

Trabajo Original

Toxicología analítica

Uso de glucosa como agente reductor en la determinación semicuantitativa de paraquat en orina.

José Rafael Luna^{1✉}, María Luisa Di Bernardo², María Ysabel García², Carlos Yáñez³, Richard Mejías³, Alexis Morales¹, Lester Rodríguez³, Fernando Ovalles².

^{1✉}. MSc. en Química Aplicada de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela. Grupo de Investigación en Toxicología Analítica y Estudios Farmacológicos (GITAEF). Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Urbanización Campo de Oro, Calle Principal, Edificio Carlos Edmundo Sala. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Apartado postal 5101. mail: lunajr@ula.ve

². Dr. en Química Analítica de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela.

³. Farmacéutico de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Resumen

El paraquat, es un herbicida, que ejerce su acción interfiriendo con el proceso de fotosíntesis, es de acción rápida, y en el ser humano es altamente toxico. La ruta de absorción mas importante es la digestiva, estando involucrado en casos de intoxicación voluntaria e involuntaria. Los efectos toxicológicos del paraquat varían según la cantidad ingerida y su determinación sirve para medir el riesgo de letalidad del paciente. En la emergencia hospitalaria se emplean métodos cualitativos para la determinación de paraquat, que revelan la concentración de la dosis ingerida según la intensidad del color, siendo la alternativa mas acertada para el diagnostico presuntivo cuando se sospecha una intoxicación. En esta investigación se reprodujo el método del ditionito de sodio, comprobándose la inestabilidad del complejo coloreado al estar en contacto con el oxígeno, y se diseño un test semicuantitativo que consiste en el uso de glucosa como agente reductor del paraquat, observándose que la misma tiene ventajas sobre el ditionito como agente reductor, en vista de que la glucosa no pierde actividad con la luz ni con el oxígeno, es mas económica, no toxica y origina mayor estabilidad del cromógeno. El complejo coloreado se evidencia después de su incubación en baño de maría, con la finalidad de observar como varia la intensidad de color a diferentes concentraciones, siendo estable hasta más o menos doce horas; el test puede ser aplicado como prueba rápida en análisis de rutina en pacientes presuntamente intoxicados con paraquat.

Palabras claves: paraquat, orina, glucosa, ditionito.

Abstract

Use of glucose as a reducing agent in the semi-quantitative determination of paraquat in urine samples

Paraquat belongs to the Bipyridylium family of herbicides. It is widely used for green weed control since interferes with the mechanism of photosynthesis. The absorption by the intact skin and the respiratory tract is lower than ingestion. Paraquat is highly toxic via ingestion. Precisely, oral administration with either suicidal intent or accidentally is by far the commonest route of entry. The acute toxicological effects depend on the amount ingested. The absorbed paraquat is distributed via the bloodstream to practically all organs and tissues of the body, but it is excreted rapidly by the kidney. In some cases, before prescribing a treatment for people poisoned by paraquat, a spot test may be needed in order to confirm its diagnosis. Survival depends on the accuracy and timeliness of the diagnosis. There is a known spot test for paraquat in the urine which is available on hospitals and emergency centers. This qualitative test is based on the reduction of paraquat to a blue complex in the presence of alkali and sodium dithionite. The main disadvantage of this test is the instability of the blue radical ion in presence of oxygen. In the present research the aforementioned urine color test was reproduced but substituting sodium dithionite by glucose. Glucose was used as reducing agent in order to develop a semi-quantitative method with competitive advantages over the official method. Glucose is cheap, stable and nontoxic. Paraquat reacts with glucose in alkaline medium to yield a blue chromogen with higher stability than that one obtained using sodium dithionite. The colored complex is formed after incubation in water bath. Results showed that the colored complex is stable up to 12 hours and is paraquat-glucose concentration dependent. The proposed qualitative method could be used as a rapid and routinely color test for paraquat in urine samples for a quick confirmation of paraquat poisoning.

