimental es el obtenido mediante la lectura de las muestras en el equipo de espectroscopia de absorción atómica.

Con base al porcentaje de error se puede corroborar que la curva de preparación es acertada ya que si bien este parámetro se estableció que para que las muestras fueran aceptables no tuvieran un error mayor al 10% en contraste con las concentraciones teóricas.

Por consiguiente se presenta la ecuación de la curva de preparación de plata coloidal, empleando la técnica de electrogravimetría:

$$y = 1,0064x - 4,457$$

Dónde:

y: Concentración de plata como coloide en mg/L.

x: Conductividad de la solución en mS/cm.

CONCLUSIONES

1. Quedo demostrado que el tiempo de electrodeposición no es un parámetro de control para la realización de este tipo de ensayos, ya que si bien no permite hacer una evaluación aproximada de la cantidad de plata como coloide que se puede generar en las electrodeposiciones porque el tiempo no es una unidad de medida para cuantificar la concentración.
2. La conductividad, es un parámetro que permite realizar un seguimiento de la concentración de plata como coloide que se obtiene, por lo tanto es el parámetro de control adecuado para realizar los respectivos ensayos, proporcionando una medida aproximada de las concentraciones, antes de realizar el respectivo análisis en espectroscopia de absorción atómica como instrumento de cuantificación, teniendo un error que se encuentra en el 10%.
3. El color de las muestras fue un valor que debido a sus dos criterios (visual humano e instrumental), logro evaluar durante el desarrollo de las ensayos este parámetro, que si bien permitió diferenciar que con el aumento del voltaje suministrado al proceso de electrodeposición las muestras se tornaran de una coloración café; que no solo también se ve afectada por el voltaje, sino también por el tiempo en el que transcurra el proceso de electrodeposición. La formación de colores en las muestras se relacionan con el tamaño de la partícula formada, desde el incoloro proveniente del agua empleada para su preparación pasando por una coloración rojo-café debido a tamaños de partículas de 25-50nm hasta tonos violeta-gris debido a partículas con tamaño mayores a 50nm.
4. El potencial de hidrogenación (pH), fue un parámetro que si bien no repercutió en las muestras, debido a su cambio leve; sin embargo era importante determinar si este podría o no afectar los ensayos. Se logró determinar que al aumentar la concentración de plata mediante las electrodeposiciones se aumenta el pH de las muestras, debido a la posible formación de óxidos de plata con el oxígeno disuelto en el agua que fue empleada como medio de preparación de las muestras.
5. Debido a la posible correlación entre el color y la turbiedad, este último parámetro también fue incluido en los procesos de análisis en busca de observar posibles cambios que fuesen relevantes en el desarrollo y análisis de los ensayos; determinando que al aumentar el tiempo de electrodeposición en busca de concentraciones un poco más elevadas, la formación de la coloración café en las muestras era inevitable como ya se concluyó anteriormente, fenómeno el cual fue proporcional a la turbiedad de las muestras, llegando así a corroborar que la turbiedad en las muestras si

varía en función del ensayo realizado y que si bien podría ser un parámetro de control.

6. Durante el desarrollo de los ensayos, se modificó la distancia de los electrodos en busca de más factores que logran afectar la preparación de plata como coloide; para lo cual en los ensayos se aumentó la distancia entre los electrodos pasando de ser 1cm a 2cm. Esto provocó un descenso significativo en la concentración de plata como coloide obtenida, por lo cual se concluye que entre más cerca estén los electrodos mayor será la facilidad con que se libere la plata como coloide, reduciendo el tiempo de electrodeposición y consumo energético.

RECOMENDACIONES

1. Como el trabajo desarrollado implicaba el consumo de agua esta debe ser de la mayor pureza, debido a que la presencia de metales o iones en el agua puede afectar la calidad de la plata electrodepositada por la posible formación de complejos con estos elementos contaminantes. Además de acuerdo al número de ensayos y el volumen de agua utilizado, se recomienda ser prudente en el consumo de este recurso hídrico tan importante.
2. Lavar constantemente los materiales empleados con una solución de ácido nítrico (HNO_3) al 30%; no se debe emplear ácido clorhídrico (HCl), debido a la formación de una coloración blanca posiblemente perteneciente al cloruro de plata (AgCl), fenómeno que no solo se ve reflejado en la formación color blanca sino también en el descenso del pH de las muestras.
3. Es recomendable la limpieza antes y después de cada ensayo de los electrodos, empleando una lija que permita la remoción del material adherido a los electrodos sin que se afecte su tamaño y forma.
4. Es considerable la agitación permanente de las muestras durante el tiempo de la electrodeposición e igualmente a la hora de su utilización; buscando realizar una debida homogenización de estas, el vórtice de agitación no debe ser demasiado grande, se recomienda emplear una agitación moderada, debido a que en los electrodos se deposita un material grisáceo que se libera fácilmente y es un factor de posible contaminación de las muestras.
5. Se debe corroborar permanentemente el voltaje suministrado al sistema de electrodeposición, ya que los ensayos deben ser constantes, esto es un factor de error en la obtención de las nanopartículas de plata. No solo se recomienda evaluar el voltaje, sino también la conductividad de las muestras con el fin de establecer adecuadamente el punto de finalización del ensayo.
6. Dados los ensayos realizados con los diferentes voltajes preestablecidos se recomienda como 10 voltios, el voltaje más adecuado para la realización de los ensayos; debido a que con 5 voltios, los procedimientos se tardan demasiado y al emplear 15 voltios se vuelve más factible la posibilidad de la alteración en la coloración de las muestras.

