



Vol. 10 Núm. 3  
Sep.-Dic. 2023  
pp 179-182

# Propuesta de una fórmula matemática para garantizar la calidad en la conservación de vacunas

## Mathematical formula to guarantee the quality of vaccine preservation

José Alejandro Morales-Rodríguez,\* Elsa Uribe-Sánchez,<sup>†</sup>  
Fernanda Morales-Pérez,<sup>§</sup> Maricela Cárdenas-Medrano<sup>‡</sup>

### RESUMEN

**Objetivo:** identificar el número ideal de botellas cerradas llenas de agua que debe tener una unidad refrigerante con biológicos mediante el uso de una fórmula matemática de acuerdo con las recomendaciones del *Manual de Vacunación*. **Material y métodos:** se desarrollaron varias fórmulas matemáticas que permitieran identificar el número ideal de botellas cerradas llenas de agua que debe haber en el estante inferior de los refrigeradores que conservan vacunas. Se incluyeron refrigeradores con diversas dimensiones. **Resultados:** se obtuvo una fórmula matemática que indica el número ideal de botellas cerradas llenas de agua a lo largo y ancho del refrigerador, de acuerdo al área de su piso. **Conclusiones:** una adecuada red de frío garantiza la calidad de las vacunas que se conservan en las diferentes unidades médicas. La fórmula presentada permite garantizar que exista la cantidad adecuada de éstas.

**Palabras clave:** vacunas, calidad de la atención de salud, equipo de la cadena de frío.

### ABSTRACT

**Objective:** identify the ideal number of closed bottles filled with water that a refrigerating unit with biologicals should have by using a mathematical formula following the recommendations of the *Vaccination Manual*. **Material and methods:** several mathematical formulas were developed to identify the ideal number of closed bottles filled with water that should be on the bottom shelf of refrigerators that store vaccines. Refrigerators with various dimensions were included. **Results:** a mathematical formula was obtained that indicates the ideal number of closed bottles filled with water throughout the refrigerator, according to the area of its floor. **Conclusions:** an adequate cold network guarantees the quality of the vaccines that are kept in the different medical units. The formula presented allows to guarantee that there is an adequate amount of these.

**Keywords:** vaccines, quality of health care, cold chain equipment.

## INTRODUCCIÓN

El numeral 4.4.2.6.5 del *Manual de Vacunación*, en el apartado que trata sobre las medidas básicas recomendadas para la conservación de las vacunas menciona que "en los estantes inferiores del gabinete del refrigerador se colocarán bote-

llas cerradas llenas de agua. El número dependerá del tamaño y capacidad del estante del refrigerador; las botellas llenas de agua se cambiarán cada semana dentro de las actividades de mantenimiento preventivo. La distancia que deben guardar entre sí las botellas es entre 2 a 5 cm, espacio suficiente para permitir la libre

**Citar como:** Morales-Rodríguez JA, Uribe-Sánchez E, Morales-Pérez F, Cárdenas-Medrano M. Propuesta de una fórmula matemática para garantizar la calidad en la conservación de vacunas. *Salud Jalisco*. 2023; 10 (3): 179-182. <https://dx.doi.org/10.35366/113309>

\* Hospital Comunitario de Colotlán, Secretaría de Salud Jalisco. Jalisco. ORCID: 0000-0001-5417-3802.

<sup>†</sup> Región Sanitaria I, Secretaría de Salud Jalisco. Colotlán, Jalisco.

<sup>§</sup> Departamento de Enfermería para la Atención, Desarrollo y Preservación de la Salud Comunitaria del Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara. Jalisco.

Recibido: 01/03/2022.  
Aceptado: 01/11/2022.

circulación de aire entre cada botella”.<sup>1</sup> Estas botellas tienen el propósito de estabilizar la temperatura interna del refrigerador, y su número dependerá de la capacidad interna de esta unidad refrigerante, las cuales pueden ser de diferentes dimensiones en las variadas unidades aplicativas donde se utilizan biológicos. Por ello, este documento presenta una propuesta de fórmula con la que se puede garantizar que los refrigeradores de las unidades médicas cumplan con la cantidad ideal de botellas cerradas llenas de agua, para garantizar, así, la adecuada conservación de las vacunas.

### JUSTIFICACIÓN

El *Manual de Vacunación* menciona que las botellas con agua generan una “masa de aire frío” que permite prolongar la vida fría del refrigerador ante una falla del funcionamiento del equipo frigorífico, y recuperar la temperatura normada en menor tiempo en caso de corte del suministro eléctrico, desabastecimiento de combustible o apertura de las puertas.