Keywords: paraquat, urine, glucose, dithionite.

Introducción

El paraquat, 1,1-dimetil-4,4'-bipiridilo bicloruro, es un herbicida perteneciente al grupo de los biperidilos. Es un colorante también conocido como metil-viológeno y usado por los químicos como indicador en las reacciones de oxido-reducción. Químicamente es un catión divalente de amonio cuaternario que posee dos anillos piridílicos en su estructura (ver figura 1),

Es un compuesto muy polar con una solubilidad en agua de 700 g L^{-1} , el pH de la formulación líquida está entre 6,5-7,5. Técnicamente el paraquat se presenta como sal de cloruro ($\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Cl}_2$) y dimetilsulfato $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_2(\text{CH}_3\text{SO}_4)_2$. La sal de cloruro es un polvo cristalino, sin olor e higroscópicas, se encuentran muy disociadas en disolución acuosa, son estables en medio ácido o neutro y rápidamente hidrolizadas en soluciones alcalinas; además se descomponen cuando se exponen a la luz ultravioleta y se inactivan en superficies aniónicas activas y al contacto con las partículas de arcilla de la tierra (1-2).

El paraquat es un herbicida de contacto no selectivo y no sistémico. Durante los últimos 40 años, las propiedades únicas del paraquat lo han convertido en uno de los productos químicos agrícolas preferidos en todo el mundo y actualmente está en uso en más de 120 países (3). Ejerce su acción interfiriendo con el proceso de fotosíntesis y se convierte en su forma radical libre, por acción del NADPH presente y reacciona con el oxígeno generando radicales superóxidos (O_2^-), los cuales son potencialmente citotóxicos (1,4-5). En Venezuela, el paraquat está registrado en la categoría de altamente tóxico para los humanos; se conoce con el nombre comercial de Gramoxone N.F. y de Gramocil, el cual se expende en forma líquida y contiene 18,5 % del catión. Es parecido a productos comerciales como malta y Coca-cola, razón por la cual han ocurrido múltiples envenenamientos accidentales, y además es una de las principales causas de intoxicaciones accidentales y suicidas por plaguicidas en el estado Mérida, atendándose entre 1982 y 1999, en el Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes (IAHULA), 190 casos en las emergencias pediátrica y de adultos (6)

Desde el punto de vista toxicológico, la ruta de absorción más importante es la digestiva, puesto que es la más frecuentemente involucrada en casos de intoxicación

accidental o suicida. Por esta vía se absorbe aproximadamente entre un 5 a 10 % de la dosis ingerida y alcanza su concentración sanguínea pico a las 4 horas de la ingesta. No se une a las proteínas plasmáticas y se distribuye rápidamente por los tejidos más irrigados como riñón, hígado, corazón y pulmón. En este último órgano tiende a alcanzar concentraciones de 10 a 15 veces por encima a las plasmáticas y se acumula en células alveolares tipo I y II, alcanzando su pico entre los 4-5 días. Se elimina vía renal por filtración glomerular y secreción tubular activa, excretándose en un 90% a las 24 horas y un 96 % de la dosis absorbida en aproximadamente 48 horas (7-11).

Los efectos toxicológicos del paraquat varían según la cantidad ingerida, pudiendo tener efectos locales y generales. Los efectos locales, son el resultado del poder corrosivo del paraquat y se manifiestan por ulceraciones en boca, lengua, faringe y esófago con posibilidad de perforación esofágica. Estas manifestaciones aparecen a los pocos minutos post-ingestión. Los síntomas iniciales son quemazón bucal o faríngea, disfagia o dolor retroesternal (7,9,12-13).