ANEXOS

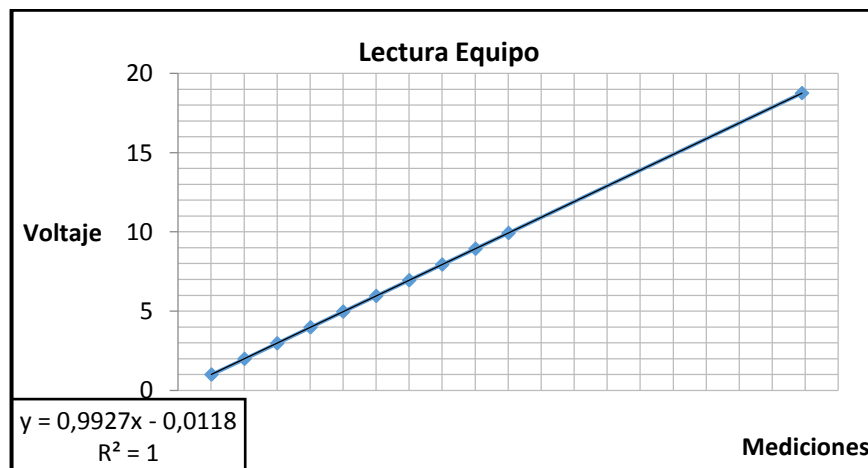
11.1. VERIFICACIÓN EN LA MEDIDA DE LOS VOLTAJES

Dado que las fuentes de poder no entregaban el valor que mostraban en las pantallas, se procedió a utilizar un multímetro que corroborara el valor de la fuente de poder, para de esta manera corregir el valor del voltaje suministrado en los ensayos.

A continuación se presentan los valores correspondientes a esta verificación del equipo de trabajo:

Fuente de Poder GPC-1850D		
Lectura Equipo (Voltios)	Lectura Multímetro (Voltios)	Error (%)
1,01	0,99	1,98
2,01	1,98	1,49
3,00	2,96	1,33
4,01	3,97	1,00
5,00	4,96	0,80
6,00	5,95	0,83
7,00	6,94	0,86
8,00	7,93	0,88
9,01	8,93	0,89
10,01	9,92	0,90
18,90	18,75	0,80

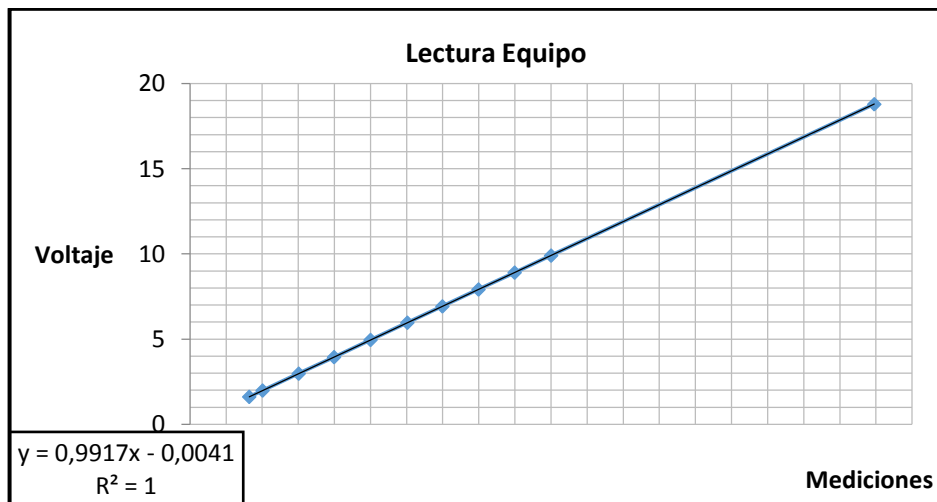
Tabla 13. Datos para la verificación de la fuente de poder GPC-1850D.



Gráfica 18. Curva de verificación de la fuente de poder GPC-1850D.