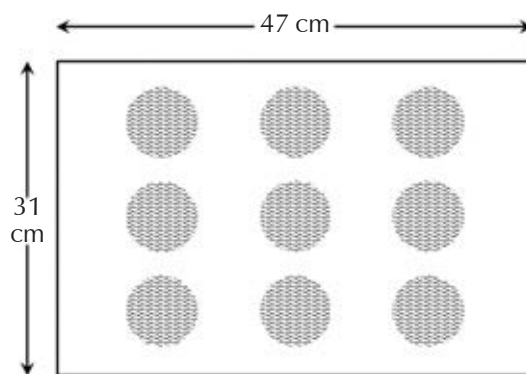
Por ello, la distancia que marca el propio manual para garantizar el cumplimiento de los objetivos mencionados es importante. Éste también menciona que el número de botellas cerradas llenas de agua dependerá del tamaño y espacio del estante, y hace la aclaración que debe haber espacio entre botellas y paredes del refrigerador entre 2 y 5 cm.

Por tanto, se propone una estrategia para saber cuántas botellas sería lo ideal que tuviera una unidad refrigerante con la mínima intervención posible, con el fin de garantizar los lineamientos previamente citados. Lo anterior sirve no sólo para el área operativa, los principales interesados, sino también para el personal supervisor, pues así pueden incluir esta actividad de control en sus actividades cotidianas y así, entre todos garantizar la calidad del biológico resguardado en las unidades médicas.

**Objetivo.** Identificar el número ideal de botellas cerradas llenas de agua que debe tener una unidad refrigerante con biológicos, mediante el uso de una fórmula matemática con el cumplimiento de las recomendaciones del *Manual de Vacunación*.

### INFORMACIÓN NECESARIA

- 1) Medidas internas de la base del refrigerador: ancho y fondo en cm.
- 2) Medida del diámetro de la base de una botella



**Figura 1:** Esquema de fondo de un refrigerador de 47 por 31 cm y sus botellas de agua.

Fuente: elaboración propia.

con agua que utilizará para colocar en los estantes inferiores en cm. Es necesario que todas las botellas que se vayan a colocar sean del mismo diámetro y, preferentemente cilíndricas y de vidrio. Es importante también tener en cuenta la altura de las mismas, con el objetivo de que no estorben los estantes superiores al colocarlas, debido a que de forma horizontal se disminuye el espacio libre existente para que el aire circule en el interior del refrigerador.

### PROPUESTA

La fórmula a utilizar para identificar cuántas botellas son las ideales en un refrigerador es:

$$(e-(b.n))/(n + 1) = \geq 2 \text{ y } \leq 5$$

donde: e: espacio en cm (ancho o fondo).

b: diámetro en cm del fondo de las botellas a utilizar.

n: número de botellas.

2 - 5: cm normados de espacio entre botellas y paredes.

Ejemplo:

En una unidad médica se cuenta con un refrigerador que tiene un espacio interior de 47 × 31 cm (ancho y fondo, respectivamente) y con botellas de 7 cm de diámetro. De manera cotidiana, esta unidad refrigerante cuenta con nueve botellas en la parte inferior, tres de ancho por tres de fondo (*Figura 1*).

En la aplicación de la fórmula para evaluar la cantidad de botellas a lo ancho se obtiene:

$$(e-(b.n))/(n + 1) = \geq 2 \text{ y } \leq 5 = (47-(7*3))/(3 + 1) = (47-21)/4 = 26/4 = 6.5 \text{ cm}$$

Para evaluar la cantidad de botellas de fondo se obtiene:

$$(e-(b.n))/(n + 1) = \geq 2 \text{ y } \leq 5 = (31-(7*3))/(3 + 1) = (31-21)/4 = 10/4 = 2.5 \text{ cm}$$

Así, tres botellas a lo ancho no permiten cumplir con la normatividad establecida al obtenerse una separación de 6.5 cm entre botellas y paredes. No obstante, la misma cantidad son suficientes de fondo, al obtenerse una separación de 2.5 cm.