Por otra parte, la sintomatología general varía según la dosis ingerida. Las intoxicaciones leves son aquellas en las que se ingiere menos de 20 mg Kg⁻¹ de peso, y se presentan vómitos, diarreas y alteración de las pruebas funcionales respiratorias. La intoxicación moderada se produce con dosis de 20-40 mgKg⁻¹ de peso, lo que se alcanza con menos de 15 mL del concentrado al 20%, y junto a los síntomas descritos anteriormente aparece fallo renal por necrosis tubular, alteración hepática y afectación pulmonar con aparición de edema pulmonar o síndrome de distress respiratorio del adulto, que en el transcurso de 2-3 semanas conduce a fibrosis pulmonar y muerte (9-10,14).

La intoxicación aguda fulminante, se origina con dosis mayores de 40 mg Kg⁻¹ de peso, en donde habrá ulceraciones bucofaríngeas y en ocasiones perforaciones esofágicas y mediastinitis. Puede haber coma y convulsiones por edema cerebral, aparece fallo cardíaco con miocarditis tóxica que conlleva insuficiencia cardiaca y arritmias cardíacas graves, fallo renal y hepático con aumento de transaminasas y bilirrubina, fallo

respiratorio, pancreático y adrenal por necrosis de las glándulas suprarrenales, y fallo neurológico con hemorragia cerebral, lo que en definitiva origina la muerte (10-14).

El paraquat es diagnosticado en laboratorios clínicos toxicológicos a través de varios métodos que sirven para su determinación y cuantificación, algunos de estos métodos son la espectrofotometría visible, cromatografía de gases, cromatografía líquida, técnicas de inmunoensayo, radioinmunoensayo y fluorinmunoensayo (15). El radioinmunoensayo es una técnica inmunológica de determinación cuantitativa de antígenos o anticuerpos mediante el empleo de reactivos marcados con isótopos radiactivos. La cromatografía es un método de análisis químico para la separación de componentes de una mezcla por distribución entre dos fases, una estacionaria y una móvil (16). La espectrofotometría se utiliza como instrumento de medición luego de la reducción del paraquat, utilizando un agente reductor en medio alcalino y constituyendo un radical de color azul cuya intensidad es medida a 600 nm; este procedimiento resulta ser rápido y sencillo, permitiendo cuantificar las concentraciones de paraquat en diferentes matrices. La producción del radical coloreado también puede ser utilizada como un test semicuantitativo, en donde la estimación del paraquat se realiza a través de la intensidad de color de la muestra al compararla con los colores generados en soluciones a distintas concentraciones, cuyo color es proporcional a la cantidad de analito presente (17-19).

El agente reductor mas utilizado ha sido el ditionito de sodio, el cual por reducción del dicatión paraquat, incoloro en solución alcalina, forma un radical libre altamente coloreado de azul (cromóforo) que puede ser medido en el espectro visible (19-21); sin embargo, uno de los inconvenientes reportados es la estabilidad limitada del complejo coloreado (5-10 min) debido a la oxidación por el O₂ atmosférico, Figura 2. Además, el ditionito es un reactivo costoso y sensible a la luz, originando dificultades en la obtención de los resultados óptimos en la determinación de paraquat (20-21).

Otros autores, han solucionado los problemas originados por el ditionito de sodio utilizando ácido ascórbico como reactivo reductor, el cual es un reactivo mas estable en la formación del radical libre de color azul, sin embargo, debido a los cambios originados

en el espectro por el catión coloreado, cuando la solución de ácido ascórbico tiene más de un día de preparada, debe ser preparada al fresco (22). También se han utilizado como reactivos reductores el tetraiodomercurato de potasio y el borohidruro de sodio, los cuales resultan más costosos para su utilización de rutina. En 1997, Kesari et al (19), reportan el uso de glucosa como agente reductor del paraquat para obtener un radical catiónico libre y de color azul, el cual tiene una mayor estabilidad, alrededor de 12 horas, y se puede producir el máximo de color cuando la solución de reactivos y la muestra se somete a calentamiento a temperaturas ubicadas entre 70 y 100 ° C.

