



# MONTAJE Y VALIDACIÓN DE COLOR REAL Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN RANGO BAJO, COMO VARIABLES DE RESPUESTA EN LA OXIDACIÓN CWPO DE CARGA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUA CRUDA PARA POTABILIZACIÓN

Bravo P.F.\*, Luna C.\*, Figueroa J.\*, Rodríguez G.<sup>a</sup>, Galeano L.A.<sup>b\*</sup>, Rosero M.<sup>c</sup>, Delgado S.X.\*

\*Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC). Universidad de Nariño. Colombia.

<sup>a</sup> Empresa de Obras Sanitarias de Pasto – EMPOPASTO S.A. E.S.P.

<sup>b</sup> Universidad de Salamanca, España.

<sup>c</sup> Grupo de Investigación en Cromatografía y Técnicas Afines (GICTA). Universidad de Caldas. Colombia.

## Introducción

La materia orgánica de origen natural, principalmente sustancias húmicas en suelos y aguas superficiales se produce por la degradación química y biológica de residuos vegetales y animales. Éstas son causantes de un desagradable color amarillo o café del agua, y pueden actuar como precursores para la formación de compuestos peligrosos, como los ácidos haloacéticos, trihalometanos, pesticidas solubles e hidrocarburos en el proceso de desinfección con cloro que se lleva a cabo en el tratamiento de agua para consumo. Los subproductos de desinfección pueden deteriorar la salud humana por ser conocidos agentes carcinogénicos aún en concentraciones bajas [1,2].

Los parámetros más comúnmente empleados para la cuantificación de materia orgánica de origen natural son: COT, UV<sub>254</sub>, COLOR<sub>455</sub> y DQO [3]. La demanda química de oxígeno y el color son medidas de contaminación comúnmente aplicadas en plantas de potabilización para el control de contaminantes orgánicos presentes en medio acuoso. El potencial en el agua, puede estar asociado a sustancias en solución (color verdadero) o a sustancias en suspensión (color aparente). Teniendo en cuenta que en las aguas naturales los colores predominantes varían desde diferentes tonalidades amarillas hasta colores pardos o café claro, estas pueden ser bien bastante bien simuladas con soluciones de cloroplatinato de potasio, adoptándose como referencia para expresar la magnitud del color en aguas naturales [2]. La referencia internacional para la unidad de color equivale a la de una solución de cloroplatinato de sodio conteniendo 1,0 mg/L de platino (UPC), a la cual se le adiciona una pequeña cantidad de cloruro de cobalto, para intensificar el color y el brillo de las soluciones [4,5].

La Demanda química de oxígeno es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en una muestra, tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidantes en medio ácido y se expresa en mg O<sub>2</sub>/L [5,6]. La DQO rango alto se usa ampliamente para expresar la carga orgánica de aguas residuales, pero en el caso de afluentes de aguas para consumo, en la que la concentración de materia orgánica es baja, se hace necesario implementar una metodología apropiada para la determinación de DQO en rango bajo. En esta metodología, la muestra se somete a un reflujo abierto o cerrado, con un exceso de dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Se puede hacer un seguimiento a la reducción de Cr<sup>6+</sup> a Cr<sup>3+</sup>, midiendo por espectrofotometría a 600nm la formación del color verde causado por el Cr<sup>3+</sup> [4]; sin embargo, en el caso de la DQO en rango bajo conviene establecer si se obtiene mejor correlación haciendo alternativamente el seguimiento a la desaparición del color amarillo del Cr<sup>6+</sup> a 444nm.

Tanto la técnica de DQO rango bajo, como la determinación de color real se requieren como variables de respuesta para evaluar la eficiencia de la oxidación catalítica húmeda asistida con peróxido de hidrogeno (CWPO), de la materia orgánica presente en aguas crudas como fuentes de abastecimiento para potabilización. Una presencia considerable de materia orgánica de origen natural, puede deteriorar considerablemente las propiedades organolépticas del efluente obtenido, ocasionando un riesgo adicional para el consumidor por la potencial formación de subproductos de desinfección, durante la etapa de desinfección con cloro.

## Metodología

La determinación de DQO en rango bajo por el método colorimétrico a reflujo cerrado modificado (5220 D) y la determinación de Color Verdadero por el Método espectrofotométrico (2120 C) [4] en muestras de agua cruda y potable se realizaron siguiendo las metodologías propuesta por el Standard Methods de la AWWA APHA.

