

# **Monografía: Biología**

## **Efecto de la temperatura nocturna veraniega de Sevilla en el proceso de oxidación del ácido ascórbico en zumos de naranja naturales no refrigerados**

**Carlos Pachón Martínez – 001787-0009**

**Colegio San Francisco de Paula**

**2012-2014**

**Recuento de palabras: 3995**

## Resumen

En esta monografía se quiere investigar cómo la temperatura incide en el proceso de oxidación del ácido ascórbico en los zumos de naranja. Particularmente, está centrada en cómo las temperaturas nocturnas de un verano sevillano repercuten en el contenido de ácido ascórbico de zumos no refrigerados, que hallamos en los supermercados. Por lo tanto, se pretende responder a la pregunta: **¿Influye la temperatura nocturna sevillana veraniega en el contenido nutricional de ácido ascórbico de los zumos de naranja naturales no refrigerados presentes en supermercados?**

Para poder derivar un patrón de la concentración de ácido ascórbico en función de las condiciones térmicas, se ha cuantificado el contenido de vitamina C presente en zumos de naranja sometidos a un rango de cinco temperaturas diferentes (25, 30, 35, 40 y 45 °C), utilizando la técnica de titulación yodométrica. Ésta se fundamenta en una reacción de oxidación-reducción, en la cual el yodo actúa como indicador, tornando el zumo de un color azul cuando todas las vitaminas han sido oxidadas.

Los resultados obtenidos indican claramente, que la temperatura tiene un efecto en el contenido de ácido ascórbico. Se observa que a mayor temperatura, menor es la concentración de vitamina C en el zumo, puesto que el proceso de oxidación del ácido ascórbico se acelera siguiendo una correlación lineal. Por tanto, la presente investigación avala que, los zumos expuestos a temperaturas nocturnas alcanzadas en Sevilla durante verano sufren una disminución, de en torno al 10%, en su concentración de vitamina C cada vez que incrementa la temperatura en 5°C, con respecto al contenido de ácido ascórbico en zumos a 25°C.

(nº de palabras: 264)

## **Créditos**

Simplemente agradecer a mi supervisor D. Germán Tenorio y a todos los asistentes del laboratorio la ayuda que me han suministrado.

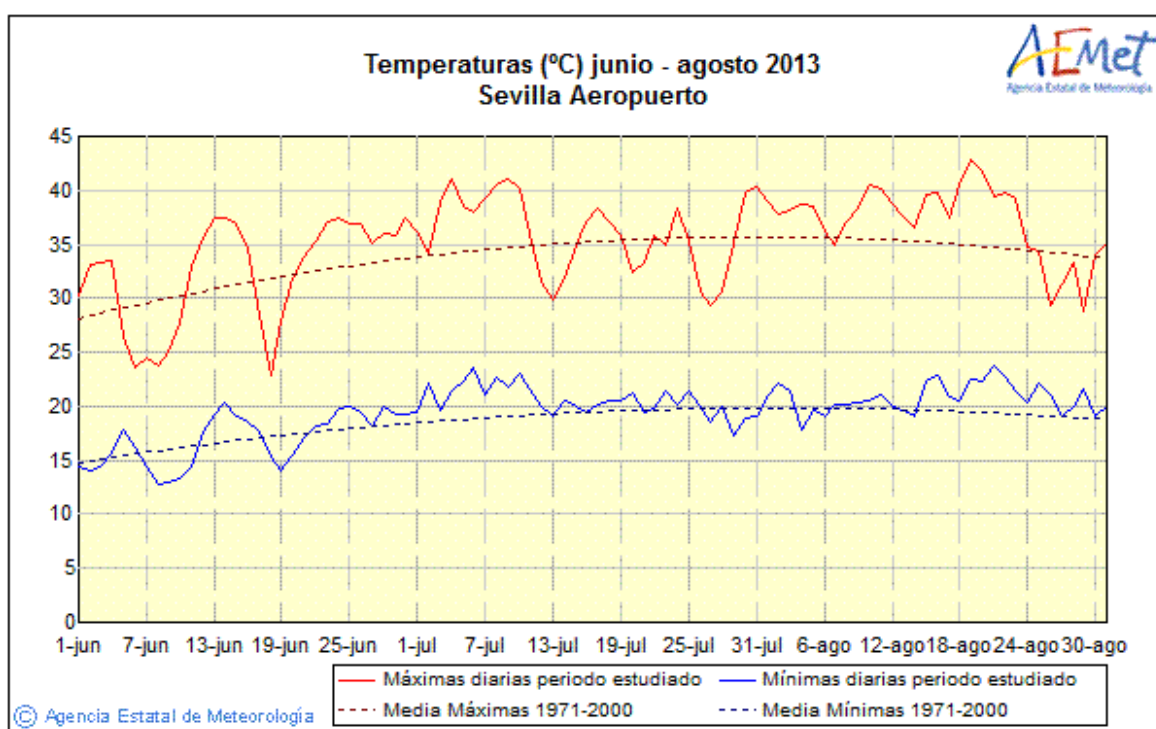
## **Contenidos**

<b>Introducción</b>	5
<b>Experimentación</b>	8
<b>Objetivo</b>	8
<b>Hipótesis</b>	8
<b>Variables</b>	8
<b>Lista de materiales</b>	9
<b>Método</b>	10
<b>Datos brutos</b>	12
<b>Datos cualitativos</b>	12
<b>Datos procesados</b>	13
<b>Discusión y evaluación</b>	16
<b>Conclusión</b>	18
<b>Bibliografía</b>	20
<b>Apéndice</b>	22

## Introducción

Los zumos de naranja naturales no refrigerados, que se hallan en los supermercados, no se conservan en cámaras frigoríficas. La temperatura ambiente del establecimiento, generada por el sistema de aire acondicionado, es suficiente para cumplir los requisitos ideales para el mantenimiento del contenido de vitamina C. Ahora bien, durante la noche, los supermercados aprovechan para desactivar sus mecanismos de ventilación con el objetivo de ahorrar energía. Esta actuación desestabiliza las condiciones térmicas idóneas para la conservación de los zumos de naranja, aunque no suele resultar un impedimento. Esto se debe a que durante la etapa nocturna las temperaturas disminuyen, favoreciendo así un clima frío ideal para ralentizar la pérdida de vitamina C. Por eso, los zumos de naranja no refrigerados no requieren una climatización específica en esta franja horaria.

