

## **Propuesta de una analogía de “ventanas de dos hojas” para la enseñanza del ciclo cardíaco**

Nombre de la autora: Nazira Píriz Giménez

Asignatura que dicta en el IPA: Biofísica

Disciplina a la que pertenece el artículo presentado: Biología

Formación y grado de autores: Doctora en Medicina, Magíster en Biofísica.

### Introducción

El ciclo cardíaco en el organismo humano es contenido de los programas de 2° y 6° año de Biología de la Enseñanza Secundaria.

La repetición del “pum-tac” con que se describe popularmente a los ruidos cardíacos, son una aproximación conceptual que traen nuestros estudiantes de la vida cotidiana, a la actividad rítmica y repetida del corazón, y por ende al ciclo cardíaco.

La descripción del ciclo cardíaco suele no ofrecer dificultades al menos en el Profesorado en Ciencias biológicas. No obstante, la comprensión de por qué bombea sangre el corazón o ingresa sangre a las aurículas, no resulta obvia sino que ofrece ciertas dificultades vinculadas a la generación de presiones en las cavidades cardíacas como determinantes de los flujos de sangre. En este trabajo proponemos una analogía de “ventanas de dos hojas” que puede facilitar la comprensión cabal del ciclo cardíaco en su enseñanza a nivel secundario y terciario.

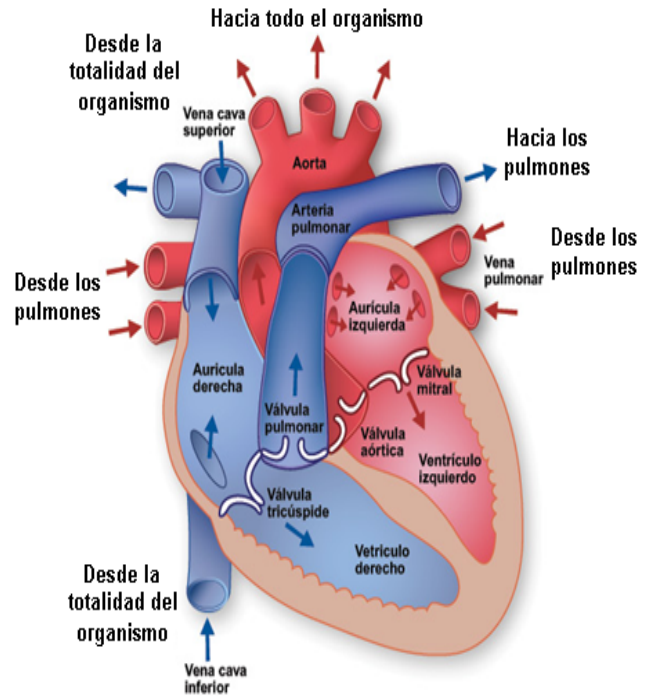
### El corazón como “bomba”

En la enseñanza de la Biología, suele compararse al corazón con una bomba hidráulica. El motivo en la utilización de esta analogía radica en que al igual que una bomba hidráulica, el corazón puede ser visto como un cuerpo hueco, con cavidades y válvulas, en el que diferencias de presión entre cavidades permiten la recepción y eyección de un fluido (la sangre), en forma intermitente. Un detallado análisis de esta analogía ha sido realizado por Elizabeth Borches (2011), en un interesante aporte a la Enseñanza de la Biología.

Nos proponemos explicar cuáles son las diferencias de presión entre cavidades que permiten la recepción y eyección de sangre en el corazón y grandes vasos a partir de una analogía de “ventanas

de dos hojas”, que entendemos, puede facilitar la comprensión de este tópico por parte de los estudiantes.

La figura 1 muestra las 4 cavidades del corazón (2 aurículas y 2 ventrículos), los grandes vasos (Aorta, Arteria Pulmonar, Venas Pulmonares y Venas Cavas), y las válvulas que comunican aurículas con ventrículos y ventrículos con grandes arterias. No haremos referencia a la circulación de la sangre en los circuitos mayor y menor, por ser claramente conocidos por nuestros lectores. Simplemente recordaremos que las válvulas cardíacas están conformadas por hojuelas o valvas de tejido conectivo, sin la posibilidad de contraerse, y por ende sin la posibilidad de cambiar de posición por sí mismas. Su apertura o cierre, requiere de diferencias de presión entre las cavidades que separan.



**Fig.1.-** El corazón está conformado por 4 cavidades: dos aurículas y dos ventrículos, recibiendo y eyectando sangre desde y hacia grandes vasos. La sangre recorre los circuitos mayor y menor en forma secuencial (en serie).

A los efectos de la explicación que desarrollaremos, compararemos a las válvulas con “ventanas de dos hojas”, y a las valvas (u hojuelas) con las hojas de dichas ventanas (si bien la mayoría de las válvulas presentan 3 valvas y no 2, la analogía propuesta puede utilizarse con fines didácticos, haciendo la aclaración correspondiente).