Por lo general, la identificación del paraquat en diversas matrices como: orina, contenido gástrico, soluciones acuosas etc., es requerida por el clínico con el objetivo de corroborar un diagnóstico. Como consecuencia el analista toxicólogo utiliza métodos visuales rápidos y sencillos para evaluar la presencia o ausencia de las sustancias en cuestión, y como ya se ha mencionado algunos de estos métodos se fundamentan en la reducción del paraquat para formar un compuesto coloreado; estos métodos pueden estar estandarizados en Kits como los distribuidos por Syngenta (23), que utilizan el ditionito de sodio y bicarbonato como reactivo alcalinizante; sin embargo a pesar de ser gratuita su distribución, es poco disponible, a lo cual se le suma la inestabilidad del cromóforo en solución. En vista de lo anterior, se propone utilizar la glucosa como agente reductor para diseñar un método de detección de paraquat semicuantitativo, mediante un conjunto de soluciones a concentraciones conocidas y cuya intensidad de color sea proporcional a la concentración tanto de la solución patrón como de la muestra analizada.

Materiales y Métodos

Reactivos

Los reactivos utilizados son de grado analítico: NaOH Merck, Darmstad, Alemania; D(+)-glucosa (monohidratada) Merck, Darmstad, Alemania; metil viológeno (gramoxone, paraquat): 1,1-dimetil-4,4'-bipiridilo bicloruro, Sigma, Sigma Chemical Company San Louis, USA; Solución concentrada (200 g L⁻¹ de paraquat) de Gramoxone, N.F., Syngenta, Cagua, Estado Aragua, Venezuela. Paraquat test kit, Syngenta, Central

Dispensary, Syngenta CTL, Alderley Park, Macclesfield, Cheshire, SK10 7JY, United Kingdom.

Preparación de reactivos:

1. Reactivo reductor

- a) Solución de ditionito, disolver 1 g en 100 mL de NaOH 1N. Preparar inmediatamente antes de su uso, debido a que es inestable, puede ser descartado a las dos horas (24)
- b) Glucosa, disolver 0,5 g en 100 mL de NaOH 1N (19).

2. NaOH 1N, disolver 4 g de NaOH en 100 mL de agua destilada.

3. Las soluciones de trabajo se prepararon diluyendo volúmenes apropiados de la solución concentrada de paraquat en agua destilada para obtener concentraciones de 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2 y 1 $\mu\text{g mL}^{-1}$.

4. Muestra biológica: orina.

Procedimiento

Se utiliza como agente reductor ditionito de sodio y glucosa, con la finalidad de observar como varía la intensidad de color a diferentes concentraciones y con distintos agentes reductores.

1. Medir 10 mL de solución de trabajo y colocarlo en un tubo de 15 mL.
2. Adicionar 2 mL del reactivo reductor, tapar y mezclar por inversión tres veces sin agitar. En el caso de la glucosa, luego de mezclar se debe llevar a baño de maría a 70 °C durante 1 minuto, para permitir el desarrollo del color.
3. Las muestras de orina se les aplica el mismo procedimiento, previamente se centrifuga a 5.000 rpm x 5 minutos y se trabaja con el sobrenadante.

Resultados

Debido a que el radical coloreado originado por la reducción del dicatión paraquat absorbe a los 600 nm (19), se realizó un barrido espectrofotométrico entre 550 y 650

nm, de una solución de paraquat con una concentración de $10 \mu\text{g mL}^{-1}$, para verificar la longitud de onda en la que se produce la absorción máxima del complejo coloreado utilizando glucosa y ditionito como agentes reductores,

Una vez comprobada la longitud de onda a la cual absorbe el complejo coloreado, y por lo tanto la conformación del radical, se procede a preparar una serie de soluciones de concentración conocida para observar la intensidad del color para cada concentración, utilizando los diferentes reactivos reductores.

En la Figura 4, se observa la coloración formada en las soluciones de trabajo a distintas concentraciones cuando se utiliza como reactivo reductor el ditionito de sodio y glucosa, en ambos casos la matriz utilizada es el agua.

En la Figura 5, se observa la coloración formada cuando se utilizan los reactivos reductores ditionito de sodio y glucosa utilizando como matriz orina a diferentes concentraciones de paraquat.

