

# Efecto de la temperatura del agua en la tasa de ósmosis de *Daucus carota*

Ángela Cebolla Sousa

**Resumen:** El cambio climático, y en concreto el ascenso de las temperaturas, no sólo provocan un aumento excesivo de esta en el agua procedente de la lluvia sino también en la frecuencia de las sequías, alterando algunos de los procesos fisiológicos de las plantas superiores, como es la ósmosis. En consecuencia, el cultivo de raíces alimenticias tan importantes como la zanahoria (*Daucus carota*) puede verse afectado. Con estos antecedentes, el objetivo de esta investigación ha sido analizar el efecto de la temperatura en la tasa de ósmosis de la zanahoria en medios hipotónicos e hipertónicos de sacarosa, con el fin de estudiar su impacto en épocas de lluvia abundante y escasa, respectivamente. Los resultados muestran que la temperatura óptima para el cultivo de esta hortaliza en periodos de lluvia es de 25 °C, frente a los 5 °C en temporadas secas, y que a partir de los 35 °C la membrana plasmática se debilita considerablemente.

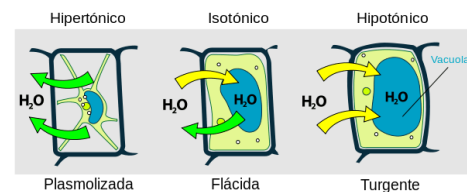
**Palabras claves:** *Daucus carota*, ósmosis, sacarosa, temperatura

## 1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global ya no es solo un problema del futuro. La acumulación de gases contaminantes provoca que las temperaturas aumenten y que los climas cambien dando lugar a una de las catástrofes más graves a las que se enfrenta el hombre, la sequía. El crecimiento de las plantas superiores se ve especialmente perjudicado por ello, ya que estas extraen agua del suelo para realizar sus procesos fisiológicos. Es conocido que el agua penetra en los tejidos de la raíz por ósmosis, fenómeno físico-químico relacionado con el movimiento de un disolvente a través de una membrana semipermeable de manera espontánea, desde un medio con baja concentración de soluto a otro con una mayor concentración, con el objetivo de equilibrar la presión hidrostática. Por lo tanto, las sequías pueden tener importantes consecuencias para las plantas vasculares, provocando que queden expuestas a bajas concentraciones de disolvente en el suelo, con la consiguiente pérdida de agua [14]. Por otra parte, la radiación solar calienta la superficie de la tierra, por lo que además este disolvente podría estar sujeto a cambios de temperaturas extremos.

Entre las plantas superiores cultivadas que se consumen como alimento están las hortalizas, y dentro de este grupo, la zanahoria (*Daucus carota*), una de las verduras más populares del mundo, siendo la raíz la parte que se consume. Esta hortaliza posee además importantes beneficios para la salud, ya que contiene altos contenidos de betacarotenos (vitamina A), fibra y antioxidantes [10]. Uno de los procesos vitales en el cultivo de las zanahorias es la ósmosis, el cual se puede ver impactado por su área superficial, presión osmótica, diferencia de concentración de soluto entre el interior de sus células y el medio exterior, intensidad lumínica y temperatura, es decir, factores que afectan a la tasa de ósmosis [1]. Como muchos otros vegetales, cuando la

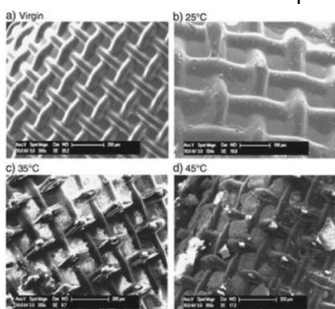
zanahoria está en un medio hipotónico aumenta su tamaño, proceso llamado citólisis, mientras que si se encuentra en un medio hipertónico disminuye su volumen, fenómeno conocido como crenación (Figura 1).



**Figura 1.** Estados en los que se encuentran las células vegetales en medios hipertónicos, isotónicos e hipotónicos [6].

La zanahoria contiene 4.7 g de sacarosa (fructosa y glucosa) por cada 100 g de masa. Este disacárido es fundamental para el crecimiento de la planta, y su concentración en el suelo debe ser de 0.15 M para que se halle en un medio isotónico [8]. Por ello, concentraciones superiores o inferiores a esta pueden dar lugar a que *Daucus carota* pierda o gane agua respectivamente, para igualar la concentración de este soluto fuera y dentro de sus células. Por otra parte, la temperatura también afecta a la tasa de ósmosis en la zanahoria, y al igual que la concentración de sacarosa y disolvente en el suelo, puede ser muy variable en la naturaleza, dependiendo de la estación del año, el terreno en el que se encuentre y el clima donde esté localizada. Cuanto más alta sea la temperatura, más energía cinética tendrán las partículas de agua, por lo que se produce un incremento en la presión osmótica, y por consiguiente en la tasa de ósmosis [1]. No obstante, a temperaturas muy altas, por ejemplo 65 °C, la membrana semipermeable puede verse dañada de modo que comiencen a pasar solutos a través de ella porque se debilita [9,11]. De hecho, estudios previos realizados con una membrana semipermeable en medios hipotónicos e hipertónicos