Fuente de Poder GPR-1810HD		
Lectura Equipo (Voltios)	Lectura Multímetro (Voltios)	Error (%)
1,64	1,62	1,22
2,01	1,99	1,00
3,01	2,98	1,00
3,99	3,95	1,00
5,00	4,96	0,80
6,02	5,97	0,83
6,99	6,93	0,86
7,99	7,92	0,87
8,99	8,91	0,89
10,00	9,91	0,90
18,95	18,79	0,84

Tabla 14. Datos para la verificación de la fuente de poder GPR-1810HD.



Gráfica 19. Curva de verificación de la fuente de poder GPR-1810HD.

11.2. ANÁLISIS DE CAPACIDAD BACTERICIDA DE LAS PARTÍCULAS DE PLATA USANDO EL MÉTODO KIRBY-BAUER (MÉTODO DE DIFUSIÓN EN AGAR) [22]

11.2.1. INSTRUCTIVO DE TRABAJO

11.2.1.1. Alcance y campo de aplicación

- Variados métodos de laboratorio pueden ser usados para determinar *in vitro* la susceptibilidad de bacterias ante agentes microbianos. En muchos laboratorios de microbiología clínica, el test de difusión en agar es usado en forma rutinaria para este tipo de análisis.
- Los ensayos de susceptibilidad están indicados para apoyar la quimioterapia antimicrobiana de tratamiento en procesos infecciosos por bacterias en las que la identidad del microorganismo no es suficiente para predecir en forma confiable su susceptibilidad.
- En la determinación de potencia de un antibiótico generalmente se emplean dos métodos el de difusión en agar y el método turbidimétrico o ensayo en tubo.

11.2.1.2. Resultados Esperados

- Determinar la capacidad antimicrobiana de las soluciones de plata coloidal evaluando el efecto inhibitorio de estas sobre *Pseudomonas aeruginosa* (o *Pseudomonas pyocyanea*).
- Describir metodologías que permiten evaluar el efecto antibacteriano de *Pseudomonas aeruginosa* (o *Pseudomonas pyocyanea*).

11.2.1.3. Generalidades

- Se basa en la difusión de una solución de plata coloidal desde el reservorio a través de una capa de agar que ha sido inoculada con *Pseudomonas aeruginosa* (o *Pseudomonas pyocyanea*).
- Se colocan cantidades medidas de las sustancias a ensayar en cajas con medio de cultivo sólido inoculado con *Pseudomonas aeruginosa* (o *Pseudomonas pyocyanea*).
- Las cajas se incuban para permitir el desarrollo del microorganismo.

11.2.1.4. Materiales y Equipos

- Agar Cetrimide.
- Cajas Petri.
- Incubadora.
- Cuenta colonias.
- Pipeta Pasteur.
- Autoclave.

11.2.1.5. Cálculos

- La respuesta obtenida es una zona clara (halo) de inhibición del crecimiento en torno a los reservorios.

11.2.1.6. Reporte de resultados

- La base cuantitativa del ensayo es la relación entre el diámetro de la zona de inhibición y el diámetro del antibiótico, como: Sensible (S), Intermedio o Moderadamente sensible (I) y Resistente (R).

11.2.2. PROCEDIMIENTO

11.2.2.1. Procedimiento en pozo:

En las cajas de Petri se adicionan 100µl de la cepa de *P. aeruginosa* y 20 ml de agar Cetrimide a una temperatura tolerable para la cepa. Se agitaron muy bien y en diferentes direcciones. Se dejó enfriar el agar hasta lograr solidificado y se procedió a realizar las perforaciones con una sacabocado de 5 mm, rompiendo el fondo del agar. Posteriormente se adicionó en cada uno de los pozos 10µl de las soluciones de plata coloidal a evaluar. Se incubaron a 37°C durante 24 horas. A continuación se hace la lectura del halo de inhibición para cada muestra.

11.2.2.2. Procedimiento con papel filtro:

En las cajas de Petri se adicionan 100µl de la cepa de *P. aeruginosa* y 20 ml de agar Cetrimide a una temperatura tolerable para la cepa. Se agitaron muy bien y en diferentes direcciones. Se dejó enfriar el agar hasta lograr solidificado y se procedió a ubicar los trozos de papel filtro estéril y humedecido de las respectivas soluciones de plata coloidal a evaluar. Se incubaron a 37°C durante 24 horas. A continuación se hace la lectura del halo de inhibición para cada muestra.