Una vez desarrollada la escala de concentraciones, se procede a evaluar muestras de orina contaminadas con 1,1-dimetil-4,4'-bipiridilo bicloruro, Sigma, Sigma Chemical Company San Louis, USA, a concentraciones de 0, 1 y $2 \mu\text{g mL}^{-1}$, Figura 6, y de igual manera se prepara una nueva batería de soluciones de trabajo a distintas concentraciones utilizando como matriz orina, con la finalidad de comparar los resultados no solo con la escala de colores diseñada sino también con una escala preparada al momento. En todos los casos se utiliza glucosa como agente reductor.

Discusión

Como se observa, los resultados de este trabajo fueron obtenidos por una simple inspección visual de una reacción de color. Las soluciones de trabajo se prepararon con la solución concentrada de Syngenta, debido a que es disponible fácilmente en el mercado y representa el producto comercial que es utilizado con fines de autólisis. En el caso del desarrollo del color utilizando como matriz agua, la reacción origina matices de colores representados por una escala que va desde el azul claro ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$) hasta el azul oscuro ($200 \mu\text{g mL}^{-1}$); en cambio, la reacción, en orina desarrolla una escala de colores cuyos

matices van desde un verde tenue ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$) hasta color azul oscuro ($200 \mu\text{g mL}^{-1}$), siendo la escala de color en matices similar cuando se utiliza como agente reductor el ditionito y la glucosa. Sin embargo, una de las dificultades originadas por el ditionito, tal como lo reporta la literatura (21), es la desaparición casi inmediata del color, en contraste con la glucosa cuya coloración permanece estable por más de 10 horas, tal como lo reporta Kesari y col (19) cuando utilizan este agente reductor para determinar paraquat mediante un método espectrofotométrico. El ditionito también es utilizado en Kits distribuido por Syngenta de manera gratuita para determinar paraquat en muestras de orina, no obstante la disponibilidad de los kits depende de la distribución periódica de los mismos hacia los centros de salud por parte de la casa que los suministra, existiendo por lo tanto baja disponibilidad del mismo. Widdop, 1976 (25) a descrito un test equivalente, en el cual el reactivo consiste en una mezcla de 10 g de Ditionito de sodio, 6 g de un polvo para buffer a pH 9 y 25 g de bicarbonato de sodio. La mezcla es empacada en una capsula dentro de 1g de gelatina. El contenido de una capsula es añadida a 10 mL de orina agitando la mezcla hasta la disolución completa, en este caso la aparición de un color azul es indicativo de positividad para paraquat. El test puede hacerse semicuantitativo al compararse con soluciones de concentración conocida, aunque como se observa requiere mayor cantidad de reactivos químicos para su procesamiento, a diferencia de la propuesta en este trabajo en el que solo se requiere glucosa e hidroxido de sodio. Por lo tanto, el uso de glucosa origina ventajas sobre el ditionito como agente reductor, en vista de que la glucosa no pierde actividad con la luz y es mas económica, no toxica y origina mayor estabilidad del cromógeno.

Debido a que la determinación de paraquat en la emergencia hospitalaria ocurre poco después de la ingesta de la sustancia, la reacción de reconocimiento visual, utilizando glucosa como agente reductor, puede ser aplicada junto a la elaboración de la escala de colores proporcional a la concentración, debido a que permite detectar a partir de $1 \mu\text{g mL}^{-1}$ de paraquat de una manera semicuantitativa, pudiéndose utilizar como un ensayo preliminar para estimar la evolución del paciente, fundamentado en estudios que

demuestran el riesgo de fatalidad del paraquat al correlacionar la cantidad eliminada por la orina con el tiempo de intoxicación (26).