Ahora bien, ¿qué pasaría si la noche fuera extremadamente calurosa? Un ejemplo se encuentra en las noches de verano sevillanas. Esta ciudad, situada al Sur de España, presenta un clima mediterráneo con veranos muy secos y cálidos.<sup>1</sup>



**Imagen 1:** Análisis de la temperatura sevillana en la estación veraniega<sup>2</sup>

Estas altas temperaturas, de más de 40°C durante el día y capaces de oscilar los 30°C durante la noche, se alejan del clima nocturno ideal para la conservación de los

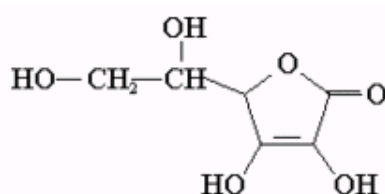
<sup>1</sup> Ayuntamiento de Sevilla. (n.d.). *Clima*. Recuperado el 1 de febrero, 2014, de: <http://www.sevilla.org/ciudad/clima-1>

<sup>2</sup> Agencia Estatal de Meteorología. (n.d.) *Análisis estacional: Sevilla aeropuerto*. Recuperado el 7 de mayo, 2013 de: [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/analisis\\_estacional](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/analisis_estacional)

zumos de naranja naturales no refrigerados. Entonces, ¿puede esta incidencia calorífica acelerar el proceso de oxidación del ácido ascórbico presente en los zumos de naranja?

En consecuencia, se ha realizado un proceso experimental para investigar cómo el contenido de ácido ascórbico se ve afectado en función de la temperatura. El problema de investigación que se aspira a responder es: **¿Influye la temperatura nocturna sevillana veraniega en el contenido nutricional de ácido ascórbico de los zumos de naranja naturales no refrigerados presentes en supermercados?**

La vitamina C o ácido ascórbico es una molécula nutritiva básica para la vida. Es un ácido carboxílico que actúa como cofactor enzimático en numerosas reacciones.<sup>3</sup> Éste deriva de la hexosa, un glúcido sintetizado a partir de la glucosa y la galactosa<sup>4</sup>.



Vitamina C

**Imagen 2:** Estructura molecular del ácido ascórbico<sup>5</sup>

Muchos animales y plantas son capaces de generar vitamina C en su interior aunque, desafortunadamente, los seres humanos carecen de esta facultad; por eso se necesita que el ácido ascórbico sea un aditivo de muchos productos alimenticios. La dosis diaria recomendada son 60 mg para poder tener un equilibrio alimentario sano.<sup>6</sup> Hubo personalidades de gran relevancia como el premio Nobel Linus Pauling, que recomendó la ingesta dosis descomunales de ácido ascórbico (alrededor de los 500 mg al día) para poder prevenir el cáncer, pero no fructificó.<sup>7</sup>

Verdaderamente se sabe que su importancia es vital puesto que una deficiencia de este compuesto provoca enfermedades como el escorbuto, muy padecida por navegantes

<sup>3</sup> La vitamina C. (n.d.). *Ácido ascórbico en los alimentos*. Recuperado el 25 de mayo, 2013 de: <http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/Nutricion/vitaC.htm>

<sup>4</sup> Ruiz Hidalgo, J. (2011). *Determinación experimental del contenido de ácido ascórbico en un zumo de naranja* [e-book] Recuperado el 3 de diciembre, 2013 de: [http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_43/JAVIER\\_RUIZ\\_1.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_43/JAVIER_RUIZ_1.pdf)

<sup>5</sup> Docta Ignorantia. (n.d.). *Te Falta Vitamina C*. Recuperado el 3 de febrero, 2014, de: <http://bolux.blogspot.com.es/2007/10/te-falta-vitamina-c.html>

<sup>6</sup> Nutrición para todos (n.d.). *VITAMINA C*. Recuperado el 13 de diciembre, 2013 de: <http://www.iqb.es/nutricion/vitaminac/vitaminac.htm>

<sup>7</sup> Cameron, E., & Pauling, L. (1979). *Cancer and vitamin C: a discussion of the nature, causes, prevention, and treatment of cancer with special reference to the value of vitamin C*. Menlo Park, Calif.: Linus Pauling Institute of Science and Medicine

durante el siglo XVI, al no consumir alimentos frescos durante sus largos viajes. Este ácido es muy beneficioso puesto que favorece la formación de tendones, ligamentos y, en general, proteínas, así como ayudar a formar el tejido cicatricial, a reparar los dientes y a conservar los huesos.<sup>8</sup> Igualmente, estudios recientes han demostrado que la vitamina C puede reducir el riesgo de padecer un derrame cerebral.<sup>9</sup>

Queda claro, que se necesita incorporar este nutriente regulador en la dosis mínima recomendada, y que es muy importante que el contenido real de vitamina C presente todos los productos alimenticios envasados, como los zumos, diste poco del que indica su etiqueta con información nutricional.

Hay muchas frutas y verduras que poseen altas cantidades de vitamina C, pero particularmente se tratará la naranja. Este cítrico es muy frecuentado por jóvenes y adultos, formando parte de cualquier dieta equilibrada. Además, ostenta una función depurativa que actúa contra la obesidad reduciendo la grasa insaturada en nuestro cuerpo, y por tanto, disminuyendo el riesgo de sufrir afecciones como la diabetes. Su zumo es muy rico en ácido ascórbico y se degrada fácilmente debido al impacto de la luz o el aire.<sup>10</sup> ¿Pero cuál será el efecto de la temperatura en este proceso?

Mediante la técnica de titulación yodométrica<sup>11</sup>, se intentará cuantificar el contenido de vitamina C en los zumos de naranja a diferentes temperaturas.

Este procedimiento (también denominado valoración redox) permite hallar la concentración de una disolución, apoyándose en una reacción redox que ocurre simultáneamente entre un *analito*, que es el compuesto del que se quiere averiguar la concentración (en nuestro caso el zumo de naranja), y una sustancia valorante (el yodo que trabajará como el agente oxidante).<sup>12</sup> La reacción entre el ácido ascórbico y el yodo

---

<sup>8</sup> U.S National Library of Medicine. (n.d.). *Vitamina C: MedlinePlus enciclopedia médica*. Recuperado el 2 de enero, 2014 de: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002404.htm>

<sup>9</sup> Qué.es. (n.d.). *El consumo de cítricos podría reducir el riesgo de derrame cerebral*. Recuperado el 5 de abril, 2013, de: [http://www.que.es/madrid/201402151046-consumo-citricos-podria-reducir-riesgo.html?anker\\_4](http://www.que.es/madrid/201402151046-consumo-citricos-podria-reducir-riesgo.html?anker_4)

<sup>10</sup> Zonadiet. (n.d.) *La conservación de las vitaminas en los alimentos*. Recuperado el 10 de noviembre, 2014 de: <http://www.zonadiet.com/nutricion/coccion.htm>

<sup>11</sup> Barber, J., & California, B. (1988). *Vitamin C testing*. Berkeley: Lawrence Hall of Science University of California.