demuestran que la tasa de ósmosis es óptima a temperatura ambiente [4, 15]. Además, en la solución hipertónica también puede ocurrir un ensuciamiento de la membrana, es decir la acumulación en ella de solutos disueltos en el agua, como se observa en la **Figura 2**, evitando el transporte de este disolvente alrededor de la membrana semipermeable [15].



**Figura 2.** Imágenes de la membrana plasmática al microscopio electrónico después de estar 15 horas en un medio hipertónico con agua a 25 °C (b), 35 °C (c) y 45 °C (d) en comparación con su estado inicial (a) [15].

## 2. VARIABLES Y METODOLOGÍA

Se midió la tasa de ósmosis en la zanahoria a 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C y 40 °C, que se corresponden con las encontradas en distintos países en diferentes épocas de lluvia [7], ya que el agua adquiere dichas temperaturas al entrar en contacto con el aire [3]. Para ello, se utilizó un hervidor eléctrico con el fin de que este disolvente alcance los 35 y 40 °C, lo que permitiría tener un menor gasto de materiales respecto a un baño María. Asimismo, y para adaptar la temperatura del agua a los 15 y 5 °C, se introdujo la misma en un frigorífico y congelador, respectivamente. Por último, para que la temperatura de esta estuviese a 25 °C se utilizó tanto el frigorífico como el hervidor.

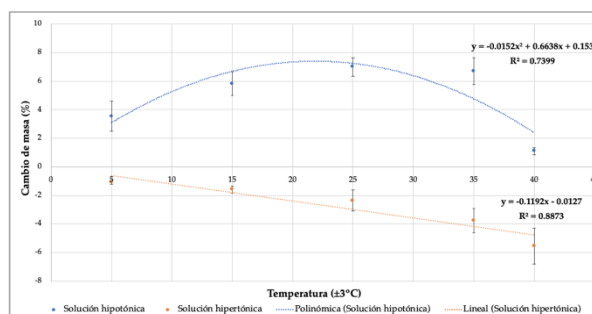
La variable independiente secundaria fue la variación de las concentraciones de sacarosa disuelta en el agua destilada. Se escogió el azúcar como soluto ya que la zanahoria está parcialmente compuesta de sacarosa, se puede encontrar libre en el suelo [13] y existen pocos estudios respecto al efecto que esta ejerce en la tasa de ósmosis de esta hortaliza. La concentración de este azúcar en el agua fue de 0.45 M en el medio hipertónico, el triple de la concentración media de sacarosa en la zanahoria (0.15 M), ya que un estudio previo demostró que a partir de esta concentración hay una pérdida significativa en la masa de esta hortaliza [16], y 0 M de la misma en el medio hipotónico. Estas variaciones en las concentraciones del azúcar fueron controladas con una balanza y una probeta. Asimismo, se introdujo en un vaso la zanahoria cortada en 4 trozos de igual dimensión, con 40 cm<sup>3</sup> de agua, a la temperatura de estudio y con las correspondientes concentraciones de sacarosa. Estos experimentos se llevaron a cabo de esta forma para realizar el menor gasto de recursos posible. Posteriormente, se mantuvo a las zanahorias en cada recipiente durante 1 hora, tiempo descrito como suficiente para realizar la ósmosis [5]. Por último, se calculó el cambio en la masa (%) de *Daucus carota* con ayuda de una balanza. Todo

ello permitió analizar la diferencia en la tasa de ósmosis a distintas temperaturas y concentraciones de sacarosa. Se obtuvieron 50 medidas, 10 para cada temperatura y entre ellas, 5 para cada concentración de este azúcar.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Efecto de la temperatura en el cambio de masa de *Daucus carota*

En la **Figura 3** se muestra el cambio porcentual de la masa de la zanahoria en un medio hipertónico (0.45 M) e hipotónico (0 M) de sacarosa a diferentes temperaturas. Como se puede observar en ella, la variación en la tasa de ósmosis de esta hortaliza es diferente en un medio hipertónico e hipotónico.



**Figura 3.** Cambio de masa (%) de la zanahoria en un medio hipotónico e hipertónico de sacarosa a diferentes temperaturas.

Como se puede apreciar en la figura, la tasa de ósmosis de la zanahoria en un medio hipotónico sigue un modelo parabólico, siendo la temperatura óptima para esta los 25 °C, disminuyendo de manera notable a partir de los 35 °C. En cambio, la variación de masa de *Daucus carota* sigue un modelo de regresión lineal en la solución hipertónica, siendo la tasa óptima de ósmosis los 40 °C.