En conclusión, el método propuesto para la determinación de paraquat se caracteriza por ser simple y poseer mayor estabilidad del cromógeno. Además, el uso de glucosa origina ventajas sobre el ditionito como agente reductor, en vista de que la glucosa no pierde actividad con la luz, es mas económica, no toxica y disponible en el mercado. Las concentraciones que pueden evaluarse en orinas alcanzan niveles mínimos de 1 ug mL^{-1} , lo que permitiría correlacionar concentración con el tiempo de ingesta y porcentaje de sobrevivencia. Sin embargo, se recomienda evaluar muestras de pacientes, con la finalidad de comparar estos resultados con muestras reales que permitan determinar la sobrevivencia del individuo.

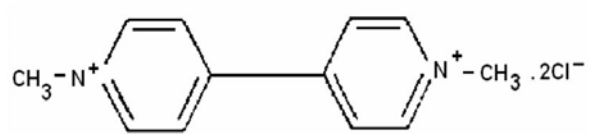
Bibliografía

1. World Health Organization. Enviromental Health. Criteria, No. 39. Paraquat and Diquat. Geneva: World Health Organization; 1984.
2. World Health Organization. Food and Agriculture Organization. Paraquat. Data sheets on pesticides No. 4 Rev. 1. [citado Julio 2007]. Disponible en URL: http://www.inchem.org/documents/pds/pds/pest4_e.htm.
3. Wesseling et al. Unintentional fatal Paraquat poisoning among agriculture worker in Costa Rica. In American Journal of Industrial Medicine 1997. 32: 433-41.
4. Hernández R. Botanica On Line. Fotosíntesis. Copyright © 2002 [citado Marzo de 2006]. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/>.
5. Martínez M. Toxicidad de xenobióticos mediada por radicales libres de oxígeno. Ars Pharmaceutica 1998. 39(1): 5-18.
6. Rámirez SW, Rivas FP. Intoxicación aguda con paraquat. Un estudio clínico epidemiológico. Instituto Autónomo Hospital Universitario de los Andes. Mérida-Venezuela 1982-1999. Salud de los Trabajadores 2000; 8(1): 43-9.
7. LaDou J. Medicina laboral y ambiental. 2a ed. México, D.F., México: Manual Moderno; 1999.

8. Descampiaux B, Imbenotte M, desenclos V, Vermeersh G, Lhermitte M, Erb F. H-1 NMR investigation of toxic effects of lindane and paraquat on HEP 3B and HEP G2 human hematoma-cell lines. *Chemical Research in Toxicology* 1997; 10(1): 34-40.
9. Ellenhorn MJ, Barcelow DD. *Medical Toxicology*. Editorial Elsevier; 1988.
10. Hayes WJ, Laws ER. *Handbook of Pesticide Toxicology*. Vol. 3. Academy Press, Inc; 1991.
11. Pond SM. Manifestations and management of paraquat poisoning. *Med J Aust* 1990;152:256-59.
12. Bus J, Cagen S, Olgaard M, Gibson J. A mechanism of paraquat toxicity in mice and rats. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1976; 35(3):501-13.
13. Rivero O, Rizo P, Ponciano G, Oláiz G. Daños a la salud por plaguicidas. Mexico, D.F.: Manual Moderno; 2001.
14. Cordoba D. *Toxicología*. 4 ed. Bogota, Colombia: Manual Moderno; 2001.
15. Pérez T, Martínez C, Tomás V, Fenol J. Spectrofluorimetric determination of paraquat by manual and flow injection methods. *Analyst* 1998; 123: 1577-81.
16. Pryde A. The analysis of paraquat in urine by high-speed liquid chromatography. *Journal of chromatography* 1975; 115: 107-16.
17. Knepil J. A short, simple method for the determination of paraquat in plasma. *Clinica Chimica Acta* 1977; 79: 387-90.
18. Fell A, Jarvie D, Stewart M. Analysis for paraquat by second – and fourth- derivate spectroscopy. *Clin. Chem*. 1981; 27(2): 286-92.
19. Kesari R, Rai M, Gupta VK. Spectrophotometric method for determination of paraquat in food and biological samples. *Jornal of AOAC International* 1997; 80(2): 388-91.
20. Tompsett SL. Paraquat poisoning. *Acta Pharmacol. et Toxicol*. 1970; 28: 346-58.
21. Shivhare P, Gupta V. Spectrophotometric method for the determination of paraquat in water, grain and plant materials. *Analyst* 1991; 116: 391-93.
22. Jain A, Verma K, Townshend A. Determination of paraquat by flow-injection spectrophotometry. *Analytica Chimica Acta* 1993; 284: 275-79.