<sup>12</sup> Hablando de Ciencia (n.d.). *HdC en las aulas: estudio del contenido de vitamina C en zumos comerciales*. Recuperado el 25 de diciembre, 2013 de: <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2013/07/11/hdc-en-las-aulas-estudio-del-contenido-de-vitamina-c-en-zumos-comerciales/>

es de oxidación-reducción ya que la vitamina C pierde electrones mientras que el yodo los gana.<sup>13</sup> [Ver Apéndice 1]

El proceso entre ambos compuestos presenta una estequiometría de 1:1, esto significa que los moles de ácido ascórbico oxidados corresponderán a los moles de yodo reducidos.<sup>14</sup>

## ***Experimentación***

### **Objetivo**

Este experimento está enfocado a analizar el efecto que tiene la temperatura en la oxidación de la vitamina C (o ácido ascórbico) presente en un zumo de naranja natural no refrigerado. Cinco temperaturas serán estudiadas y comparadas utilizando la técnica de titulación yodométrica.

### **Hipótesis**

La hipótesis inicial es que a mayor temperatura menos ácido ascórbico poseerá el zumo de naranja ya que se acelerará el proceso de oxidación de la vitamina C. Al poseer oxígeno, el aire al contacto con la vitamina la oxida, disminuyendo la concentración de la molécula en el zumo de naranja. Ahora bien, si se aplica calor, este compuesto de naturaleza hidrosoluble es mucho más susceptible al proceso de oxidación, por lo que se produce una pérdida mayor de vitaminas en un menor rango de tiempo ya que la velocidad de las colisiones entre el yodo y el ácido ascórbico aumenta.<sup>15</sup>

### **Variables**

En este caso, la variable independiente es la temperatura ya que es lo que se manipula para obtener resultados apropiados. Habrá un rango de cinco temperaturas (25, 30, 35 40 y 45°C) que serán obtenidas con la ayuda de una bañera termostática que permitirá regular la misma. Éstas han sido escogidas para reproducir las condiciones de térmicas habituales en una noche de verano en Sevilla. La más baja (25°C) simula una noche suave y poco común (para la época del año y la localización). Por otro lado, la más alta (45°C) se sitúa en una cota por encima de las temperaturas alcanzadas en una noche sevillana, si bien se han alcanzado los 50°C durante el día. Todas las temperaturas

---

<sup>13</sup> CONSUMER (n.d.). *Calcular la cantidad de vitamina C en los zumos*. Recuperado el 10 de noviembre 2013, de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/10/12/188461.php>

<sup>14</sup> Universidad para los Mayores (2011) *Cuantificación de vitamina C* [e-book]. Recuperado el 20 de abril, 2013 de: [www.uah.es/mapa/CuantificacionVitaminaC.doc](http://www.uah.es/mapa/CuantificacionVitaminaC.doc).

<sup>15</sup> Conservación de las vitaminas. (n.d.). *¿Cómo se conservan y se aprovechan mejor las vitaminas?* Recuperado el 3 de febrero, 2014, de: <http://www.botanical-online.com/medicinalesvitaminasconsevacion.htm>



se mantendrán constantes en el valor deseado mediante un termómetro ( $^{\circ}\text{C}/\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ) que se colocará dentro del baño.

La variable dependiente será la cantidad de yodo que se irá añadiendo al zumo para que vire al color azul. Para poder medir el volumen exacto de yodo, se llenará una bureta de 50 mL ( $\pm 0,1\text{mL}$ ) con una solución de yodo 0,2 mM, y se irá añadiendo poco a poco dentro de un Erlenmeyer, dónde está el zumo contenido. Cuando aparezcan los primeros matices azulados, se dejará de verter yodo y se anotará el volumen añadido. Esto posteriormente, facilitará la obtención de la concentración de vitamina C.

En este experimento se encuentran numerosas variables controladas. La cantidad de zumo se mantiene constante en todo el experimento puesto que siempre se añade 10 mL. Para medir con exactitud el volumen deseado, se empleará una pipeta de 10 mL. A su vez, otro factor que se mantendrá constante será el tiempo. Todos los zumos serán expuestos a una de las cinco temperaturas establecidas durante cinco minutos. Aquí, se utilizará un cronómetro para contabilizar el tiempo. También, una variable controlada a tener en cuenta es la concentración de la solución de yodo. Ésta debe ser siempre 0,2 mM, si no los volúmenes oscilarían y los datos no serían pertinentes. Además, el mismo tipo de naranjas será utilizado ya que en función de su procedencia y de su cultivo puede tener un mayor o menor índice de vitamina C. La cantidad de almidón que se añade también debe ser la misma en todas las repeticiones. El almidón funciona como un indicador, por lo que si no se mantiene constante el volumen agregado algunas disoluciones pueden tornarse azul antes. Para controlar esta variable se utilizará una micropipeta ya que se trabajará con volúmenes muy pequeños.

### **Lista de materiales**

- Bureta 50 mL
- Erlenmeyer 100 mL
- Pipeta 10 mL
- Naranjas
- Solución de yodo (0,2 mM)
- HCl (15%)
- Almidón
- Micropipeta
- Termómetro
- Exprimidor
- Vasos de precipitado 50 mL

- Espátula
- Balanza
- Pinzas de sujeción
- Soporte
- Cronómetro
- Refrigerador
- Embudo
- Agua
- Gasa
- Baño termostático
- Calentador magnético

### **Método**

1. Se pesarán 0,25 g de almidón en la balanza.
2. En un vaso de precipitado de 50 mL, se verterán 24,75 mL de agua con ayuda de una pipeta de 10 mL
3. Se añadirán los 0,25 g de almidón en dicho recipiente. Se removerá la mezcla con la propia espátula.
4. Para homogeneizar la solución, se usará un calentador magnético. Regulando la intensidad del campo magnético se moderará la temperatura.
5. Cuando se aprecie homogeneidad, se apagará el calentador, y se colocará el vaso de precipitado en un refrigerador para enfriar la solución.
6. Por otra parte, se volcarán 20 mL de ácido clorhídrico en otro vaso de precipitado de 50 mL, para facilitar su manipulación.
7. Se llenará el baño termostático con agua por la mitad de su capacidad y se enchufará a una fuente eléctrica. Seguidamente, se regulará la temperatura; el indicador deberá marcar 25°C, que es la primera temperatura estipulada de las cinco existentes.
8. Se introducirá un termómetro dentro del baño termostático para asegurar que la temperatura permanece estable.
9. Utilizando un exprimidor, se obtendrá el zumo de 2 naranjas. El líquido se verterá en un vaso de precipitado de 50 mL, pasando por un embudo con una gasa para filtrarlo.