Por tanto, se requieren más botellas a lo ancho. De nueva cuenta, se deberá aplicar la fórmula a lo ancho, pero con la utilización de cinco botellas, se obtiene:

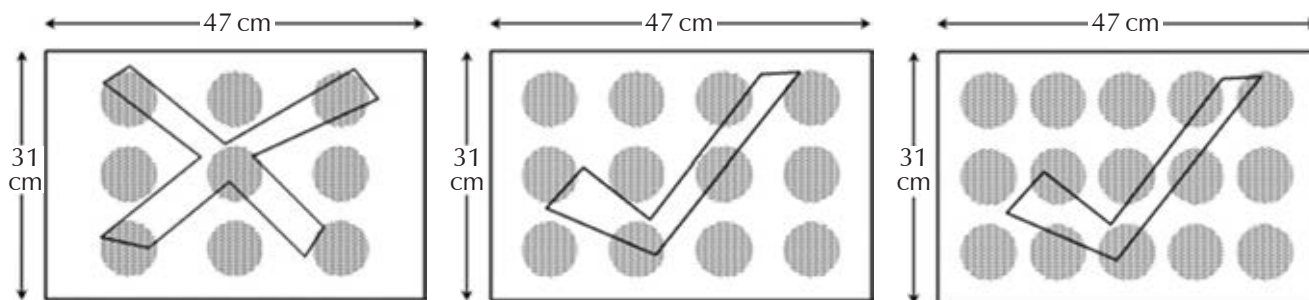
$$(e-(b.n))/(n + 1) = \geq 2 \text{ y } \leq 5 = (47-(7*5))/(5 + 1) = (47-35)/6 = 12/6 = 2.0 \text{ cm}$$

Se observa que con cinco botellas habrá espacio adecuado, aunque limítrofe, a lo ancho entre botellas y paredes. Al realizar el mismo cálculo con cuatro botellas de 7 cm de diámetro, se obtiene:

$$(e-(b.n))/(n + 1) = \geq 2 \text{ y } \leq 5 = (47-(7*4))/(4 + 1) = (47-28)/5 = 19/5 = 3.8 \text{ cm}$$

Así se obtiene que lo ideal de botellas de 7 cm de diámetro para la unidad refrigerante de 47 x 31 cm sea de 12 a 15 botellas, colocadas en tres hileras de fondo por cuatro o cinco hileras de ancho.

Por lo anterior, aunque las nueve botellas que tiene colocadas le dan un aspecto de "regularidad" y "suficiencia", con base en la fórmula anterior se establece que lo ideal es colocar otras tres a seis botellas más para garantizar el espacio normado para el adecuado flujo del aire, la estabilización y



**Figura 2:** Esquema de fondo de un refrigerador de 47 por 31 cm con diferente cantidad de botellas de agua. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 1:** Medidas de distancia entre paredes y botellas en un refrigerador con fondo de 47 x 31 cm, así como con botellas de 6 a 9 cm de diámetro.

Diámetro de la botella (cm)	Ancho (47 cm)				Fondo (31 cm)		
	3 botellas	4 botellas	5 botellas	6 botellas	2 botellas	3 botellas	4 botellas
6	7.25	4.60	2.80	1.50	6.30	3.25	1.40
7	6.50	3.80	2.00	0.70	5.60	2.50	0.60
8	5.70	3.00	1.40	-	5.00	1.75	-
9	5.00	2.20	0.30	-	4.30	1.00	-

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2:** Cantidad ideal de botellas a utilizar en un refrigerador con fondo de 47 × 31 cm, de acuerdo al diámetro de éstas disponible.

Diámetro de la botella (cm)	Ancho	Fondo	Total de botellas necesarias
6	4 o 5	3	12 o 15
7	4 o 5	3	12 o 15
8	4	2	8
9	3 o 4	2	6 u 8

Fuente: elaboración propia.

recuperación más rápida de la temperatura interna al momento de abrirlo (Figura 2).

La fórmula anterior se puede aplicar en cualquier medida de refrigerador, como en el tamaño de las botellas existentes. Así, para el refrigerador que ha servido de ejemplo se pueden obtener diversas combinaciones, mostradas en la Tabla 1.

La tabla anterior permite elegir la cantidad de botellas a utilizar, de acuerdo a su diámetro. La Tabla 2 lo presenta.

### CONCLUSIÓN

Si bien es cierto que existen actividades de salud que pudieran ser bastante sencillas en la práctica

cotidiana, como lo es tener botellas de agua en el refrigerador que conserva las vacunas; el hecho de contar con una herramienta matemática que permita definir el número ideal de botellas para así garantizar una adecuada red de frío, le imprime un sello de calidad a dicha actividad.

### REFERENCIA

1. Centro Nacional para la Salud de la Infancia y la Adolescencia. Manual de Vacunación. México: Secretaría de Salud; 2017.

#### Correspondencia:

**Dr. José Alejandro Morales-Rodríguez**

**E-mail:** xuaru\_makuyeika@hotmail.com