

## Obradoiro

# REACCIÓNS REDOX CON LARPEIRADAS

MANUEL R. BERMEJO<sup>1</sup>, M. ISABEL FERNÁNDEZ-GARCÍA,<sup>1</sup>  
BEATRIZ FERNÁNDEZ,<sup>2</sup> M. INÉS GARCÍA-SELJO,<sup>3</sup> ESTHER  
GÓMEZ-FÓRNEAS,<sup>1</sup> ANA M. GONZÁLEZ-NOYA,<sup>1</sup>  
MARCELINO MANEIRO,<sup>1</sup> ROSA PEDRIDO,<sup>1</sup> MARÍA J.  
ROMERO,<sup>1</sup> LAURA RODRÍGUEZ-SILVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química Inorgánica, USC

<sup>2</sup>IES Anxel Fole, Lugo

<sup>3</sup>CPI Luís Díaz Moreno, Baralla

## ABSTRACT

The redox chemistry of manganese is a fascinating aspect of the chemistry of this transition metal. In this workshop we show an interesting experiment with intense colour changes that allows us to demonstrate how each colour change is associated with a oxidation state of manganese.

## INTRODUCCIÓN

O ensino das reaccións de oxidación e redución (redox) forma parte de todos os plans de estudos de química en educación secundaria. A química redox do manganeso é un aspecto fascinante da química dos metais de transición. Neste obradoiro, expoñemos unha demostración onde se manifestan os vistosos cambios de cor asociados a unha cadea de reaccións redox. Estas reaccións teñen lugar cando a glicosa da larpeirada (chupachups, caramelos, chicles...) reacciona con permanganato de potasio nun medio básico.

## Axentes oxidantes e redutores

Unha reacción redox é calquera reacción química na que unha molécula, átomo ou ion perde ou gaña electróns, modificando o seu estado de oxidación. Un axente oxidante gaña electróns (e redúcese na reacción) e un axente redutor perde electróns (oxidase na reacción)[1].

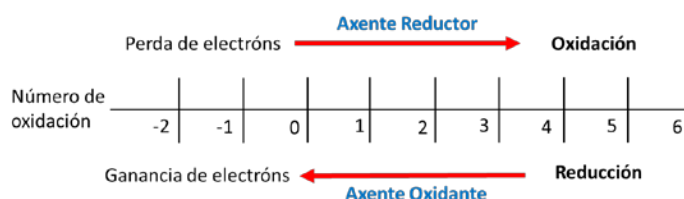


Figura 1. Escala de oxidación-redución

## Que sucede na reacción?

No vaso hai permanganato potásico ( $\text{KMnO}_4$ ) e hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) disoltos en auga. O caramelo que se emprega contén segundo o fabricante: azucre (de mesa) e xarope de glicosa. O azucre é sacarosa, un disacárido formado por glicosa e fructosa unidas que non é redutor.

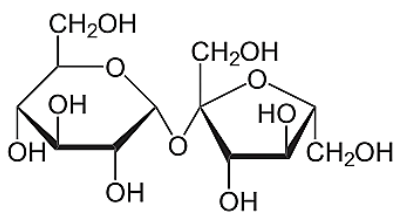


Figura 2. Sacarosa  $C_{12}H_{22}O_{11}$

O xarope de glucosa é un produto edulcorante usado na industria alimentaria que contén unha mestura de dous monosacáridos, ambos axentes redutores, glicosa e fructosa.

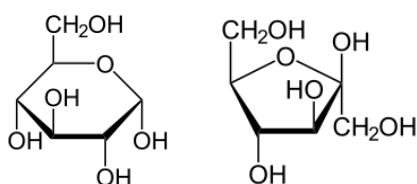


Figura 3. Glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) e fructosa ( $C_6H_{12}O_6$ )

Neste experimento, a glicosa da larpeirada utilízase como axente redutor. Cando a glicosa se dissolve na solución que contén ións  $OH^-$  hai unha variedade de semirreaccións. Entre outras, a principal é que o grupo aldehído da glicosa cede electróns, dando lugar a un grupo carboxílico.[2] Tamén, os grupos alcol da glicosa ceden electróns, formando un aldehído (no caso do alcol primario) e unha cetona (no caso de alcois secundarios):