10. El vaso de precipitado con el zumo será introducido en el baño termostático a 25°C durante 5 minutos contabilizados mediante un cronómetro.
11. Se procederá a preparar el lugar de trabajo dónde se realizará la titulación yodométrica.
12. Se colocará un soporte y a él se anclarán unas pinzas de sujeción.
13. Se enganchará la bureta de 50 mL a las pinzas de sujeción y se apretarán bien los puntos de tensión para asegurar el instrumento.
14. Se llenará la bureta con 50 mL de yodo 0,2mM (la llave de paso debe estar cerrada)
15. En un Erlenmeyer se vaciarán 15 mL de agua por medio de una pipeta de 10 mL.
16. Empleando una micropipeta, se añadirán 0,25 mL de HCl al 15% dentro del Erlenmeyer.
17. Se sacará la suspensión de almidón de la nevera, y nuevamente se agregarán 0,25 mL al Erlenmeyer usando la micropipeta.
18. Consumidos los 5 minutos en el cronómetro, se sacará el vaso de precipitado con el zumo del baño termostático.
19. Se introducirán 10 mL de zumo dentro del Erlenmeyer con una pipeta de 10 mL.
20. Se posicionará el Erlenmeyer bajo la bureta y se empezará a titular la disolución abriendo la llave de paso.
21. A medida que el yodo vaya cayendo se deberá ir agitando el Erlenmeyer.
22. Cuando la disolución comience a tener toques azulados/negrucos se deberá cerrar la llave de paso. La titulación habrá dado por concluida.
23. Se anotará el volumen de yodo consumido en el proceso.
24. Se repetirá este mismo método para las cuatro temperaturas restantes teniendo en cuenta que se deben tener cinco resultados para cada temperatura. Esto facilitará la posterior obtención de un promedio de los datos.

## Datos brutos

**Tabla 1: Volumen de yodo añadido dependiendo de la temperatura**

Temperatura (°C)/ $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$	Volumen yodo (mL)/ $\pm 0,5$ mL				
25,0	22,3	23,2	25,4	22,6	22,7
30,0	20,5	21,9	20,1	19,7	21,2
35,0	18,4	17,2	18,5	18,3	17,8
40,0	15,7	16,7	15,4	14,8	16,8
45,0	12,8	13,7	13,2	12,3	13,4

No se identifica ningún valor extraño para cada temperatura, ya que ningún resultado se aleja de la tendencia general que toman los datos.

## Datos cualitativos

Cabe resaltar como datos cualitativos el hecho de que el propio color del zumo oculta el tibio matiz azul que aporta el yodo. Por eso, hay que estar atento y observar el cambio de color minuciosamente para poder cerrar la llave de paso en el momento justo y no permitir que más yodo entre en contacto con la disolución. [Ver Apéndice 2]

Cuando se retiró el Erlenmeyer al ver los primeros tonos azulados, algunas veces el contenido se puso completamente negro o volvió a su color inicial tras unos segundos. Esto indica que la disolución estaba en un punto de titulación casi exacto, ya que más o menos gotas de yodo hubieran significado que la disolución hubiese virado completamente a azul o hubiese mantenido su color naranja.

Se crearon muchos grumos cuando se mezcló el agua con el almidón. Todo el soluto precipitó y se quedó en el fondo del vaso de precipitado. Por eso, fue necesario el agitador magnético ya que tras haberlo utilizado no había precipitado alguno.

No todas las naranjas producían un zumo con la misma tonalidad naranja. Algunas albergaban un color más amarillento y otras más oscuro. Esto puede significar que la naranja era más vieja o más nueva, o lo que es lo mismo, que tenía un contenido vitamínico distinto. Esto no resulta significativo ya que al elaborar un zumo con varias naranjas el contenido vitamínico se nivela entre todas las piezas.

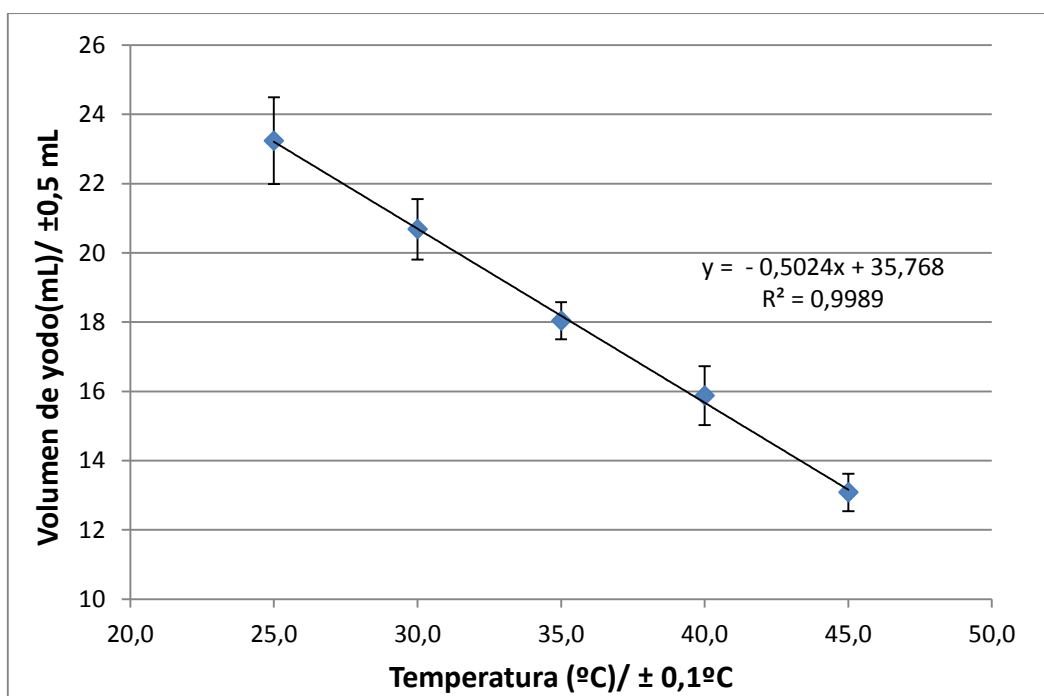
## Datos procesados

**Tabla 2: Volumen medio de yodo añadido y desviación estándar dependiendo de la temperatura**

Temperatura (°C)/ ± 0,1°C	Media del volumen de yodo (mL)/ ± 0,5 mL	Desviación estándar (SD)
25,0	23,24	1,25
30,0	20,68	0,87
35,0	18,04	0,54
40,0	15,88	0,85
45,0	13,08	0,54