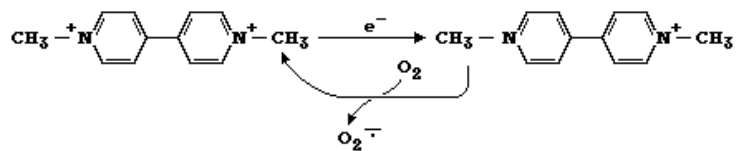
23. Paraquat test kit, Syngenta, Central Dispensary, Syngenta CTL, Alderley Park, Macclesfield, Cheshire, SK10 7JY, United Kingdom.
24. Berry DJ, Grove J. The determination of paraquat (1,1`-dimethyl-4,4`-bipyridylum cation) in urine. Clin.Chim. Acta. 1971; 34: 5-11.
25. Widdop, B.. Detection of paraquat in urine. Br. Med. J. 1976; Part IV, 1135-9
26. Scherrmann J, Houze P, Bismuth C, Bourdon R. Prognostic value of plasma and urine paraquat concentration. Hum Toxicol 1987; 6:91-3.

Figura 1



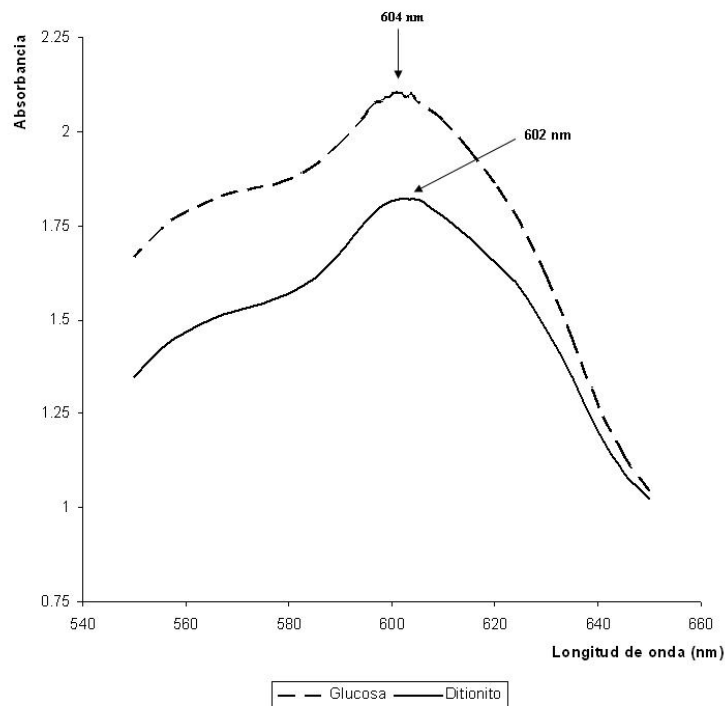
1,1-dimetil-4,4'-bipiridilo bicloruro.

Figura 2



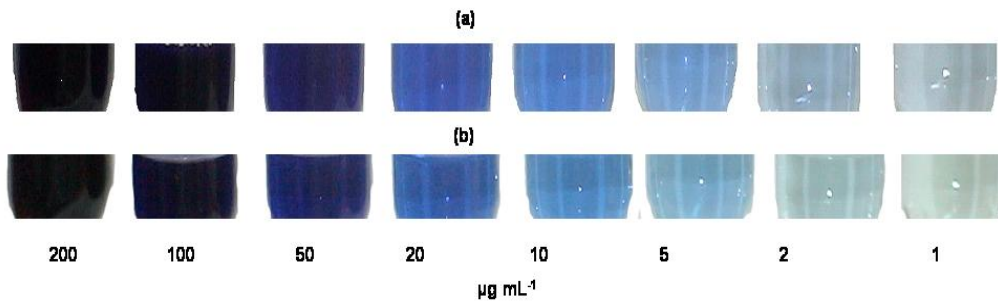
Reducción del dicatión paraquat a un radical catiónico coloreado (1).