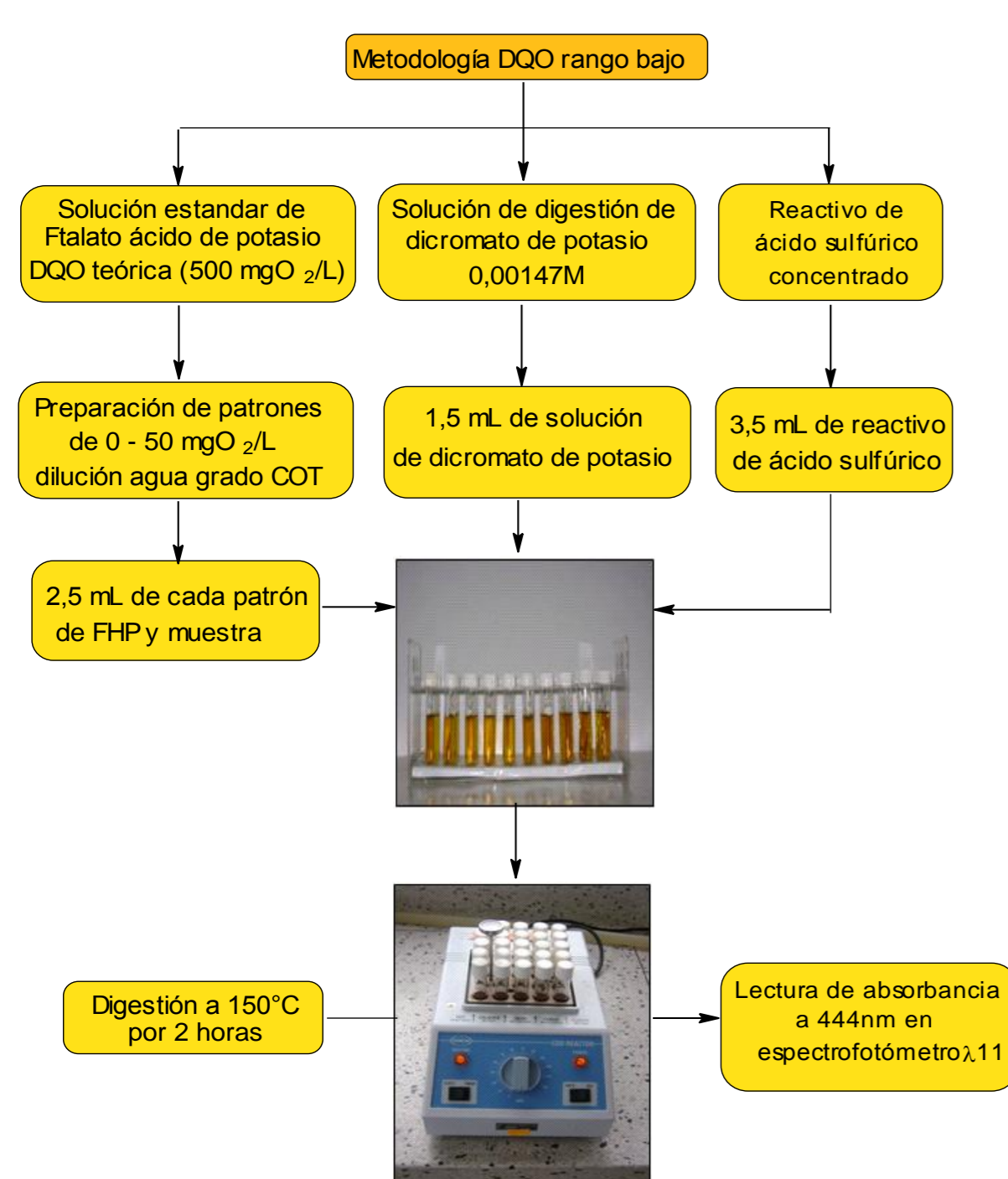


FIGURA 1. METODOLOGÍA DETERMINACIÓN DE DQO RANGO BAJO.