Se aprecia que cada vez que aumenta la temperatura en 5°C, el volumen de yodo incrementa en 2,5- 3 mL. Se debe apuntar que la dispersión de los datos, inferida a partir de la desviación, es ínfima, aportando así más precisión a los datos. También, hay que comentar la incertidumbre del volumen de yodo añadido. La media se conformó con cinco valores para cada temperatura, teniendo cada uno de ellos una incertidumbre de ±0,1 mL. El resultado es una incertidumbre que se origina al sumar las cinco presentes en los datos brutos, es decir, ±0,5 mL.

**Gráfico 1: Volumen medio de yodo consumido en la titulación en función de la temperatura. Las barras de error muestran el valor de la SD.**



Estos datos indican indirectamente cómo varía la concentración de vitamina C en los zumos a diferentes temperaturas. Ahora, para hallar la concentración aproximada de vitamina C se debe seguir el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se averigua la cantidad química de ácido ascórbico ( $N_c$ ), multiplicando el volumen de yodo añadido ( $V_y$ ) por su concentración ( $C_y$ ).<sup>16</sup>

Primero para 25°C:

$$N_c = V_y \cdot C_y$$

$$N_c = 0,0232 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 4,64 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$$

Una vez obtenidos los moles de vitamina C, se multiplican por la masa molecular del compuesto ( $M_c$ ) cuya fórmula es  $C_6H_8O_6$ . Así, se halla la masa de la vitamina C en gramos ( $M_g$ ).

$$MM \text{ } C_6H_8O_6 = 176,12 \text{ g/mol}$$

$$M_g = N_c \cdot M_c$$

$$M_g = 4,64 \cdot 10^{-6} \cdot 176,12 = 8,17 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

Finalmente, se dividen los gramos por los litros de zumo titulados.

$$8,17 \cdot \frac{10^{-4}}{0,01} = \frac{0,081 \text{ g}}{L} = 81 \text{ mg} \cdot L^{-1} = 81 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Este es el procedimiento que debe seguirse para las temperaturas siguientes. Aquí se omitirán las fórmulas y directamente se harán los cálculos en cada caso.

Para 30°C:

$$N_c = 0,0206 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 4,12 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$$

$$M_g = 4,12 \cdot 10^{-6} \cdot 176 = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

$$7,25 \cdot \frac{10^{-4}}{0,01} = \frac{0,072 \text{ g}}{L} = 72 \text{ mg} \cdot L^{-1} = 72 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Para 35°C:

$$N_c = 0,018 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$$

$$M_g = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot 176 = 6,33 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

$$6,33 \cdot \frac{10^{-4}}{0,01} = \frac{0,063 \text{ g}}{L} = 63 \text{ mg} \cdot L^{-1} = 63 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Para 40°C:

$$N_c = 0,0158 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 3,16 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$$

---

<sup>16</sup> Las vitaminas (n.d.). *Práctica 21 - Vitamina C en bebidas*. Recuperado el 8 de octubre, 2013 de: <http://docencia.udea.edu.co/cen/tecnicaslabquimico/02practicass/practica21.htm>

$$Mg = 3,16 \cdot 10^{-6} \cdot 176 = 5,56 \cdot 10^{-4}g$$

$$5,56 \cdot \frac{10^{-4}}{0,01} = \frac{0,055g}{L} = 55mg \cdot L^{-1} = 55mg \cdot dm^{-3}$$

Para 45°C:

$$Nc = 0,013 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$$

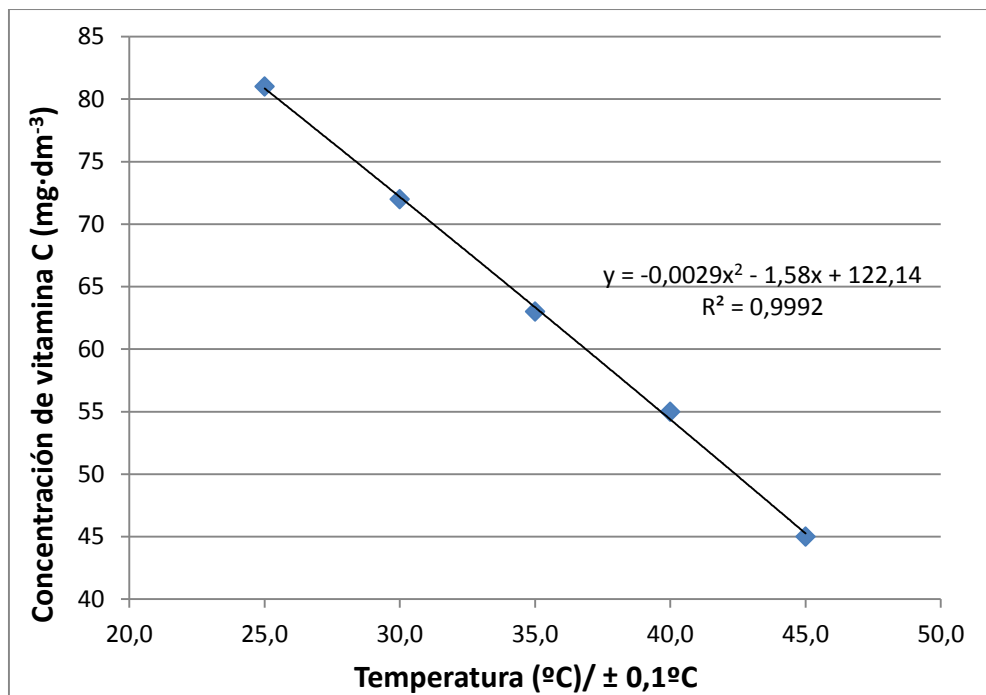
$$Mg = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 176 = 4,57 \cdot 10^{-4}g$$

$$4,57 \cdot \frac{10^{-4}}{0,01} = \frac{0,045g}{L} = 45mg \cdot L^{-1} = 45mg \cdot dm^{-3}$$