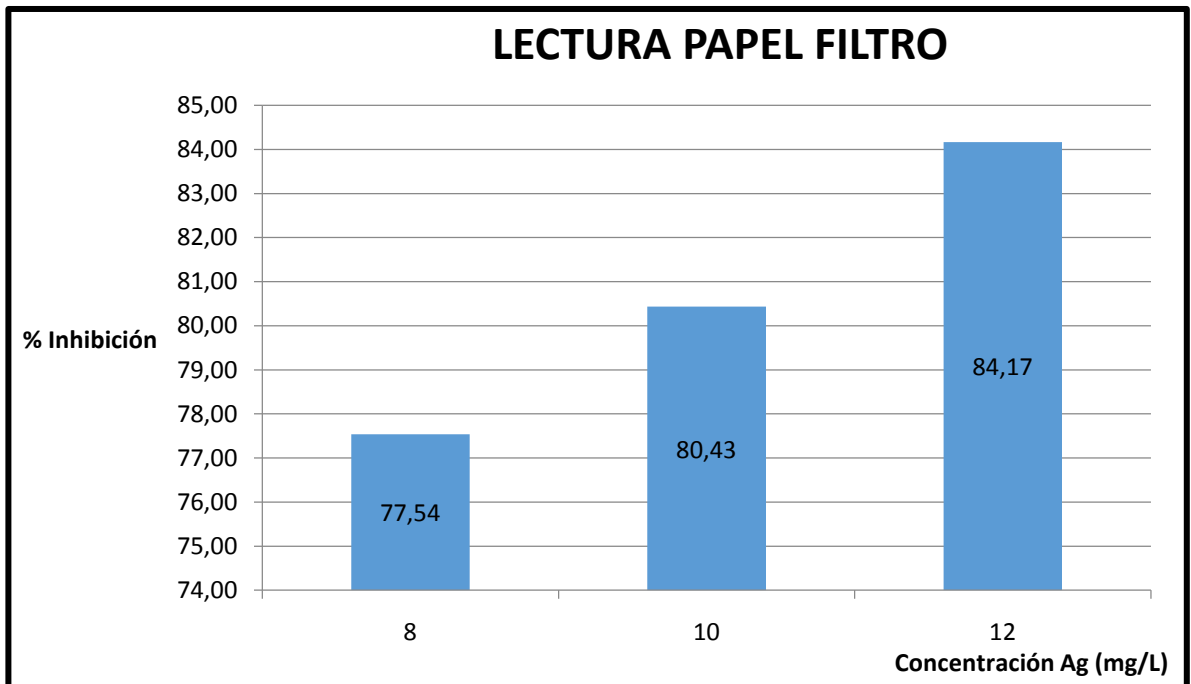
Nota:

Para los respectivos montajes en la incubación se empleó la nomenclatura 1, 2 y 3 para identificar respectivamente las concentraciones de: 8mg/L, 10mg/L y 12mg/L de plata como coloide empleadas. Además los ensayos se realizaron por triplicado con el fin de buscar mayor veracidad de los resultados obtenidos.

11.2.3. RESULTADOS

Lectura Papel Filtro							
Ensayo	Diámetro mm	Concentración Ag (mg/L)	Área Papel mm ²	Área Total mm ²	Área Inhibida mm ²	% Inhibido	Promedio
E38-1	12,00	8,00	19,64	78,54	58,90	74,99	77,54
E38-2	11,00	8,00	19,64	78,54	58,90	74,99	
E38-3	11,00	8,00	19,64	113,10	93,46	82,63	
E39-1	10,00	10,00	19,64	113,10	93,46	82,63	80,43
E39-2	10,00	10,00	19,64	95,03	75,39	79,33	
E39-3	12,00	10,00	19,64	95,03	75,39	79,33	
E40-1	14,00	12,00	19,64	153,94	134,30	87,24	84,17
E40-2	12,00	12,00	19,64	113,10	93,46	82,63	
E40-3	12,00	12,00	19,64	113,10	93,46	82,63	