### 3.2. Coeficiente de correlación de Spearman entre la tasa de ósmosis de *Daucus carota* y temperatura en medio hipertónico

Para comprobar si existe una correlación estadísticamente significativa entre la tasa de ósmosis y la temperatura en un medio hipertónico de sacarosa, al encontrarse una relación lineal entre ambas, se calculó el coeficiente de correlación Spearman con los resultados obtenidos. Por ello, aceptar la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) indicaría que no existe una dependencia entre las dos variables en el rango de temperaturas estudiado. Para averiguarlo, se empleó la **Ecuación 1**.

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)} \quad (1)$$

El resultado de esta ecuación es -0.942, por debajo del valor crítico (-0.805) para esta muestra. Por consiguiente, podría existir una dependencia entre la temperatura del agua en un rango de 5 °C a 40 °C y la tasa de ósmosis de *Daucus carota* en un medio hipertónico.

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que la temperatura ejerce un impacto diferente en la tasa de ósmosis de *Daucus carota* según se encuentre en un medio hipotónico o hipertónico de sacarosa. No obstante, en ambos casos esta es menor a temperaturas bajas (5 °C y 15 °C) que altas, debido a que las moléculas de agua tienen una menor energía cinética y la membrana disminuye su permeabilidad, reduciendo por tanto la ganancia o pérdida de agua de esta hortaliza [12]. Del mismo modo, la tasa de ósmosis es mayor a temperaturas superiores probablemente debido al mayor movimiento de los fosfolípidos en la membrana plasmática, aumentando la capacidad de la zanahoria de ganar o perder agua o incluso otras partículas [9]. Asimismo, este incremento en la tasa se podría explicar también por la menor viscosidad del agua, mayor solubilidad de la sacarosa y permeabilidad del agua alrededor de la membrana plasmática. Estos fenómenos parecen haber predominado sobre el ensuciamiento que ocurre en ella en una solución hipertónica a altas temperaturas, evitando el transporte de agua [15]. Por otra parte, los resultados concuerdan con la ecuación de Van't Hoff de la presión osmótica que se muestra en la Ecuación 2.

$$\Delta\pi = RT\Delta c \quad (2)$$

Por lo tanto, a temperaturas más altas la presión osmótica es mayor y por ello también la tasa de ósmosis. Sin embargo, se observa que a partir de los 35 °C en una solución hipotónica el aumento de masa disminuye, siendo prácticamente nulo a los 40 °C. Este hecho podría indicar que, por difusión, solutos de pequeño tamaño atraviesan la membrana plasmática con más frecuencia debido a su mayor permeabilidad [9]. Todo ello explicaría además por qué la pérdida de masa empieza a incrementarse de manera más considerable entre los 25 °C y 35 °C, para después bajar en casi un 2% a 40 °C en la solución hipertónica.

Del mismo modo, los resultados obtenidos en este trabajo se asemejan, en general, con lo descrito en la literatura científica. Así, por ejemplo, un estudio demostró que los mecanismos fisiológicos de la planta se ven afectados a partir de los 30-40 °C [5]. De igual manera, se ha comprobado que si la zanahoria se mantiene durante media hora en un medio hipertónico de azúcar en un rango de temperatura de 20 a 60 °C, su mayor pérdida de masa se produce a los 40 °C [17]. Por otro lado, otros autores han descrito que el flujo del agua es mayor a 20-30 °C que a 10 °C y a 45 °C cuando una membrana semipermeable se mantiene 15 horas en estos medios. En este último caso, los resultados obtenidos se relacionan con el ensuciamiento de ésta, que impide además la pérdida de otras partículas [15]. Esta contradicción entre ambos estudios permitiría concluir que el tiempo de duración del experimento

puede ser fundamental para el efecto de este fenómeno en la tasa de ósmosis.

#### 5. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos de este trabajo demuestran que la temperatura óptima del agua para que la zanahoria pueda absorber la mayor cantidad de esta en el suelo, crecer y desarrollarse de forma óptima es de 25 °C. Esta temperatura se puede encontrar en países con climas tropicales lluviosos o mediterráneos en invierno, y en países oceánicos en verano. Además, se observó que a 5 °C la zanahoria pierde el menor volumen de agua, lo que implica que en países continentales o polares el cultivo de zanahoria se verá menos impactado en épocas de sequía respecto a otros lugares del planeta. Sin embargo, en países tropicales con temperaturas alrededor de los 40 °C [2], el cultivo de zanahorias se puede ver muy afectado, tanto en un medio hipotónico como hipertónico, al ganar esta hortaliza menos agua y perder otros solutos, respectivamente. Por lo tanto, puede que el aumento de las temperaturas y las sequías afecten de manera significativa a procesos fisiológicos fundamentales de los seres vivos.