**Tabla 3: Contenido de vitamina C en el zumo de naranja en función de la temperatura**

Temperatura (°C)/ ± 0,1°C	Concentración de vitamina C (mg·dm <sup>-3</sup> )
25,0	81
30,0	72
35,0	63
40,0	55
45,0	45

**Gráfico 2: Variación de la concentración de vitamina C dependiendo de la temperatura**



**Tabla 4: Variación del porcentaje de ácido ascórbico presente en el zumo de naranja en función de la temperatura**

Temperatura (°C)/ ± 0,1°C	Contenido de vitamina C (%)	Variación en la concentración de vitamina C (%)
25,0	100,00	0
30,0	88,88	11,12
35,0	77,77	22,33
40,0	67,90	32,10
45,0	55,55	44,45

Para elaborar esta tabla, se ha determinado que el contenido de ácido ascórbico del zumo de naranja a 25°C es el máximo (100%), aunque esto no significa que a esta temperatura la concentración de vitaminas no disminuya por oxidación. Simplemente, como el contenido de vitamina C más elevado era a 25°C, éste se ha tomado como referencia. En otros términos, se puede decir que es la “muestra control” con la que se establecen las comparaciones. Así, se puede distinguir más claramente cómo el contenido de vitamina C disminuye, porcentualmente, a medida que aumenta la temperatura.

### **Discusión y evaluación**

Analizando los datos obtenidos, se aprecia que el grado de precisión es alto puesto que la desviación típica no supera en ninguno de los casos el 33% de la media. Esto es visible en el pequeño tamaño de las barras de error en la gráfica 1. Igualmente, se puede afirmar que las dos variables se ajustan perfectamente a una relación lineal entre ambas, puesto que el valor de  $R^2$  es muy próximo a 1.

Los datos obtenidos se corroboran con aquellos que aparecen en la literatura científica. Específicamente, la concentración de vitamina C del zumo natural no refrigerado a temperatura ambiente (25°C) es de  $76 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .<sup>17</sup>

Si se compara el valor de la literatura con el dato obtenido en esta experimentación, se aprecia que el error porcentual de nuestro dato a 25°C es de 6,57%.

$$\text{Error porcentual} = [(\text{Valor experimental} - \text{valor teórico}) / \text{valor teórico}] \cdot 100$$

$$\text{Error porcentual} = [(81 - 76) \div 76] \cdot 100 = 6,57\%$$

<sup>17</sup> Hablando de Ciencia (n.d.). *HdC en las aulas: estudio del contenido de vitamina C en zumos comerciales*. Recuperado el 25 de diciembre, 2013 de: <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2013/07/11/hdc-en-las-aulas-estudio-del-contenido-de-vitamina-c-en-zumos-comerciales/>



Se puede establecer que el porcentaje de error no es muy elevado; esto aporta más exactitud al resultado obtenido.

Puede que haya habido ciertas debilidades en el proceso de experimentación; por lo que se pueden analizar ciertas fuentes de error junto con sus posibles mejoras.

Primero, hay que indicar que el zumo de naranja no solo tiene ácido ascórbico sino que también posee otros compuestos como el calcio, el selenio, el zinc o el potasio.<sup>18</sup> Esto significa, que a la hora de llevar a cabo la titulación yodométrica puede que otras sustancias sean reductoras (como la vitamina C) y aumenten el volumen de yodo añadido. En consecuencia, puede existir una sobreestimación de la concentración de ácido ascórbico, generándose una menor fiabilidad de los datos. Esto puede explicar por qué la concentración de vitamina C experimental fue superior a la hallada en la literatura. Para mejorar y evitar que la vitamina C sea sobreestimada, se podrían utilizar pastillas de vitamina C puras que no contengan ningún aditivo ni ningún tipo de compuesto ajeno al ácido ascórbico.

A la hora de hacer el experimento se tienen que sacar los Erlenmeyers del baño termostático durante un corto periodo de tiempo. Esto disminuye la temperatura aunque en pequeña medida ya que la titulación se realizaba in situ. Era imposible efectuar el proceso experimental dentro del propio baño puesto que no podían acoplarse todos los utensilios, por eso hubo la necesidad de extraer el frasco. Para mejorar e intentar contrarrestar posibles variaciones en las temperaturas, que puedan dar lugar a resultados menos fiables, se puede utilizar el propio calentador magnético como fuente de calor, para así controlar la temperatura. En función de la intensidad magnética la temperatura puede ser manipulada y no hace falta retirar el Erlenmeyer del mismo, puesto que la bureta puede ser fácilmente colocada; así la titulación se realizaría en ese mismo punto. [Ver Apéndice 3]

Cuando la titulación está a punto de finalizar y los tonos azulados comienzan a emerger, no se sabe cuándo es el momento exacto en el que se debe cerrar la llave de paso y dejar de verter yodo. Esto genera inexactitud y afecta a la fiabilidad de los datos, ya que puede que se añadan más o menos gotas. Para intentar solucionar este problema y obtener datos coherentes se puede utilizar un espectrofotómetro para realmente saber si se debe seguir añadiendo yodo puesto que aun la totalidad de las vitaminas no han sido oxidadas. Este aparato emite un haz de luz que pasa a través del zumo proporcionando la absorbancia en nanómetros (nm), es decir, cuánta luz es capaz de absorber el color del compuesto. Cuánto más claro sea más luz dejará pasar, mientras que cuanto más oscuro menos. De esta forma, si se estandariza la absorbancia y se establece que el zumo debe tener “x” nm para que exista una titulación perfecta; se podrá recurrir al espectrofotómetro para saber si hay que seguir añadiendo yodo o simplemente ya se ha vertido un volumen superior al idóneo.