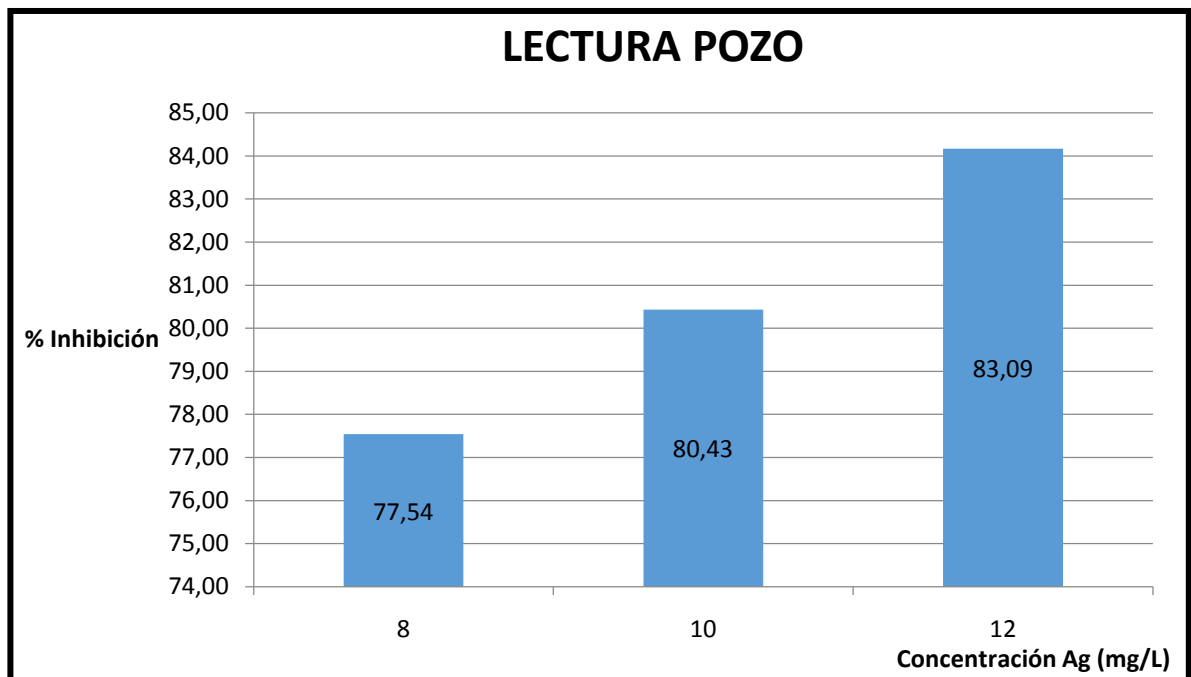
Tabla 15. Radio de inhibición de *P. aeruginosa* con lectura en papel filtro.



Gráfica 20. Porcentajes de inhibición de *P. aeruginosa* con lectura en papel filtro.

Lectura Pozo							
Ensayo	Diámetro mm	Concentración Ag (mg/L)	Área Pozo mm ²	Área Total mm ²	Área Inhibida mm ²	% Inhibido	Promedio
E38-1	11,00	8,00	19,64	78,54	58,90	74,99	77,54
E38-2	11,00	8,00	19,64	78,54	58,90	74,99	
E38-3	12,00	8,00	19,64	113,10	93,46	82,64	
E39-1	11,00	10,00	19,64	95,03	75,39	79,33	80,43
E39-2	10,00	10,00	19,64	95,03	75,39	79,33	
E39-3	12,00	10,00	19,64	113,10	93,46	82,64	
E40-1	10,00	12,00	19,64	95,03	75,39	79,33	83,09
E40-2	10,00	12,00	19,64	113,10	93,46	82,63	
E40-3	11,00	12,00	19,64	153,94	134,40	87,31	

Tabla 16. Radio inhibición *P. aeruginosa* con lectura en pozo.



Gráfica 21. Porcentajes de inhibición de *P. aeruginosa* con lectura en pozo.

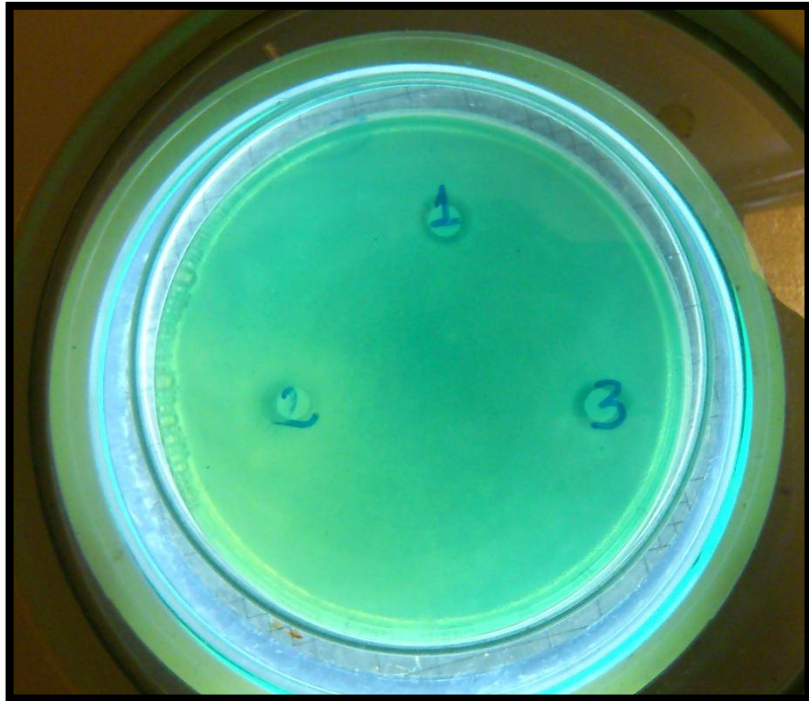


Imagen 3. Análisis en papel, prueba 1.