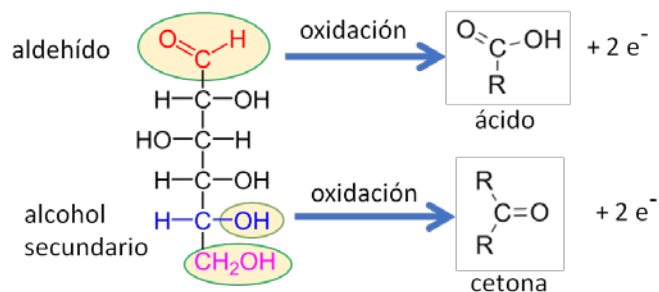


Figura 4. Oxidación da glicosa

No noso experimento, a glicosa engádese a unha solución de permanganato de potasio xunto con hidróxido de sodio ( $NaOH$ ), de xeito que os electróns de glicosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) transfírense inicialmente aos ións de permanganato ( $MnO_4^-$ ). Os produtos de oxidación do azucre redutor son principalmente o ácido glucurónico ( $C_6H_{10}O_7$ ), ademais dalgúns ácidos arabinónicos ( $C_5H_{10}O_6$ ) e fórmicos ( $CH_2O_2$ ). Se a larpeirada está feita de fructosa, que é un isómero da glicosa, o produto principal é o ácido fructónico (tamén  $C_6H_{10}O_7$ ).

A medida que o caramelo se dissolve na disolución que contén ións de manganeso, pódense distinguir polo menos cinco cores diferentes (Figura 5), que corresponden aos diferentes estados de oxidación do metal.

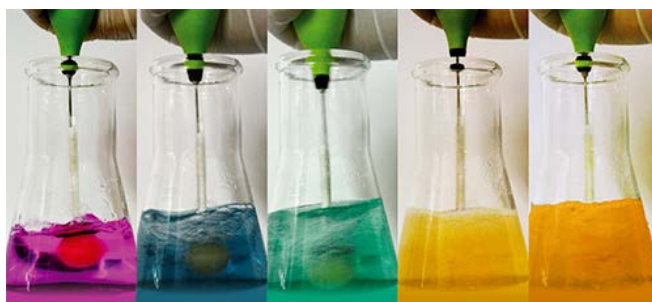
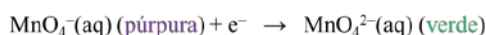
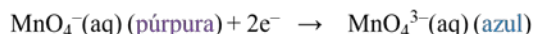


Figura 5. Cores visibles durante a reacción de oxidación do manganeso.  
 Imaxe obtida: Science in School, <https://www.scienceinschool.org/content/colourful-chemistry-redox-reactions-lollipops>.

1. A primeira cor (púrpura) corresponde a ións permanganato ( $\text{MnO}_4^-$ ). O manganeso ten estado de oxidación +7.
2. Os ións permanganato ( $\text{MnO}_4^-$ ) redúcense a ións manganato ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ). O estado de oxidación do manganeso cambia de +7 a +6, e a cor varía de púrpura a verde.



3. Prodúcese unha etapa azul intermedia entre os pasos 1 e 2. Unha explicación é que a mestura contén tanto ións permanganato ( $\text{MnO}_4^-$ ) púrpura como manganato ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ) verde, que se combinan para dar unha disolución azul. Outra explicación é que parte do permanganato redúcese a anión  $\text{MnO}_4^{3-}$ , que ten un estado de oxidación +5 cor azul.



4. Os ións manganato ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ), que teñen un número de oxidación +6, redúcense aínda máis ata dióxido de manganeso ( $\text{MnO}_2$ ), con estado de oxidación +4, provocando o cambio de cor de verde a amarelo.



5. Finalmente, cando se incorpora máis glicosa á disolución, o dióxido de manganeso amarelo ( $\text{MnO}_2$ ) forma unha suspensión coloidal en disolución alcalina que (se está bastante diluída) pode aparecer laranxa.

O ión permanganato, corresponde a un Mn(VII), con estrutura electrónica  $d^0$ , debería ser incoloro, tal como son os ións semellantes perclorato  $\text{ClO}_4^-$  e sulfato  $\text{SO}_4^{2-}$ . No caso do permanganato isto non é así debido á transferencia de electróns, dende os orbitais p do osíxeno aos d do Mn. Esta transición electrónica, orixina unha ligazón pi que dará lugar a bandas electrónicas do estado sólido, capaces de absorber no espectro visible (verde) co cal emiten no púrpura. O desdobre enerxético mantense en disolución acuosa. Todos os ións do manganeso con estrutura tetraédrica  $[\text{MnO}_4]^n$ , producen cores intensas, por iso as disolucións de permanganato, manganato e hipomanganato, son tan vistosas.