Figura 3



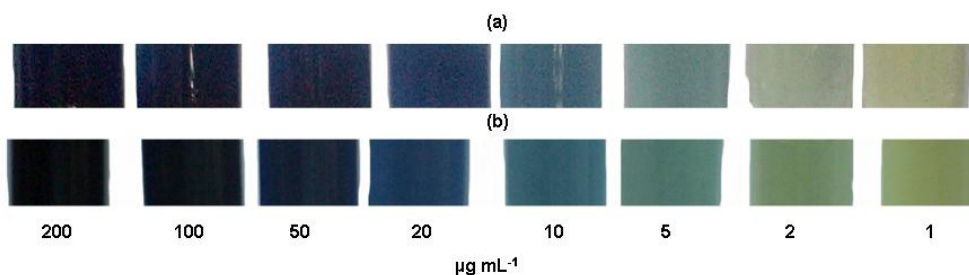
Espectro del paraquat ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$) utilizando glucosa y ditionito como agente reductor.

Figura 4



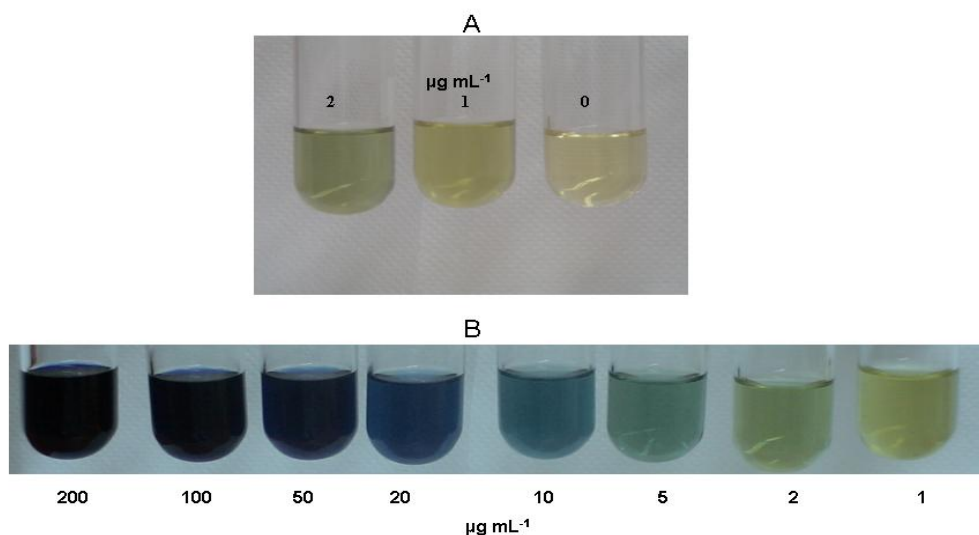
Intensidad de color a diferentes concentraciones utilizando como matriz agua y como reactivo reductor ditionito de sodio (a) y glucosa (b).

Figura 5



Intensidad de color a diferentes concentraciones utilizando como matriz orina y como reactivo reductor ditionito de sodio (a) y glucosa (b).

Figura 6



A) Muestras de orina contaminadas con paraquat a concentraciones de 0, 1 y 2 $\mu\text{g mL}^{-1}$.
B) Batería de paraquat a diferentes concentraciones utilizando como matriz orina y glucosa como reactivo reductor.

Recibida: 18/12/2007
Aceptada: 18/12/2007