Estos resultados podrían aplicarse además a distintos procedimientos industriales como la desalinización del agua, la transformación energética, sistemas farmacéuticos y el tratamiento de alimentos. En esta última área, cabría la posibilidad de emplear los datos obtenidos con la solución hipertónica de sacarosa, ya que al ser la zanahoria un alimento perecedero por su alto contenido en agua, permitiría su conservación prolongada. De esta forma, se podría extender la vida útil de la zanahoria e incluso de otros alimentos de una manera asequible, lo cual sería especialmente valioso en países subdesarrollados donde un porcentaje considerable de las frutas y verduras cultivadas se desechan [17].

Del mismo modo, la metodología de este trabajo podría extrapolarse a otras raíces alimenticias para demostrar cómo el cambio climático afecta a una gran variedad de alimentos que consumimos.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Apec. "A complete resource guide on osmosis", APEC Water, <https://www.freedrinkingwater.com/resource-a-complete-resource-guide-to-osmosis.htm>, 2011.
- [2] Ayén, F., "Climas y paisajes naturales", Profesor Francisco, <https://www.profesorfrancisco.es/2013/07/climas-y-paisajes-naturales.html>, 2013.
- [3] Byers, H., Moses, H., & Harney, P., "Measurement of rain temperature.", *Journal of Meteorology*, vol. 6, no 1, pp. 51-55. doi: 10.1175/1520-0469(1949)006<0051:mort>2.0.co;2, 1949.
- [4] Cancilla, T., "The effect of temperature on the rate of osmosis", Prezi, <https://prezi.com/hqn06hkicp4y/the-effects-of-temperature-on-the-rate-of-osmosis/>, 2013.
- [5] Chaves-Barrantes, N., & Gutiérrez-Soto, M., "Respuestas al estrés por calor en los cultivos I. Aspectos moleculares, bioquímicos y

- fisiológicos.", *Agronomía Mesoamericana*, vol. 28, no 1, pp. 237-253, doi: 10.15517/am.v28i1.21903, 2016.
- [6] Costas, G., "Ósmosis ¿qué es y qué función tiene?", *Ciencia y Biología*. <https://cienciaybiologia.com/osmosis/>, 2019.
- [7] Dorado Weather, "World daily high and low 24 hours temperatures with maximum world rainfall.", *El Dorado Weather*, <https://www.eldoradoweather.com/climate/world-extremes/world-temp-rainfall-extremes.php>, 2019.
- [8] Guzmán, M., "La sacarosa: el dulce de las plantas", *sabermás*, <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/267-numero-31/479-la-sacarosa-el-dulce-de-las-plantas.html>, 2019.
- [9] Hope, A., & Aschberger, P., "Effects of temperature on membrane permeability to ions." *Australian Journal of Biological Sciences*, vol. 23, no 4, doi: 10.1071/bi9701047, 1970.
- [10] Leyva, L., "Zanahoria: propiedades, beneficios, origen, tipos, características y más.", *tuberculos.org*, <https://www.tuberculos.org/zanahoria>, 2019.
- [11] Nabiadi, I., Murharbil, S., Kemp, R., & Reese, M. "How temperature affects osmosis", *slideserve*, <https://www.slideserve.com/nat/how-temperature-affects-osmosis>, 2012.
- [12] Quinn, P., "Effects of temperature on cell membranes.", *Symposia of the Society for Experimental Biology*", vol. 42, pp. 237-258, 1988.
- [13] Romero, L., & Vega, J., "XIII Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal", *Universidad de Sevilla*, pp. 34-35, 1999.
- [14] Sadava, D. & Purves, W. *Vida*, "La ciencia de la biología", pp. 371, 2009.
- [15] Shin, S., & Kim, A., "Temperature effect on forward osmosis", *Osmotically driven membrane processes - approach, development and current status.*, doi: 10.5772/intechopen.72044. 2017.
- [16] Wayne, L. "Carrot osmosis experiment", *Infogram*, <https://infogram.com/carrot-osmosis-experiment-1gl8m373xqvw36>.
- [17] Yadav, A., & Singh, S., "Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review", *Journal of Food Science and Technology*, vol. 51, no 7, pp. 1654-1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2, 2012

**Ángela Cebolla Sousa** estudió el Bachillerato Internacional y el US High School Diploma en el Colegio Internacional de Sevilla San Francisco de Paula durante los cursos académicos 2018-2020. Este proyecto fue presentado para su evaluación interna en la asignatura de Biología Nivel Superior del Bachillerato Internacional. Actualmente cursa Medicina en el Imperial College de Londres.