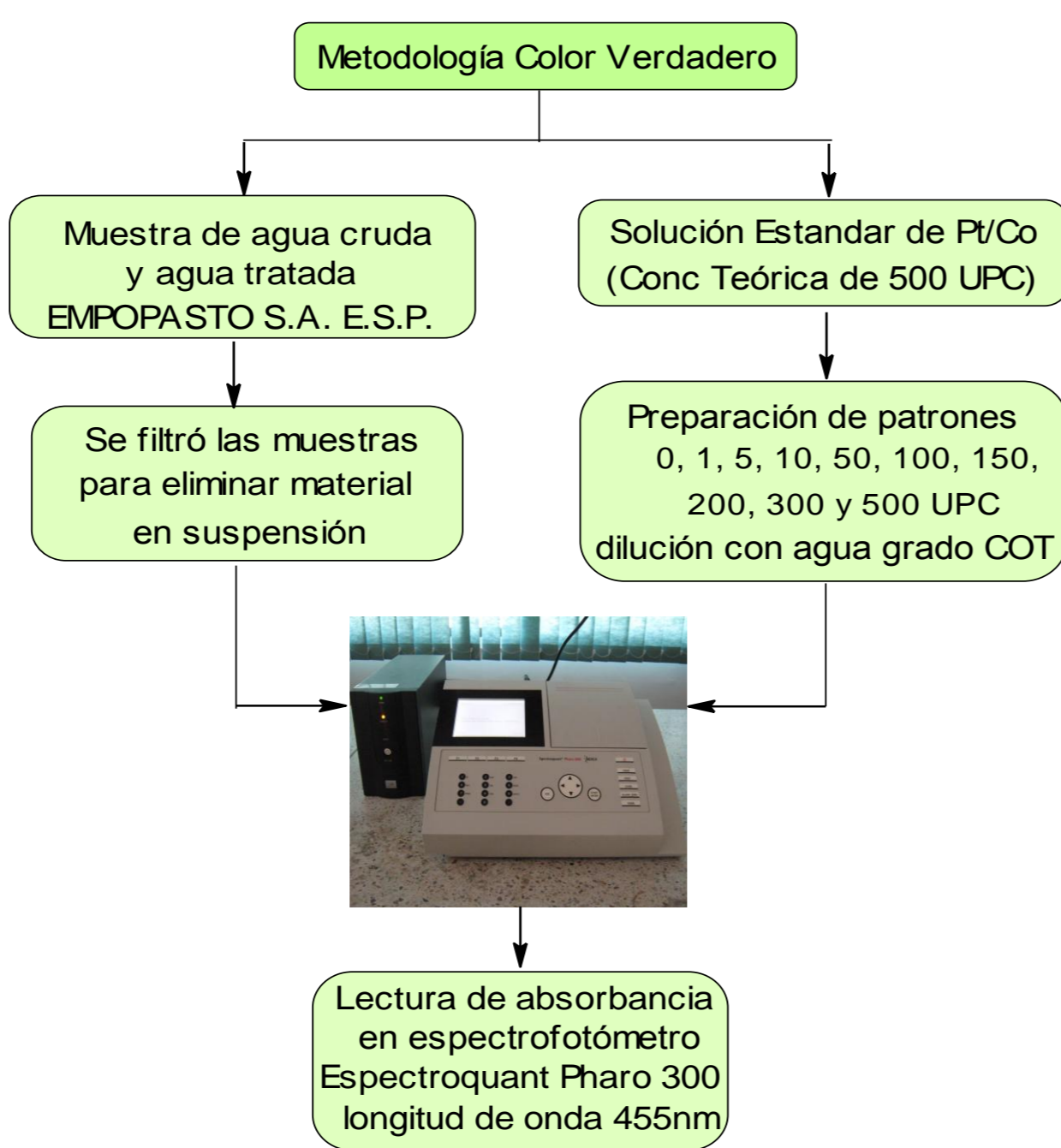


FIGURA 2. METODOLOGÍA DETERMINACIÓN DE COLOR REAL.