Os complexos de  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{3+}$  son octaédricos, e as súas cores son moito máis pálidas. O  $\text{Mn}^{3+}$  ten unha configuración  $d^4$ , o cal implica a posibilidade de formar complexos de alto spin cun ligando de campo débil como é a auga.

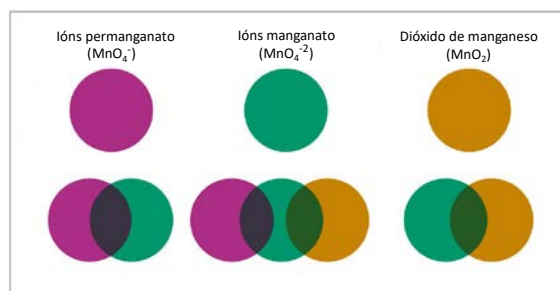


Figura 6. Mesturas dos cores dos diferentes compostos de manganeso a medida que avanzan as reaccións redox. Imaxe obtida de Science in School <https://www.scienceinschool.org/content/colourful-chemistry-redox-reactions-lollipops>.

O permanganato pode mostrar una variedade de cores distintas aos esperados que fan difícil a interpretación das reaccións. En moitos casos as cores naturais dos devanditos produtos poderían confundirse cos producidos polas mesturas de cores doutros produtos como se aprecia na simulación mostrada na figura 6. Un exemplo podería ser a cor azul observada no noso experimento. Esta cor podería xustificarse debido a presenza do ion hipomanganato  $\text{MnO}_4^{3-}$ , que ten un estado de oxidación +5 (azul) o ser producido pola mestura dos ións púrpura ( $\text{MnO}_4^-$ ) e verde ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ) tal como se mostra na Figura 6.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Materials

- Cristais de permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ )
- Chupachup ou outro caramelo que conteña glicosa (ou outro azucre redutor, como a fructosa)
- 2-3 lentellas de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) (0,5 g aproximadamente)
- 250 ml de auga
- Matraz erlenmeyer ou vaso de precipitados de 250 mL
- Espátula
- Axitador eléctrico de man, como algún espumador de leite (dispoñible en tendas de utensilios de cociña)
- Cinta adhesiva

### Procedemento

1. Encher o matraz erlenmeyer ou vaso de precipitados con 250 mL de auga.
2. Engadir ao redor de 0,5 g (2 lentellas) de hidróxido sódico e axitar ata que se disolvan completamente.
3. Incorporar unha pequena cantidade de permanganato potásico, a suficiente para que a disolución resultante adquira un lixeiro tono violeta.
4. Fixar o pau do chupachup ao axitador eléctrico coa cinta adhesiva.
5. Introducir o chupachup ou calquera larpeirada na disolución e conectar o axitador para comezar a mesturar.

## CONCLUSIONS

A medida que o caramelo se dissolve na disolución, obsérvanse os cambios de cor para cada reacción redox. Os dous primeiros suceden moi rapidamente (poucos segundos), mentres que os cambios seguintes tardan un pouco máis. Durante a reacción ten lugar a oxidación da glicosa e unha redución gradual do permanganato de potasio, dende o seu estado de oxidación +7 no ión permanganato, pasando polo seu estado de oxidación +6, ata chegar a +4, isto poderémolo apreciar mediante os cambios de cor que van desde o púrpura inicial, pasando por un intermedio de cor azul ata o verde, e finalmente de verde a amarelo.

## REFERENCIAS

- [1] Moron, E. Reacciones con Permanganato de Potasio. El Camaleón Químico <https://steemit.com/stem-espanol/@emiliomoron/reacciones-con-permanganato-de-potasio-el-camaleon-quimico>
- [2] Prolongo, M., Pinto, G. (2018). Química de colores: reacciones redox con chupachups *Science in School* **43**
- [3] Grupo Heurema Educación secundaria <http://www.heurema.com/DFQ0.htm>