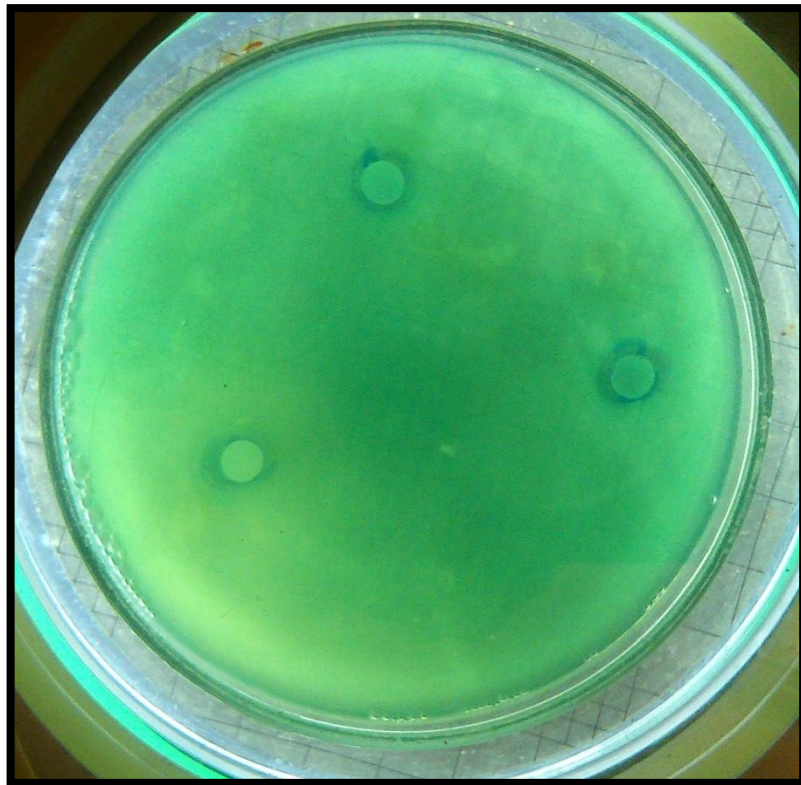


Imagen 4. Análisis en papel, prueba 2.

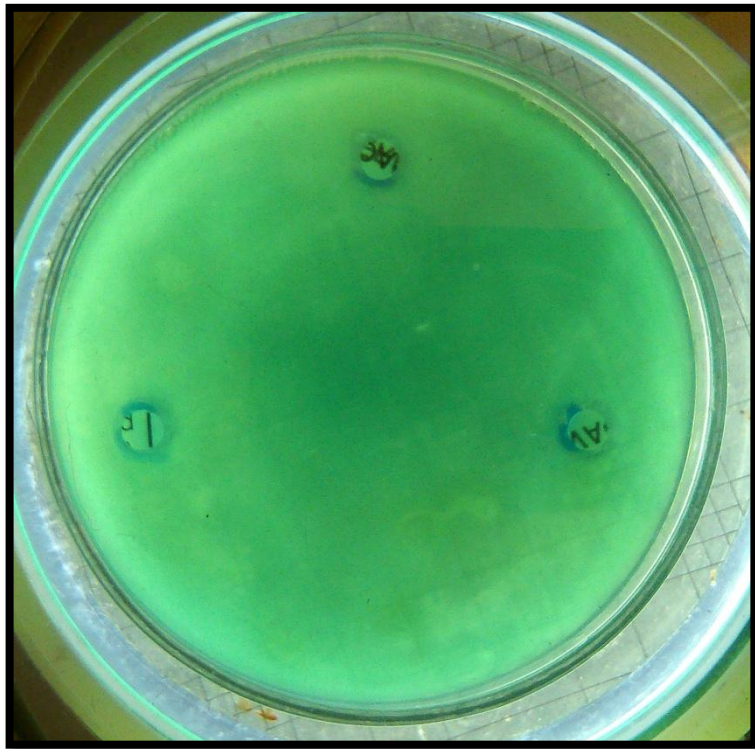


Imagen 5. Análisis en papel, prueba 3.