En nuestra comparación, tanto las valvas como las hojas de las ventanas, abren hacia un solo lado. A modo de recordatorio, - las válvulas mitral y tricúspide que separan aurículas de ventrículos, abren hacia los ventrículos; y - las válvulas aórtica y pulmonar, que separan los ventrículos de las grandes arterias, abren hacia las arterias.

### ¿Qué hace posible el pasaje de sangre entre cavidades?

Retomemos la idea de la ventana de dos hojas como análogo de las válvulas cardíacas, con la salvedad que ya hicimos.



**Fig.2.-** Empujar es análogo a un aumento en la presión, y “tirar” es análogo a una disminución en la presión.

### **¿Qué se necesita para abrir una ventana de este tipo?**

Si empujamos la ventana la abriremos hacia la habitación contigua (le llamaremos arbitrariamente “hacia adelante”). Ejercimos una fuerza sobre las hojas de la ventana, lo que constituye una presión (fuerza/área). ¿De qué otra manera podría abrirse la ventana “hacia adelante”? Alguien desde la habitación contigua podría “tirar” de sus hojas y lograría el mismo resultado (Fig.2).

### **¿Qué se necesita para cerrar una ventana de este tipo?**

En este caso el procedimiento es inverso al necesario para abrir la ventana. Una opción es “empujar” las hojas abiertas desde la habitación contigua (ejerciendo presión sobre ellas). La otra opción es “tirar” de las hojas desde la habitación en la que nos encontramos.

### **La analogía de las “ventanas de dos hojas” llevada al corazón**

Las situaciones descritas pueden compararse a cualquier mecanismo que, o bien aumente la presión “por detrás” de la ventana (situación en la que empujamos ambas hojas), o bien disminuya la presión “por delante” (situación en la que una persona “tira” de ambas hojas desde la habitación contigua). La primera situación (empujar la ventana “desde atrás”) es comparable a que aumente la presión en esta habitación. La segunda situación (“tirar” desde la habitación contigua) es comparable a que se genere en dicha habitación un “vacío”, es decir una presión menor en la habitación contigua que en la ubicada “por detrás” de la ventana. (Se utiliza la expresión “presión negativa” para aquellas presiones que son menores a otra que oficia de referencia, habitualmente la atmosférica). Como resultado de estas diferencias de presión, la ventana se abre.

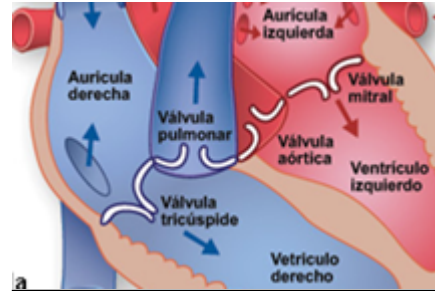
Análogamente, en el corazón, ¿qué se necesita para que se abran las válvulas y circule la sangre?

Analicemos cada caso por separado:

- El caso de la válvula mitral. Separa la aurícula del ventrículo izquierdo y abre hacia el ventrículo (Fig.3). En este caso la aurícula estaría “por detrás” de la válvula, y el ventrículo estaría “por delante”. Para que se abra la válvula mitral se necesita que: o bien aumente la

presión en la aurícula (por detrás), o bien disminuya la presión en el ventrículo izquierdo (por delante de la válvula).

- El caso de la válvula Aórtica. Separa el ventrículo izquierdo (“detrás” de la válvula), de la Aorta (“delante” de la válvula) (Fig.3). Para que se abra la válvula aórtica se necesita que: o bien aumente la presión en el ventrículo izquierdo (por detrás de la válvula), o bien disminuya la presión en la Aorta (por delante de la válvula).



**Fig.3.-** Cámaras y vasos que separan las válvulas cardíacas, “por delante” y “por detrás”.

- El caso de la tricúspide. Separa la aurícula del ventrículo derecho, y abre hacia el ventrículo (Fig.3). En este caso la aurícula estaría “por detrás” de la válvula, y el ventrículo estaría “por delante”. Para que se abra la válvula tricúspide se necesita que: o bien aumente la presión en la aurícula (por detrás), o bien disminuya la presión en el ventrículo derecho (por delante de la válvula).
- El caso de la válvula Pulmonar. Separa el ventrículo derecho (“detrás” de la válvula), de la Arteria Pulmonar (“delante” de la válvula) (Fig.3). Para que se abra la válvula pulmonar se necesita que: o bien aumente la presión en el ventrículo derecho (por detrás de la válvula), o bien disminuya la presión en la Arteria Pulmonar (por delante de la válvula).

### ¿Cómo se generan diferencias de presión entre las cavidades del corazón y con los grandes vasos?

Las paredes de las cavidades cardíacas están conformadas por músculo. El músculo se contrae y se relaja. Durante la contracción genera fuerza y ejerce una presión sobre el contenido de la cavidad. La sangre es un fluido no-compresible (puesto que no puede reducir el volumen que ocupa), por lo que en una cámara cardíaca cuyas válvulas estén cerradas, la presión de la sangre aumentará con la contracción del miocardio y disminuirá con la relajación de sus paredes.