TABLA 1. ENSAYOS DE REPETITIVIDAD Y REPRODUCIBILIDAD SOLUCIONES DE CONTROL INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE DQO BAJO RANGO

Blanco 1 y 2	Agua grado COT
Solución estándar FHP 0,1C	C : 50mgO <sub>2</sub> /L (0,1) x (50mg/L) = 5mgO <sub>2</sub> /L
Solución estándar FHP 1C	C : 50mgO <sub>2</sub> /L (1) x (50mg/L) = 50mgO <sub>2</sub> /L
Muestra 1 (M <sub>1</sub> )	Agua Cruda canal sector CORPONARIÑO-SENA
Muestra 2 (M <sub>2</sub> )	Agua Tratada Salida Tratamiento Planta EMPOPASTO CENTENARIO
Muestra 1 + Adición Estándar (M <sub>1</sub> +A <sub>1</sub> )	Agua Cruda canal sector CORPONARIÑO-SENA + volumen solución estándar de FHP
Muestra 2 + adición estándar (M <sub>2</sub> +A <sub>2</sub> )	Agua Tratada Salida Tratamiento Planta EMPOPASTO CENTENARIO + volumen solución estándar de FHP

TABLA 2. ENSAYOS DE REPETITIVIDAD Y REPRODUCIBILIDAD SOLUCIONES DE CONTROL INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE COLOR.

Blanco 1 y 2	Agua grado COT
Solución estándar Pt/Co 0,1C	C : 100UPC (0,1) x (100 UPC) = 10UPC
Solución estándar Pt/Co 1C	C : 100UPC (1) x (100 UPC) = 100UPC
Muestra 1 (M <sub>1</sub> )	Agua cruda entrada Sistema de Tratamiento de EMPOPASTO CENTENARIO
Muestra 2 (M <sub>2</sub> )	Agua Cruda canal sector CORPONARIÑO-SENA
Muestra 1 + adición estándar (M <sub>1</sub> +A <sub>1</sub> )	Agua cruda entrada Sistema de Tratamiento de EMPOPASTO CENTENARIO + volumen solución estándar de Pt/Co
Muestra 2 + adición estándar (M <sub>2</sub> +A <sub>2</sub> )	Agua Cruda canal sector CORPONARIÑO-SENA + volumen solución estándar de Pt/Co