---

<sup>18</sup> Fitness y nutrición. Vitónica. (n.d.). *La naranja, fuente de vitamina C*. Recuperado el 4 de enero, 2014 de: <http://www.vitonica.com/alimentos/la-naranja-fuente-de-vitamina-c>

## Conclusión

Los resultados obtenidos muestran que la temperatura tiene un efecto sobre la concentración de ácido ascórbico presente en el zumo de naranja. Altas temperaturas provocan que la concentración de vitamina C disminuya, mientras que temperaturas más bajas conservan mejor el zumo, facilitando que menos vitaminas sean oxidadas. Por lo tanto, se puede aseverar que el calor acelera el proceso de oxidación del ácido ascórbico en el zumo de naranja. A la temperatura más alta (45°C), la concentración de vitamina fue la más baja con 45 mg·dm<sup>-3</sup>. En cambio, a la temperatura más baja (25°C), la concentración fue la más elevada con 81 mg·dm<sup>-3</sup>. Las temperaturas intermedias (30, 35 y 40 °C), siguieron el patrón establecido anteriormente con 72, 61 y 55 mg· dm<sup>-3</sup> respectivamente.

La explicación científica de esta tendencia es clara; esta reacción redox, en la cual la vitamina C es oxidada y el yodo reducido, requiere una baja energía de activación.<sup>19</sup> Esto significa que la energía mínima para que la reacción tenga lugar es muy baja, (explicando el hecho de que el zumo en condiciones ambientales normales pierda vitaminas).<sup>20</sup> Ahora bien si se aumenta la temperatura, la reacción ocurre más rápido puesto que la velocidad de colisiones entre las moléculas de yodo y las vitaminas incrementa.<sup>21</sup> En consecuencia, más ácido ascórbico es oxidado y más yodo es reducido en una menor franja de tiempo.

En ningún caso esto quiere decir que a una menor temperatura la concentración de vitamina C incrementa. Lo que ocurre simplemente es que el proceso de oxidación se ralentiza preservando el contenido de vitamínico durante más tiempo.

Por lo tanto se puede concluir, como respuesta a la pregunta de investigación inicial, que en las noches veraniegas sevillanas, las altas temperaturas sí pueden disminuir la concentración de ácido ascórbico de aquellos zumos de naranja que se venden en los supermercados. Como en la etapa nocturna el aire acondicionado de los supermercados está apagado, la vitamina C es más propensa a degradarse debido al impacto de las elevadas temperaturas. Esto quiere decir que la oxidación de ácido ascórbico se producirá más rápidamente, cuánto más altas sean las temperaturas del ambiente.

Analizando la tabla 4 en detalle, se puede apreciar que la incidencia calorífica es verdaderamente significativa. A medida que aumenta la temperatura en 5°C se pierde alrededor de un 10 % del contenido de ácido ascórbico con respecto a la concentración

---

<sup>19</sup> Rebollo, C., & Hernandez, V. (2005). *Vitamina C: una estrategia didáctica polifuncional*. España: Ice.

<sup>20</sup> eHow en Español (n.d.). *¿Qué vitaminas contiene una naranja?* Recuperado el 22 de Octubre, 2013, de: [http://www.ehowenespanol.com/vitaminas-contiene-naranja-lista\\_114724/](http://www.ehowenespanol.com/vitaminas-contiene-naranja-lista_114724/)

<sup>21</sup> Tu red social deportiva (n.d.). *¿Pierde la vitamina C el zumo de naranja?* Recuperado el 20 de abril, 2013 de: <http://www.depormeet.com/contenido/pierde-la-vitamina-c-el-zumo-de-naranja/393>

de vitaminas a 25°C. Esto se traduce en una pérdida aproximada de 9 mg· dm<sup>-3</sup> cada vez que la temperatura incrementa en 5°C. Esto es una tasa de oxidación muy elevada que variaría la concentración de vitamina C estipulada en el envase del zumo de naranja natural no refrigerado. Por lo que, una típica noche veraniega sevillana bastante calurosa (30°C) causaría una degradación bastante apreciable del ácido ascórbico, con una disminución del 10% de su contenido.

Tomando como referencia que la cantidad de vitamina C diaria recomendada es 60 mg <sup>22</sup>, unas temperaturas nocturnas sevillanas superiores a 40°C oxidarían excesivamente el zumo natural no refrigerado, provocando que en 1 L no hubiera el contenido de ácido ascórbico mínimo diario. Por otro lado, unas temperaturas nocturnas más suaves (inferiores a 35°C) no generarían una pérdida tan grande; esto significa que en un 1 L sí se encontraría la dosis que debe ingerirse en el día a día. Con lo que se concluye que, una elevada reducción en la concentración de vitamina C podría llegar a tener repercusiones nutricionales; ya que si la única fuente de ácido ascórbico para una persona fueran los zumos de naranja no refrigerados, sería muy complicado alcanzar la dosis mínima diaria. En consecuencia, esto claramente podría provocar la aparición de problemas de salud derivados de una deficiencia de vitamina C en la dieta.

---

<sup>22</sup> Nutrición para todos (n.d.). *VITAMINA C*. Recuperado el 13 de diciembre, 2013 de: <http://www.iqb.es/nutricion/vitaminac/vitaminac.htm>

## **Bibliografía**

Agencia Estatal de Meteorología. (n.d.) *Análisis estacional: Sevilla aeropuerto*. Recuperado el 7 de mayo, 2013, de: [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/analisis\\_estacional](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/analisis_estacional)

Ayuntamiento de Sevilla. (n.d.). *Clima*. Recuperado el 1 de febrero, 2014, de: <http://www.sevilla.org/ciudad/clima-1>

Barber, J., & California, B. (1988). *Vitamin C testing*. Berkeley: Lawrence Hall of Science University of California.

Cameron, E., & Pauling, L. (1979). *Cancer and vitamin C: a discussion of the nature, causes, prevention, and treatment of cancer with special reference to the value of vitamin C*. Menlo Park, Calif.: Linus Pauling Institute of Science and Medicine

Conservación de las vitaminas. (n.d.). *¿Cómo se conservan y se aprovechan mejor las vitaminas?* Recuperado el 3 de febrero, 2014, de: <http://www.botanical-online.com/medicinalesvitaminasconsevacion.htm>

CONSUMER (n.d.). *Calcular la cantidad de vitamina C en los zumos*. Recuperado el 10 de noviembre 2013, de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/10/12/188461.php>

Docta Ignorantia. (n.d.). *Te Falta Vitamina C*. Recuperado el 3 de febrero, 2014, de: <http://bolux.blogspot.com.es/2007/10/te-falta-vitamina-c.html>

eHow en Español (n.d.). *¿Qué vitaminas contiene una naranja?* Recuperado el 22 de Octubre, 2013, de: [http://www.ehowenespanol.com/vitaminas-contiene-naranja-lista\\_114724/](http://www.ehowenespanol.com/vitaminas-contiene-naranja-lista_114724/)