### El ciclo cardíaco del “corazón izquierdo”.

El ventrículo izquierdo presenta una gruesa pared que le posibilita generar la suficiente fuerza para vencer la presión en la Aorta.

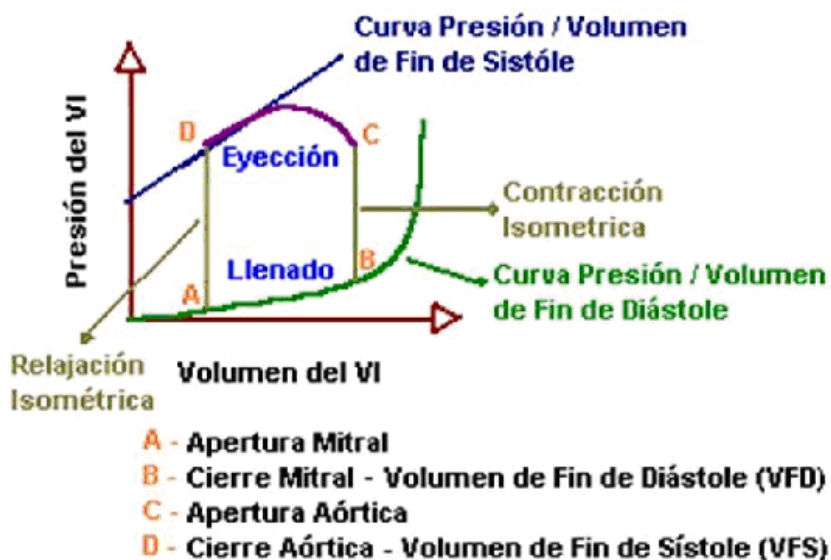
Cuando las válvulas aórtica y mitral están cerradas (Fig.3), y el músculo ventricular se contrae, la presión intraventricular aumenta sin cambio de volumen (puesto que la sangre no es compresible). Estamos en la llamada fase isovolumétrica de la sístole.

Cuando la presión en el ventrículo izquierdo supera la de la Aorta, la válvula aórtica se abre y la sangre es eyectada hacia dicho vaso sanguíneo. Esta es la denominada fase de eyección y también forma parte de la sístole.

El vaciamiento del ventrículo izquierdo se acompaña del inicio en la relajación de sus paredes, con una caída en la presión intraventricular. El inicio de esta caída de presión se acompaña del cierre de la válvula Aórtica. Nuevamente se encuentra el ventrículo con ambas válvulas cerradas (mitral y aórtica), pero ahora en una etapa de relajación. Los cerramientos valvulares impiden cambios en el volumen, por lo que a esta fase se le denomina fase de relajación isovolumétrica.

Cuando la caída de presión intraventricular es tal que disminuye respecto a la presión en la Aurícula izquierda, la válvula que separa ambas cavidades (mitral) se abre y pasa sangre desde la aurícula hacia el ventrículo. Es la denominada fase de llenado ventricular y forma parte de la diástole.

La figura 4 muestra los cambios de presión y volumen simultáneos que tienen lugar en el ventrículo izquierdo durante el ciclo cardíaco. Dichos cambios de presión y volumen dibujan un “bucle de presión-volumen”, en el que pueden identificarse las fases: de contracción isovolumétrica, de eyección, de relajación isovolumétrica y de llenado.



**Fig.4.-** Bucle de presión-volumen para ventrículo izquierdo en el que se señalan fases del ciclo y apertura y cierre de válvulas cardíacas correspondientes.

¿Por qué nos referimos en este apartado al ciclo cardíaco del “corazón izquierdo”? En la oveja, el bucle presión-volumen correspondiente al ventrículo derecho no presenta una posición “vertical” como el aquí descrito, sino oblicuo, ligeramente desviado hacia la derecha del observador. Esto ha permitido corroborar que el ventrículo derecho no presenta fases isovolumétricas durante el ciclo cardíaco al menos en algunos

mamíferos.

### Conclusiones

La actividad cíclica del corazón caracterizada por la recepción y eyección de sangre, se hace posible debido a que la contracción y relajación miocárdica generan diferencias de presión entre las cámaras cardíacas y con los grandes vasos, que permiten el flujo de sangre entre dichas cavidades. Una analogía de “ventanas” puede ayudar a comprender a nuestros estudiantes, cómo los cambios de presión determinan el ciclo cardíaco en el organismo humano.

### Bibliografía

**Borches, Elizabeth** “Desenmascarar la metáfora de la máquina: el caso del corazón-bomba”. En “Boletín Biológica” N°20, 28-33, 2011.

**Cingolani, HE y Houssay, AB** “Fisiología humana”. Editorial El Ateneo. 7ª edición. Buenos Aires. 1996.

**Grignola JC, Pontet J, Vallarino M, Ginés F.** “Características propias de las fases del ciclo cardíaco del ventrículo derecho”. En “Revista Española de Cardiología” 52: 37-42. 1999.