## Resultados

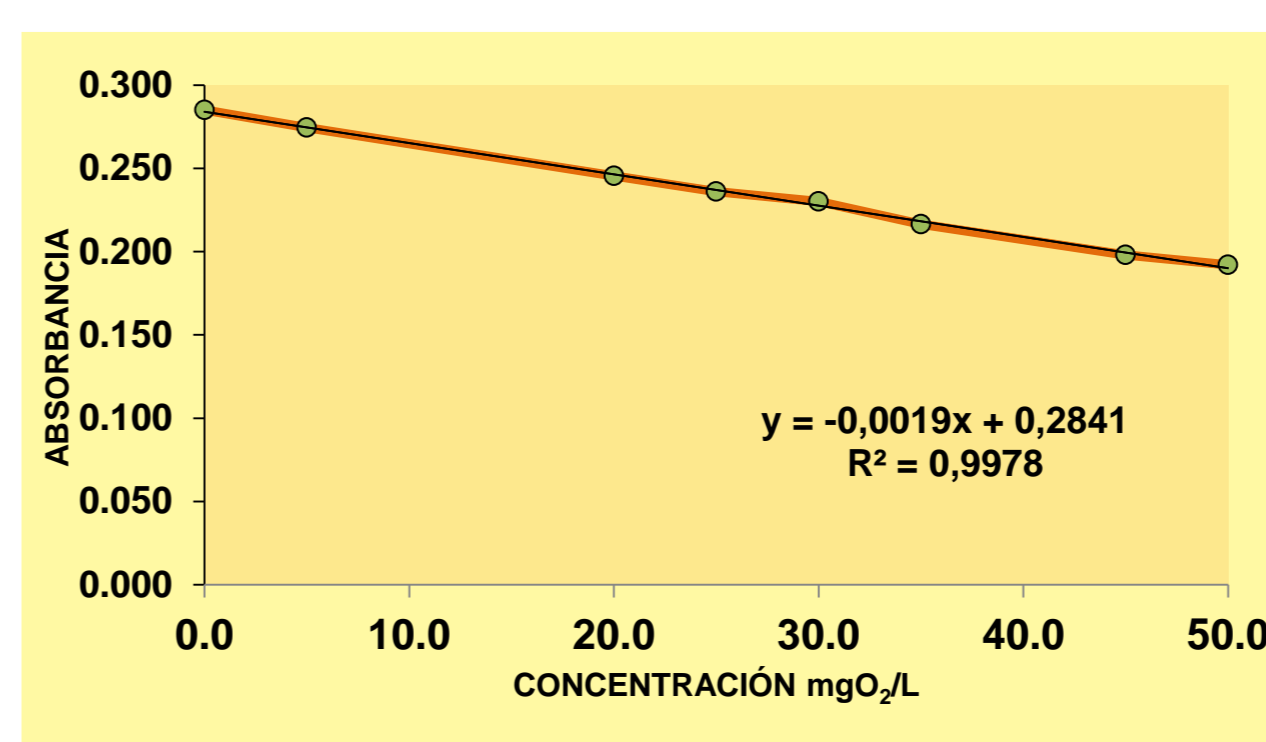


FIGURA 3. CURVA DE CALIBRACIÓN DE DQO BAJO RANGO MÉTODO COLORIMÉTRICO.

Solución	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Media
Blanco	2,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	2,0
	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	
0,1 C	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	5,0	4,7
	4,0	4,0	5,0	3,0	4,0	5,0	
1 C	52,0	51,0	49,0	49,0	48,0	51,0	49,8
	49,0	50,0	52,0	48,0	49,0	50,0	
Muestra 1	30,0	28,0	28,0	27,0	26,0	30,0	28,1
	32,0	27,0	26,0	26,0	26,0	31,0	
Muestra 2	15,0	16,0	12,0	15,0	16,0	16,0	14,6
	15,0	12,0	9,0	16,0	15,0	18,0	
Muestra 1 + Adición	74,0	69,0	60,0	66,0	63,0	73,0	67,2
	70,0	73,0	58,0	67,0	67,0	67,0	
Muestra 2 + Adición	40,0	49,0	48,0	46,0	45,0	45,0	45,8
	43,0	48,0	47,0	46,0	47,0	46,0	