Fitness y nutrición. Vitónica. (n.d.). *La naranja, fuente de vitamina C*. Recuperado el 4 de enero, 2014 de: <http://www.vitonica.com/alimentos/la-naranja-fuente-de-vitamina-c>

Hablando de Ciencia (n.d.). *HdC en las aulas: estudio del contenido de vitamina C en zumos comerciales*. Recuperado el 25 de diciembre, 2013 de: <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2013/07/11/hdc-en-las-aulas-estudio-del-contenido-de-vitamina-c-en-zumos-comerciales/>

La vitamina C. (n.d.). *Ácido ascórbico en los alimentos*. Recuperado el 25 de mayo, 2013 de: <http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/Nutricion/vitaC.htm>

Las vitaminas (n.d.). *Práctica 21 - Vitamina C en bebidas*. Recuperado el 8 de octubre, 2013 de: <http://docencia.udea.edu.co/cen/tecnicaslabquimico/02practic/practica21.htm>

Nutrición para todos (n.d.). *VITAMINA C*. Recuperado el 13 de diciembre, 2013 de: <http://www.iqb.es/nutricion/vitaminac/vitaminac.htm>

Qué.es. (n.d.). *El consumo de cítricos podría reducir el riesgo de derrame cerebral*. Recuperado el 5 de abril, 2013, de: [http://www.que.es/madrid/201402151046-consumo-citricos-podria-reducir-riesgo.html?anker\\_4](http://www.que.es/madrid/201402151046-consumo-citricos-podria-reducir-riesgo.html?anker_4)

Rebollo, C., & Hernandez, V. (2005). *Vitamina C: una estrategia didáctica polifuncional*. España: Ice.

Ruiz Hidalgo, J. (2011). *Determinación experimental del contenido de ácido ascórbico en un zumo de naranja* [e-book] Recuperado el 3 de diciembre, 2013 de [http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_43/JAVIER\\_RUIZ\\_1.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_43/JAVIER_RUIZ_1.pdf)

Tu red social deportiva (n.d.). *¿Pierde la vitamina C el zumo de naranja?* Recuperado el 20 de abril, 2013 de: <http://www.depormeet.com/contenido/pierde-la-vitamina-c-el-zumo-de-naranja/393>

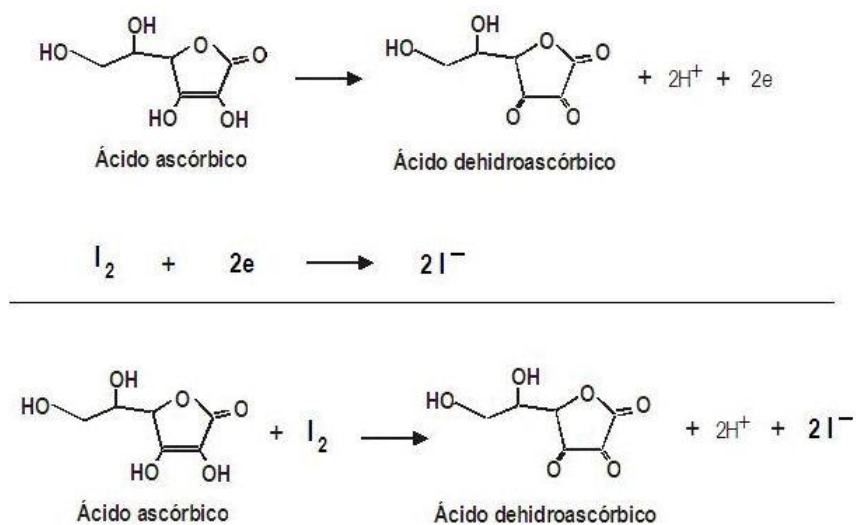
Universidad para los Mayores (2011) *Cuantificación de vitamina C* [e-book]. Recuperado el 20 de abril, 2013 de: [www.uah.es/mapa/CuantificacionVitaminaC.doc](http://www.uah.es/mapa/CuantificacionVitaminaC.doc).

U.S National Library of Medicine. (n.d.). *Vitamina C: MedlinePlus enciclopedia médica*. Recuperado el 2 de enero, 2014 de: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002404.htm>

Zonadiet. (n.d.) *La conservación de las vitaminas en los alimentos*. Recuperado el 10 de noviembre, 2014 de: <http://www.zonadiet.com/nutricion/coccion.htm>

## Apéndice

1)



**Imagen 3:** Oxidación del ácido ascórbico y reducción del yodo<sup>23</sup>

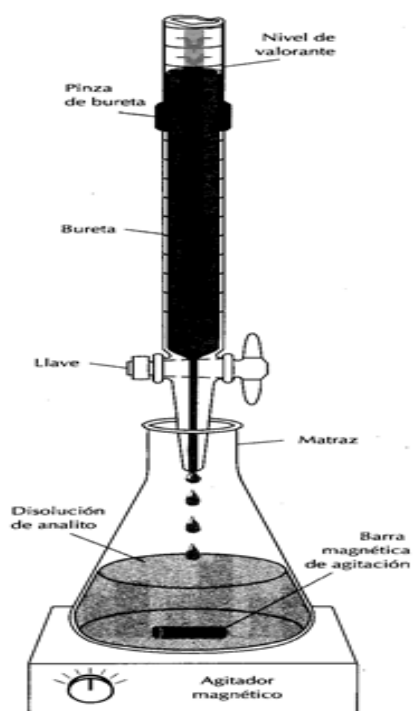
2)



**Imagen 4:** Color del zumo de naranja una vez vertido el yodo

<sup>23</sup> Universidad para los Mayores (2011) *Cuantificación de vitamina C* [e-book]. Recuperado el 20 de abril, 2013 de: [www.uah.es/mapa/CuantificacionVitaminaC.doc](http://www.uah.es/mapa/CuantificacionVitaminaC.doc).

3)



**Imagen 5:** Ejemplo de titulación empleando un agitador magnético<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Hablando de Ciencia (n.d.). *HdC en las aulas: estudio del contenido de vitamina C en zumos comerciales*. Recuperado el 25 de diciembre, 2013 de: <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2013/07/11/hdc-en-las-aulas-estudio-del-contenido-de-vitamina-c-en-zumos-comerciales/>