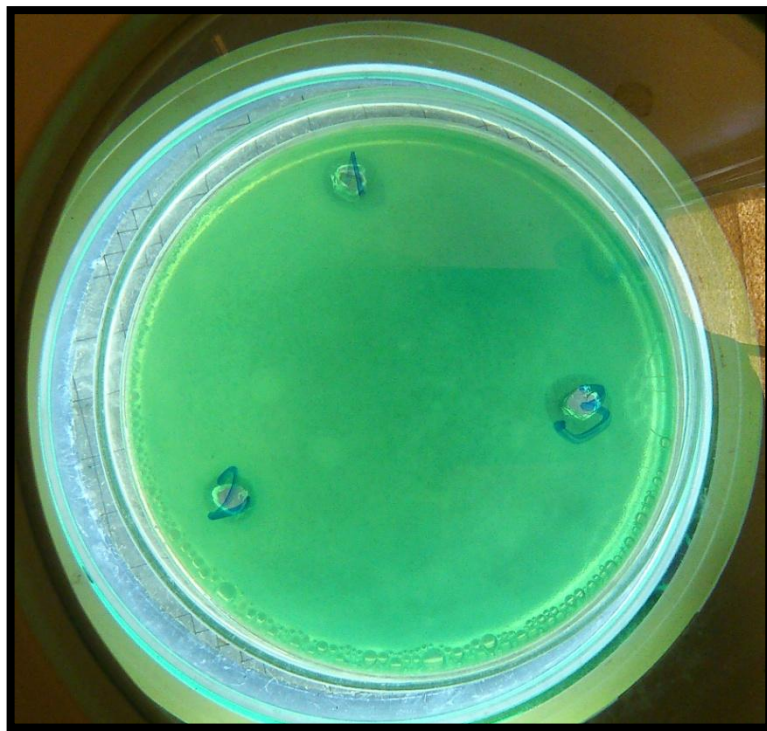


Imagen 6. Análisis en pozo, prueba 1.

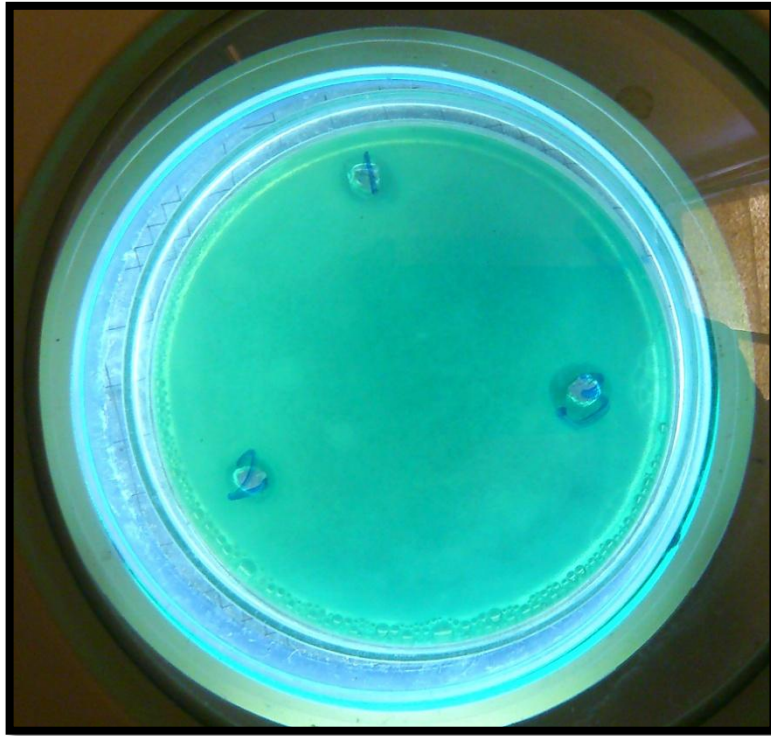


Imagen 7. Análisis en pozo, prueba 2.

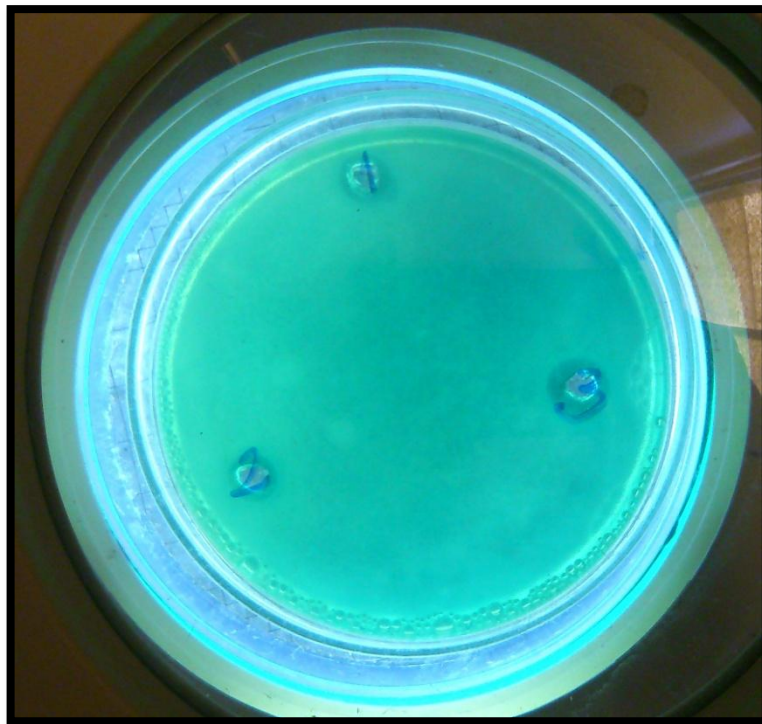


Imagen 8. Análisis en pozo, prueba 3.