TABLA 3. REGISTRO GENERAL DE DATOS DE LAS DETERMINACIONES DE DQO

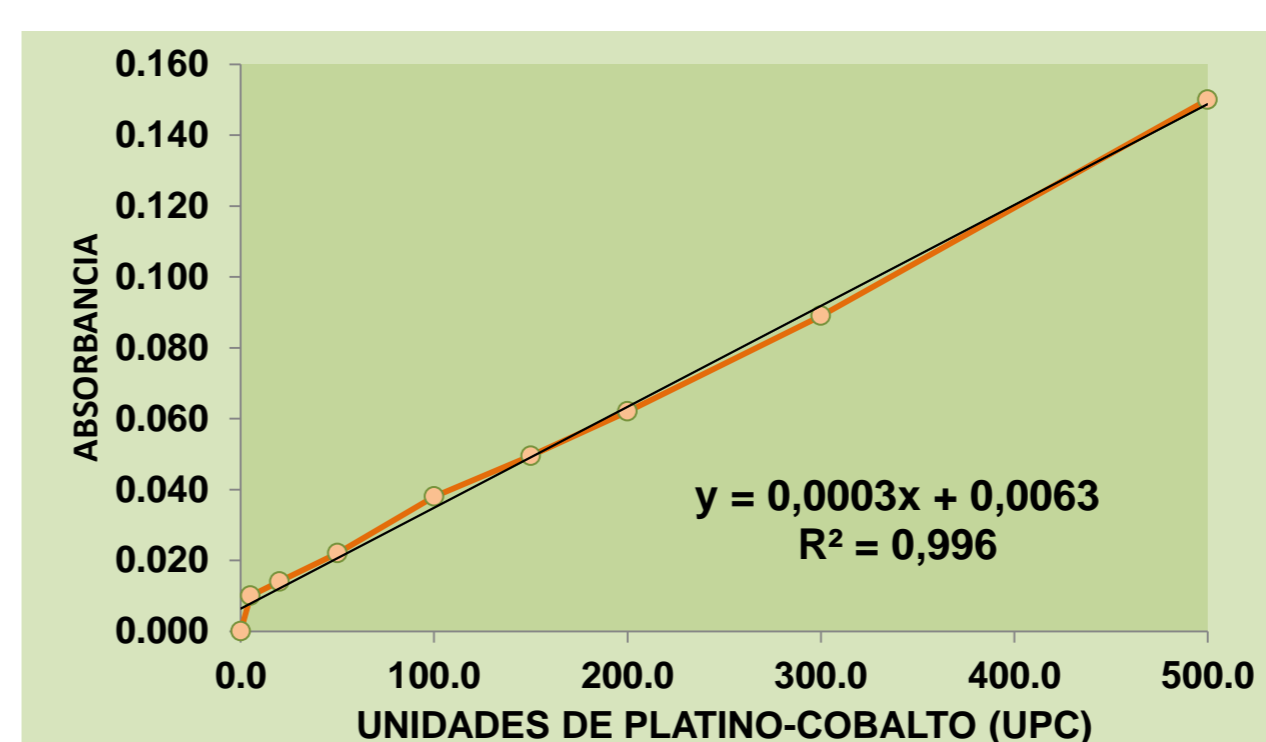


FIGURA 4. CURVA DE CALIBRACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE COLOR VERDADERO

Solución	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Media
Blanco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0,1 C	5,7	9,0	5,7	5,7	9,0	9,0	7,9
	9,0	9,0	9,0	5,7	9,0	9,0	
1 C	82,3	75,7	79,0	72,3	69,0	79,0	73,2
	69,0	75,7	69,0	65,7	69,0	72,3	
Muestra 1	32,3	29,0	32,3	32,3	32,3	35,7	33,2
	32,3	32,3	35,7	32,3	35,7	35,7	
Muestra 2	22,3	19,0	25,7	22,3	25,7	22,3	22,3
	22,3	22,3	19,0	22,3	22,3	22,3	
Muestra 1 + Adición	105,7	109,0	105,7	109,0	109,0	109,0	109,6
	112,3	112,3	109,0	112,3	112,3	112,3	
Muestra 2 + Adición	59,0	52,3	55,7	52,3	59,0	52,3	54,6
	52,3	52,3	59,0	52,3	59,0	52,3	

TABLA 4. REGISTRO GENERAL DE LAS DETERMINACIONES DE COLOR VERDADERO

## Conclusiones

La recta obtenida para la determinación de DQO en rango bajo contó con un coeficiente de correlación de 0,9988 y un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0,9978, el cual es mayor a 0,995 lo que indica una dependencia lineal de los valores de absorbancia con los valores de concentración. Además, se obtuvo un límite de detección de 5,00 ± 3,76 mg O<sub>2</sub>/L; límite de cuantificación de 9,00 ± 4,68 mg O<sub>2</sub>/L, con rango lineal de trabajo entre 9,00 ± 4,68 mg O<sub>2</sub>/L y 50 ± 5,00 mg O<sub>2</sub>/L. La exactitud se determinó mediante la recuperación de la adición estándar, dando porcentajes de recuperación de 97,7% para M<sub>1</sub> y del 90,7% para M<sub>2</sub>.

La recta para la determinación de color verdadero contó con un coeficiente de correlación de 0,9979 y un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0,996. El límite de detección fue de 36,57 UPC, límite de cuantificación de 121,89 UPC y rango lineal de trabajo entre 121,89 y 500UPC. La exactitud fue del 95,50% para M<sub>1</sub> y del 40,37% para M<sub>2</sub>, siendo necesaria la revisión del método para valores bajos de color.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa de obras sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. E.S.P. por la financiación para desarrollar el presente trabajo, y a la sección de laboratorios especializados de la Universidad de Nariño por su colaboración en la etapa experimental.

## Referencias

- [1] Uyguner C.S., Bekbolet M. *Catalysis Today* 101 (2005) 267–274
- [2] Uyguner C.S., Bekbolet M. *Desalination* 176 (2005) 167–176
- [3] Vreyens S., Maes A. *Applied Clay Science* 32 (2006) 283–290
- [4] Standard methods for the examination of water and wastewater. American public health association, american water works association, water pollution control federation. 19 ed. New York, 1995.
- [5] Yetilmzsoy K., Sakar S. *Journal of Hazardous Materials* 151 (2008) 547–558
- [6] Moreno-Casillas H., Cocke D., Gomes J., Morkovsky P., Parga J.R., Peterson E. *Separation and Purification Technology* 56 (2007) 204–211