CONCLUSIONES

1. Se buscaba determinar la capacidad de inhibición para *P. aeruginosa* como medio para evaluar la capacidad bactericida de la plata coloidal elaborada en la estandarización del método. Fue seleccionada esta bacteria dada su fuerte resistencia a los antibióticos, lográndose así evaluar una sepa bacteriana que puede representar una complicación para la sociedad.
2. La efectiva inactivación de *P. aeruginosa* fue determinada con la aparición del halo de inhibición generado por las distintas concentraciones de las soluciones de plata coloidal empleadas, las cuales se elaboraron con un $R^2 = 0,998$. Para un tiempo de incubación correspondiente a 24 horas a una temperatura de 37°C.
3. Con las concentraciones empleadas se presentó un control en el crecimiento de la *P. aeruginosa* no solo durante el tiempo correspondiente a la incubación; sino que también se presentó un efecto residual de la plata coloidal, la cual siguió inhibiendo el crecimiento de las bacterias con un tiempo final del ensayo de 48 horas.
4. Aunque los métodos empleados son muy similares, se procedió a evaluarlos con el fin de obtener mejores resultados y mayor veracidad en la técnica empleada, buscando una buena inhibición bacteriana; la cual se logró identificar mediante la comparación entre el área de la inoculación de la plata coloidal y su área inhibida.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Russell, A. D. (1994). Anttimicrobial Activity an Action of Silver. *Progress in Medicinal Chemistry*, Volume 31.
- [2]. Lindemann, P. (s.f.). *A closer Look At Colloidal Silver*. Recuperado el 27 de Agosto de 2010, de <http://www.elixa.com/silver/lindmn.htm>
- [3]. Junio Sung Kim, Eunye Kuk, Kyeong Nam Yu. 2007. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Korea. www.sciencedirect.com
- [4]. Hampel, C.A.(1968). *The Encyclopedia of the Chemical Elements*. 1 ed., Skokie, Illinois: Reinhold Book Corporation.
- [5]. Everest, A.S. (1950). *Morgenthau the New Deal and Silver. A Story of Pressure Politics*. King's Crown Press.
- [6]. Jastram, W.R. (1981). *Silver the Restless Metal*. John Wiley and Sons Inc.
- [7]. PLATA Y COBRE COLOIDAL. Plata coloidal. (Accedido 26.03.2013) <http://plata.coloidal.com.mx/>
- [8]. Morones Ramírez, Rubén. El uso de la Plata en los antibióticos del futuro. 10 de octubre 2009. Volumen 10, Número 10. ISSN: 1067-6079. <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art69/int69.htm>
- [9]. S. Ray, R. Mohan, J.K. Singh, M.K. Samantaray, M.M. Shaikh, D. Panda, and P. Ghosh, Anticancer and antimicrobial metallopharmaceutical agents based on palladium, gold, and silver N-heterocyclic carbene complexes, *Journal of the American Chemical Society*, 2007. 129, 15042-15053.
- [10]. M. Rai, A. Yadav, and A. Gade, Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials, *Biotechnology Advances*, 2009. 27, 76-83.
- [11]. DIANA ARBOL. Plata coloidal: el antibacteriano universal <http://www.dianaarbol.org/tienda/plata-coloidal/> (Accedido 26.03.2013)
- [12]. SOLAR SERIES. Atomic Absorption SOLAR AA-969 COOKBOOK. Part IV, section 27, SILVER Ag.
- [13]. Ramírez Aristizábal, luz Stella. *Manual de Microbiología*. Universidad Tecnológica de Pereira. Escuela de tecnología química. Pág. 78. 2012.
- [14]. Castro Eusse, Federman. *Análisis Instrumenta, Algunos Métodos Fotométricos y Electroquímico*, Apuntes de Clase. Pág. 422.

[15]. Andrew D. Eaton, American Water Works Association (AWWA); Lenore S. Clesceri, Water Environment Federation (WEF); Eugene W. Rice, American Public Health Association (APHA); Arnold E. Greenberg, American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the examination of water & wastewater. ISBN 0-87553-047-8, ISSN 55-1979, 22nd Edition, 2011. Color, Comparison Method, section 2130-B, pág. 2-6. Turbidity, Nephelometric Method, section 2130-B, pág.2-13. Conductivity, Laboratory Method, section 2510-B, pág. 2-54. pH Value, Electrometric Method, section 4500-H⁺-B, pág. 4-92. Absorption Spectrometric Method Direct Air-Acetylene Flame Method, section 3111-B, Silver section 3500-Ag.